UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

***CAMPUS* UNIVERSITÁRIO DE SINOP**

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Valor nutricional de coprodutos da produção de etanol de milho para suínos

Iziz Paula Anhõn da Silva Lautert

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* 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

Fevereiro de 2016

IZIZ PAULA ANHÕN DA SILVA LAUTERT

Valor nutricional de coprodutos da produção de etanol de milho para suínos

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

Orientador: Prof. Dr. Anderson Corassa

Sinop, Mato Grosso

Fevereiro de 2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convercional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

A596v ANHÕN DA SILVA LAUTERT, IZIZ PAULA.
Valor nutricional de coprodutos da produção de etanol de milho para suínos / IZIZ PAULA ANHÕN DA SILVA LAUTERT. -- 2016
xvi, 76 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: ANDERSON CORASSA.
Co-orientadora: CLAUDIA MARIE KOMIYAMA.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Sinop, 2016.
Inclui bibliografia.

1. COPRODUTO. 2. ETANOL. 3. ENERGIA. 4. PROTEÍNA. 5. MILHO. 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 EDUCACÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUACÃO
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 COPRODUTOS DA PRODUÇÃO DE ETANOL DE MILHO PARA SUÍNOS"

AUTOR : Mestranda Iziz Paula Anhõn da Silva Lautert

Dissertação defendida e aprovada em 29/02/2016.

Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / Orientador Doutor(a) Anderson Corassa
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Interno Doutor(a) Cláudia Marie Komiyama
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Interno Doutor(a) Ana Paula Silva Ton
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Externo Doutor(a) Charles Kiefer
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

SINOP, 29/02/2016.

Dedico

Aos meus pais Paulo Laércio da Silva e Izaura Anhõn, aos meus irmãos Pauline Lauren, Henrique Laércio e Hemanuel Paulo, e a meu marido, companheiro e esteio de nossa família Vanderson Lautert da Cruz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e por ter me abençoado com esta oportunidade.

Aos meus pais Paulo Laércio da Silva e Izaura Anhõn que me presentearam com seu amor e proteção, me educando e me ensinando os valores da humildade, respeito e coragem, me incentivando a nunca desistir dos meus sonhos.

A meu marido, homem íntegro, companheiro e amigo que durante essa etapa se fez presente sempre em minha vida, me apoiando, amando e incentivando nos momentos mais difíceis. À você meu querido amor, devo-lhe muito.

Ao meu orientador Dr. Anderson Corassa pela valiosa orientação e especialmente pelo apoio e compreensão dado a mim desde a graduação, sempre disposto a me ajudar colaborando sobretudo para meu crescimento pessoal e profissional.

A Fapemat que me oportunizou o financiamento para desenvolvimento de meu projeto e dissertação.

Em especial as minhas amigas Joyce de Paula, Thuanny Lúcia Pereira e Jéssica Lúcia Stuani pela amizade, carinho e auxilio dado a mim durante essa etapa importante de minha vida.

Agradeço também ao corpo docente da UFMT pela dedicação e apoio confiado à mim durante esses sete anos, em período de gradução e mestrado, em especial a meus co-orientadores Dra. Cláudia Marie Komiyama e Dra Ana Paula Silva Ton pelos ensinamentos e correções do trabalho.

Aos bolsitas e voluntários por estarem sempre dispotos a me ajudar, cumprindo com assiduidade as atividades de cada. Ao senhor Nelson Kapes por ter disponibilizado as instalações para execussão do experimento.

EPÍGRAFE

"Se as coisas são inatingíveis... ora! Não é motivo para não querê-las... Que tristes os caminhos, se não foi a presença distante das estrelas!"

Mário Quintana

BIOGRAFIA

Iziz Paula Anhõn da Silva Lautert, filha de Paulo Laércio da Silva e Izaura Anhõn, casada com Vanderson Lautert da Cruz, nasceu aos vinte e quatro dias de março de 1988 na cidade de Sinop – MT.

Em agosto de 2006 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, onde recebeu o título de Bacharel em Zootecnia em dezessete de agosto de 2011.

Em março de 2014 ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso Campus de Sinop, na área de concentração de Nutrição e Alimentação Animal.

Resumo - A possibilidade de uso de coprodutos na alimentação animal permite agregar valor considerável na produção de proteína de origem animal a partir de produtos de baixo custo. Assim, faz-se necessário a realização de estudos que caracterizem os valores nutritivos dos DDGS obtidos da produção de etanol do milho, produzidos em Mato Grosso, na alimentação de suínos e avaliar a digestibilidade, desempenho e qualidade de carne e carcaça desses animais alimentados com níveis crescentes de inclusão de DDGS de milho. Nesse sentido, no capitulo 1 foi realizado uma revisão de literatura para contextualizar o processamento do etanol até o produção de DDGS, assim como sua empregabilidade na dieta de suínos nas diversas categorias. No capitulo 2 e 3, foi relatado a condução de um experimento com o objetivo de determinar o valor nuticional do DDGS através do uso da metodologia de coleta total de fezes e urina, e o método de indicador com uso de óxido crômico. No capitulo 4 foi relatado o experimento que avaliou o desempenho e os parâmetros de qualidade de carne e carcaça de suínos na fase de crescimento e terminação. No experimento 1, foi avaliado a digestibilidade do ingrediente, com diferentes metodologias. Utilizou-se oito suinos machos catsrados. O DDGS apresentou 3.691 kcal/kg e 3.213 kcal/kg de energia metabolizavel determinados pelo método de coleta total e indicador, respectivamente e energia digestível de 3.739 e 3.401 kcal/kg, respectivamente. A inclusão crescente de DDGS afetou o desempenho dos animais, e o valor de ED e EM, quando administradas a suínos na fase inicial. Valores de coeficiente de digestibilidade pelo método de coleta total da MS, MO, EE, MM e FDN foi de 76,78; 76,51; 82,71; 69,13; 88,36; 82,18%, respectivamente. No experimento 2, os mesmos animais foram alimentados com rações contendo DDGS de milho em níveis de 0, 20, 40, 60%. Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, EE, MM e FDN foram afetados negativamente com a inclusão de níveis crescentes de DDGS. O método de coleta por indicador com óxido crômico subestimou todas as variáveis avaliadas nesse experimento em relação ao método de coleta total. No experimento 3 os animais foram alimentados com dietas contendo 0, 10, 20, 30% de DDGS. A inclusão de até 30% de DDGS não afetou o desempenho dos animais, contudo níveis maiores que 19,42% de DDGS diminuiram o consumo de ração. Os parâmetros de qualidade de carne e carcaça foram afetados pelos níveis crescentes de DDGS em comparação ao grupo controle. Apenas o teor de vermelho (a*) da carne foi menor em níveis crescentes de DDGS.

Termos para indexação: Digestibilidade, energia bruta, energia metabolizável, qualidade de carne, terminação.

Abstract - The possibility of co-products of use in animal feed allows add considerable value in the production of animal protein from low cost products. Thus, it is necessary to carry out studies that characterize the nutritional value of DDGS obtained from corn ethanol production, produced in Mato Grosso, in feed for pigs and the digestibility, performance and quality of meat and carcass of the animals fed increasing levels of inclusion of corn DDGS. In this sense, in chapter 1 was conducted a literature review to contextualize the processing of ethanol to the production of DDGS as well as their employability in swine diets in the various categories. In chapter 2 and 3, it was reported to conduct an experiment in order to determine the value of DDGS nuticional through the use of the total collection method of feces and urine, and the indicator method with use of chromic oxide. In Chapter 4 it was reported that the experiment evaluated the performance and the meat quality and carcass pigs in growing and finishing. In experiment 1, it was evaluated the digestibility of ingredients with different methodologies. Eight pigs used catsrados males. The DDGS had 3,691 kcal / kg and 3,213 kcal / kg of metabolizable energy determined by the total collection method and indicator respectively and digestible energy of 3,739 and 3,401 kcal / kg, respectively. The increasing inclusion of DDGS affect animal performance, and the value of DE and, when administered to pigs at the early stage. digestibility coefficient values by the total collection method of DM, OM, EE, MM and NDF was 76.78; 76.51; 82.71; 69.13; 88.36; 82.18%, respectively. In experiment 2, the animals were fed diets containing corn DDGS at levels of 0, 20, 40, 60%. The digestibility coefficients of DM, OM, EE, MM and NDF were negatively affected with increasing levels of DDGS. The indicator collection method with chromic oxide underestimated all variables in this experiment compared to the total collection method. In experiment 3 animals were fed diets containing 0, 10, 20, 30% DDGS. The inclusion of 30% DDGS did not affect animal performance, however levels greater than 19.42% DDGS decreased feed intake. The meat and carcass quality parameters were affected by increasing levels of DDGS compared to the control group. Only the red content (a *) of meat was lower in increasing levels of DDGS.

Index terms: Digestibility, gross energy, metabolizable energy, quality meat, termination.

LISTA DE TABELAS

Capitulo I - Valor nutricional do DDGS de milho para suínos: Revisão Bibliográfica

Tabela 1. Composição química do milho, farelo de soja e dos grãos secos destilados com solúveis de milho e sorgo.....10

Tabela 2. Teor de aminoácidos totais essenciais (%) de milho, farelo de soja e DDGS.....11

Tabela 3. Teor de aminoácidos essenciais (g/100g de MS) de levedura, milho e DDGS..... 12

Capitulo II - Valor nutricional para suínos de coproduto da produção de etanol de milho determinado com diferentes metodologias

Tabela 1. Composição Centesimal e Nutricional calculada da dieta referência.....27

Tabela 2. Composição bromatológica das rações e do DDGS.....28

Tabela 3. Peso inicial, peso final, ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD), conversão alimentar (CA) de suínos durante ensaio de digestibilidade alimentados com diferentes níveis de DDGS.....30

Tabela 4. Energia digestivel (ED), energia digestível corrigida pelo balanço de nitrogênio (EDn), energia metabolizável (EM), energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMn), relação energia metabolizável : energia digestível (EM:ED), relação energia metabolizável : energia digestível corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMn:EDn) de DDGS, determinados com as metodologias de digestibilidade (Met. Dig) de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr).....31

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade (CD) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) do DDGS para suínos alimentados com diferentes níveis do alimento teste e determinados com as metodologias de digestibilidade (Met. Dig) de coleta total (CT) e indicador (Cr).....32

Tabela 6. Valores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e fibra em detergente neutro (FDN) digestiveis de DDGS para suinos alimentados com diferentes níveis do alimento teste, determinados com as metodologias de digestibilidade (Met. Dig) de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr).....33

Capitulo III - Digestibilidade de dietas para suínos contendo DDGS de milho determinada com diferentes metodologias

Tabela 1. Composição Centesimal e Nutricional calculada da dieta referência.....45

Tabela 2. Composição Bromatológica do DDGS de milho..... 46

Tabela 3. Composição bromatológica das rações.....46

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade (CD) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) de dietas para suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS determinados com as metodologias de digestibilidade (Met. Dig) de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr).....49

Tabela 5 . Desdobramento das interações entre níveis de DDGS e métodos de avaliação da digestibilidade sobre os coeficientes de digestibilidade (CD) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) de dietas para suínos..... 50

Tabela 6. Valores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e fibra em detergente neutro (FDN) digestiveis de dietas para suinos alimentados com diferentes níveis de DDGS, determinados com as metodologias de digestibilidade (Met. Dig) de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr).....50

Tabela 7. Desdobramento das interações entre níveis de DDGS e métodos de avaliação da digestibilidade sobre os nutrientes digestíveis.....51

Tabela 8. Coeficiente de digestibilidade da energia (CDE), energia digestível da ração (EDR), energia digestível corrigida pelo balanço de nitrogênio da ração (EDnR), coeficiente de metabolização da energia (CME), energia metabolizável (EM), energia metabolizavel corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMn), de dietas para suinos alimentados com diferentes níveis de DDGS, determinados com as metodologias de digestibilidade (Met. Dig) de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr).....52

Tabela 9. Desdobramento das interações entre níveis de DDGS e métodos de avaliação da digestibilidade sobre coeficiente de digestibilidade da energia (CDE), energia digestível da ração (EDR), energia digestível corrigida pelo balanço de nitrogênio da ração (EDnR), coeficiente de metabolização da energia (CME), energia metabolizável (EM), energia metabolizavel corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMn), de dietas para suínos.....53

Capitulo IV - Desempenho e características de carcaça e carne de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS de milho

Tabela 1. Composição e valores nutricionais calculados da ração para suínos em terminação com diferentes níveis de inclusão de DDGS na dieta.....62

Tabela 2. Valor nutricional do DDGS de milho.....63

Tabela 3. Peso inicial e semanal de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS.....66

Tabela 4. Consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS em semanas subdivididas na fase de crescimento.....66

Tabela 5. Características de carcaça de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS.....67

Tabela 6. Temperatura e pH da carcaça de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS de milho.....67

Tabela 7. Perda por gotejamento e padrões colorimétricos da carne de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS de milho.....68

LISTA DE FIGURAS

Capitulo I - Valor nutricional do DDGS de milho para suínos: Revisão Bibliográfica

Figura 1. Esquema de moagem á seco para produção de DDGS 08

SUMÁRIO

Introdução geral.....01

Capitulo I – Valor nutricional do DDGS de milho para suínos: Revisão Bibliográfica.....04

1. Introdução.....05
2. Produção de etanol no Brasil.....06
3. Processamento e fabricação do DDGS.....07
4. Valor nutricional do DDGS.....09
5. Inclusão de DDGS em dietas de leitões.....12
6. Inclusão de DDGS em dietas para suínos em crescimento e terminação.....13
7. Inclusão de DDGS em dietas de porcas em gestação e lactação.....15
8. Efeito do DDGS sobre as características da carcaça e carne.....16
9. Considerações finais.....18
10. Referencias 19

Capítulo II – Valor nutricional de coproduto da produção de etanol de milho para suínos determinado com diferentes metodologias.....22

1. Resumo.....23
2. Abstract.....24
3. Introdução.....25
4. Material e métodos.....26
5. Resultados.....30
6. Discussões.....33
7. Conclusões.....37
8. Referências.....38

Capítulo III – Digestibilidade de dietas contendo DDGS de milho para suínos determinada com diferentes métodos.....40

1. Resumo.....41
2. Abstract.....42
3. Introdução.....43
4. Material e métodos.....44
5. Resultados.....48
6. Discussões.....53
7. Conclusões.....55
8. Referências.....56

Capítulo IV – Desempenho e características de carcaça e carne de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS de milho.....57

1. Resumo.....58
2. Abstract.....59
3. Introdução.....60
4. Material e métodos.....61
5. Resultados.....65
6. Discussões.....68
7. Conclusões.....73
8. Referências.....74
9. Conclusões gerais.....77

Introdução geral

Considerando-se a importância da produção de biocombustíveis e as políticas governamentais brasileiras que encorajam sua produção, espera-se que ocorra aumento de sua produção, bem como de novas fontes renováveis de combustíveis. Como consequência, obtém-se grandes quantidades de coprodutos da produção de etanol de grãos ou grãos secos de destilaria como solúveis (*distillers dried grains with solubles*, DDGS), as quais têm potencial de uso na dieta de suínos, reduzindo com isso, o custo das dietas, na 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.

A produção de combustível a partir do milho, 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 há plantas fabris produtoras de biocombustíveis a base de grãos ou de cana-de-açúcar, instaladas. Neste cenário, o Mato Grosso é o segundo maior produtor de milho do país concentrando cerca de 14% da produção nacional, com projeções de aumento da produção e da área plantada de 28,9 e 27,5% até 2020/2021 (Costa, 2015).

A possibilidade de uso de coprodutos na alimentação animal permite vislumbrar aspectos de sustentabilidade na cadeia produtiva, e permite agregar valor considerável na produção de proteína de origem animal a partir de produtos de baixo custo. Ao mesmo tempo em que, ao utilizar resíduos na alimentação animal, possibilita-se diminuir o passivo ambiental potencialmente produzido à partir deste. Da mesma forma, o uso eficiente desses ingredientes poderá proporcionar redução dos custos das dietas destinados à produção de suínos, o que tornaria a atividade mais eficiente do ponto de vista de competitividade e geração de renda, empregos e impostos, no estado e no país.

No entanto, a concentração de nutrientes e a digestibilidade do DDGS varia de forma expressiva entre as fontes, limitando seu uso de forma correta, o que pode vir a prejudicar o desempenho dos animais.

Os valores de energia, proteína e alto teor de fósforo digestível, fazem o DDGS ser um alimento alternativo para substituição parcial da alimentação animal. Segundo o Manual de Processamento de Co-produtos do Milho (Erickson et al., 2005), quando o DDGS é adicionado a dietas formuladas corretamente, resulta em excelente saúde animal, desempenho e qualidade do produto alimentar.

Pesquisas foram conduzidas durante os últimos anos para avaliar a concentração nutricional, digestibilidade, valor alimentar e propriedades associadas aos DDGS. Entretanto segundo Stein & Shurson (2009), o etanol produzido na América do Norte é produzido a partir do milho, sorgo e trigo, caracterizando variabilidade ainda maior na composição química do resíduo. Estes autores revisaram vários trabalhos e apontaram que a concentração de energia bruta do DDGS de milho de 5.434 kcal/kg de MS, no entanto, a digestibilidade é menor que do milho, produzindo valores de 4.140 e 3.897 kcal/kg de MS para energia digestível e metabolizável, respectivamente.

Assim, faz-se necessário a realização de estudos que caracterizem os valores nutritivos dos DDGS obtidos da produção de etanol do milho, produzidos em Mato Grosso, na alimentação de suínos e avaliar a digestibilidade, desempenho e qualidade de carne e carcaça desses animais, alimentados com níveis crescentes de inclusão de DDGS de milho.

Capitulo I – Valor nutricional do DDGS de milho para suínos: Revisão bibliográfica

Capitulo I: Valor nutricional do DDGS de milho para suínos: Revisão bibliográfica

Introdução

A busca por soluções alternativas para o consumo do petróleo, desde a década de 1970 até hoje, e a preocupação com a poluição ambiental e a emissão de gases de efeito estufa na atmosfera reforçam cada vez mais a importância da produção comercial dos biocombustíveis.

Neste sentido, observa-se que a produção de biocombustível a partir do milho apresenta importância mundial, mas é pouco expressiva em termos brasileiros. Naturalmente, em países cuja produção é ampla, grande é o volume de resíduos produzidos, o que tem levado à realização de pesquisas no âmbito da nutrição animal para adequação de seu uso.

Os coprodutos da produção de etanol a partir do milho são referenciados na literatura como grãos secos destilados com solúveis (*dried distillers grains with solubles*-DDGS), sendo obtidos após a fermentação do amido do milho pelas leveduras e enzimas selecionadas para produzir o etanol e o dióxido de carbono (Fastinger et al., 2006). Estes resíduos possuem concentração de proteína, lipídeo e fibra aproximadamente três vezes maior que a do milho, devido ao fato de a maior parte do amido ser convertida em etanol durante a fermentação (Spiehs et al., 2002) pela levedura *Sacharomices cereviceae* (Davis, 2001).

No início, os trabalhos focavam avaliar o valor alimentar do DDGS na alimentação de suínos em crescimento (Fairbanks et al., 1944). Entretanto, um fator limitante 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., 2006; Whitney et al., 2006), por isto tem sido

recomendado analisar a composição do DDGS antes de seu fornecimento na alimentação animal, quando adquirido de um novo fornecedor.

A variação na composição do DDGS ocorre devido a variação genética do milho utilizado (Fastinger & Mahan, 2006), à proporção de solúveis adicionados antes da secagem e ao processamento por calor (Lumpkins & Batal, 2005), resultando na reação de *Maillard* (Fastinger et al, 2006), podendo diminuir seu valor nutricional.

Objetivou-se com essa revisão relatar a aplicabilidade do DDGS de milho para as diferentes categorias de suínos, seu valor nutricional e o impacto da inclusão do mesmo sobre a qualidade de carne.

Produção de etanol no Brasil

Segundo estimativas da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica), o Brasil precisará de 100 novas usinas de etanol até 2020 para atender a demanda que surgirá pelo combustível renovável.

Atualmente, a cana-de-açúcar é a principal matéria prima utilizada para a produção de etanol nas regiões brasileiras. Mas, nos últimos anos, têm surgido pesquisas e aplicações em campo para a produção de etanol a partir de outras fontes, caso do etanol de segunda geração. Uma das opções que começa a chamar a atenção do mercado é a produção do combustível a partir do milho.

O etanol oriundo do milho, já é muito difundido nos Estados e vem sendo produzidos no Brasil. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) revelam que a oferta de milho no Brasil é superior ao consumo interno, que no ano de 2015 representou 66,7% da produção. O Brasil ocupa hoje o segundo lugar na produção de etanol a partir do milho, perdendo apenas para os Estados Unidos.

Segundo Bacchi et al., (2016), o milho é uma opção para produção de etanol no Brasil, pois oferece características e particularidades que ajudam a atender às demandas do mercado no período de entressafra da cana-de-açúcar. Outra vantangem atribuída ao etanol de milho é o de que a cana-de-açúcar precisa ser processada de imediato para a produção de etanol, para não perder suas características fermentativas. Contudo o milho pode ficar mais tempo armazenado para ser feita a conversão.

Para cada hectare de milho plantado é possível produzir cerca de 8 a 11 toneladas de grãos, sendo que de cana são produzidas 90 toneladas, pois esta ocupa menos espaço no terreno. Para essa quantidade de milho, são produzidos de 3,2 a 4,5 mil litros de etanol, enquanto que a cana produz cerca de 7,5 mil litros, segundo o Sindicato da Industria de Fabricação de Etanol do Estado de Goias (Sifaeg) (2015).

Processamento e fabricação de DDGS

A produção de etanol pode ser realizado à partir de dois processos principais, a moagem de grãos secos e a moagem de grãos úmidos. Cada processo produz co-produtos diferentes. No processo à seco são obtidos produtos tais como: canjica especial, canjicas para cereais matinais e para produção de pipocas expandidas, canjicão, gritz de milho, óleo de milho bruto e refinado e a sêmola de milho. Esse processo não requer muita tecnologia e também não gera muitos produtos sofisticados. Os derivados tecnologicamente superiores são oriundos do processamento por via úmida.

O processo de moagem úmida começa com a semente de milho sendo embebida por uma solução de kernel. Isto é feito para facilitar a separação das várias partes que o compõem, antes da transformação em etanol (Erickson et al., 2005).

Durante este processo, o grão é moído e o amido é fermentado por levedura para a produção de álcool. Em seguida, o mosto fermentado é processado 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. Toda a vinhaça é em seguida peneirado e ou pressionado ou é centrifugada para remover as partículas de grãos grosseiros (Ielase, 2006).

As partículas mais grosseiras de grãos removidos de todo o vinhoto podem ser comercializadas como DDGS. A fração de líquido (5 a 10% de matéria seca) remanescente após a separação dos grãos é chamado de resíduo fino (López, 2012).

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 planta fabril para outra. O processo de produção de etanol com moagem à seco (Figura 1) é relativamente simples onde o milho ou outra fonte de amido, é fermentado, e o amido convertido em etanol e dióxido de carbono.

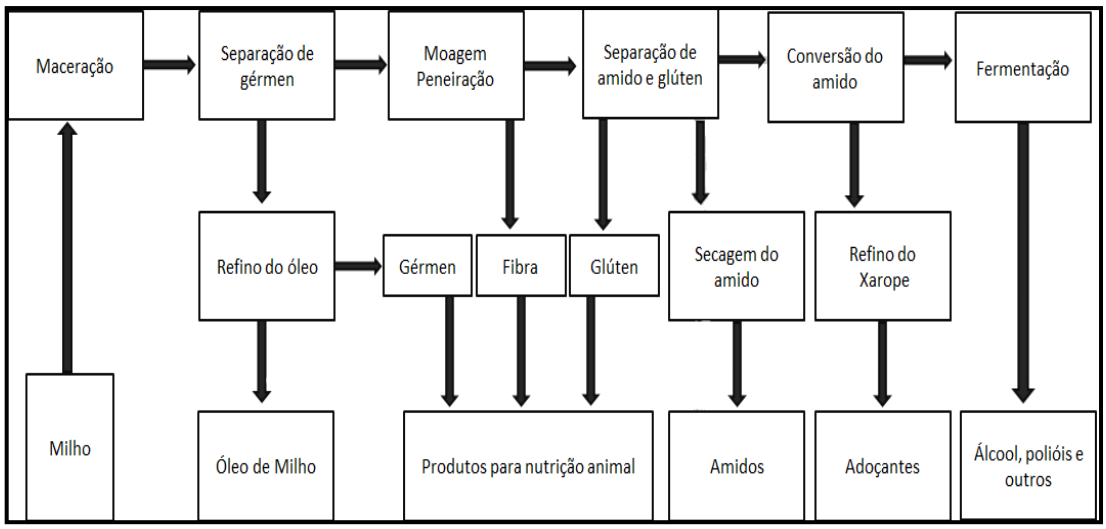

Figura 1 – Esquema de moagem à seco para produção de DDGS.
Fonte: Adaptado do Manual de Processamento de Co-produtos do Milho (Erickson et al., 2005)

Aproximadamente um terço da matéria-prima permanece como o produto para alimentação animal. Para cada tonelada de milho é produzido em média 401 litros de etanol, 323 kg de CO_2 e 323 kg de DDGS. Como resultado, todos os nutrientes são concentrados três

vezes porque a maioria dos grãos contêm cerca de dois terço de amido. A moagem úmida é mais complexa e o grão de milho é dividido em mais componentes para maior valor de comercialização (Erickson et al., 2005).

Valor nutricional do DDGS

O DDGS é um coproduto que continua a ser produzido em grande quantidade pela indústria de etanol. Os valores de energia, proteína e de fósforo digestível do DDGS o caracterizam como um alimento alternativo com grande potencialidade para substituição parcial do milho na alimentação animal. Segundo o Manual de Processamento de Co-produtos do Milho (Erickson et al., 2005), quando o DDGS é adicionado a dietas, resulta em excelente saúde animal, desempenho e qualidade do produto alimentar. Esses atributos entre outros, fez o DDGS um dos ingredientes mais populares para uso em rações animais em todo o mundo.

Pesquisas foram conduzidas durante os últimos anos para avaliar a concentração nutricional, digestibilidade, valor alimentar e propriedades associadas aos DDGS, entretanto, segundo Stein & Shurson (2009), o etanol produzido na América do Norte é produzido a partir do milho, sorgo e trigo, caracterizando variabilidade ainda maior na composição química do resíduo. Estes autores revisaram vários trabalhos e apontaram que a concentração de energia bruta do DDGS de milho é de 5.434 kcal/kg de MS, no entanto, o coeficiente de digestibilidade é menor que do milho, produzindo valores de 4.140 e 3.897 kcal/kg de MS para energia digestível e metabolizável, respectivamente.

As concentrações de fósforo total variam de 0,60 a 0,70%. Stein & Shurson (2009) compilaram resultados de 39 fontes de DDGS de milho, uma de sorgo e duas de trigo, e observaram grande variação na digestibilidade de aminoácidos entre diferentes amostras. As

variações dentro das amostras de DDGS sugerem uma modificação nas estrátégias de processamento, Belyea et al., (2004) trabalharam com amostras de milho e DDGS, analisando proteina, extrato etéreo, amido e outros nutrientes. As concentrações de proteína, fibra e amido foram semelhantes entre as amostras de milho, porém menores quando comparados ao DDGS.

Foi realizado um comparativo utilizando valores de frações nutricionais para o milho, farelo de soja e DDGS (Tabela 1) de experimentos realizados por Rostagno et al., (2011), Spiehs et al., (2002), Pedersen et al., (2007), Linnen et al., (2008), Jacela et al., (2011), Lee et al., (2012), Lee et al., (2013) e Sotak (2012), em que o DDGS apresentou valores de Energia Metabolizavel (EM), Extrato Etéreo (EE), Fibra Bruta (FB) e Fósforo (P) total maiores em relação ao milho e farelo de soja. Contudo, a Proteína Bruta (PB) e o Cálcio (Ca), são maiores no farelo de soja.

O DDGS possue concentração de PB, EE e FB aproximadamente três vezes maior que o milho, que segundo Rostagno et al., (2011), apresenta valores para PB, EE e FB de 7,88; 3,25 e 1,73 %, respectivamente. Esse aumento ocorre devido ao fato de a maior parte do amido ser convertida em etanol durante a fermentação (Spiehs et al., 2002).

Tabela 1. Composição química do milho, farelo de soja e dos grãos secos destilados com solúveis de milho e sorgo

Caracterização	**Milho[1]**	**Farelo de soja[1]**	**DDGS Milho[2]**
Proteína Bruta (%)	7,88	45,32	28,05
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	3350	2245	3749
Matéria seca (%)	87,11	88,59	87,39
Materia Orgânica (%)	-	-	95,19
Extrato Etéreo (%)	3,25	1,05	10,14
Fibra Bruta (%)	1,73	5,41	7,7
FDA (%)	68,15	77,71	12,09
FDN (%)	66,39	82,6	31,66
Materia Mineral (%)	1,27	5,9	4,83
Cálcio (%)	0,03	0,24	0,06
Fósforo (%)	0,08	0,18	0,79

Fonte: Fonte: [1](Rostagno et al., 2011) e a [2]média dos dados de 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), [3]Sotak (2012).

A porção aminoacídica do milho, farelo de soja e DDGS está descrita na Tabela 2. 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. 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) apontaram variações dentro das amostras de DDGS e sugerem modificações nas estrátégias de processamento. Os autores avaliaram amostras de milho e DDGS, analisando proteína, extrato etéreo, amido e outros nutrientes. As concentrações de proteína, fibra e amido foram semelhantes entre as amostras de milho, porém menores quando comparados ao DDGS.

Tabela 2. Teor de aminoácidos totais essenciais (%) de milho, farelo de soja e DDGS

Aminoácido	Milho[1]	Farelo de Soja[1]	DDGS MIlho[2]
Arginina	0,39	3,33	1,05
Histidina	0,26	1,17	0,7
Isoleucina	0,29	2,1	1,52
Lisina	0,24	2,77	0,77
Metionina	0,17	0,64	0,54
Fenilalanina	0,41	2,3	1,64
Treonina	0,32	1,78	1,01
Triptofano	0,07	0,62	0,19
Tirosina	0,29	0,46	0,76
Valina	0,4	2,16	1,63
Leucina	1,02	3,52	2,43

Fonte: Adaptado ¹(Rostagno et al., 2011) e ²(Belyea et al., 2004).

As variações encontradas entre os diversos trabalhos de pesquisa podem ser consideradas à partir da fonte utilizada para produção do biocombustível, do calor empregado no processo, tempo e eficiência de fermentação (Cozannet et al., 2010) e tal variação poderá implicar no seu valor comercial (Belyea et al., 2004).

O perfil aminoacídico foi realizado com amostras de leveduras, milho e DDGS (Tabela 3). Belyea et al., (2004) encontraram correlações significativas entre as concentrações dos nutrientes no milho e no DDGS. A variação na composição de DDGS não estava relacionada à variação na composição de milho e, provavelmente, foi devido a transformação técnica.

Tabela 3. Teor de aminoácidos essenciais (g/100g de MS) de levedura, milho e DDGS

Aminoácido	Levedura	Milho	DDGS	L:DDGS
Arginina	2,35	0,54	1,05	0,45
Histidina	1,17	0,25	0,7	0,59
Isoleucina	2,37	0,39	1,52	0,64
Leucina	3,45	1,12	2,43	0,7
Lisina	3,32	0,24	0,77	0,23
Metionina	0,79	0,21	0,54	0,68
Fenilalanina	1,96	0,49	1,64	0,84
Treonina	2,27	0,39	1,01	0,45
Triptofano	0,55	0,09	0,19	0,35
Tirosina	1,6	0,43	0,76	0,48
Valina	2,52	0,51	1,63	0,64

Fonte: Adaptado de Belyea et al., (2004). L:DDGS = proporção de concentração de aminoácido de DDGS: concentração de aminoácidos de levedura.

Inclusão de DDGS em dietas para leitões

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

Outra preocupação nos primeiros dias após o desmame está relacionada ao consumo de ração e de água. O leitão lactente utiliza basicamente a ingestão do leite materno para saciar fome e sede. Ao adentrar a creche, sua dieta é composta apenas por alimentos sólidos, o

que acarreta uma mudança fisiológica para saciar e atender suas necessidades (Ferreira et al., 2014).

Whitney & Shurson (2004) em dois experimentos avaliaram os efeitos do aumento dos níveis de DDGS (0 a 25%) na dieta sobre o desempenho de leitões submetidos ao desmame precoce. Segundo os mesmos pesquisadores, a inclusão de DDGS produzido a partir do milho em um programa nutricional de três fases na creche pode ser de até 25% na segunda fase (animais com peso mínimo de 7 kg) e na terceira fase, após um período de adaptação de duas semanas, sem que ocorram efeitos negativos no desempenho dos animais. A inclusão de níveis mais elevados logo após o desmame, contudo, pode influenciar negativamente o consumo de ração, resultando em baixo crescimento inicial.

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 segundo Linneen et al., (2008), em dietas fornecidas a leitões desmamados, iniciando 10 dias após o desmame, também não influenciou no desempenho dos leitões. Porém, Tran et al., (2012), relatam 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.

Inclusão de DDGS em dietas para suínos em crescimento e terminação

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 ao milho (Urriola et al., 2010). A eficiência da utilização de energia em ingredientes para rações fibrosas como DDGS em suínos, é afetada pela digestibilidade de fibra dietética e a produção de ácidos graxos voláteis.

Urriola & Shurson (2010) avaliaram diferentes fontes de DDGS para suínos em crescimento e constataram que a digestibilidade aparente ileal e a digestibilidade aparente total de fibras pode contribuir para as diferenças na digestibilidade da energia em DDGS. 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. Porém, a utilização de 30% levou a uma diminuição de ganho de peso.

Whitney et al., (2006) avaliaram o desempenho de animais em crescimento e terminação alimentados com dietas contendo 0, 10, 20 e 30% de DDGS de milho. Os níveis de 0 e 10% de DDGS tiveram desempenho equivalente, contudo, animais que receberam dietas com 20 e 30% de DDGS apresentaram ganho de peso diário inferior aos demais tratamentos. A conversão alimentar foi semelhante para suínos alimentados com 0, 10 e 20% de DDGS, e piorada com a inclusão de 30% de DDGS. Os autores explicam que a redução da taxa de crescimento e baixo desempenho dos animais alimentados com 20 e 30% de DDGS estão ligados ao uso inadequado de treonina nas dietas. Este problema pode ser amenizado com a formulação de dietas a base de aminoácidos digestíveis e com o uso de outras fontes com valor de treonima mais elevado.

Lee et al., (2012) avaliaram 280 suínos com peso inicial de aproximadamente 42,5 kg. Os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente com o total de oito tratamentos, sendo quatro níveis de gérmen de milho (0, 10, 20 e 30%) e dois níveis de DDGS (0 e 30%). Em conclusão, a adição de até 30% de DDGS não prejudicou o desempenho dos suínos, composição da carcaça ou qualidade da carne.

Em trabalho recentes Ying et al. (2013) avaliaram um total de 1.104 machos castrados e fêmeas pesando 36 kg, para verificar os efeitos da dieta L-carnitina e DDGS sobre crescimento, características de carcaça e qualidade de lombo e gordura. Os tratamentos continham DDGS em concentração de 20% e 30% e L-carnitina (0, 50, ou 100 mg / kg). Os

resultados deste estudo indicam que DDGS na dieta não afeta o crescimento, mas apresentou maior insaturação na gordura, enquanto a alimentação de 50 mg/kg de L-carnitina melhorou o peso da carcaça e reduziu a concentração de ácido linoleico na gordura corporal quando alimentados em combinação com DDG

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 farelo de milho e farelo de soja (Hill et al., 2008). Possibilitanto, dessa forma, a utilização de DDGS as dietas de porcas em gestação.

Porcas em gestação e em lactação podem ser alimentadas com dietas contendo até 50 e 30% de DDGS, respectivamente, sem afetar negativamente o desempenho (Stein & Shurson, 2008). Valores de 50% de DDGS são recomendados as fêmeas suínas em gestação, pois garantem aumento da sensação de saciedade e melhora do bem estar da mesma, pois o aumento da fibra na dieta pode levar a uma distenção gátrica (Gentilini et al., 2003).

Hill et al., (2008) realizaram experimentos para comparar o desempenho de fêmeas em lactação alimentadas com dietas contendo 15% de DDGS com o desempenho de fêmeas alimentadas com uma dieta contendo 5% de polpa de beterraba ou dieta de milho e farelo de soja. O desempenho das fêmeas na lactação foi semelhante entre os tratamentos contendo ou não o DDGS. Estes resultados corroboram com Mónegue & Cromweel (1995), onde o fornecimento de 15% DDGS para fêmeas gestantes e em lactação não afetou a taxa de parto, consumo de ração, ganho de peso, tamanho de leitegada ao parto, ou o peso corporal ao parto.

Segundo Wilsonet al., (2009) realizaram experimento utilizando 93 femeas multíparas para determinar os efeitos de dietas contendo 50% de DDGS na gestação e 20% de DGGS na lactação sobre o desempenho reprodutivo, não encontraram diferença significativa no ganho

de peso das matrizes em gestação, número de leitões nascidos vivos por leitegada, mas registraram menor peso ao nascer em fêmeas alimentadas com 50% de DDGS na dieta durante a gestação. A utilização de 20% de DDGS na lactação reduziu a ingestão de alimento durante a primeira semana pós-parto.

Além disso, a mortalidade pré-desmame foi maior para fêmeas alimentadas com dieta de gestação de 50% de DDGS e com 20% de DDGS na ração de lactação em comparação com as outras combinações de tratamento durante o primeiro ciclo reprodutivo (Wilsonet al., 2009). No entanto, as dietas de lactação com 20% de DDGS promoveram redução da ingestão de alimento na primeira semana pós-parto, para as porcas que não foram adaptadas a dieta com DDGS durante a gestação.

Efeitos de DDGS sobre as características de carcaça e carne

Definir a qualidade da carne suina representa algo bastante amplo e complexo. Existe um grande número de fatores intrínsecos (relacionados ao animal) e extrínsecos que participam de todas as fases da cadeia (da concepção até o preparo final do produto para consumo), e que interagem e influenciam as diferentes características relacionadas com a qualidade da carne. A atribuição da qualidade à carne também varia entre os diferentes mercados mundiais, sendo essa uma característica percebida de forma distinta para cada segmento da cadeia (produtor, indústra e consumidor), sendo igualmente diferente dependendo do nível de formação e informação do consumidor.

No DDGS estão presentes teores consideráveis de ácidos graxos insaturados (Benz et al., 2010). Portanto, uma possível redução no teor de gordura do DDGS reduziria a quantidade total de ácidos graxos insaturados.

O ácido linoléico (C 18:2) é um ácido graxo insaturado, portanto, quanto maior for a porcentagem deste ácido maior será o grau de insaturação na gordura. O ácido linoléico pode

resultar em oxidação rápida, o que diminui a vida de prateleira da carne suína (Wood et al., 2003).

Jacela et al., (2011) ao avaliarem a qualidade de carcaça de 1215 suínos em crescimento, alimentados com níveis de 0 à 25% de inclusão de DDGS de milho, constataram que com o aumento dos níveis de DDGS, reduziu linearmente o peso, rendimento de carcaça e a profundidade de lombo. Com o aumento nos níveis de DDGS foi observado aumento nos valores de iodo na gordura e na carcaça.

Alem disso, os autores não encontraram diferença significativa na espessura de toucinho, porcentagem de carne magra entre os tratamentos. Os autores explicam que a redução na porcentagem de rendimento de carcaça pode estar relacionado com o alto teor de fibra do DDGS. As dietas contendo alto teor de fibra tem sido usada para aumentar a taxa metabólica basal, o que pode explicar a porcentagem do rendimento de carcaça ter diminuído em suínos alimentados com dietas contendo DDGS.

Em trabalhos realizados por Whitney et al., (2006) e Widmer et al., (2008), não mostraram efeitos negativos sobre o desempenho de suínos e qualidade da gordura quando foram alimentados com dietas contendo 10% de DDGS. Por causa do aumento do preço do milho e aumento da oferta de DDGS, pode ser rentável utilizar quantidades em torno de 30% de DDGS para reduzir os custos de dieta.

Whitney et al., (2006) afirmam que em dietas formuladas para suínos em crescimento-terminação com níveis superiores a 20% de DDGS, deve ser utilizado aminoácidos sintéticos para melhor desempenho e a qualidade de carcaça. Estes pesquisadores, ao alimentar suínos em terminação com dietas contendo até 30% de DDGS não verificaram quaisquer efeitos negativos sobre a qualidade do músculo de suínos.

Em pesquisas, McClelland et al., (2012), observaram que a cor da carne não foi afetada com a adição de 30% de DDGS. Da mesma forma, Whitney et al., (2006) e Widmer et

al., (2008) relataram que a coloração da carne não foi diferente entre os suínos alimentados com dietas contendo 0 a 30% de DDGS.

Em trabalhos de Xu et al., (2008), para cada 10% de DDGS incluído na dieta de suínos, há um aumento na espessura de toucinho, gordura maxilar, e gordura na barriga de 2,3, 1,6, e 2,2 g / 100 g, respectivamente. Contudo níveis superiores a 30% de DDGS, comprometem o desempenho dos animais.

Considerações finais

A partir da revisão de literatura realizada neste trabalho, concluiu-se que o uso de DDGS de milho em dietas para suínos possui características favoráveis e teores de proteína satisfatórios, podendo ser usado até 30% de inclusão da dieta de suínos em crescimento e terminação sem comprometer seu desempenho e as características de qualidade da carcaça e de carne. Para fêmeas suínas em gestação e lactação recomenda-se 50 e 30% de DDGS na dieta respectivamente.

O DDGS apresenta valores de EM, EE, FB e P maiores do que o milho e o farelo de soja. Contudo, a digestibilidade dos aminoácidos é inferior ao do milho, sendo necessário correções no balanço dos aminoácidos essenciais.

Referências

BACCHI, M. R. P. MEIRELIS, J.L; SILVA, H.S. Consumo e tributação podem sustentar recuperação do setor de etanol. Disponivel em:< http://www.novacana.com/n/etanol/mercado/consumo-tributacao-sustentar-recuperacao-setor-etanol-2016-070116/>. Acesso em: 29 de janeiro de 2016.

BENZ, J. M. XU, J.; BELYEA, R.L. Effects of dried distillers grains with solubles on carcass fat quality of finishing pigs. Journal of Animal Science, v. 88, n. 11, p. 3666–3682, 2010.

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, n. 3, p. 293–298, 2004.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acessado em 02/04/2016. Disponivel em: http://www.conab.gov.br/

COSTA, F. Produção de biodiesel deve crescer 25% no Brasil. Disponivel 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>. Acesso em: 01 de junho de 2015.

COZANNET, P., PRIMOT, Y., GADY, C., MÉTAYER, J.P., CALLUB, P., LESSIRE, M., SKIBA, F., NOBLET, J. Composition and amino acids ileal digestibility of wheat distillers dried grains and solubles in pigs: Sources of variability. Livestock Science 134. 2010.

CHAMONE, J. M. A.; MELO, M. T. P.; AROUCA, C. L. C.; BARBOSA, M.M.; SOUZA, F. A.; SANTOS, D. Fisiologia disgestiva 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 Assocation Technical Symposium. Proceeding Bloomington, Mn, 2001.

ERICKSON, G. E., KLOPFENSTEIN, T. J., 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, 2005.

FAIRBANKS, B. W., J. L. Krider, and W. E. Carroll. Distillers by-products in swine rations. I. Creep-feeding and growingfattening rations. J. Anim. Sci. 3. 1944.

FASTINGER ,N.D., MAHAN, D.C. Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with soluble using grower-finisher pigs. Journal of Animal Science, v.84, 2006.

FASTINGER, N.D.; LATSHAW, J.D.; MAHAN, D.C. Amino acid availability and true metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles in adult cecectomized roosters. Poultry Science, v.85, 2006.

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 nivel de fibra e mantidas em gaiolas ou em baias. Arquivo brasileiro de medicina veterinaria e zootecnia, vol 55, n° 5, 2003.

HILL, G. M., J. E. Link, D. O. Liptrap, M. A. Giesemann, M. J. Dawes, J. A. Snedegar, N. M. Bello, and R. J. Tempelman. Withdrawal of distillers dried grains with solubles (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. et al. 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, n. 6, p. 1817–1829, 2011.

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, n. 13, p. 4933–4942, 2012.

LEE, J. W. et al. Carcass fat quality of pigs is not improved by adding corn germ, beef tallow, palm kernel oil, or glycerol to finishing diets containing distillers dried grains with solubles. Journal of Animal Science, v. 91, n. 5, p. 2426–2437, 2013.

LINNEEN, S. K. et al. Effects of dried distillers grains with solubles on growing and finishing pig performance in a commercial environment. Journal of Animal Science, v. 86, n. 7, p. 1579–1587, 2008.

LUMPKINS, B. S., BATAL, A.B; Dale, N.M. Evaluation of distillers dried grains with solubles as a feed ingredient for broilers. Poult. Sci. 83:1891–1896, 2005.

MCCLELLAND, K. M., RENTFROW, G.L.; CROMWELL, M.D.; LINDEMANN, M.D.; AZAIN, M.J. Effects of corn distillers dried grains with solubles on quality traits of pork. J. Anim. Sci. 90:4148–4156, 2012.

MONEGUE, H. J., Cromwell, G. L. High dietary levels of corn byproducts for gestating sows. J. Anim. Sci. 73(Suppl.1):86. 1995.

PEDERSEN, C., M. G. Boersma, and H. H. Stein. Digestibility of energy and phosphorus in 10 samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. Journal of Animal Science 85. 2007.

ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 3ª Edição, Editor : Horacio Santiago Rostagno, Viçosa:Ufv- Departamento de Zootecnia. 2011.

SIFAEG. Sindicato da Industria de Fabricação de Etanol do estado de Goias. Produção de etanol de milho é realidade. Acessado em 02/04/2016. Disponivel em: http://www.sifaeg.com.br/xtimeline/producao-de-etanol-de-milho-e-realidade/

SOTAK, K.M. The evaluation of sorghum dried distiller's grains with solubles in nursery pig diets, on finishing pig performance and meat quality, and on lactating sow performance. In: Kansas State University. *Swine Day Rep*., Manhattan, p. 1-23, 2012.

SPIEHS, M. J., M. H. Whitney, and G. C. Shurson. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. Journal of Animal Science 80. 2002.

STEIN, H. H., C. Pedersen, M. L. Gibson, and M. G. Boersma. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles by growing pigs. Journal of Animal Science 84. 2006.

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., G. C. SHURSON. Board-Invited Review: The use and application of distillers dried grains with soluble (DDGS) in swine diets. Journal of Animal Science. 87:1292– 1303, 2009.

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, 2012.

UNICA. União das Industrias de Cana-de-açúcar. Acessado em 03/04/2016. Disponivel em: http://www.unica.com.br/na-midia/17629673920316210194/queda-no-consumo-desestimula-etanol-de-milho/

URRIOLA, P. E., D. Hoehler, C. Pedersen, L. J. Johnston, and G. C. Shurson.. Prediction of in vivo amino acid digestibility of dried distillers grains with solubles (DDGS) from selectedphysical and chemical characteristics. J. Anim. Sci. 85. 2010.

WIDMER, M. R. et al. Effects of feeding distillers dried grains with solubles, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. Journal of Animal Science, v.86, p.1819-1831, 2008.

WHITNEY, M. H., G. C. Shurson, and R. C. Guedes. 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. J. Anim. Sci. 84. 2006.

YING, W. et al. Effects of dietary L-carnitine and dried distillers grains with solubles on growth, carcass characteristics, and loin and fat quality of growing-finishing pigs. Journal of Animal Science, v. 91, n. 7, p. 3211–3219, 2013.

Xu, G., S. K. BAIDOO, L. J. JOHNSTON, J. E. CANNON, D. BIBUS., G. C. SHURSON. Effects of adding increasing levels of corn dried distillers grains with solubles (DDGS) to corn-soybens meal diets on pork fat quality of growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 86(Suppl. 2):51. 2008.

Capitulo II: Valor nutricional de coproduto da produção de etanol de milho para suínos determinado com diferentes metodologias

Valor nutricional de coproduto da produção de etanol de milho para suínos determinado com diferentes metodologias

Resumo- Os ensaios *in vivo* para coleta total de fezes e urina e o uso de indicador com óxido crômico são utilizados para se avaliar os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e para determinar a energia dos alimentos. O objetivo deste trabalho foi caracterizar e avaliar o coeficiente de digestibilidade das frações nutricionais e estimar os valores de ED e EM do DDGS pelo método de coleta total e pelo óxido de cromo como indicador. Foram utilizados oito suínos macho castrados, com peso médio de 20,55 ±7,07, distribuidos individualmente em gaiolas de metabolismo em delineamento experimental de blocos ao acaso alimentados com dietas contendo 0, 20, 40 e 60% de DDGS de milho. Foram analisados as metodologias de digestibilidade de alimentos por coleta total de fezes e urina e indicador óxido crômico. O DDGS apresentou 3691 kcal/kg e 3213 kcal/kg de energia metabolizavel determinados pelo método de coleta total e indicador, respectivamente, e energia digestível de 3739 e 3401 kcal/kg, respectivamente. A inclusão crescente de DDGS afetou o desempenho dos animais, e o valor de ED e EM. Os coeficientes de digestibilidade pelo método de coleta total da MS, MO, EE, MM e FDN foi de 76,78; 76,51; 82,71; 69,13; 88,36; 82,18%, respectivamente. O método de coleta por indicador com óxido crômico subestimou todas as variáveis avaliadas nesse experimento em relação ao método de coleta total. No desempenho animal, as variáveis peso final, GPD e CRD, foram menores com o aumento de DDGS na dieta. A utilização de níveis de até 60% de DDGS na dieta influenciaram na determinação do valor de energia digestível e metabolizável do DDGS. A inclusão de até 60% de DDGS piorou os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, EE e FDN, contudo melhorou para a variável PB.

Termos para indexação: Digestibilidade, energia metabolizável, extrato etéreo, fibra bruta, proteína bruta

Nutritional value for co swine ethanol production product particular corn with different methods

Abstract- In vivo testing of the total collection of feces and urine and the use of indicator with chromic oxide, are used to meet the digestibility of nutrients and to determine food energy levels. The aim of this study was to characterize the DDGS and evaluate the coefficient of digestibility of the nutritional fractions and estimate the values of MS and ED of the same. eight male castrated pigs were used, distributed individually in metabolism cages in experimental design of randomized blocks fed diets containing 0, 20, 40 and 60% corn DDGS. the food digestibility methodologies for total collection of feces and urine and marker chromic oxide were analyzed. The DDGS had 3691 Kcal/kg and 3213 Kcal/ kg metabolizable energy determined by the total collection method and indicator respectively and digestible energy 3739 and 3401 Kcal / kg, respectively The increasing inclusion of DDGS affect animal performance, and value dE and, when administered to pigs at an early stage. digestibility coefficient values by the total collection method of DM, OM, EE, MM and NDF was 76.78; 76.51; 82.71; 69.13; 88.36; 82.18%, respectively). The indicator collection method with chromic oxide underestimated all variables in this experiment compared to the total collection method. In animal performance, Final weight, GPD and CRD were lower with increasing DDGS in the diet. The utilization levels of up to 60% DDGS in influence in determining the amount of digestible and metabolizable energy of DDGS. The inclusion of up to 60% DDGS, worsened the digestibility coefficients of DM, OM, EE and NDF. However it improved for the variable CP.

Index terms: Digestibility, metabolizable energy, ether extract, crude fiber, crude protein

Introdução

Considerando-se a importância da produção de biocombustíveis e as políticas governamentais brasileiras que encorajam sua produção, espera-se que ocorra aumento da sua produção, bem como o uso de novas fontes renováveis de combustíveis. Diante disso, a produção de combustível a partir de cereais como milho, 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 de Mato Grosso onde surgem as primeiras iniciativas.

Como consequência dessa produção, obtém-se resíduos destilados, coprodutos da produção de etanol de grãos conhecidos como grãos secos de destilaria como solúveis ou *distillers dried grains with solubles* (DDGS), os quais apresentam enorme potencial de uso na dieta de suínos. Pesquisas foram conduzidas durante os últimos anos para avaliar a concentração nutricional, digestibilidade, valor alimentar e propriedades associadas aos DDGS. Entretanto, Stein & Shurson (2009) ao compilaram resultados de 41 fontes de DDGS produzidos na América do Norte observaram grande variação na digestibilidade entre diferentes amostras.

Os ensaios *in vivo* são utilizados para se conhecer os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e principalmente para determinar os teores de energia metabolizável dos alimentos. Os métodos mais utilizados para ensaios de digestibilidade são a coleta total de fezes e urina e o uso de indicador o qual tem o óxido crômico como principal representante em ensaios de digestibilidade em suínos. Segundo Sakomura & Rostagno (2007) o método de coleta total tem como principal obstáculo o controle sobre a coleta de amostras de fezes e urina sem contaminação com descamações de pele, pelos e ração, que podem interferir na determinação de energia do alimento.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, caracterizar e avaliar o coeficiente de digestibilidade das frações nutricionais e estimar os valores de ED e EM do DDGS pelo método de coleta total e pelo óxido de cromo como indicador.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Sinop - MT, no mês de maio de 2015. O trabalho foi conduzido estando de acordo com os princípios éticos na experimentação animal adotados pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal e tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UFMT sob N^{o} 23108.700673/14-4.

Foram utilizados oito suínos machos castrados, geneticamente homogêneos, oriundos de cruzamentos industriais e com peso médio inicial de 20±7,07 Kg, distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, constituído de quatro tratamentos e duas repetições, sendo cada animal uma unidade experimental. Os animais foram alojados em oito gaiolas metabólicas com repetição no tempo compreendendo três períodos de doze dias, sendo sete dias para adaptação a dieta e cinco dias de coleta.

Na formação dos blocos, foi levado em consideração o peso inicial dos animais e o período. Utilizou-se o método de coleta total de fezes e urina com o uso de óxido de cromo (Cr_2O_3) como indicador de indigestibilidade adicionado à dieta.

Os tratamentos foram compostos por uma dieta referência à base de milho e farelo de soja, (Tabela 1) formulada para atender às recomendações de Rostagno et al. (2011), e com DDGS de milho, em substituição isométrica de 20, 40 e 60% da dieta referência (Tabela 2) de acordo com metodologia descrita por Sakomura & Rostagno (2007).

Tabela 1. Composição Centesimal e Nutricional calculada da dieta referência

Composição centesimal	**Dieta referência**
Milho Farelo	60,48
Farelo de Soja	30,26
Farelo de Arroz	3,00
Óleo de Soja	1,89
Calcário Calcítico	0,52
Fosfato Bicálcico	1,75
Suplemento Mineral*	0,50
Suplemento Vitamínico**	0,50
Sal Comum	0,46
L-Lisina	0,15
Óxido Crômico	0,50
Total	100
Composição Nutricional	
Energia Metabolizável Suínos (Kcal/kg)	3330
Proteína Bruta (%)	12,63
Cálcio (%)	0,72
Fósforo disponível (%)	0,36
Potássio (%)	0,77
Sódio (%)	0,20
Lisina Digestível (%)	1,01
Metionina Digestível (%)	0,26
Met+Cis Digestível (%)	0,54
Treonina Digestível (%)	0,64
Triptofano Digestível (%)	0,21
Gordura (%)	5,57

**Composição do suplemento por kg do produto: Vitamina A(2750000 UI), vitamina B1(400 mg), vitamina B2(250 mg), vitamina B6 (800 mg), vitamina B12 (900 mcg), vitamina D3 (600000 UI), vitamina E (15000 UI), vitamina K3 (1250 mg), ácido Nicotínico (10000 mg), ácido Pantotênico (6000 mg), ácido Fólico (125 mg), *Composição do suplemento mineral por Kg do produto: Cobalto (250 mg), Cobre (5000 mg), Ferro (30000 mg), Zinco (40000 mg), Manganês (15000 mg), Selênio (140 mg), Iodo (400 mg), Colina (50000 mg), Biotina (5000 mcg). Aditivos: E-toxiquim (5000 mg), BHT (10000 mg), Bacitracina de Zinco (15000 mg).

Para se obter a composição bromatológica das rações foram feitas análises 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 2).

Tabela 2. Composição bromatológica das rações e do DDGS

Frações Nutricionais	Níveis de DDGS (%)				DDGS
	0	20	40	60	
Matéria Seca (%)	89,26	89,81	90,04	90,18	91,00
Matéria Orgânica (%)	95,56	95,69	95,83	95,97	86,32
Proteina Bruta (%)	20,23	21,83	24,78	26,40	28,60
Extrato Etéreo (%)	4,27	4,75	5,27	5,73	6,69
Matéria Mineral (%)	4,44	4,31	4,17	4,03	4,68
Fibra Detergente Neutro (%)	11,99	12,24	12,44	12,78	12,49
Energia Bruta (kcal/kg)	3984	4153	4331	4557	4780

No período de adaptação a ração foi fornecida á vontade, e as sobras contabilizadas para posterior cálculo de consumo baseado no peso metabólico ($PV^{0,75}$). Para evitar perdas e facilitar a ingestão, as rações foram devidamente pesadas e umedecidas na proporção 1:1 e fornecidas duas vezes ao dia (7h30 e 17h30 horas). Foram analisadas duas metodologias de avaliação de digestibilidade de alimentos, sendo coleta total de fezes e indicador de digestibilidade de forma similar. Utilizou-se o óxido crômico (Cr_2O_3) como indicador de digestibilidade na segunda metodologia. As coletas de fezes e urina foram realizadas uma vez ao dia, pela manhã. 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 (-10º 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 através de uma proveta com graduação de 5 ml, do qual foram retiradas alíquotas de 20% para amostragem, que foram acondicionadas em embalagens plásticas com tampa, 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 60ºC por 72 horas a fim de promover a pré secagem, para análises 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 análises do teor de cromo nas fezes foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica (Willians et al., 1962).

As amostras de urina foram descongeladas e homogeneizadas para determinação de nitrogênio total. Os valores de energia bruta das amostras foram obtidas através de bomba calorimétrica.

Os coeficientes de digestibilidade, teores de nutrientes digestíveis, valores de energia digestível e metabolizável e sua correção pelo teor de nitrogênio foram determinados por equações de acordo com Sakomura & Rostagno (2007). Os animais foram pesados no início e no final de cada período, e o consumo de ração foi registrado para cálculo do consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada unidade experimental.

O experimento foi conduzido de acordo com o delineamento em blocos completamente casualizados segundo o esquema de parcelas subdivididas, sendo a análise de variância realizada de acordo com o modelo estatístico abaixo: $Yijk = \mu + Di + Pj + Mk + DixMk + \varepsilon ij + \varepsilon ijk$. Em que: Yijk: observação referente ao efeito do nível de DDGS i, no período j, no método de avaliação da digestibilidade k, μ: média geral; Di: efeito do nível de inclusão de DDGS (i = 0, 20, 40 e 60%); Pj: período experimental (j = 1, 2 e 3); Mk: efeito do método de avaliação da digestibilidade (k = coleta total e indicador); DixMk: efeito de interação entre o nível de DDGS i e o método de avaliação da digestibilidade k; εij: Erro aleatório associado a parcela; εijk: Erro aleatório associado à subparcela.

As avaliações dos efeitos relacionados ao nível de DDGS do concentrado foram realizados através da partição da soma de quadrados de tratamentos em contrastes ortogonais para avaliar o efeito linear, quadrático e cúbico. Para avaliação dos métodos de coleta foi

utilizado o teste F. Ambas as avaliações foram considerando probabilidade de 0,05 para erro do tipo I.

Os dados foram submetidos ao procedimento Mixed do programa SAS, (2001), considerando nível de probabilidade de 5%. Para a analise de peso final e consumo de ração diário, utilizou-se o peso inicial como co-variavel. Os dados dos coeficientes de digestibilidade e de metabolizabilidade, nutrientes digestíveis, energia digestível e metabolizável aparente e corrigida pela excreção de nitrogênio das rações e de DDGS foram submetidos á ANOVA considerando os efeitos do tipo de coleta e da interação entre nível de inclusão de DDGS e metodologia de avaliação de digestibilidade de alimentos.

Resultados

O desempenho dos animais durante o ensaio de digestibilidade avaliado pelos valores de peso final, GPD e CRD apresentaram efeito linear ($p \leq 0,05$) com valores decrescentes em função do aumento dos níveis de DDGS (Tabela 3). Contudo, a CA não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$).

Tabela 3. Peso inicial, peso final, ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD), conversão alimentar (CA) de suínos durante ensaio de digestibilidade alimentados com diferentes níveis de DDGS.

Variável	Níveis de DDGS (%)				Significância*		CV
	0	20	40	60	L	Q	(%)
Peso inicial (kg)	22,85	23,37	23,41	24,45	0,1846	0,5746	3,02
Peso final (kg)	29,8	29,69	28,35	27,64	0,0047	0,4701	1,97
GPD (g/dia)	683	671	525	439	0,0037	0,4106	12,45
CRD (g/dia)	1170	1182	959	862	0,0004	0,215	16,11
CA (kg:kg)	1,8	1,82	1,92	1,85	0,5002	0,7221	13,83

*****Nível de significância P<0,05. L (Efeito linear) Q (Efeito quadrático) CV: coeficiente de variação. Peso final: Y = 29,96267-0,03637x; GPD: Y = 712,26667-4,42x; CRD: Y = 1231,88333-6,29333x

Para as variáveis ED, EDn, EM, EMn, ED:EM e EDn:EMn não foram encontradas diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 4), porém houve diferença

(p≤0,05) para o método de coleta. Ao observar a interação entre os tratamentos e os métodos não foi evidenciada diferença estatística (p>0,05). No método de coleta total foi encontrado valores de 3.739, 3.471, 3.691 e 3.562 Kcal/kg para as variáveis ED, EDn, EM e EMn do DDGS, respectivamente. Para o método de coleta com uso do indicador de óxido crômico, os valores para as variáveis ED, EDn, EM e EMn do DDGS foram de 3.401, 3.384, 3.213 e 3.203 Kcal/kg, respectivamente.

Tabela 4. Energia digestivel (ED), energia digestível corrigida pelo balanço de nitrogênio (EDn), energia metabolizável (EM), energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMn), relação energia metabolizável : energia digestível (EM:ED), relação energia metabolizável : energia digestível corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMn:EDn) de DDGS, determinados com as metodologias de digestibilidade (Met. Dig) de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr)

Variáveis (Kcal/kg)	Níveis de DDGS (%)			Met.Dig		Significância*			Int. MxD[1]
	20	40	60	CT	Cr	L	Q	Met.Dig	
ED	3556	3567	3587	3739	3401	0,798	0,9685	0,0008	0,8701
EDn	3436	3440	3406	3471	3384	0,7727	0,8642	0,2771	0,9677
EM	3445	3447	3465	3691	3213	0,8618	0,9411	<0,0001	0,8622
EMn	3404	3372	3371	3562	3203	0,7859	0,8877	0,0001	0,9556
EM:ED	0,9688	0,965	0,9657	0,9881	0,9449	0,3926	0,5122	<0,0001	0,9066
EMn:EDn	0,9879	0,9842	0,9842	1,0259	0,9449	0,6196	0,7719	<0,0001	0,9501

*Nível de significância <0,05. L (Efeito Linear) Q (Efeito Quadrático). [1]Interação metodologia de digestibilidade e níveis de DDGS.

Ao avaliar o coeficiente de digestibilidade nos diferentes níveis de DDGS (Tabela 5), foi observada diferença estatística (p<0,05) para as variáveis MS, MO e FDN, em que o aumento dos níveis de DDGS proporcionaram menor CD das mesmas. A PB, EE e MM não apresentaram diferença estatística (p>0,05) em função dos tratamentos.

Houve interação entre os métodos avaliados e tratamentos para a variável FDN, em que o método de coleta total caracterizou um maior coeficiente de digestibilidade em relação ao método de coleta com uso do indicador cromo. As demais variáveis não apresentaram interação entre os métodos e tratamentos.

No método de coleta total, o coeficiente de digestibilidade das frações nutricionais do DDGS como MS, MO, PB, EE, MM e FDN foram de 76,78; 76,51; 82,71; 69,13; 88,36 e 82,18% respectivamente. No método de coleta com uso de indicador cromo, o coeficiente de digestibilidade do ingrediente foi de 63,83; 64,16; 72,96; 55,52; 56,43 e 69,39% para MS, MO, PB, EE, MM e FDN respectivamente.

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade (CD) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) do DDGS para suínos alimentados com diferentes níveis do alimento teste e determinados com as metodologias de digestibilidade (Met. Dig) de coleta total (CT) e indicador (Cr).

CD (%)	Níveis de DDGS (%)			Met.Dig		Significância*			Int. MxD[1]
	20	40	60	CT	Cr	L	Q	Met.Dig	
MS	75,38	68,7	66,82	76,78	63,83	0,0043	0,3247	<0,0001	0,2291
MO	74,07	68,98	67,94	76,51	64,16	0,027	0,3827	<0,0001	0,5431
PB	76,04	77,78	79,68	82,71	72,96	0,2522	0,9777	0,0006	0,6448
EE	65,59	61,09	60,3	69,13	55,52	0,3831	0,7219	0,0091	0,7547
MM	77,05	70,82	69,31	88,36	56,43	0,0664	0,5066	<0,0001	0,3701
FDN	82,18	73,28	71,9	82,18	69,39	0,014	0,279	0,0004	0,0285

*Nível de significância <0,05. L (Efeito Linear) Q (Efeito Quadrático).[1]Interação metodologia de digestibilidade e níveis de DDGS.

Na Tabela 6 estão descritos os valores referentes as frações digestíveis do DDGS em função dos tratamentos. Observou-se que MS, MO, PB, EE, e FDN diferiram estatisticamente ($p<0,05$), onde os valores decresceram linearmente com o aumento do ingrediente na dieta para todas as variáveis. A variável MM não apresentou diferença estatística. Contudo, a variável PB, aumentou linearmente em função dos tratamentos. Não observou-se interação entre os métodos de coleta e os tratamentos.

Os valores percentuais de MS, MO, PB, EE, MM e FDN do DDGS no método de coleta tototal foi de 70,23; 73,65; 25,01; 4,62; 3,42 e 10,88%, respectivamente. No método de coleta com indicador cromo, as mesmas variáveis obtiveram valores de 59,56; 62,65; 22,86; 3,71; 2,06 e 9,56%, respectivamente.

Tabela 6: Valores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e fibra em detergente neutro (FDN) digestiveis de DDGS para suinos alimentados com diferentes níveis do alimento teste, determinados com as metodologias de digestibilidade (Met. Dig) de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr)

Fração digestível (%)	Níveis de DDGS (%)			Met.Dig		Significância*			Int. MxD[1]
	20	40	60	CT	Cr	L	Q	Met.Dig	
MS	69,55	63,76	61,99	70,23	59,96	0,0041	0,3475	<0,0001	0,4383
MO	72,16	66,86	65,43	73,65	62,65	0,018	0,41,27	<0,0001	0,4406
PB	22,64	24,19	24,98	25,01	22,86	0,0013	0,5057	0,0004	0,5919
EE	4,51	4,07	3,91	4,62	3,71	0,0419	0,5732	0,0005	0,8869
MM	3,02	2,64	2,56	3,42	2,06	0,4111	0,4509	<0,0001	0,9839
FDN	11,03	9,91	9,72	10,88	9,56	0,0218	0,3343	0,0059	0,7634

*Nível de significância <0,05. L (Efeito Linear) Q (Efeito Quadrático). [1]Interação metodologia de digestibilidade e níveis de DDGS.

Discussão

O valores de peso final, ganho de peso e consumo de ração obtidos nesse experimento demonstram que o aumento do nível de DDGS na dieta prejudicou o desempenho dos animais. Este fenômeno pode ser explicado pelo valor elevado de fibra do ingrediente. Respostas similares foram observadas por Linnen et al., (2008) ao avaliarem níveis de DDGS até 30%, em que encontraram menor consumo de ração e menor ganho diário de peso com a inclusão de mais de 10% de DDGS na dieta de suínos. Também uma possível explicação para o fenômeno encontrado no presente estudo, possa estar relacionado a baixa amostra de animais utilizada para comparativo de desempenho.

Segundo Albuquerque et al. (2011) os alimentos alternativos, geralmente contém elevado teor de fibra bruta, podendo interferir negativamente no desempenho de animais monogástricos, que possuem pouca habilidade no aproveitamento deste nutriente. A necessidade de um período de adaptação dos leitões na fase pós-desmame ao aumento nos

níveis de DDGS de milho na dieta (Whitney & Shurson, 2004), pode ter sido o principal fator limitante do consumo e consequentemente ganho de peso e peso final.

A composição de nutrientes do DDGS combinado com o trato gastrintestinal do leitão jovem (por exemplo, falta da síntese de enzimas necessárias para digerir os componentes da fibra), pode estar associado a redução no desempenho quando administrado aos suínos durante o início da fase de creche (Tran et al., 2012). Ainda segundo os mesmos autores, a utilização de até 15% de DDGS na fase inicial de crescimento dos suínos, garante uma melhor adaptação da flora intestinal dos animais, podendo estes ser alimentados com níveis crescentes de DDGS nas fases posteriores, sem que o mesmo apresente desempenho negativo.

O consumo médio de ração reduziu com o aumento dos níveis crescentes de DDGS na dieta, esse fato pode ser explicado pelo paladar e o cheiro podem ter reduzido a palatabilidade da dieta sendo também um dos fatores limitantes do consumo (Avelar et al., 2010).

A conversão alimentar tende a piorar com níveis maiores que 20% de DDGS. Walhstrom et al. (2013) justificam que níveis maiores que 20% de DDGS comprometem a conversão alimentar em virtude da baixa digestibilidade do DDGS e por esse ingrediente possuir um elevado teor de fibra. Contudo, Sotak (2012) ao avaliar níveis crescentes de DDG de sorgo (0 a 45%) nas dietas de suínos na fase pós-desmame, afirma que a inclusão de 45% de DDGS leva a uma piora no desempenho dos animais e consequentemente na conversão alimentar, enquanto a inclusão de 30% de DDGS apresentou melhor conversão alimentar, quando comparados aos demais níveis de inclusão (15 e 45%).

O valor de EB quantificado no DDGS de milho produzido no Brasil e avaliado neste estudo (Tabela 2), apresentou-se maior (4.780 Kcal/kg) que os descritos por Anderson et al. (2012) e Kerr et al. (2013), 4.553 kcal/kg e 4.583 Kcal/kg, respectivamente. Ao avaliar a ED e a EM, observou-se que os valores encontrados de 3.739 e 3.691 Kcal/kg, respectivamente, no método de coleta total, são inferiores aos encontrados por Pedersen et al. (2007), Anderson et

al. (2012) e Spiehs et al. (2002), na qual os valores para ED e EM foram de 4.140 e 3.990; 3.900 e 3.740; 3.897 e 3.749 kcal/kg, respectivamente.

As diferenças nos processos utilizados pelas usinas para a produção do DDGS, variações dos níveis de gordura, proteína e fibras entre as fontes e procedimentos analíticos e laboratoriais, são possíveis fontes de influência (Shurson & Kerr, 2013) nos menores teores de ED e EM encontrados nos coprodutos produzidos no Brasil em comparação à maior parte da literatura citada.

O tamanho de partícula do DDGS também pode afetar negativamente o conteúdo de ED e EM. Estudos recentes realizados por Mendoza et al. (2010) e Liu et al. (2011) indicam que, para cada redução de 100 µm de tamanho médio de partícula de DDGS, a ED aumenta em aproximadamente 40-52 Kcal / kg de MS. Segundo Liu et al. (2011), cada redução de 25 µm de DDGS do tamanho das partículas, aumenta-se 13,46 Kcal / kg de matéria seca de EM.

No presente estudo, ficou evidente que o coeficiente de digestibilidade das variáveis MS, MO e FDN foi menor em função do aumento do nível de inclusão de DDGS na dieta. Ao avaliarem a digestibilidade das frações nutricionais do DDGS, Stein & Shurson (2009), afirmaram que a fibra dietética do ingrediente reduz a digestibilidade das frações nutricionais e o torna menos digestível em relação a outros ingredientes. No entanto, Urriola et al. (2009) ao avaliarem diferentes fontes de DDGS, explicaram que alterações no processo de fabricação e até mesmo a genética do grão de milho, pode levar a diferenças no coeficiente de digestibilidade e nos valores de composição das frações nutricionais.

Wahlstrom et al. (2013), ao avaliarem níveis de inclusão de DDGS de 5 a 30%, relataram que níveis maiores de 20% de DDGS diminuíram o coef/iciente de digestibilidade da proteína bruta e da matéria seca. Porém, níveis de até 10% do ingrediente não afetaram a digestibilidade dos nutrientes. Whitney & Shurson (2004) mencionaram não encontrar

diferenças na digestibilidade das frações nutricionais do DDGS em suínos na fase de terminação.

A caracterização do DDGS de milho produzido no Brasil difere daquelas apresentadas à partir de indústrias de outros países, possivelmente em função das diferenças nas composições dos cereais cultivados e condições de processamento, considerando-se a estrutura que a indústria brasileira também opera na produção de etanol à partir da cana de açúcar. Contudo, variações nas composições químicas em coprodutos da produção de biocombustíveis foram relatadas por vários trabalhos (Feoli et al., 2008; Cerisuelo et al., 2012; Sotak et al., 2012), sugerindo ser um ponto crítico no uso destes como ingredientes na alimentação animal.

Em trabalhos de Feoli et al. (2008), Cerisuelo et al. (2012), Sotak et al. (2012), Jacela et al. (2010) e Urriola (2009) encontratam coeficientes de digestibilidade de MS de 88,3; 90,2; 89,49; 92,3 e 91,37% respectivamente. Os mesmos autores encontratam valores de digestibilidade de PB de 30,15, 30,4, 34,21, 32,7 e 31,78% respectivamente. Tais dados, mostram valores acima dos encontrados no presente estudo, que são de 70,23 e 25,01 de MS e PB, respectivamente (Tabela 6). Este fato pode ser explicado pela caracterização do grão e da industria brasileira em comparação a outros países.

O método de indicador de oxido crômico neste estudo levou a menores valores dos coeficientes de digestibilidade para as variáveis avaliadas em relação ao método de coleta total. Sakomura & Rostagno (2007) explicaram que o óxido crômico por não ser totalmente recuperado nas fezes acarreta variabilidade nos resultados relacionados ao método do indicador de óxido crômico quando comparado ao de coleta total, sendo que tal ocorrência interfere diretamente no fator indigestibilidade utilizado nos cálculos de digestibilidade.

Conclusão

No desempenho animal, o aumento do nível de DDGD nas dietas reduziu o peso final, GPD e CRD. O DDGD avaliado apresenta 3.739 e 3.401 Kcal/kg de energia digestível e 3.691 e 3.213 Kcal/kg de energia metabolizável determinados pelo método de coleta total e com indicador de óxido crômico, respectivamente.

A utilização de níveis de até 60% de DDGS não influencia na determinação do valor de energia digestível e metabolizável do DDGS.

A inclusão de até 60% de DDGS piora os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, EE e FDN. Contudo melhora para a variável PB.

O método de coleta total apresentou-se mais confiável em relação ao método com indicador para todas as variáveis avaliadas.

Referências

ALBUQUERQUE, D. M. N. et al. Residuo desidratado de cervejaria para suinos em terminação. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia, v. 63, n. 2, p. 465–472, 2011

ANDERSON, P. V. et al. Determination and prediction of energy from chemical analysis of corn co-products fed to finishing pigs. *Journal of Animal Science*, v. 90, p. 1242–1254, 2012.

AVELAR, E.; JHA, R.; BELTRANENA, E.; CERVANTES, M.; MORALES, A.; ZIJLSTRA, R. T. The effect of feeding wheat distillers dried grain with on growth performance and nutriente digestibility in weaned pigs. *Animal Feed and Technology* 160, p. 73-77, 2010.

BELYEA, R. L. et al. Sources of variation in composition of DDGS. *Journal of Animal Feed Science*, v. 159, p. 122–130, 2010.

CERISUELO, A. et al. Effects of inclusion of sorghum distillers dried grains with soluble (DDGS) in diets for growing and finishing pigs. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 10, n. 4, p. 1016-1024, 2012.

FEOLI, C. *Use of corn- and sorghum-based distillers dried grains with solubles in diets for nursery and finishing pigs*. 2008. 152 f. Doctor of Philosophy Dissertation (Department of Animal Sciences and Industry, College of Agriculture) - Kansas State University, Manhattan, 2008.

JACELA, J. Y. et al. 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. 3617–3623, 2010.

KERR, B. J.; DOZIER III, W. A.; SHURSON, G. C. Effects of reduced-oil corn distillers dried grains with solubles composition on digestible and metabolizable energy value and prediction in growing pigs. *Journal of Animal Sci*ence, v. 91, p. 3231-3243, 2013.

LINNEEN, S. K. et al. Effects of dried distillers grains with solubles on growing and finishing pig performance in a commercial environment. Journal of Animal Science, v. 86, n. 7, p. 1579–1587, 2008.

LIU, P. et al. Impact of distillers dried grains with solubles particle size on nutrient digestibility, DE and ME content, and flowability in diets for growing pigs. *Journal of Animal Science*, v. 89, Suppl. 2, p. 58, 2011.

MENDOZA, O. F. et al. Effect of particle size of corn distillers dried grains with soluble (DDGS) on digestible and metabolizable energy content for growing pigs. *Journal of Animal Science*, v. 88, E-Suppl. 3, p. 92, 2010.

PEDERSEN, C.; BOERSMA, M. G.; 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,* v. 85, p. 1168-1176, 2007.

ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. – Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, DZO, p. 252, 2011.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, p.283 2007.

SHURSON, J.; KERR, B. Reduced oil DDGS - It´s not the fat, it´s the fiber. St. Paul and USDA-ARS, University Minnesota, Ames, 2013. Disponível em : < http://www.ddgs.umn.edu/prod/groups/cfans/@pub/@cfans/@ddgs/documents/asset/cfans_asset_418662.pdf >. Acesso em: 20 nov. 2013.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa, MG: Editora UFV, p.235, 2002.

SOTAK, K.M. The evaluation of sorghum dried distiller's grains with solubles in nursery pig diets, on finishing pig performance and meat quality, and on lactating sow performance. In: Kansas State University. *Swine Day Rep*., Manhattan, p. 1-23, 2012.

SPIEHS, M. J.; WHITNEY, M. H.; SHURSON, G. C. Nutrient database for distillers dried grains with solubles produced from new plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*, v.80, p. 2639–2645, 2002.

STATISTICAL ANALYSiS SYSTEM - SAS. SAS Language Reference. Version 6. Cary, NC: SAS Institute, 2001. 1042p.

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.

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, 2012.

URRIOLA, P. E. et al. Amino acid digestibility of distillers dried grains with soluble, produced from sorghum, a sorghum-corn blend, and corn fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, v. 87, p. 2574-2580, 2009.

WAHLSTROM, R.C.; GERMAN, C.S.; GEORGE, W.L. Corn distillers dried grains with solubles in growing-Finishing swine ration. Journal of Animal Science, v.30, p.532-535, 2013.

WHITNEY, M. H.; SHURSON, C. G. Growth performance of nursery pigs fed diets containing increasing levels of corn distiller's dried grains with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. Journal of Animal Science, v. 82, p. 122-128, 2004.

WILLIANS, C.H.; DAVID, D.J.; ILSMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. Journal Agriculture Science, v.59, n.1, p.381-385, 1962.

Capitulo III: Digestibilidade de dietas contendo DDGS de milho para suínos determinadas com diferentes metodologias

Digestibilidade de dietas contendo DDGS de milho para suínos determinadas com diferentes metodologias

Resumo- Muitas pesquisas foram conduzidas durante os últimos anos para avaliar a concentração nutricional, digestibilidade, valor alimentar e propriedades associadas aos DDGS. Entretanto, o etanol produzido, como na América do Norte ou Europa, pode ser produzido a partir de vários cereais, caracterizando grande variabilidade na composição química do coproduto. Objetivou-se com este trabalho, determinar a digestibilidade de dietas com inclusão de DDGS de milho para suínos utilizando diferentes metodologias. Foram utilizados oito suínos machos castrados, com peso médio inicial de 20 kg±7,07, distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo em delineamento experimental de blocos ao acaso alimentados com dietas contendo 0, 20, 40 e 60% de DDGS de milho. Foram analisados as metodologias de digestibilidade de alimentos, coleta total de fezes e urina e indicador óxido crômico. O DDGS apresentou 3691 Kcal/kg e 3213 Kcal/kg de energia metabolizavel determinados pelo método de coleta total e indicador, respectivamente. Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo, matéria mineral e fibra em detergente neutro foram afetados negativamente com a inclusão de níveis maiores de 20% de DDGS. O método de coleta por indicador com óxido crômico subestimou todas as variáveis avaliadas nesse experimento em relação ao método de coleta total. O método de indicador com óxido crômico, expressou menores valores de parâmetros de digestibilidade em relação ao método de coleta total. O coeficiente de digestibilidade e metabolizável da energia do DDGS foram afetados negativamente com o crescente nível de inclusão do ingrediente teste.

Termos para indexação: Coleta total, energia digestível, energia metabolizável, proteína bruta, óxido crômico

Diet digestibility for swine containing particular corn DDGS with different methods

Abstract- Many researches have been conducted in recent years to assess the nutritional concentration, digestibility, feed amount and properties associated with DDGS, however, the ethanol produced, as in North America and Europe, can be produced from various cereals, featuring great variability the chemical composition of the coproduct. The objective of this work was to determine the digestibility of diets for pigs, including corn DDGS with different methodologies. eight barrows were used, with average initial weight of 20 kg ± 7.07, distributed individually in metabolism cages in experimental design of randomized blocks fed diets containing 0, 20, 40 and 60% corn DDGS. the food digestibility methodologies were analyzed, total collection of feces and urine and chromic oxide. The DDGS presented 3691 Kcal / kg and 3213 kcal / kg metabolizable energy determined by the total collection method and indicator respectively. The digestibility coefficients of dry matter, organic matter, ether extract, mineral matter and neutral detergent fiber were negatively affected by the inclusion of higher levels of 20% DDGS. The indicator collection method with chromic oxide underestimated all variables in this experiment compared to the total collection method. using the indicator method with chromium oxide, expressed lower digestibility values of parameters relative to the total collection method. The coefficient of digestibility and metabolizable energy of DDGS were negatively affected by the growing level of inclusion of the test ingredient.

Index terms: Total collection, digestible energy, metabolizable energy, crude protein, chromic oxide

Introdução

Nos últimos anos, novos estudos em busca de alternativas energéticas têm sido desenvolvidos, tendo em vista o contínuo aumento do preço do petróleo e os seus riscos quanto à poluição. Neste sentido a utilização de cereais para a produção de biocombustível, vem ganhando espaço no cenário brasileiro.

Quando cereais são empregados na produção de etanol, em destaque o milho, o principal resíduo deste procedimento de transformação do grão é o DDGS. A sua produção corresponde a aproximadamente 30% do cereal empregado. Diante disso, a produção de combustível a partir de cereais como milho, 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 de Mato Grosso onde surgem as primeiras iniciativas.

Um aspecto importante na avaliação de DDGS é a sua composição em macro e microelementos. Teoricamente, como o DDGS corresponde em aproximadamente 1/3 do valor total do milho, onde os outros 2/3 são transformados em etanol e dióxido de carbono, as concentrações dos nutrientes são de aproximadamente três vezes àquelas do grão de milho (Penz & Gianfelice, 2008).

Devido a grande variação nutricional que o DDGS apresenta, vários estudos tem sido realizado durante os últimos anos para avaliar a concentração nutricional, digestibilidade, valor alimentar e propriedades associadas aos DDGS. Entretanto, segundo Stein & Shurson (2009), o etanol produzido na América do Norte é produzido a partir do milho sendo que sorgo e trigo também são usados, caracterizando variabilidade ainda maior na composição química do coproduto. Estes autores revisaram vários trabalhos e apontaram que a concentração de energia bruta é de 5.434 Kal/kg de MS, no entanto, a digestibilidade é menor que do milho, produzindo valores de 4.140 e 3.897 Kcal/kg de MS para energia digestível e metabolizável, respectivamente. As concentrações de fósforo variam de 0,60 a 0,70%. Estes

autores compilaram resultados de 39 fontes de DDGS de milho, uma de sorgo e duas de trigo, e observaram grande variação na digestibilidade de aminoácidos entre diferentes amostras.

Para se conhecer os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e principlamente para determinar os teores de energia dos alimentos, ensaios *in vivo* são realizados. Os métodos mais utilizados para ensaios de digestibilidade em suínos são a coleta total de fezes e urina e o uso de indicador o qual tem o óxido crômico como principal representante.

Sakomura & Rostagno (2007) afirmaram que o método de coleta total tem como principal obstáculo o controle sobre a coleta de amostras de fezes e urina sem contaminação com descamações de pele, pelos e ração, que podem interferir na determinação de energia do alimento.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, determinar a digestibilidade de dietas com inclusão de DDGS de milho para suínos utilizando diferentes metodologias.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Sinop - MT, no mês de maio de 2015. O trabalho foi conduzido estando de acordo com os princípios éticos na experimentação animal adotados pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal e tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UFMT sob Nº 23108.700673/14-4.

Foram utilizados oito suínos machos castrados, geneticamente homogêneos, oriundos de cruzamentos industriais e com peso médio inicial de 20±7,07 kg, distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, constituído de quatro tratamentos e duas repetições, sendo cada animal uma unidade experimental. Os animais foram alojados em oito gaiolas metabólicas com repetição no tempo compreendendo três períodos.

Na formação dos blocos, foi levado em consideração o peso inicial dos animais e o período. O período experimental teve duração de 12 dias, sendo sete dias de adaptação dos animais às gaiolas de metabolismo e às rações, e cinco dias de coleta de fezes e urina. Utilizou-se o método de coleta total de fezes com o uso de óxido de cromo (Cr_2O_3) como indicador de indigestibilidade adicionado à dieta.

Os tratamentos foram compostos por uma dieta referência à base de milho e farelo de soja (Tabela 1) formulada para atender às recomendações de Rostagno et al., (2011).

Tabela 1. Composição Centesimal e Nutricional calculada da dieta referência

Composição centesimal	**Dieta referência**
Milho Farelo	60,48
Soja Farelo	30,26
Farelo de Arroz	3,00
Óleo de Soja	1,89
Calcário Calcítico	0,52
Fosfato Bicálcico	1,75
Suplemento Mineral*	0,50
Suplemento Vitamínico**	0,5
Sal Comum	0,46
L-Lisina	0,15
Óxido Crômico	0,50
Total	100
Composição Nutricional	
Energia Metabolizável Suínos (kcal/kg)	3330
Proteína Bruta (%)	12,63
Cálcio (%)	0,72
Fósforo disponível (%)	0,36
Potássio (%)	0,77
Sódio (%)	0,20
Lisina Digestível (%)	1,01
Metionina Digestível (%)	0,26
Met+Cis Digestível (%)	0,54
Treonina Digestível (%)	0,64
Triptofano Digestível (%)	0,21
Gordura (%)	5,57

**Composição do suplemento Vitamínico por kg do produto: Vitamina A(2750000UI), vitamina B1(400 mg), vitamina B2(250 mg), vitamina B6 (800 mg), vitamina B12 (900 mcg), vitamina D3 (600000UI), vitamina E (15000UI), vitamina K3 (1250 mg), ácido Nicotínico (10000 mg), ácido Pantotênico (6000mg), ácido Fólico (125 mg), *Composição do suplemento mineral por Kg do produto: Cobalto (250 mg), Cobre (5000), Ferro (30000 mg), Zinco (40000 mg), Manganês (15000mg), Selênio (140 mg), Iodo (400 mg), Colina (50000 mg), Biotina (5000 mcg). Aditivos: E-toxiquim (5000 mg), BHT (10000 mg), Bacitracina de Zinco (15000 mg).

As dietas experimentais foram formuladas com DDGS de milho (Tabela 2) em substituição isométrica de 20, 40 e 60% da dieta referência de acordo com metodologia descrita por Sakomura & Rostagno (2007).

Tabela 2. Composição Bromatológica do DDGS de milho

Análise	Resultado
Proteína Bruta (%)	28,60
Matéria Seca (%)	91,00
Extrato Etéreo (%)	6,69
FDN (%)	12,49
Energia Bruta (Kcal/kg)	4.780

Para se obter a composição bromatológica das rações foram feitas análises 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).

Tabela 3: Composição bromatológica das rações

Análise	Níveis de DDGS (%)			
	0	20	40	60
Matéria Seca (%)	89,26	89,81	90,04	90,18
Matéria Orgânica (%)	95,56	95,69	95,83	95,97
Proteina Bruta (%)	20,23	21,83	24,78	26,40
Extrato Etéreo (%)	4,27	4,75	5,27	5,73
Matéria Mineral (%)	4,44	4,31	4,17	4,03
Fibra Detergente Neutro (%)	11,99	12,24	12,44	12,78
Energia Bruta (Kcal/Kg)	3984	4153	4331	4557

No período de adaptação, a ração foi fornecida á vontade, e as sobras contabilizadas para posterior cálculo de consumo baseado no peso metabólico ($PV^{0,75}$). Para evitar perdas e facilitar a ingestão, as rações foram devidamente pesadas e umedecidas na proporção 1:1 e fornecidas duas vezes ao dia (7h30 e 17h30 horas). Foram analisadas duas metodologias de avaliação de digestibilidade de alimentos, sendo coleta total de fezes e indicador de

digestibilidade de forma simultânea. Utilizou-se o óxido crômico (Cr_2O_3) como indicador de digestibilidade na segunda metodologia. As coletas de fezes e urina foram realizadas uma vez ao dia, pela manhã. 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 (-10º 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 através de uma proveta com graduação de 5 ml, do qual foram retiradas alíquotas de 20% para amostragem, que foram acondicionadas em embalagens plásticas com tampa, 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 60ºC por 72 horas a fim de promover a pré secagem, para análises 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 análises do teor de cromo nas fezes foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica (Willians et al., 1962).

As amostras de urina foram descongeladas e homogeneizadas para determinação de nitrogênio total Os valores de energia bruta das amostras foram obtidas através de bomba calorimétrica.

Os coeficientes de digestibilidade (CD´s), teores de frações digestíveis, valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) e sua correção pelo teor de nitrogênio (EMn) das dietas foram determinados por equações de acordo com Sakomura & Rostagno (2007).

O experimento foi conduzido de acordo com o delineamento em blocos completamente casualizados segundo o esquema de parcelas subdivididas, sendo a análise de variância (Proc glm SAS, 2003) realizada de acordo com o modelo estatístico abaixo: $Yijk = \mu + Di + Pj + Mk + DixMk + \varepsilon ij + \varepsilon ijk$. Em que: Yijk: observação referente ao efeito do nível de DDGS i, no período j, no método de avaliação da digestibilidade k, μ: média geral; Di: efeito do nível de inclusão de DDGS (i = 0, 20, 40 e 60%); Pj: período experimental (j = 1, 2 e 3); Mk: efeito do método de avaliação da digestibilidade (k = coleta total e indicador); DixMk: efeito de interação entre o nível de DDGS i e o método de avaliação da digestibilidade k; εij: Erro aleatório associado a parcela; εijk: Erro aleatório associado à subparcela. As médias de tratamento foram comparadas através do teste de Tukey, considerando-se 5% de probabilidade para o erro tipo I (α=0,05).

Resultados

Os valores de coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), extrato etéreo (CDEE), matéria mineral (CDMMO e fibra em detergente neutro (CDFDN) descresceram ($p \leq 0,05$) em função do aumento dos níveis de DDGS (Tabela 4). O coeficiente de digestibilidade da proteína não apresentou diferença estatística ($p > 0,05$) em função do aumento do nivel de inclusão de DDGS. O método de indicador de oxido crômico obteve menores valores dos coeficientes de digestibilidade para as variáveis avaliadas em relação ao método de coleta total. Houve interação entre os métodos e os tratamentos para todas as variáveis avaliadas, exceto para CDEE.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade (CD) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) de dietas para suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS determinados com as metodologias de digestibilidade (Met. Dig) de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr)

CD (%)	Níveis de DDGS (%)				Met. Dig		Significância*		Met. Dig	Int. MxD[1]
	0	20	40	60	CT	Cr	L	Q		
MS	83,72	81,74	76,68	73,6	81,72	76,16	0,0003	0,5449	<0,0001	0,0025
MO	83,53	81,49	76,41	73,36	81,51	75,89	0,0003	0,5821	<0,0001	0,0028
PB	82,06	80,91	80,11	80,86	83,33	78,64	0,1384	0,2716	<0,0001	0,0026
EE	66,33	65,25	60,51	59,29	67,57	58,13	0,0147	0,9651	<0,0001	0,0597
MM	87,02	85,03	79,32	75,5	90,27	73,17	0,0018	0,5309	<0,0001	0,0004
FDN	80,93	79,98	75,56	74,84	80,78	74,87	0,0466	0,9546	<0,0001	0,0236

*Nível de significância p<0,05. L (Efeito Linear) Q (Efeito Quadrático). [1] Interação metodologia de digestibilidade e níveis de DDGS.

Na Tabela 5, ao avaliar o desdobramento das interações apresentadas na tabela anterior, notou-se que no método de coleta total, o coeficiente de digestibilidade da matéria seca e matéria orgânica reduziram linearmente ($p \leq 0,05$) em função do aumento dos níveis de inclusão de DDGS quando avaliados no método de coleta total, porém, as demais variáveis não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$). Por sua vez, no método da coleta por indicador, o coeficiente de digestibilidade da MS, MO, PB, EE, MM e do FDN reduziram linearmente ($p < 0,05$) de acordo com o aumento do nível de DDGS na dieta.

Tabela 5. Desdobramento das interações entre níveis de DDGS e métodos de avaliação da digestibilidade sobre os coeficientes de digestibilidade (CD) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) de dietas para suínos.

	Coleta Total						Indicador Cromo					
CD (%)	DDGS (%)				Significância*		DDGS (%)				Significância*	
	0	20	40	60	L	Q	0	20	40	60	L	Q
MS	84,58	82,88	80,7	78,71	0,0069	0,9063	82,86	80,59	72,67	68,48	<0,0001	0,4317
MO	84,4	82,65	80,46	78,51	0,0073	0,9323	82,65	80,33	72,35	68,21	<0,0001	0,4623
PB	83,17	82,04	83,64	84,46	0,4291	0,3753	80,95	79,78	76,59	77,26	0,0031	0,4004
EE	69,2	67,47	67,49	66,12	0,5097	0,9341	63,47	63,04	53,53	52,46	0,0003	0,8829
MM	91,35	91,03	90,47	88,24	0,5362	0,6268	82,70	79,02	68,18	62,77	<0,0001	0,6582
FDN	82,25	81,28	79,79	79,82	0,3663	0,8171	79,61	78,69	71,33	69,86	0,0017	0,8988

*Nível de significância p<0,05. L (efeito linear); Q (Efeito Quadrático); $\hat{Y}_{CDMSCT}$ = 84,7435-0,10083X (R^2 0,48); $\hat{Y}_{CDMOCT}$ = 84,53433-0,10091X (R^2 0,47); $\hat{Y}_{CDPBCT}$ = 82,46617+0,02873X (R^2 0,05); $\hat{Y}_{CDEECT}$ = 68,97067-0,04672X (R^2 0,05); $\hat{Y}_{CDMMCT}$ = 91,76033-0,04953X (R^2 0,03); $\hat{Y}_{CDFDNCT}$ = 82,173-0,04627X (R^2 0,09); $\hat{Y}_{CDMSCr}$= 83,86367-0,25707X (R^2 0,75); $\hat{Y}_{CDMOCr}$ = 83,63083-0,25812X (R^2 0,75); $\hat{Y}_{CDPBC}$ = 80,74586-0,07008X (R^2 0,19); $\hat{Y}_{CDEECr}$ = 64,52633-0,21335X (R^2 0,37); $\hat{Y}_{CDMMC\ r}$= 83,762-0,35319X (R^2 0,80); $\hat{Y}_{CDFDNC\ r}$= 80,43817-0,18551X (R^2 0,47). X= nível de DDGS.

Os valores de MS, MO e MM apresentaram-se menores (p<0,05) em função do aumento de DDGS na dieta (Tabela 6). Para as variáveis PB e EE, estas aumentaram significativamente conforme aumento dos níveis de DDGS na dieta. Contudo, a variável FDN não apresentou diferenças estatística (p>0,05). Foi evidenciado ainda interação entre os métodos de coleta e os tratamento avaliados.

Tabela 6. Valores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e fibra em detergente neutro (FDN) digestiveis de dietas para suinos alimentados com diferentes níveis de DDGS, determinados com as metodologias de digestibilidade (Met. Dig) de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr)

Frações Digestíveis (%)	Níveis de DDGS (%)				Met. Dig		Significância*			Int. MxD[1]
	0	20	40	60	CT	Cr	L	Q	Met.Dig	
MS	74,73	73,41	69,05	66,37	73,39	68,38	0,0004	0,416	<0,0001	0,0024
MO	79,82	77,98	73,22	70,4	78,05	72,66	0,0003	0,5804	<0,0001	0,0027
PB	16,59	17,66	19,81	21,38	19,44	18,29	<0,0001	0,2256	<0,0001	0,0079
EE	2,84	3,08	3,21	3,46	3,38	2,92	0,0048	0,9428	<0,0001	0,0755
MM	3,86	3,66	3,31	3,04	3,82	3,11	0,0001	0,5851	<0,0001	0,0011
FDN	9,7	9,79	9,41	9,56	9,98	9,24	0,3224	0,8725	<0,0001	0,0184

*Nível de significância <0,05. L (Efeito Linear) Q (Efeito Quadrático). [1]Interação metodologia de digestibilidade e níveis de DDGS.

Ao avaliar o desdobramento das interações entre os níveis de DDGS e método de avaliação da digestibilidade sobre as frações digestíveis (Tabela 7), observou-se que MS, MO, PB, EE e MM apresentaram diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, evidenciando valores decrescentes em função dos níveis de DDGS. As variáveis proteína bruta e extrato etéreo apresentaram um decréscimo linear em função dos níveis dos tratamentos. Contudo a variável fibra em detergente neutro, não diferiu ($p>0,05$).

Na metodologia com a utilização de indicador foi possível perceber diferença estatitica nas variáveis MS, MO, PB, MM e FDN, onde as variáveis MS, MO, MM e FDN pioraram em função do aumento de DDGD. Contudo, PB apresentou valores crescentes em função dos tratamentos. Neste método, a variável EE não diferiu estisticamente ($p>0,05$).

Tabela 7**.** Desdobramento das interações entre níveis de DDGS e métodos de avaliação da digestibilidade sobre os nutrientes digestiveis

Frações digestíveis (%)	Coleta total						Cromo					
	DDGS (%)				Significância*		DDGS (%)				Significância*	
	0	20	40	60	L	Q	0	20	40	60	L	Q
MS	75,50	74,44	72,66	70,98	0,0203	0,7797	73,96	72,38	65,43	61,76	<0,0001	0,3426
MO	80,65	79,09	77,11	75,35	0,0109	0,9338	78,98	76,87	69,33	65,46	<0,0001	0,4590
PB	16,82	17,91	20,68	22,33	<0,0001	0,2871	16,37	17,42	18,94	20,43	<0,0001	0,3932
EE	2,96	3,21	3,54	3,81	<0,0001	0,9693	2,71	2,94	2,88	3,13	0,1591	0,9447
MM	4,05	3,92	3,77	3,56	0,0028	0,6077	3,67	3,41	2,84	2,53	<0,0001	0,7699
FDN	9,86	9,95	9,92	10,20	0,7088	0,7307	9,55	9,63	8,87	8,93	0,0310	0,9593

*Nível de significância <0,05. L (Efeito Linear) Q (Efeito Quadrático). $\hat{Y}_{CDMSCT}$= 75,744-0,0783X (R^2 0,41); $\hat{Y}_{CDMOCT}$= 80,78083-0,09104X (R^2 0,44); $\hat{Y}_{CDPBCT}$= 16,53933+0,09659X (R^2 0,92); $\hat{Y}_{CDEECT}$= 2,94883+0,01427X (R^2 0,69); $\hat{Y}_{CDMMCT}$= 4,07383-0,00823X (R^2 0,38); $\hat{Y}_{CDFDNCT}$= 9,843+0,00473X (R^2 0,06); $\hat{Y}_{CDMSCr}$= 74,96283-0,21932X (R^2 0,73); $\hat{Y}_{CDMOCr}$= 79,92167-0,24204X (R^2 0,74); $\hat{Y}_{CDPBCr}$= 16,23167+0,06858X (R^2 0,81); $\hat{Y}_{CDEECr}$= 2,74033+0,00589X (R^2 0,20); $\hat{Y}_{CDMMCr}$= 3,71117-0,01994X (R^2 0,88); $\hat{Y}_{CDFDNCr}$= 9,6455-0,01335X (R^2 0,23).

Ao avaliar o CDE e o CME, foi observada redução linear ($p \leq 0,05$) em função dos níveis de inclusão de DDGS na dieta (Tabela 8). As demais variáveis não diferiram estatisticamente ($p>0,05$). Contudo, houve interação entre os níveis de DDGS e os métodos de coleta para todas as variáveis, exceto para a EDnR. Os métodos de coleta diferiram

estatisticamente para as variáveis CDE e CME, onde o método de coleta total apresentou maiores valores de coeficiente de digestibilidade, 82,07 e 81,34% respectivamente e no método com uso do indicador óxido crômico de 81,33 e 76,96 respectivamente.

Tabela 8. Coeficiente de digestibilidade da energia (CDE), energia digestível da ração (EDR), energia digestível corrigida pelo balanço de nitrogênio da ração (EDnR), coeficiente de metabolização da energia (CME), energia metabolizável (EM), energia metabolizavel corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMn), de dietas para suinos alimentados com diferentes níveis de DDGS, determinados com as metodologias de digestibilidade (Met. Dig) de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr)

Variável	DDGS (%)				Met.Dig		Sign*			Int. MxD[1]
	0	20	40	60	CT	Cr	L	Q	Met.Dig	
CDE	85,52	83,61	79,92	77,75	82,07	81,33	0,0016	0,3735	0,3066	0,0206
EDR	3407	3472	3461	3544	3489	3453	0,2766	0,3687	0,2496	0,0203
EDnR	3327	3386	3356	3410	3301	3438	0,5727	0,3337	0,0004	0,2495
CME	83,6	81,48	76,67	74,84	81,34	76,96	0,0009	0,2403	<0,0001	0,0049
EM	3330	3384	3320	3411	3458	3265	0,8385	0,2379	<0,0001	0,0035
EMn	3262	3320	3249	3323	3325	3252	0,8093	0,2157	0,0572	0,0137

*Nível de significância <0,05. L (Efeito Linear) Q (Efeito Quadrático). [1]Interação metodologia de digestibilidade e níveis de DDGS.

Ao observar o desdobramento das interações entre os níveis de DDGS e os métodos de avaliação da digestibilidade sobre as frações digestíveis da dieta. A variável EDn não diferiu estatisticamente (Tabela 9). No método de coleta com uso do indicador de óxido crômico, observou-se diferenças linear decrescente ($p<0,05$) para a variável CDE, CME, EM e EMn. As demais variáveis não diferiram estatisticamente.

Tabela 9. Desdobramento das interações entre níveis de DDGS e métodos de avaliação da digestibilidade sobre coeficiente de digestibilidade da energia (CDE), energia digestível da ração (EDR), energia digestível corrigida pelo balanço de nitrogênio da ração (EDnR), coeficiente de metabolização da energia (CME), energia metabolizável (EM), energia metabolizavel corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMn), de dietas para suínos

Variável	Coleta Total						Indicador Cromo					
	DDGS (%)				Significância*		DDGS (%)				Significância*	
	0	20	40	60	L	Q	0	20	40	60	L	Q
CD E	84,67	82,8	81,18	79,63	0,0061	0,8768	86,36	84,41	78,67	75,87	<0,0001	0,6836
EDR	3373	3439	3515	3629	0,0045	0,5847	3441	3505	3406	3458	0,4474	0,8875
EDn	3226	3280	3321	3378	0,0857	0,971	3428	3492	3391	3442	0,4571	0,896
CME	84,05	82,19	80,34	78,76	0,0083	0,9051	83,14	80,76	73	70,92	<0,0001	0,8937
EM	3348	3414	3479	3590	0,0168	0,6462	3312	3354	3160	3233	0,0154	0,761
EMn	3224	3299	3351	3427	0,0403	0,9999	3300	3341	3146	3219	0,0202	0,7628

$\hat{Y}_{CDECT}$ = 84,59833-0,08421X (R^2 0,41); $\hat{Y}_{EDRCT}$ = 3363,48283+4,19502X (R^2 0,49); $\hat{Y}_{EDnCT}$ = 3228,33233+2,43745X (R^2 0,18); $\hat{Y}_{CMECT}$ = 84,00483-0,08892X (R^2 0,45); $\hat{Y}_{EMCT}$ = 3340,04983+3,92457X (R^2 0,47); $\hat{Y}_{EMnCT}$ = 3227,3225+3,26675X (R^2 0,30); $\hat{Y}_{CDECr}$ = 86,9285-0,18666X (R^2 0,73); $\hat{Y}_{EDRCr}$ = 3460,91200-0,26861X (R^2 0); $\hat{Y}_{EDnCr}$ = 3448,26433-0,32516X (R^2 0); $\hat{Y}_{CMECr}$ = 83,6285-0,22241X (R^2 0,7); $\hat{Y}_{EMCR}$ = 3330,5875-2,18379X (R^2 0,1); $\hat{Y}_{EMnCr}$ = 3318,37083-2,22708X (R^2 0,11). X= nível de DDGS.

Discussões

Os coeficientes de digestibilidade de dietas contendo diferentes níveis de DDGS (Tabela 4 e 5), apontam que o aumento da inclusão deste ingrediente na dieta gerou maior indigestibilidade. Segundo Sakomura & Rostagno (2007), normalmente a substituição da dieta referência pela dieta teste tem sido entre 20 a 40% para alimentos com alto teor de fibra, pois valores superiores podem afetar o consumo, por ser de baixa paltabilidade.

Wahlstrom et al., (2013), ao avaliarem níveis de inclusão de DDGS de 5 a 30%, relatam que níveis maiores de 20% de DDGS diminuíram o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta e da matéria seca. Porém, níveis de até 10% do ingrediente não afetaram a digestibilidade dos nutrientes.

Contudo, no presente trabalho ficou evidenciado que o aumento de proteína bruta das rações em função dos níveis crescentes de DDGS (Tabela 3), resultou em uma diminuição do coeficiente de digestibilidade conforme aumentava-se o nível de inclusão. Uma possível hipótese para esse acontecimento pode ser explicado pelo fato do DDGS ser um ingrediente

com elevado teor de fibra, acarretando em trânsito intestinal mais rápido, dificultando assim a degradação da fibra e de certos nutrientes como a proteína bruta (Daniel, 2010).

O coeficiente de digestibilidade da matéria mineral obtidos pelo óxido crômico no presente estudo, diminui conforme aumento dos níveis de DDGS. A hipótese para o ocorrido é a de que possa haver relação de interferência do cromo na absorção de alguns minerais tais como cálcio e fósforo (Fernandez et al., 1999).

O método de indicador de oxido crômico neste estudo levou a menores valores dos coeficientes de digestibilidade para as variáveis avaliadas em relação ao método de coleta total. Sakomura & Rostagno (2007) explicaram que o óxido crômico por não ser totalmente recuperado nas fezes acarreta em variabilidade nos resultados relacionados ao método do indicador de óxido crômico quando comparado ao de coleta total, sendo que tal ocorrência interfere diretamente no fator indigestibilidade utilizado nos cálculos de digestibilidade.

Há ainda a dificuldade em reproduzir os resultados deste indicador em diferentes laboratórios, isso ocorre porque quando se utilizam métodos colorimétricos, é difícil obter uma cor estável e uniforme no momento da leitura. Nas análises laboratoriais, outra implicação é que a característica eletrostática do óxido crômico é de fácil separação nas fezes ou em dietas ricas em fibra, resultando em concentrações subestimadas (Vahora, 1972).

Apesar do método da coleta total proporcionar bons resultados, tem apresentado alguns problemas. Um dos pricipais problemas é obtenção de uma amostra representativa das fezes, urina ou excretas para posteriores análises, principalmente devido à contaminação com a ração, descamações da pele e perda de excretas durante a coleta (Sakomura & Rostagno, 2007). Outro possível problema pode estar relacionado a fermentação das excretas. Apesar de tomados todos os cuidados necessários, o intervalo entre as coletas leva a uma pequena fermentação, isso pode levar a uma interferência nos valores de energia digestível e energia metabolizável.

Os valores dos coeficientes de digestibilidade e dos nutrientes digestíveis avaliados por ambos os métodos, evidenciam que valores crescentes de inclusão de DDGS na dieta de suínos na fase inicial tornam esse alimento menos indigestível Ao avaliar-se ED, EDn, EM, EMn, ED:EM e EDn:EMn, notou-se que o método com uso de indicador apresentou valores inferiores quando comparados ao método de coleta total (Tabelas 8 e 9). Este fato sugere que o óxido crômico não foi totalmente recuperado nas fezes. Zanella et al. (1999) explicam que a baixa taxa de recuperação do óxido crômico levou a valores de energia metabolizável inferiores ao obtidos pela coleta total em estudo com frangos de corte.

Conclusão

O método de indicador com óxido crômico expressa menores valores de parâmetros de digestibilidade em relação ao método de coleta total.

O coeficiente de digestibilidade e metabolizável da energia do DDGS foram afetados negativamente com o crescente nível de inclusão do ingrediente teste nas dietas, porém, o uso de até 60% de inclusão não influencia a determinação dos valores de energia digestivel e metabolizável para suínos.

Referências

DANIEL, E. Fibra dietética e oligossacarídeos na alimentação de suínos. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, p.50, 2010.

FERNANDEZ, F.; MIQUEL, A.G.; MARTINEZ, R.; SERRA, E.; GUINEA, J.; NARBAIZA, F.J.; CASERAS, A.; BAANANTE, I.V. Dietary chromic oxide does not affect the utilization of organic compounds but can alter the utilization of mineral salts in gilthead sea bream Sparus aurata. Journal of Nutrition, Bethesda, v.129, p.1053-1059, 1999.

PENZ, A. M. J.; GIANFELICE, M. O que fazer para substituir os insumos que podem migrar para a produção de bio-combustivel. Acta Scientiae Veterinae. 36 suple 1: s 107, 2008.

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.; EUCLIDES, R.F. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, p.283 2007.

STATISTICAL ANALYSiS SYSTEM - SAS. SAS Language Reference. Version 6. Cary, NC: SAS Institute, 2003.

STEIN, H. H., G. C. SHURSON. Board-Invited Review: The use and application of distillers dried grains with soluble (DDGS) in swine diets. Journal of Animal Science. 87:1292–1303, 2009.

VOHRA, P. Evaluation of metabolizable energy for poultry. World's Poultry Science Journal, v.28, p.204-214, 1972.

WAHLSTROM, R.C.; GERMAN, C.S.; GEORGE, W.L. Corn distillers dried grains with solubles in growing-Finishing swine ration. Journal of Animal Science, v.30, p.532-535, 2013.

WHITNEY, M. H.; SHURSON, C. G. Growth performance of nursery pigs fed diets containing increasing levels of corn distiller's dried grains with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. Journal of Animal Science, v. 82, p. 122-128, 2004.

WILLIANS, C.H.; DAVID, D.J.; ILSMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. Journal Agriculture Science, v.59, n.1, p.381-385, 1962.

ZANELLA, I.; SAKOMURA, N.K.; SILVERSIDES, F.G.; FIGUEIREDO, A.; PACK, M. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. Poult. Sci., 78:561-568, 1999.

Capítulo IV: Desempenho e características de carcaça e carne de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS de milho

Desempenho e características de carcaça e carne de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS de milho

Resumo - Os coprodutos da produção de etanol a partir do milho, são referenciados na literatura como resíduos secos de destilaria com solúveis (*dried distillers grains with solubles*-DDGS), sendo obtidos após a fermentação do amido do milho pelas leveduras e enzimas selecionadas para produzir o etanol. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho e os parâmetros de qualidade de carne de suínos fêmeas alimentados com diferentes níveis de DDGS de milho. O experimento foi realizado com 40 fêmeas suínas de 63,89±9,31 kg distribuídas em 20 baias e recebendo quatro dietas com 0, 10, 20 ou 30% de DDGS de milho, com dois animais por tratamento, em delineamento em blocos inteiramente casualizados. Foram avaliados variáveis de desempenho e características de carcaça e carne. Não houve efeito dos níveis de DDGS sobre peso corporal, CMD, CA, GMD. Níveis acima de 19,42% de DDGS diminuíram o CMD no período de 0 a 15 dias. Características de carcaça e carne não foram influenciados pelos níveis de DDGS nas dietas, porém a coloração a*da carne diminuiu de forma linear em função do aumento de inclusão do ingrediente. DDGS de milho pode ser incluído em dietas de suínos em terminação até 30% na dieta sem prejuízos ao desempenho e características de carcaça e carne.

Termos para indexação: Consumo, coproduto, ganho de peso, rendimento e terminação

Performance and quality of pig meat finishing fed different levels of corn ddgs.

Abstract: The co-products of ethanol production from corn, are referenced in the literature as distillers dried residues with solubles (dried distillers grains solubles, DDGS with) being obtained after the fermentation of corn starch by the selected yeasts and enzymes to produce ethanol . The objective of this study was to evaluate the performance and meat quality parameters of female pigs fed different levels of corn DDGS. The experiment was conducted with 40 swine females of 60.84 ± 9.31 kg distributed in 20 pens and received four diets with 0, 10, 20 or 30% corn DDGS. Performance was evaluated variables and carcass characteristics and meat. No effects of DDGS levels on body weight, CMD, CA, GMD. above 34% DDGS CMD levels decreased in the period 0 to 15 days. carcass and meat characteristics were not influenced by levels of DDGS in diets, but acoloração a * meat decreased linearly as a function of increasing inclusion of the ingredient. corn DDGS can be included in swine diets finishing up to 30% in the diet without harm to the performance and carcass and meat characteristics.

Index terms: Consumption, and the product, weight gain, efficiency and termination

Introdução

Os coprodutos da produção de etanol a partir do milho são referenciados na literatura como resíduos secos de destilaria com solúveis (dried distillers grains with solubles-DDGS) sendo coprodutos oriundos da produção de etanol obtidos após a fermentação do amido do milho pelas leveduras e enzimas selecionadas para produzir o etanol e o dióxido de carbono (Fastinger et al., 2006).

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

Alguns autores como Lee et al., (2012), sugerem a inclusão de até 30% de DDGS na dieta de suínos em crescimento e terminação, sem comprometer seu dsempenho e características de carne e carcaça. Porém, segundo Linnen et al., (2008) a inclusão de mais de 10% de DDGS nas dietas levou a redução do consumo de ração diário e ganho de peso diário. A redução do CRD também foi observado nos trabalhos de Jacela et al., (2011), que avaliaram niveis de 5, 10, 15, 20 e 30% de DDGS, onde foi observado um GPD e peso final menor com o uso de níveis crescentes do ingrediente. Por sua vez, Lammers et al., (2015), ao avaliarem a inclusão de 15 e 25% de inclusão, não observaram diferença estatística nos parâmetros de desempenho avaliados.

Segundo Stein & Shurson (2009), o consumo de ração foi reduzido na maioria dos experimentos, nos quais o ganho de peso foi reduzido, sugerindo que o menor desempenho foi em consequência da redução na palatabilidade do DDGS utilizado nestas dietas.

Ao avaliarem o desempenho e qualidade de carne e carcaça de animais alimentados com níveis crescentes de DDGS, Lee et al., (2012), concluíram que a adição de até 30% de gérmen de milho em dietas contendo 0 ou 30% de DDGS não prejudicou o desempenho dos

suínos, composição da carcaça, ou qualidade muscular. Contudo, Linnen et al., (2008) mostraram que o rendimento percentual de carcaça foi reduzido com o aumento de DDGS na dieta. Os autores explicam que a diminuição do percentual de rendimento da carcaça é em função do maior peso dos órgãos viscerais causados pelo aumento de DDGS na dieta.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho, as características de carcaça e carne de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS de milho.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no mês de novembro a dezembro de 2014, tendo duração de 28 dias, no município de Santa Carmem-MT a 40 km da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Sinop. Este trabalho foi executado de acordo com os princípios éticos na experimentação animal adotados pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal e tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UFMT sob N^{o} 23108.700673/14-4. Foram utilizadas 40 fêmeas suínas, de mesma origem e com peso inicial de 63,89±9,31 kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro tratamentos (0, 10, 20 e 30% de DDGS) e cinco repetições com dois animais por unidade experimental. O peso corporal dos animais foi utilizado como critérios para formação dos blocos.

Os animais foram alojados em galpão de alvenaria, coberto com telha de fibrocimento, dispostas em 20 baias, divididas por um corredor central. As baias possuíam comedouros à frente e o bebedouro do tipo "chupeta", disposto ao fundo.

As dietas foram produzidas à base de milho e farelo de soja e formuladas para atender às exigências nutricionais da categoria de acordo com Rostagno et al., (2011) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição e valores nutricionais calculados da ração para suínos em terminação com diferentes níveis de inclusão de DDGS na dieta.

Composição Centesimal	**0%**	**10%**	**20%**	**30%**
Milho	73,95	69,83	63,33	55,02
Soja Farelo -45%	21,00	15,64	12,69	11,6
DDGS	0,00	10,00	20,00	30,00
Óleo de Soja	2,00	1,20	0,70	0,10
Fosfato Bicálcico	1,00	1,00	1,00	1,00
Calcário Calcítico	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal Comum	0,40	0,40	0,40	0,40
Lisina – HCL	0,13	0,31	0,37	0,38
Suplemento Vitamínico e Mineral*	1,00	1,00	1,00	1,00
DL-Metionina	0,02	0,12	0,01	0,00
Total	100	100	100	100
Composição nutricional Calculada				
Energia Met. Suínos (kcal/kg)	3300	3300	3300	3300
Proteína Bruta (%)	15,46	15,8	16,8	18,56
Cálcio (%)	0,51	0,50	0,49	0,47
Fósforo disponível (%)	0,23	0,25	0,27	0,29
Potássio (%)	0,60	0,61	0,62	0,67
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18
Lisina Digestível (%)	0,76	0,76	0,76	0,76
Metionina Digestível (%)	0,24	0,27	0,28	0,31
Met + Cis Digestível (%)	0,48	0,50	0,51	0,55
Treonina Digestível (%)	0,52	0,56	0,63	0,73
Triptofano Digestível (%)	0,16	0,15	0,14	0,13
Gordura (%)	5,05	4,65	4,51	4,24
Fibra bruta (%)	2,39	2,94	3,57	4,27
FDN (%)	11,72	15,49	19,31	23,18

*Composição do suplemento Vitaminico e Mineral por kg do produto: cobre (5.000.00 mg/kg), ferro (30.00 mg/kg), zinco (40.00 g/kg), manganês (15.00 g/kg), selênio (140.00 mg/kg), iodo (400.00 mg/kg), cobalto (250.00 mg/kg), colina (50.00 g/kg), vitamina A (2.750.000.00 Ul/kg), vitamina D3 (600.000.00 Ul/kg), vitamina E (15.000oo Ul/kg), vitamina K3 (1.250.00 mg/kg), ácido nicotínico (10.00 g/kg), ácido pantotênico (6.000.00 mg/kg), ácido fólico (125.00 mg/kg), biotina (5.00 mg/kg), vitamina B1 (400.00 mg/kg), vitamina B2 (1.250.00 mg/kg), vitamina B6 (800.00 mg/kg), vitamina B12 (3.000.00 mcg/kg), Etoxiquin 500.00 mg/kg), BHT (1.200.00 mg/kg), colistina (16.00 g/kg).

Os valores nutricionais do DDGS de milho estão descritos na Tabela 2. Os teores de de aminoácidos digestíveis foram estimados à partir da análise de aminoácidos totais feito por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) e ponderado a digestibilidade de cada aminoácido segundo Rostagno et al., (2011).O registro diário de temperatura foi feito por meio de dois termômetros de máxima em mínima dispostos no corredor entre as baias.

Tabela 2. Valor nutricional do DDGS de milho.

Nutrientes	Valores
Energia Matabolizável (Kcal/Kg)	3590
Matéria Seca (%)	91,06
Proteína Bruta (%)	28,60
Cálcio (%)	0,04
Fósforo Disponível (%)	0,30
Potássio (%)	1,00
Sódio (%)	0,02
Lisina Digestível (%)	0,28
Metionina Digestível (%)	0,56
Metionina+Cistina Digestível (%)	0,84
Treonina Digestível (%)	1,34
Triptofano Digestível (%)	0,13
Arginina Digestível (%)	0,69
Valina Digestível (%)	1,20
Isoleucina Digestível (%)	0,86
Leucina Digestível (%)	3,37
Histidina Digestível (%)	0,37
Fenilalanina Digestível (%)	1,17
Fenilalanina+Tirosina Digestível (%)	2,44
Gordura (%)	6,46
Fibra Bruta (%)	9,0
Fibra em Detergente Neutro (%)	50,0

O desempenho foi avaliado a partir do consumo de ração médio diário (CRMD), do ganho de peso médio diário (GPMD) e da conversão alimentar (CA) a cada semana. Para mensuração desses parâmetros, foram realizadas pesagens dos animais e das sobras de ração semanalmente até o final do experimento. O controle das sobras das rações foi realizado diariamente. A conversão alimentar foi calculada pela relação do consumo com o ganho de peso. Água e ração foram fornecidos à vontade durante todo o período experimental. O desempenho foi avaliado nos períodos de 0 a 7; 0 a 15; 0 a 21 e 0 a 28 dias.

Ao final do experimento, todos os animais foram identificados por meio de tatuagem e, em seguida, submetidos a jejum alimentar, mas não hídrico, de 12 horas para serem transportados até o frigorífico da região. Os animais foram insensibilizados, abatidos,

depilados e eviscerados segundo procedimentos do frigorífico, localiazado em Sinop, na região Norte do Estado do Mato Grosso, com coordenadas 11° 52’ 23” S, 55° 29' 54" W e altitude de 380m, atendendo as exigências da portaria 711 de 01 de novembro de 1995.

As carcaças foram pesadas e passaram por avaliação de temperatura e pH aos 45 minutos e 24 horas após o abate. As mensurações de pH com peagâmetro portátil AK86 interface (modelo CE RS232, Akso®) com sistema de identificação digital, sensor de compensação de temperatura e eletrodo de vidro (sc18) apropriado para determinação de pH em profundidade foram realizados no músculo *Longissimus dorsi* (LD), localizado entre 13° e 14° espaço intercostal, perpendicularmente a linha média da meia carcaça esquerda com profundidade média de 3,5 cm, no período de 45 minutos após abate e 24 horas *post-mortem* (pHu), segundo metodologia descrita por Van Heugten (2001).

Foi removido uma amostra da carcaça com corte realizado entre a décima e a décima primeira costela. A amostra foi levada ao Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal nas dependências da Universidade Federal de Mato Grosso Campus de Sinop, para a avaliação dos parâmetros de espessura de toucinho, perda por gotejamento e colorimetria. A área transversal do músculo *Longissimus dorsi*, ou área de olho de lombo, foi determinada traçando-se o seu contorno em transparência, para posterior mensuração com o programa computacional AutoCAD (AutoCAD 2010 release 14.0, versão R14.0.0, copyright 1982 - 1997 by Autodesk, Inc.).

Em 24 horas *post mortem*, foram realizadas as análises de cor e perda por gotejamento, em 28 amostras/tratamento do músculo *Longissimus dorsi* (LD), extraído entre a 6ª e 7ª vértebra torácica, pesadas em balança semi-analítica. As avaliações de cor foram analisadas em triplicata seguindo ao sistema CIELAB através da leitura de reflectância da luz em três dimensões como L* (luminosidade), a* (variação entre a coloração vermelha a verde) e b* (variação entre a coloração amarelo a azul) utilizando o colorímetro Minolta com iluminante

DL65, modelo CR400 segundo metodologia descrita por Van Heugten (2001). Para as avaliações de perda por gotejamento foram utizadas 100 g do músculo *Longissimus dorsi*, baseadas na suspensão das amostras em sacos plásticos inflados, sob atuação da gravidade, por um período de 48 horas à temperatura de 4°C, conforme método descrita por Honikel (1998).

As variáveis rendimento de carcaça foram calculadas segundo Método Brasileiro de Classificação de Carcaças (ABCS, 1973): rendimento (%) = peso de carcaça (kg) ÷ peso vivo (pré-abate, kg).

A análise dos dados foi realizada por meio de análise da variância do modelo para o delineamento em blocos casualizados, representado por: $Yij = \mu + ti + bj + eij$, em que: Yij = valor observado do tratamento i (i = 1,2,...,t) no bloco j (1,2,...,r); μ = constante inerente a todas as observações; ti = efeito do tratamento i; bj = efeito do bloco j; e eij = efeito do erro experimental associado à observação Yij.

Os dados de desempenho e qualidade de carcaça e carne foram submetidos ao procedimento Mixed do programa SAS (2003), interpretadas por meio de análise de variância a 5% de probabilidade. A estimativa do melhor nível de inclusão de DDGS de milho às dietas foi determinado por meio de modelos de regressão linear, quadrático ou cúbico, descritos por Braga (1983), conforme o melhor ajustamento dos dados para cada variável e com base no fenômeno em estudo.

Resultados

Ao avaliar o peso dos animais do dia 0 ao dia 28, em pesagens semanais, não foi encontrada diferença ($p>0,05$) em função dos níveis de DDGS (Tabela 3).

Tabela 3. Peso inicial e semanal de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS

Peso (kg)	[1]DDGS (%)				Significância			[2]CV(%)
	0	10	20	30	Linear	Quadrático	Cúbico	
Dia 0	63,14	64,21	63,96	64,24	0,5950	0,7536	0,7412	4,35
Dia 7	67,33	68,46	68,19	67,21	0,9177	0,4476	0,9091	4,43
Dia 14	73,08	74,13	74,19	71,67	0,5558	0,2693	0,8195	4,70
Dia 21	78,47	80,02	79,74	76,00	0,4081	0,2117	0,8594	5,71
Dia 28	87,97	89,65	89,15	84,47	0,3943	0,2753	0,8751	7,09

[1]DDGS: Dried Distillers Grains With Solubles; [2]CV: Coeficiente de Variação.

Em relação ao consumo de ração entre os períodos 0 a 7, 0 a 21 e 0 a 28 dias, não foi verificado diferença ($p>0,05$). Contudo, para o período de 0 a 15 dias, foi verificado efeito quadrático ($p<0,05$) para os níveis de DDGS. Evidencia-se uma redução de consumo a partir do nível de 19,42%, com consumo estimado de 2,16 Kg. Valores de inclusão maiores do que o calculado, mostram um decréscimo no consumo de ração (Tabela 4).

O GPD e CA, no presente estudo, não apresentaram diferenças estatísticas em função dos níveis de DDGS.

Tabela 4. Consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS em semanas subdivididas na fase de crescimento

Variável (Kg)	Dias	[1]Nível de DDGS (%)				Significância			[2]CV
		0	10	20	30	Linear	Quadrático	Cúbico	
CRD	0 a 7	1,86	1,98	1,88	1,87	0,8748	0,4736	0,4834	6,16
	[3]0 a 15	1,89	2,14	2,14	1,95	0,6705	0,0244	0,8922	
	0 a 21	1,96	2,15	2,12	2,04	0,6121	0,1383	0,6807	
	0 a 28	2,13	2,29	2,23	2,22	0,5982	0,3300	0,6041	
GPD	0 a 7	0,60	0,61	0,61	0,42	0,1748	0,2761	0,6595	14,95
	0 a 15	0,71	0,71	0,73	0,53	0,1831	0,2516	0,5146	
	0 a 21	0,73	0,75	0,75	0,56	0,1866	0,2154	0,6622	
	0 a 28	0,89	0,85	0,84	0,72	0,226	0,2817	0,7363	
CA	0 a 7	3,28	3,38	3,23	4,49	0,0533	0,1477	0,3515	7,62
	0 a 15	2,85	3,17	2,96	3,76	0,1601	0,5377	0,3806	
	0 a 21	2,99	3,12	3,02	3,99	0,1035	0,2842	0,4631	
	0 a 28	2,76	2,90	2,77	3,53	0,2235	0,4359	0,5062	

[1]DDGS: Dried Distillers Grains With Solubles; [2]CV: Coeficiente de Variação. [3] $\hat{Y}_{CRD(0a15)} = -0,0007x^2 + 0,0272x + 1,9015$ $R^2=0,9408$

Ao avaliar as características de carcaça como peso de carcaça quente, rendimento de carcaça, espessura de toucinho, área de olho de lombo, perímetro do lombo e profundidade da área do olho de lombo (Tabela 5), não foram encontradas diferenças (p>0,05) das variáveis em função dos tratamentos.

Tabela 5. Características de carcaça de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS de milho.

	[1]Nível de DDGS (%)				Significância			[2]CV
	0	10	20	30	Linear	Quadrático	Cúbico	
PCQ (%)	67,74	67,45	68,07	64,94	0,4005	0,4903	0,6109	6,69
RC (%)	77,22	75,13	76,36	76,93	0,9631	0,3989	0,5511	4,32
ET (%)	10,79	10,69	10,81	9,45	0,248	0,3641	0,5682	13,8
AOL(cm^2)	49,06	49,07	50,35	49,65	0,7414	0,8641	0,7392	9,24
PL (cm)	7,34	7,39	7,77	7,20	0,9785	0,2560	0,2303	6,81
PEL(cm)	0,59	0,67	2,09	0,42	0,4767	0,3307	0,3734	4,33

1DDGS: Dried Distillers Grains With Solubles; [2]CV: Coeficiente de Variação; Peso de Carcaça Quente (PCQ), Rendimento de Carcaça (RC), Espessuta de Toucinho (ET), Área de Olho de Lombo (AOL), Profundidade de Área de Olho de Lombo (PL) e Perímetro da Àrea de Olho de Lombo

A área de olho de lombo, profundidade e perímetro de lombo no presente estudo não foram influenciadas com o aumento linear de DDGS na dieta.

Ao avaliar parâmetros de pH e temperatura aos 45 minutos e 24 horas *postmortem,* não fora encontrado diferença (p>0,05) em função dos níveis de DDGS (Tabela 6).

Tabela 6. Temperatura e pH da carcaça de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS de milho aos 45 minutos e 24 horas após abate.

Variável	Níveis de [1]DDGS				[2]Significância			[3]CV
	0	10	20	30	L	Q	C	
pH 45 minutos	6,3	6,32	6,34	6,47	0,3902	0,4288	0,8232	2,28
pH 24 horas	5,59	5,58	5,61	5,7	0,4564	0,4112	0,9651	2,19
T(°C) 45 minutos	25,94	26,18	25,41	24,84	3,2407	1,2452	2,1793	3,18
T(°C) 24 horas	3,59	4,72	4,86	5,58	2,4703	0,0982	0,7545	31,72

[1]DDGS: Dried Distillers Grains With Solubles. [2]Nível de significância 5%. [3]Coeficiente de Variação. T= tempo *pósmortem*; L: efeito linear; Q: efeito quadrático; C: efeito cúbico.

Em observação aos valores de perda de água por gotejamento no músculo *Longíssimus dorsi* dos suínos, não foi encontrada diferença (p>0,05) entre os tratamentos (Tabela 7).

Nos parâmetros colorimétricos b* e L* não foi encontrado diferenças (p>0,05), porém a variável a*, apresentou redução linear (p≤0,05) em função do aumento nos níveis de DDGS.

Tabela 7. Perda por gotejamento e padrões colorimétricos da carne de suínos alimentados com diferentes níveis de DDGS de milho.

Variável	[1]Nível de DDGS (%)				[2]Significância			[3]CV
	0	10	20	30	L	Q	C	
PG (%)	5,48	6,11	6,25	4,91	0,6901	0,2704	0,7931	33,52
a*[4]	8,34	8,82	7,59	7,45	0,0213	0,3433	0,0704	8,71
b*	0,81	1,08	1,17	0,84	0,8342	0,1502	0,8142	44,64
L*	53,78	53,51	54,92	54,13	0,2214	0,5514	0,0723	1,78

[1]DDGS: Dried Distillers Grains With Solubles; [2]Nível de significância 5%. [3]Coeficiente de Variação. T: tempo *pósmortem*; L: efeito linear; Q: efeito quadrático; C: efeito cúbico. [3]CV: Coeficiente de variação. [4] Ŷ=8,6351-0,0391DDGS. Perda por gotejamento (PG), L* (luminosidade), a* (variação entre a coloração vermelha a verde) e b* (variação entre a coloração amarelo a azul.

Discussão

Os resultados encontrados são similares aos observados por Senei et al., (1995) e Pompeu et al., (2013), onde níveis crescentes de até 30%, não interfere no peso final dos animais. Contudo, Widyaratne et al., (2004), ao avaliarem níveis de até 40% de DDGS, encontraram menor peso corporal dos animais alimentados com níveis superiores a 20% do ingrediente.

O mesmo foi descrito por Jacela et. al., (2011) que avaliaram o desempenho de 1.215 suínos alimentados com deitas que continham 0, 5, 10, 20, 30% de DDGS, e encontraram diferença linear decrescente no peso final de suínos alimentados com níveis crescentes de DDGS.

Valores encontrados por Wahlstrom et al., (2013) diferem dos encontrados no presente estudo. Os autores verificaram que níveis de 20% de DDGS tenderam a um maior consumo,

quando comparado a níveis inferiores. O mesmo não foi encontrado por Seabolt et al., (2010), onde a redução linear na preferência por dietas contendo níveis, foi menor em função de até 30% de DDGS, o que corrobora com o presente estudo.

Em trabalhos realizados por Jacela et. al., (2011) verificaram os efeitos de cinco tratamentos contendo 0, 5, 10, 20, 30% de DDGS em 1.215 suínos, onde o CRD diminuíram com o aumento da concentração de DDGS na dieta. Os autores acreditam que essa redução no consumo é devido à baixa palatabilidade da dieta contendo DDGS. Contudo, o uso de ingredientes que tornem a ração mais atrativa, como os flavorizantes, seria uma forma de reduzir os impactos da baixa palatabilidade do DDGS.

No entanto, as diferenças encontradas nos resultados entre as diversas pesquisas já realizadas, podem ser justificadas devido a diferença que existe na composição do DDGS. Segundo Linneen et al., (2008) os inconstantes resultados de desempenho de suínos alimentados com raçoes contendo DDGS é devido a variaçao na composiçao do mesmo. O que pode ocorrer devido a variaçao nos metodos utiliizados para a fabricaçao do etanol, bem como a qualidade do grão utilizado.

Wahlstrom et al,. (2013) também não encontraram diferenças estatísticas nos níveis de 0 a 30% de DDGS para as variáveis ganho de peso e conversão alimetar. No entanto, Whitney et al., (2006) confirmam que a inclusão de 10% de DDGS em dietas para suínos em terminação não afetam o ganho de peso e conversão alimentar. Linnen et al. (2008) ao avaliarem níveis de DDGS até 30%, encontraram menor ganho diário de peso com a inclusão de níveis superiores a 10% de DDGS na dieta de suínos.

Em pesquisas realizadas por Pompeu et al., (2013), Yoon et al., (2014) e Lammers et al., (2015), também não observaram diferença estatística nos parâmetros de desempenho avaliados. Estudos de Stein & Shurson (2009) apontam que a inclusão de até 30% de DDGS na dieta não compromentem o desempenho de suínos. O ganho de peso dos animais deste

experimento não foi afetado com níveis crescente de DDGS, o que sugere que níveis de até 30% de inclusão promovam ganho de peso satisfatório.

No mesmo sentido, em uma revisão de mais de 20 trabalhos, os mesmos concluíram que até 30% de DDGS poderia ser adicionado a dieta sem afetar negativamente o desempenho. No entanto, na maioria dos estudos os suínos alimentados com níveis crescentes de DDGS, tiveram seu peso final, e rendimento de carcaça menores.

Estes resultados corroboram com pesquisas anteriores que observaram mudanças semelhantes em características de carcaça com o aumento de DDGS na dieta (Whitney et al., 2006; Linneen et al., 2008). Contudo, ao avaliar o peso de carcaça quente e o rendimento de carcaça não foi encontrado diferença significativa. Esses resultados contrariam os resultados apresentados por Linneen et al., (2008), onde níveis crescentes de DDGS diminuíram linearmente o peso da carcaça e consequentemente o rendimento da mesma. Apesar deste experimento não ter avaliado o peso dos órgão, estudo realizados por Linnen et al., (2008) acreditam que o menor rendimento da carcaça pode estar associado ao maior peso dos órgãos, em função de níveis crescentes de DDGS, que por sua vez apresenta um nível proteico maior quando comparado ao grupo controle.

Além de um nível maior de proteína, o DDGS apresenta um elevado teor de fibra o que também pode ter contribuído para a possível redução no rendimento de carcaça. Pluske et al., (2003) mostraram que a fibra alimentar aumenta a taxa de passagem, causando crescimento intestinal e a proliferação das células do intestino.

O mesmo resultado corrobora com Fu et al., (2004), Cook et al., (2005) e Whitney et al., (2006), que não encontraram diferenças em espessura de toucinhos de suínos alimentos com níveis crescentes de DDGS.

Animais alimentados com dietas contendo DDGS podem possuir menor espessura de toucinho, possivelmente em virtude de ser um alimentado com maior porcentagem de proteína

bruta, o que tem mostrado diminuir o acúmulo de gordura (Chen et al., 1999). Esse resultado corrobora com Steim & Shurson (2009) que observaram diminuição da espessura de toucinho de animais alimentados com DDGS. Porém, Benz et al., (2010) mostraram que a espessura de toucinho em animais alimentados com dietas contendo 20% de DDGS foi maior do que nos demais tratamentos.

A área de olho de lombo, profundidade e perímetro de lombo no presente estudo não foram influenciadas com o aumento linear de DDGS na dieta. Esses resultados vão de encontro ao encontrado por Linneen et al., (2008), que não encontraram diferenças estatísticas nessas variáveis analisadas. Em contrapartida, Whitney et al., (2006) constataram que dietas com DDGS diminuíram a pronfundidade e consequentemente a área de olho de lombo.

Segundo Stein & Shurson (2009), níveis de até 30% de DDGS não afetam a qualidade de carcaça e carne dos suínos, porém níveis superiores aos avaliados afetam negativamente o peso final, rendimento de carcaça, toucinho, e profundidade da área de olho de lombo.

O pH exerce influência, direta ou indiretamente, sobre as diversas características de qualidade da carne como a cor, capacidade de retenção de água, maciez, suculência e sabor. Após o abate dos animais, há um declínio do pH cuja extensão e velocidade irá depender da natureza e condição do músculo no momento preciso em que cessa a circulação sanguínea (Rubensam, 2003).

Os valores do pH inicial e após 24 horas estão de acordo com o preconizado pela National Pork Board (1999) que é maior que 5,8 e menor que 5,9, respectivamente.

A perda de água por gotejamento é uma variável é mensurada no período *post-mortem* que ocorre a partir de alterações na interação entre miosina e actina, na diminuição do volume miofibrilar dentro das células, relacionadas com o efeito das alterações nas suas cargas eletrostáticas, originadas da elevada concentração interna de lactato, que direciona água livre

para o espaço intercelular; e da redução da solubilidade das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares, decorrente da rápida queda do pH (Araújo, 2009).

Os valores de perda de água por gotejamento no presente estudo, excederam o valor preconizado pela National Pork Board (1999) de 2,5% para carnes normais. Contudo, não são maiores que o valor de 5% encontrados em carnes PSE (pálida, mole e exsudativa).

A análise de colorimetria da carne para a variável luminosidade (L*) e para a cor amarelo (b*), não apresentaram diferenças estatísticas, o que sugere que níveis crescentes de DDGS não alteram esses padrões de cor da carne. Contudo os valores obtidos para a variável L* estão acima do recomendado por Salmi (2013), onde carnes RFN (carne normal, firme e não exsudativa) variam de 49 a 37 e PSE $\geq$ 50.

A variável cor vermelha (a*) apresentou-se menor conforme aumento do nível de DDGS. No mesmo sentido, Whitney et al., (2006) e Widmer et al., (2008) relataram que a colorimetria da carne de suinos alimentados com dietas contendo de 0 a 30% de DDGS resultaram numa redução na variável a* e b*. Contudo, nos trabalhos de McClelland et al., (2012), utilizando os mesmo níveis, mostram que a cor da carne não foi afetada por DDGS na dieta ou sexo.

Segundo Silveira (1997), os valores de a* para a carne de suínos, situam-se entre 5,50 a 5,94, valores que estão bem abaixo dos valores médios encontrados no presente estudo para essa variável. Em geral, segundo esse mesmo pesquisador, os valores são mais elevados em bovinos e ovinos (carnes vermelhas) do que em suínos e aves (carnes brancas).

No mesmo sentido, Whitney et al., (2006) e Widmer et al., (2008) relataram que a colorimetria da carne de suinos alimentados com dietas contendo de 0 a 30% de DDGS resultaram numa redução na a* e b*

Os valores maiores de L*e PG e menor de a*, podem estar realcionados a carnes PSE. Intrínseco a essas variáveis, está o pH *post mortem*, que mesmo estando dentro dos padrões

aceitáveis, tanto a canre RFN quanto a PSE apresentam os mesmos valores. Contudo não foi evidenciado diferença estatística nas variáveis avaliadas, com excessão de a*.

Segundo Bridi et al., (2003), quanto ao aparecimento de carnes PSE, estas podem ser influenciadas por problema e alterações no *post mortem*, no estresse agudo pré-abate, na pré disposição genética (gene rianodina, também denominado de gene halotano) e no potencial glicolítico no momento do abate.

Conclusão

A utilização de níveis de até 30% de DDGS de milho não afeta o ganho de peso diário e a conversão alimentar de suínos em terminação. Níveis de inclusão de até 30% de DDGS não comprometem os padrões de qualidade de carcaça e carne, exceto para o teor de vermelho (a*), em que o aumento do nível de inclusão diminui a intensidade de cor.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS - ABCS. Método brasileiro de classificação de carcaças. Estrela: ABCS, 17P. 1973.

ARAÚJO, A. P. Manejo pré-abate e bem-estar dos suínos em frigoríficos brasileiros. 2009. 123 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Animal, Saúde Pública e Segurança alimentar), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

AVELAR, E.; JHA, R.; BELTRANENA, E.; CERVANTES, M.; MORALES, A.; ZIJLSTRA, R. T. The effect of feeding wheat distillers dried grain with on growth performance and nutriente digestibility in weaned pigs. *Animal Feed and Technology* 160, p. 73-77, 2010.

BENZ, J. M. et al. Effects of dried distillers grains with solubles on carcass fat quality of finishing pigs. Journal of Animal Science, v. 88, n. 11, p. 3666–3682, 2010.

BRAGA, J.M. Avaliação da fertilidade do solo (ensaio de campo). Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 101p. 1983.

BRIDI, A.M; SILVA, C.A. Qualidade da carne suína e fatores que influenciam. Universidade estadual de Londrina. PR, 2003.

CHEN, H. Y., LEWIS A. J.; MILLE, P. S.; YEN, J. T. The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts. Journal of Animal Science, vol.77, p.3238– 3247, 1999.

COOK, D.; PATON, N.; GIBSON, M. G. Effect of dietary level of distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance, mortality, and carcass characteristics of grow-finish barrows and gilts. Journal of Animal Science, vol.83, 2005.

DAVIS, K. Corn milling, processing and generation of coproducts. In: MINNESOTA NUTRITION CONFERENCE AND MINNESOTA CORN GROWERS ASSOCATION TECHNICAL SYMPOSIUM. Proceeding Bloomington, MN, 2001.

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, n. 7, p. 1722–1728, 2006.

FU, S. X., M. JOHNSTON, R. W. FENT, D. C. KENDALL, J. L. USRY, R. D. B.; ALLEE, G. L. Effect of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth, carcass characteristics and fecal volume in growing-finishing pigs. Journal Animal Scence, vol85, 2004.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. Meat Science, v. 49, p. 447-457, 1998.

JACELA, J. Y. et al. 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, n. 6, p. 1817–1829, 2011.

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.

LEE, J. W. et al. Carcass fat quality of pigs is not improved by adding corn germ, beef tallow, palm kernel oil, or glycerol to finishing diets containing distillers dried grains with solubles. Journal of Animal Science, v. 91, n. 5, p. 2426–2437, 2012.

LINNEEN, S. K. et al. Effects of dried distillers grains with solubles on growing and finishing pig performance in a commercial environment. Journal of Animal Science, v. 86, n. 7, p. 1579–1587, 2008.

MCCLELLAND, K. M., RENTFROW, G.L.; CROMWELL, M.D.; LINDEMANN, M.D.; AZAIN, M.J. Effects of corn distillers dried grains with solubles on quality traits of pork. J. Anim. Sci. 90:4148–4156, 2012.

NATIONAL PORK BOARD. Nutritional influences on pork quality. Facts. Des Moines,1999.

PLUSKE, J. R., BLACK, B.; PETHICK, D. W.; MULLAN B. P.; HAMPSON, D. J. Effects of different sources and levels of dietary fibre in diets on performance, digesta characteristics and antibiotic treatment of pigs after weaning. Animal Feed Science, vol.107, p.129-142, 2003.

POMPEU, D. et al. Effect of corn dried distillers grains with solubles , conjugated linoleic acid , and racto- pamine (Paylean) on growth performance and fat characteristics of late fi nishing pigs. p. 793–803, 2013.

ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 3ª Edição, Editor : Horacio Santiago Rostagno, Viçosa:Ufv- Departamento de Zootecnia. 2011.

RUBENSAM, J.M. Transformações post-mortem e qualidade da carne suína. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1° Conferência Internacional Virtual de Qualidade de Carne Suína. 2003.

SALMI, l. Bayesian meta-analysis of the effect of fasting, transport and lairage times on four attributes of pork meat quality. Meat Science, n. 90, p. 584-598, 2013.

SAS, 2003. System for Microsoft Windows: release 8.2. SAS Inst.Inc., Cary, NC (USA) [cd-rom].

SENNE, B. W., HANCOCK, P.S.; SORREL, I.H. KIM, S.L. Effects of distillers grains on growth performance in nursery and finishing pigs. Page 68-71 in Kansas State Univ. Swine Day Report. Kansas State Univ. Manhattan, 1995.

SEABOLT, B.S.; HEUGTEN, E.V.; KIM, S.W.; HEUGTEN, K.D.A.V.; ROURA, E. Feed preferences and performances of nursery pigs feed diets containing various inclusion amounts and qualities of distillers coproducts and flavor. Journal of Animal Science, vol.88, p.3725-3738, 2010.

SILVEIRA, E. T. F. Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade de carne suína. Campinas, 1997, p.226. Tese de doutorado, faculdade de engenharia de alimentos, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), 1997.

SPIEHS, M. J,. M. H. WHITNEY and G. C. SHURSON. 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., G. C. SHURSON. Board-Invited Review: The use and application of distillers dried grains with soluble (DDGS) in swine diets. Journal of Animal Science. 87:1292–1303, 2009.

VAN HEUGTEN, E. Understanding pork quality. **Swine News**, v. 24, n. 3, 2001.

WAHLSTROM, R.C.; GERMAN, C.S.; GEORGE, W.L. Corn distillers dried grains with solubles in growing-Finishing swine ration. Journal of Animal Science, v.30, p.532-535, 2013.

WHITNEY, M. H., G. C. SHURSON, R. C. GUEDES. 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, 2006.

WIDMER, M.R., MCGINNIS, .; WULF, D.M.; STEIN, H.H. Effects of feeding distillers dried grains with solubles, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. J. Anim. Sci. jas.2007- 0594v1, 2008.

WIDYARATNE, G. P.; ZIJLSTRA, T. T. Nutritional value of wheat and corn distillers dried grain with solubles: Digestibility and digestible contents of energy, amino acids and phosphorus, nutrient excretion and growth performance of grower-finishier pigs. Can. J. Anim. Sci. 87:103- 114, 2007

YOON, S. Y; YANG, Y.X; SHINDE, P.L., et al. Effects of mannanase and distillers dried grain with solubles on growth performance, nutrient digestibility, and carcass characteristics of growerfinisher pigs. Journal of Animal Science, v. 88, n. 1, p. 181–191, 2014.

Conclusões gerais

Apesar da produção do DDGS a partir do milho, não ser uma fonte ainda bem difundida no Brasil, seu uso como ingrediente alternativo para as formulações de dietas para suínos mostrou-se ser eficiente quando administrada até 30% na dieta, sem comprometimento do desempenho animal. Não há dúvidas, nos próximos anos a demanda por etanol oriunda de uma fonte alternativa a cana-de-açúcar, tornara-se uma realidade brasileira.

A utilização de DDGS como uma fonte alternativa ao milho e farelo de soja, mostrou-se um excelente ingrediente de caráter proteico e energético. O DDGS avaliado apresentou 3.739 e 3.401 kcal/kg de energia digestível e 3.691 e 3.213 kcal/kg de energia metabolizável determinados pelo método de coleta total e coleta com uso de indicador de óxido crômico, respectivamente. Os valores encontrados estão abaixo dos encontrados na literatura.

Neste trabalho ficou evidente que o método de coleta pode influenciar no coeficiente de digestibilidade do ingrediente, onde o método de coleta total apresentou-se maior em relação ao método com uso de indicador, em todas as variáveis avaliadas.

O desempenho de suínos alimentados com níveis de ate 30% não foi comprometido. Contudo níveis acima de 30% sugerem uma pior CA. A qualidade da carne e da carcaça não é comprometida com níveis de até 30% de DDGS.