

## MALTODEXTRINA E ÓLEOS EM DIETAS DE LEITÕES DESMAMADOS<sup>1</sup>

L. HAUPTLI<sup>2\*</sup>, D. A. BERTO<sup>3</sup>, V. LO TIERZO<sup>3</sup>, R. M. N. AUGUSTO<sup>3</sup>, M. A. D. SALEH<sup>1</sup>, M. A. TRINDADE NETO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Recebido para publicação: 16/08/2016. Aceito para publicação em: 04/11/2016.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia e Desenvolvimento Rural, Florianópolis, SC, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Produção Animal, Botucatu, SP, Brasil.

<sup>4</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, SP, Brasil.

\*Autor correspondente: luceliazot@gmail.com

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de leitões alimentados com duas fontes de óleos (soja e palma) em associação com maltodextrina e do *blend* de óleo de palma microencapsulado com maltodextrina, bem como os coeficientes de digestibilidade aparente dessas dietas. Utilizaram-se 162 leitões desmamados aos 21 dias, com peso médio inicial de  $5,42 \pm 0,55$  kg, os quais foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso em três tratamentos e dezoito repetições compostas de três animais. Os tratamentos avaliados foram T<sub>1</sub>: rações com óleo de soja [3,03% nas dietas pré-iniciais (I) e iniciais (II)] e maltodextrina (10,00% na I e 5,93% na II); T<sub>2</sub>: rações com óleo de palma (3,03% na I e II) e maltodextrina (10,00% na I e 5,93% na II); T<sub>3</sub>: rações com óleo de palma microencapsulado pela maltodextrina na forma de *blend* (10,00% na I e II) e maltodextrina adicional ao *blend* (4,07% na I), para que a percentagem de maltodextrina permanecesse idêntica nas rações dos três tratamentos. Os dados de desempenho e digestibilidade foram submetidos à análise de variância, respectivamente, pelo procedimento MIXED e GLM do pacote estatístico SAS, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05). O consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) foram avaliados nos períodos de 0 a 16 dias e 0 a 32 dias pós-desmame. Na segunda semana experimental, os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta e extrato etéreo (EE) foram mensurados pelo método da coleta parcial de fezes. Não foram encontradas diferenças (P>0,05) para o CDR, GDP e CA dos leitões submetidos aos diferentes tratamentos. O CDA da MS foi 4,25% menor (P<0,05) para a dieta com óleo de palma microencapsulado pela maltodextrina em relação à dieta com óleo de soja. O CDA do EE da dieta com óleo de soja foi 54% superior (P<0,05) à dieta com óleo de palma, o qual afetou negativamente o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo. Portanto, o óleo de palma, microencapsulado ou não com maltodextrina, pode substituir o óleo de soja nas rações sem prejuízo ao desempenho de leitões desmamados.

Palavras-chave: desempenho, digestibilidade, óleo de palma, óleo de soja, suínos.

### MALTODEXTRIN AND OILS IN THE DIET OF WEANED PIGLETS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the performance of piglets fed two sources of oil (soybean and palm oil) combined with maltodextrin and a blend of palm oil microencapsulated with maltodextrin, as well as the apparent digestibility coefficients of these diets. A total of 162 piglets weaned at 21 days, with a mean initial weight of  $5.42 \pm 0.55$  kg, were allocated in a randomized block design consisting of three treatments and 18 replicates of three animals each. The following treatments were evaluated: T1: diet containing soybean oil [3.03% in the pre-initial (I) and initial (II) diets] and maltodextrin (10.0% in I and 5.93% in II); T2: diet containing palm oil (3.03% in I and II) and maltodextrin (10.0% in I and 5.93% in II); T3: diet containing a blend of palm

oil microencapsulated with maltodextrin (10.0% in I and II) and maltodextrin added to the blend (4.07% in I) so that the percentage of maltodextrin would be identical in the diets of the three treatments. The performance and digestibility data were submitted to analysis of variance using the MIXED and GLM procedures, respectively, of the SAS package and means were compared by the Tukey test ( $P < 0.05$ ). Daily feed intake (DFI), average daily gain (ADG) and feed conversion (FC) were evaluated from 0 to 16 days and from 0 to 32 days postweaning. In the second week of the experiment, the apparent digestibility coefficients (ADC) of dry matter, crude protein and ether extract were measured by partial feces collection. No differences ( $P > 0.05$ ) in DFI, ADG or FC were observed between piglets submitted to the different treatments. The ADC of dry matter was 4.25% lower ( $P < 0.05$ ) for the diet containing palm oil microencapsulated with maltodextrin compared to the soybean oil diet. The ADC of ether extract was 54% higher ( $P < 0.05$ ) in the soybean oil diet compared to the palm oil diet, which negatively affected the ether extract digestibility coefficient. In conclusion, palm oil microencapsulated or not with maltodextrin can replace soybean oil in the diets of weaned piglets without compromising their performance.

Keywords: performance, digestibility, palm oil, soybean oil, pigs.

## INTRODUÇÃO

As dietas pós-desmame, em geral, possuem fontes de lactose, que é o carboidrato presente no leite, facilmente digestível para os leitões. A lactose presente nas rações pré-iniciais desempenha papel importante, tendo em vista que os leitões perdem parte de suas reservas de gordura devido ao baixo consumo de ração nos primeiros dias pós-desmame (BERROCOSO *et al.*, 2012).

Outras fontes de carboidratos vêm sendo pesquisadas para utilização nas dietas de leitões, como a maltodextrina (SILVA *et al.*, 2008; HAUPTLI *et al.*, 2012), um polímero sacarídeo nutritivo, constituído por unidades de D-glicose, com dextrose equivalente menor que 20 (RONG *et al.*, 2009). A maltodextrina, proveniente da hidrólise do amido, apresenta-se como excelente fonte de energia para leitões, podendo substituir a lactose (MACHADO e CARVALHO, 2015) sem alterar o desempenho dos animais (SILVA *et al.*, 2008; AUGUSTO *et al.*, 2011; PIVETTA *et al.*, 2014).

Os leitões digerem eficientemente a gordura do leite, porém, após o desmame, a digestão de óleos normalmente é limitada, especialmente nas duas primeiras semanas, sendo reportadas reduções de 65% a 80% na digestibilidade da gordura (CERA *et al.*, 1988; JENSEN *et al.*, 1997). Visando aumentar a densidade calórica, as dietas dos leitões são suplementadas com óleos vegetais, principalmente óleo de soja (FENG *et al.*, 2007), pela maior disponibilidade e menor custo. O óleo de palma possui maior quantidade de ácidos graxos de cadeia média, que apresentam maior taxa de absorção intestinal em relação ao óleo de soja (DOPPENBERG *et al.*, 2015), podendo ser uma fonte de lipídios eficiente nas rações.

A microencapsulação é um processamento empregado pelas indústrias de alimentos, que visa encapsular uma substância específica e aumentar a estabilidade desta em condições ambientais adversas como presença de luz, oxigênio e pH extremos (DIAS *et al.*, 2015). A maltodextrina é um dos agentes encapsulantes utilizados nos processos de microencapsulação de óleos, por ser estável, apresentar baixa viscosidade, alta solubilidade em água, baixo custo e ter ação antioxidante (NAZZARO *et al.*, 2012). Além disso, a maltodextrina como agente encapsulante de óleos resulta na associação de fontes de energia, com a vantagem de se apresentar na forma de pó, facilitando a incorporação nas rações, dispensando o uso de equipamentos de aplicação específicos, ao contrário do que ocorre com óleos.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar duas fontes de óleos (soja e palma) e a microencapsulação com maltodextrina do óleo de palma em dietas pré-iniciais e iniciais sobre o desempenho e digestibilidade de leitões desmamados.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas instalações experimentais de creche da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, SP, e foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da referida instituição sob o protocolo: 114/2006. Foram utilizados 162 leitões híbridos comerciais, desmamados com idade média de 21 dias e peso médio de  $5,42 \pm 0,55$  kg.

Os leitões foram alojados em sala creche construída em alvenaria com pé-direito de 3,5 m e

cortinas laterais, onde foram confinados em baias metálicas suspensas de 1,70 m<sup>2</sup> equipadas com comedouro, bebedouro tipo chupeta e campânula para aquecimento com resistência elétrica. Durante os períodos experimentais, as temperaturas foram registradas diariamente por termômetro analógico de máxima e mínima com enchimento de mercúrio (Inco term, modelo 520103, Porto Alegre, Brasil). Os valores médios de temperatura mínima e máxima registrados foram de 17,6°C e 25,4°C, respectivamente. Os animais foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso composto por três tratamentos e dezoito repetições, com três animais por unidade experimental, sendo a baia a unidade experimental. O peso e o sexo foram considerados na formação dos blocos. O consumo médio diário de ração, o ganho médio diário de peso e a conversão alimentar foram avaliados nos períodos de 0-16 dias e de 0-32 dias da fase de creche.

O programa de alimentação por fases foi utilizado e os leitões receberam rações pré-inicial (I) até os 16 dias pós-desmame e inicial (II) dos 17 aos 32 dias pós-desmame. Os tratamentos avaliados foram T<sub>1</sub>: rações com óleo de soja [3,03% nas dietas pré-iniciais (I) e iniciais (II)] e maltodextrina (10,00% na I e 5,93% na II); T<sub>2</sub>: rações com óleo de palma (3,03% na I e II) e maltodextrina (10,00% na I e 5,93% na II); T<sub>3</sub>: rações com óleo de palma microencapsulado pela maltodextrina na forma de *blend* (10,00% na I e II) e maltodextrina adicional ao *blend* (4,07% na I), para que a percentagem de maltodextrina permanecesse idêntica nas rações dos três tratamentos, conforme Tabela 1.

O *blend* foi produzido em uma unidade industrial para fins de pesquisa e apresentava em sua composição: 30,30% de óleo de palma, 10,40% de leite desnatado em pó e 59,30% de maltodextrina. Foi obtido pela secagem por atomização (*spray dried*), sendo neste processo produzidas microesferas, constituindo um sistema matricial, no qual o polímero (maltodextrina) formou uma rede tridimensional onde o material microencapsulado (óleo e leite desnatado em pó) foi adsorvido, formando sistemas porosos. Nestes sistemas, a área central consistia em um vazio resultante da expansão das partículas durante os estágios finais da secagem (JAFARI *et al.*, 2008), formando uma cápsula de maltodextrina com o óleo e leite em pó em sua matriz interna, tendo essas cápsulas tamanho médio de 23 ± 3,83 µm.

As rações foram formuladas conforme recomendações de ROSTAGNO *et al.* (2005) e fornecidas à vontade durante o período experimental. As composições centesimais das rações experimentais

pré-iniciais e iniciais estão apresentadas na Tabela 1.

Durante a segunda semana do período experimental, foi realizado ensaio de digestibilidade com coleta parcial de fezes (MATTERSON *et al.*, 1965) dos leitões utilizando óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) a 0,1% como marcador nas rações pré-iniciais (BREMER NETO *et al.*, 2005) para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (AOAC método: 934.01); proteína bruta (micro-Kjeldahl: AOAC método: 988.05) e extrato etéreo (AOAC método: 920.39), conforme protocolos analíticos descritos no manual da AOAC (1990). As rações marcadas com óxido crômico foram fornecidas aos leitões a partir do 7º dia do período experimental, sendo as coletas de fezes realizadas entre o 11º e o 14º dia nos períodos da manhã e tarde (8:00 h e 16:00 h). Imediatamente após as coletas, as fezes foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e, em seguida, congeladas.

Ao final do experimento, as amostras de rações e fezes de cada baia foram descongeladas à temperatura ambiente, levadas à estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72h e moídas em moinho de facas tipo Thomas-Wiley® em peneira *mesh* 30 (0,595 mm) para análises do teor de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo, segundo metodologia da AOAC (1990), para posterior cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente dessas frações nutricionais. A concentração de crômio nas rações e nas fezes foi quantificada por espectrometria de absorção atômica, módulo chama (FAAS), após digestão nítrico-perclórica das amostras (BAKKER e JONGBLOED, 1994).

Os dados de desempenho foram submetidos à análise de variância pelo procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC) e os dados de digestibilidade foram analisados pelo procedimento GLM (SAS Inst., Inc., Cary, NC), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de desempenho são apresentados na Tabela 2. Não foram observadas diferenças (P>0,05) no consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar dos leitões submetidos aos diferentes tratamentos. Os resultados do presente experimento concordam com aqueles relatados por OCAMPO (1994), no qual o óleo de palma se mostrou tecnicamente viável para substituir o óleo de soja na dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação (20 a 90 kg), com desempenho similar

Tabela 1. Composição centesimal e valores nutricionais calculados das rações pré-iniciais (0-16 dias pós-desmame) e iniciais (17-32 dias pós-desmame)

Ingredientes (%)	Rações pré-iniciais			Rações iniciais		
	óleo de soja	óleo de palma	<sup>1</sup> Blend	óleo de soja	óleo de palma	<sup>1</sup> Blend
Milho grão	52,215	52,215	52,215	57,413	57,413	57,413
Farelo de soja	20,000	20,000	20,000	25,000	25,000	25,000
Farelo de glúten 60	2,850	2,850	2,850	0,650	0,650	0,650
Levedura de cana	4,000	4,000	4,000	2,000	2,000	2,000
Células sanguíneas	1,500	1,500	1,500	1,000	1,000	1,000
<sup>1</sup> Blend	0,000	0,000	10,000	0,000	0,000	10,000
Ácido fumárico	0,600	0,600	0,600	0,000	0,000	0,000
Leite em pó desnatado	1,040	1,040	0,000	1,040	1,040	0,000
Maltodextrina	10,000	10,000	4,070	5,930	5,930	0,000
Óleo de soja	3,030	0,000	0,000	3,030	0,000	0,000
Óleo de palma	0,000	3,030	0,000	0,000	3,030	0,000
Amoxicilina, 20%	0,040	0,040	0,040	0,760	0,760	0,760
Calcário	0,750	0,750	0,750	1,760	1,760	1,760
Fosfato bicálcico	2,000	2,000	2,000	0,300	0,300	0,300
Cloreto de sódio	0,300	0,300	0,300	0,390	0,390	0,390
L-Lisina HCL (78,4%)	0,620	0,620	0,620	0,057	0,057	0,057
DL-Metionina (99%)	0,110	0,110	0,110	0,140	0,140	0,140
L-Treonina (98,5%)	0,270	0,270	0,270	0,000	0,000	0,000
L-Triptofano (98%)	0,045	0,045	0,045	0,000	0,000	0,000
Óxido de zinco	0,340	0,340	0,340	0,000	0,000	0,000
<sup>2</sup> Antioxidante	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Sulfato de colistina	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000
<sup>3</sup> Acidificante	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,020
<sup>4</sup> Edulcorante	0,020	0,020	0,020	0,250	0,250	0,250
Cloreto de colina	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
<sup>5</sup> Suplemento vitamínico	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
<sup>6</sup> Suplemento mineral	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Energia metabolizável (kcal/kg)	3406	3387	3386	3397	3379	3379
Extrato etéreo (% MS)	5,40	5,40	5,38	5,54	5,54	5,52
Proteína bruta (% MS)	19,54	19,54	19,46	19,51	19,51	19,51
Lisina total (% MS)	1,50	1,50	1,50	1,36	1,36	1,36
Metionina total (% MS)	0,42	0,42	0,42	0,36	0,36	0,36
Treonina total (% MS)	1,03	1,03	1,03	0,90	0,90	0,90
Triptofano total (% MS)	0,26	0,26	0,26	0,23	0,23	0,23
Cálcio (% MS)	0,88	0,88	0,88	0,84	0,84	0,84
Fósforo (% MS)	0,68	0,68	0,68	0,65	0,65	0,65
Sódio (% MS)	0,150	0,150	0,150	0,185	0,185	0,185

<sup>1</sup>Blend contendo 30,30% de óleo de palma, 10,40% de leite em pó e 59,30% de maltodextrina. <sup>2</sup>Butil-hidroxi-tolueno. <sup>3</sup>Calprona PP6® (6,30% de ácido propiônico; 19,60% de ácido fórmico; 19,60% de ácido acético; 8,50% de ácido cítrico; 21,00% de ácido fosfórico, fornecendo 24,00% de Ca e 6,00% de P). <sup>4</sup>Sucran®. <sup>5</sup>Suplemento vitamínico fornecendo por kg de ração: 9000 UI vit. A; 2250 UI vit D<sub>3</sub>; 22,5 mg vit. E; 22,5 mg vit. K<sub>3</sub>; 2,03 mg vit. B<sub>1</sub>; 6 mg vit. B<sub>2</sub>; 3 mg vit. B<sub>6</sub>; 30 µg vit. B12; 0,9 mg ácido fólico; 14,03 mg ácido pantotênico; 30 mg niacina; 0,12 mg biotina; 400 mg de colina. <sup>6</sup>Suplemento mineral fornecendo por kg de ração: 100 mg Fe; 10 mg Cu; 40 mg Mn; 100 mg Zn; 1mg Co; 1,5 mg I.

**Tabela 2. Efeito das fontes de óleo sobre o desempenho de leitões nos períodos de 0 a 16 dias e 0 a 32 dias pós-desmame**

Parâmetros	Fontes de óleo das rações			<sup>2</sup> CV (%)	Efeito
	óleo de soja	óleo de palma	<sup>1</sup> Blend		
Período de 0 a 16 dias					
Consumo diário de ração (g)	316	342	329	11,16	<sup>3</sup> NS
Ganho diário de peso (g)	202	217	212	13,95	NS
Conversão alimentar	1,58	1,59	1,57	4,64	NS
Período de 0 a 32 dias					
Consumo diário de ração (g)	504	509	499	9,05	NS
Ganho diário de peso (g)	284	290	281	10,71	NS
Conversão alimentar	1,79	1,76	1,78	7,06	NS

<sup>1</sup>Blend contendo 30,30% de óleo de palma; 10,40% de leite desnatado em pó e 59,30% de maltodextrina. <sup>2</sup>CV: coeficiente de variação. <sup>3</sup>NS: não significativo (P>0,05).

dos animais, assim como com os resultados de PEIRETTI *et al.* (2013), no qual o nível de 3% de óleo de palma adicionado às dietas de suínos em fase de terminação (74 a 117 kg) não apresentou diferenças significativas no desempenho e nos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta em comparação com as dietas à base de óleo de milho.

Resultados semelhantes também foram obtidos por PÉLISSIER *et al.* (2002) em trabalho que avaliou porquinhos-da-índia em situação de desnutrição, desmamados aos 14 dias, recebendo ração a base de óleo de soja ou óleo de palma, no qual não foram observadas diferenças entre as fontes de óleos no ganho de peso e tempo de recuperação dos animais.

A semelhança de resultados de desempenho entre os leitões submetidos aos diferentes tratamentos provavelmente está relacionado ao nível de inclusão usado para o óleo de soja e para o óleo de palma nas rações (3,03%), pois em experimento realizado com suínos na fase de crescimento, alimentados com rações com níveis crescentes de óleo de palma, foi observada melhora linear no consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, até o nível máximo estudado de 3% na dieta (OCAMPO *et al.*, 1990). Por outro lado, em estudo avaliando níveis crescentes de óleo de palma (0%; 1%; 1,5%; 2,0%; 2,5%), em dietas de leitões dos 21 até 56 dias de idade, foi observado aumento no consumo de ração e ganho de peso dos leitões que consumiram dietas com até 2,0% de óleo de palma, porém houve menor consumo de ração pelos animais que consumiram as dietas com 2,5% de óleo de palma (FANIMO e FASHINA-BOMBATA, 1998).

Os resultados do ensaio de digestibilidade

são apresentados na Tabela 3. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta não diferiram (P>0,05) entre as rações avaliadas. Resultados semelhantes foram obtidos por LI *et al.* (1990) em estudo de digestibilidade comparando dietas de leitões contendo óleos vegetais compostos por ácidos graxos de cadeia longa, média e curta, no qual o valor médio do CDA da proteína bruta verificado pelos autores (78,80%) foi superior ao observado no presente estudo (69,70%). JØRGENSEN *et al.* (1993), avaliando suínos em crescimento, igualmente verificaram que o nível de óleo de soja não afetou a digestibilidade da proteína bruta nos níveis de inclusão de 0 até 30 g/kg na dieta. Essas diferenças, segundo ALBIN *et al.* (2001), podem estar relacionadas às diferenças na composição das matérias-primas das rações, idade e peso dos animais envolvidos nas pesquisas e ao método usado para avaliar a digestibilidade (coleta parcial ou coleta total de fezes).

**Tabela 3. Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB) e extrato etéreo (CDAEE) das rações pré-iniciais (0-16 dias pós-desmame)**

Variáveis	Fontes de óleo das rações			<sup>2</sup> CV (%)
	Óleo de soja	Óleo de palma	<sup>1</sup> Blend	
CDAMS (%)	76,46 a	75,76 a	73,21 b	1,82
CDAPB (%)	69,76 a	70,49 a	68,77 a	2,77
CDAEE (%)	53,10 a	24,65 b	15,46 c	22,07

<sup>1</sup>Blend contendo 30,30% de óleo de palma, 10,40% de leite em pó e 59,30% de maltodextrina. <sup>2</sup>CV: coeficiente de variação.

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

O CDA da matéria seca foi menor ( $P<0,05$ ) para a ração contendo *blend* de maltodextrina com óleo de palma (73,21%) comparado com as rações contendo óleo de soja (76,46%) ou óleo de palma (75,76%). Verificou-se ainda diferença nos CDA do extrato etéreo, o qual foi superior ( $P<0,05$ ) na ração com óleo de soja (53,10%) ao CDA da ração com óleo de palma (24,65%) que, por sua vez, teve maior CDA do extrato etéreo ( $P<0,05$ ) em relação à ração contendo óleo de palma microencapsulado (15,46%).

CERA *et al.* (1990) e FERNÁNDEZ *et al.* (2006), avaliando fontes de óleos vegetais na dieta de leitões desmamados, relataram valores médios de 82,33% e de 78,50% para o CDA do extrato etéreo das rações contendo óleo de soja e óleo de palma, durante respectivamente quatro e três semanas de avaliação. Estes resultados foram superiores aos valores determinados no presente estudo, o que pode ser devido ao fato dos CDA terem sido determinados com animais na segunda semana pós-desmame. Segundo LAURIDSEN *et al.* (2007a), esse é um período crítico no qual é baixa a eficiência de digestão de lipídios pelos leitões, em razão da baixa atividade das enzimas pancreáticas.

Os baixos valores dos CDA do extrato etéreo para as rações que continham óleo de palma sugerem a ocorrência de possíveis problemas com a matéria-prima neste estudo, pois para suínos, os valores deste coeficiente para rações com teor médio de 5% de óleo de palma têm sido, em média, na faixa de 76,5% (LAURIDSEN *et al.*, 2007b), enquanto nesta avaliação, os CDA do extrato etéreo das rações contendo óleo de palma não passaram de 25%. Os óleos são suscetíveis a diversos tipos de transformações químicas que podem ocorrer nas fases de extração, transporte ou estocagem. Embora o óleo de palma seja relativamente estável à oxidação, devido à presença de antioxidantes naturais (tocoferol e tocotrienóis) e baixo teor de ácido linolênico (C18:3) (SAMBANTHAMURTHI *et al.*, 2011), o óleo utilizado neste estudo possivelmente sofreu oxidação, com o consequente aumento nos teores de ácidos graxos livres (AGL) o que, diminui a digestibilidade (BORGSTROM, 1967) e o conteúdo de energia dos lipídios (JØRGENSEN e FERNÁNDEZ, 2000), em razão da redução da formação das micelas que, por conseguinte, pode ter comprometido sua absorção no intestino delgado. Segundo POWLES *et al.* (1995), em média, para cada aumento de 10% de unidades de AGL do lipídio, ocorre redução de 1,5% no valor de energia digestível para leitões desmamados.

O menor valor do CDA do extrato etéreo, no presente estudo, foi obtido para a ração contendo óleo de palma microencapsulado (15,46%), o que não era esperado, pois segundo NAZZARO *et al.* (2012), o processo de microencapsulação, além de manter as características originais, protege o óleo das condições adversas do meio externo devido ao agente encapsulante e ainda, segundo ZENTEK *et al.* (2012), retarda a absorção de alguns aditivos a exemplo dos ácidos orgânicos (PIVA *et al.*, 2007), de forma a obter melhor eficiência dessas substâncias na porção distal do trato digestório dos suínos. Assim, há de se considerar a possibilidade de que, embora tenha sido utilizado óleo de palma de mesma partida e com bons padrões de qualidade na origem, é provável que as condições de transporte e armazenamento não tenham sido adequadas, especialmente até o momento de produção do *blend*.

Embora os coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo das rações com óleo de palma tenham sido menores que o determinado para a ração com óleo de soja, o desempenho dos leitões não foi comprometido, provavelmente, pelo fato do nível de inclusão das fontes de óleo nas rações ter sido relativamente baixo (3,03%). Em contrapartida, DEROUCHÉY *et al.* (2004), ao avaliarem os efeitos da rancidez e do teor de ácidos graxos livres da gordura branca no desempenho e digestibilidade de nutrientes em leitões recém-desmamados, constataram que os efeitos negativos da oxidação foram decorrentes da redução do consumo da ração (para níveis de peróxido superiores a 40 mEq/kg) e não provenientes da redução da digestibilidade ou da utilização dos nutrientes da dieta pelos leitões.

## CONCLUSÃO

O óleo de palma microencapsulado ou não com maltodextrina pode substituir o óleo de soja nas rações sem prejuízo ao desempenho de leitões desmamados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnológica - CNPq (Processo n°: 141761/2006-7) pela bolsa de doutorado concedida à primeira autora e à *Corn Products Brasil Ingredientes Industriais Ltda* pelo auxílio na realização do experimento.

## REFERÊNCIAS

- ALBIN, D.M.; SMIRICKY, M.R.; WUBBEN, J.E.; GABERT, V.M. The effect of dietary level of soybean oil and palm oil on apparent ileal amino acid digestibility and postprandial flow patterns of chromic oxide and amino acids in pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.81, p.495-503, 2001.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th edition. Arlington: AOAC, 1990.
- AUGUSTO, R.M.N.; BERTO, D.A.; LO TIERZO, V.; MELLO, G.; HAUPTLI, L.; LUCCHESI, L. Maltodextrina em rações de leitões desmamados com diferentes pesos: desempenho e morfometria intestinal. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.33, p.41-46, 2011.
- BAKKER, G.C.M.; JONGBLOED, A.W. The effect of housing system on apparent digestibility in pigs, using the classical and marker (chromic oxide, acid-insoluble ash) techniques, in relation to dietary composition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.64, p.107-115, 1994.
- BERROCOSO, J.D.; SERRANO, M.P.; CÁMARA, L.; REBOLLAR, P.G.; MATEOS, G.G. Influence of diet complexity on productive performance and nutrient digestibility of weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.171, p.214-222, 2012.
- BORGSTROM, B. Absorption of fats. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.26, p.34-46, 1967.
- BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E.; PADOVANI, L.R. Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. **Ciência Rural**, v.35, p.691-697, 2005.
- CERA, K.R.; MAHAN, D.C.; REINHART, G.A. Evaluation of various extracted vegetable oils, roasted soybeans, medium-chain triglyceride and an animal vegetable fat blend for postweaning swine. **Journal of Animal Science**, v.68, p.2756-2765, 1990.
- DEROUCHEY, J.M.; HANCOCK, J.D.; HINES, R.H.; MALONEY, C.A.; LEE, D.J.; CAO, H.; DEAN, D.W.; PARK, J.S. Effects of rancidity and free fatty acids in choice white grease on growth performance and nutrient digestibility in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, n.9, p.2937-2944, 2004.
- DIAS, M.I.; FERREIRA, I.C.F.R.; BARREIRO, M.F. Microencapsulation of bioactives for food applications. **Food & Function**, v.6, p.1035-1052, 2015.
- DOPPENBERG, J.; VAN DER AAR, P.J.; VAN VUURE, C. Animal fat: nutritious ingredient for animal diets. **All About Feed**, v.23, p.9-11, 2015.
- FANIMO, A.O.; FASHINA-BOMBATA, H.A. The response of weaner pigs to diets containing palm oil slurry. **Animal Feed Science and Technology**, v.71, p.191-195, 1998.
- FENG, J.; LIU, X.; XU, Z.R.; LU, Y.P.; LIU, Y.Y. Effect of fermented soybean meal on intestinal morphology and digestive enzyme activities in weaned piglets. **Digestive Diseases and Sciences**, v.52, p.1845-1850, 2007.
- FERNÁNDEZ, J.A.; JØRGENSEN, H.; LY, L. Una reseña corta sobre la digestibilidad de lípidios em cerdos com especial referencia a la grasa de palma y de coco. **Revista Computadorizada de Producción Porcina**, v.1, p.95-99, 2006.
- JENSEN, M.S.; JENSEN, S.K.; JAKOBSEN, K. Development of digestive enzymes in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. **Journal of Animal Science**, v.75, p.437-445, 1997.
- HAUPTLI, L.; MORAES, K.M.C.M.T.; BERTO, D.A.; LUCCHESI, L.; AUGUSTO, R.M.N.; LO TIERZO, V. Níveis de maltodextrina na dieta de leitões desmamados aos 21 dias. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.34, p.273-278, 2012.
- JAFARI, S.M.; ASSADPOOR, E.; HE, Y.; BHANDARI, B. Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. **Drying Technology**, v.26, p.816-835, 2008.
- JØRGENSEN, H.; JAKOBSEN, K.; EGUUM, B.O. Determination of endogenous fat and fatty acids at the terminal ileum and on faeces in growing pigs. **Acta Agriculturae Scandinavica Section A – Animal Science**, v.43, p.101-106, 1993.
- JØRGENSEN, H.; FERNÁNDEZ, J.A. Chemical composition and energy value of different fat sources for growing pigs. **Acta Agriculturae Scandinavica Section A – Animal Science**, v.50, p.129-136, 2000.
- LAURIDSEN, C.; HEDEMANN, M.S.; PIERZYNOWSKI, S.; JENSEN, S.K. Dietary manipulation of the sow milk does not influence the lipid absorption capacity of the progeny. **Livestock Science**, v.108, p.167-170, 2007a.
- LAURIDSEN, C.; CHRISTENSEN, T.B.; HALEKOH, U.; JENSEN, S.K. Alternative fat sources to animal fat for pigs. **Lipid Technology**, v.19, p.156-159, 2007b.
- LI, D.F.; THALER, R.C.; NELSEN, J.L.; HARMON, D.L.; ALLEE, G.L.; WEEDEN, T.L. Effect of fat sources and combinations on starter pig performance, nutrient digestibility and intestinal morphology. **Journal of Animal Science**, v.68, p.3694-3704, 1990.
- MACHADO, C.A.; CARVALHO, L.S.S. Maltodextrina na alimentação animal. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.110, p.593-594, 2015.

- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, N.W. The metabolizable energy of feed ingredients for chicken. **Research Report**, v.7, p.3-11, 1965.
- NAZZARO, F.; ORLANDO, P.; FRATIANNI, F.; COPPOLA, R. Microencapsulation in food science and biotechnology. **Current Opinion in Biotechnology**, v.23, p.182-186, 2012.
- OCAMPO, A.; LOZANO, E.; REYES, E. Utilización de la cachaza de palma africana como fuente de energía en el levante, desarrollo y ceba de cerdos. **Livestock Research for Rural Development**, v.2, p.43-50, 1990.
- OCAMPO, A. Raw palm oil as the energy source in pig fattening diets and *Azolla filiculoides* as a substitute for soya bean meal. **Livestock Research for Rural Development**, v.6, p.1-8, 1994.
- PIVA, A.; PIZZAMIGLIO, V.; MORLACCHINI, M.; TEDESCHI, M.; PIVA, G. Lipid microencapsulation allows slow release of organic acids and natural identical flavors along the swine intestine. **Journal of Animal Science**, v.85, p.486-493, 2007.
- PIVETTA, M.R.; BERTO, D.A.; AMORIM, A.B.; SALEH, M.A.D.; PINHEIRO, D.F.; PAULINO, M.L.M.V.; PINTO, J.P.A.N.; GONÇALVES, H.C. Use of maltodextrin and a prebiotic in the feed of weaned piglets. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p.2129-2146, 2014.
- PEIRETTI, P.G.; MUSSA, P.P.; FORNERIS, G.; GAI, F.; MEINER, G. Performance and apparent digestibility of growing pigs fed diets with different fat sources and supplemented with organic red wine solids. **Livestock Research for Rural Development**, v.25, p.1-5, 2013.
- PÉLISSIER, M.; BOURDET, N.; MARQUES-DOSSOU, F.; DESJEUX, J.F.; ALBRECHT, R. Palm versus soybean oil on intestinal recovery from malnutrition in guinea pigs. **Pediatric Research**, v.52, p.119-124, 2002.
- POWLES, J.; WISEMAN, J.; COLE, D.J.A.; JAGGER, S. Prediction of the apparent digestible energy values of fats given to pigs. **Animal Science**, v.61, p.149-154, 1995.
- RONG, Y.; SILLICK, M.; GREGSON, C.M. Determination of dextrose equivalent value and number average molecular weight of maltodextrin by osmometry. **Journal of Food Science**, v.74, p.33-40, 2009.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.O.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos: tabelas brasileiras para aves e suínos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- SAMBANTHAMURTHI, R.; TAN, Y.; SUNDRAM, K.; ABEYWARDENA, M.; SAMBANDAN, T.G.; RHA, C.; SINSKEY, A.J.; SUBRAMANIAM, K.; LEOW, S.; HAYES, K.C.; WAHID, M.B. Oil palm vegetation liquor: a new source of phenolic bioactives. **British Journal of Nutrition**, v.106, p.1655-1663, 2011.
- SILVA, A.M.R., BERTO, D.A.; LIMA, G.J.M.M.; WECHSLER, F.S.; PADILHA, P.M.; CASTRO, V.S. Valor nutricional e viabilidade econômica de rações suplementadas com maltodextrina e acidificante para leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.286-295, 2008.
- ZENTEK, J.; BUCHHEIT-RENKO, S.; MÄNNER, K.; PIEPER, R.; VAHJEN, W. Intestinal concentrations of free and encapsulated dietary medium-chain fatty acids and effects on gastric microbial ecology and bacterial metabolic products in the digestive tract of piglets. **Archives of Animal Nutrition**, v.66, p.14-26, 2012.