

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

UTILIZAÇÃO DE MALTODEXTRINA E PREBIÓTICO EM RAÇÕES DE
LEITÕES DESMAMADOS

MAYARA RODRIGUES

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Zootecnia como parte das
exigências para a obtenção do título
de Mestre.

BOTUCATU - SP
Setembro – 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

UTILIZAÇÃO DE MALTODEXTRINA E PREBIÓTICO EM RAÇÕES DE
LEITÕES DESMAMADOS

MAYARA RODRIGUES

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Zootecnia como parte das
exigências para a obtenção do título
de Mestre.

BOTUCATU - SP

Setembro – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

R696u Rodrigues, Mayara, 1987-
 Utilização de maltodextrina e prebiótico em rações de
 leitões desmamados / Mayara Rodrigues. - Botucatu : [s.n.],
 2012
 vii, 50 f. : tabs.

 Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
 Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu,
 2012
 Orientador: Dirlei Antonio Berto
 Inclui bibliografia

 1. Enzimas. 2. Frutoligossacarídeo. 3. Lactose.
 4. Microbiota. 5. Suíno. I. Dirlei Antonio Berto.
 II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita
 Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina
 Veterinária e Zootecnia. III. Título.

Dedico

*À minha mãezinha Maria de Lourdes Rosa,
exemplo de vida e dedicação, minha eterna
gratidão e respeito.*

*À meu noivo, Laércio Augusto Pivetta, pelo
carinho e apoio nos momentos difíceis dessa
caminhada.*

Ofereço

*À Deus, pelo dom da vida e proteção. Meu refúgio
e meu baluarte, Deus meu, em quem confio.*

Agradecimentos

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ/UNESP – pela oportunidade e suporte na realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dirlei Antonio Berto, pela orientação e admirável trabalho na condução deste experimento, sempre me auxiliando nos mínimos detalhes, tanto no trabalho como na minha conduta ao realizá-lo.

Aos professores Heraldo César Gonçalves, José Paes de Almeida Nogueira Pinto, José Roberto Sartori, Luíz Edivaldo Pezzato e Maria de Lourdes M. V. Paulino, pelo apoio na realização deste experimento.

Ao professor da Universidade Estadual de Maringá, Paulo Cesar Pozza, pela construção de meu caráter profissional e incentivo na realização da pós-graduação, além da amizade.

Aos amigos Alessandro Borges Amorim, Camila de Aquino Tomaz, Carolyne Assis Eigenheer Pinke, Daniela Felipe Pinheiro, Danilo Vanci Fernandez (Abduzido), Érika Rosendo de Sena Gandra, Filipe Garcia Telles, Laerte Gustavo Pivetta, Mariana Valotta Rodrigues, Mayra Anton Dib Saleh e Tiago Zoz, pela dedicação na realização deste experimento.

Aos meus grandes amigos Aparecida da Costa Oliveira, Ariane Dantas, Ariane Costa, Cleiton Pagliari Sangali, Daniele Thomazoni, Débora Cristiane Freitag, Dhyego Thomazoni, Greicy Sigaki, Mariucha Karina Honório Ribeiro Rocha, Marli Busanello, Maurício Oswaldo Wochner, Mayara Andressa Sabedot, Paula Fernanda Teixeira, Thyago Thomazoni e Taynara Borak que estiveram sempre presentes, seja em pensamento ou em longas ligações telefônicas.

Aos colegas de pós-graduação pelo companheirismo e amizade.

Aos docentes e funcionários do Departamento de Produção Animal e do Departamento de Melhoramento Zootécnico e Nutrição Animal.

Graças

*Graças dou, sim, pela vida,
Que o bom Deus a mim legou;
Graças dou por meu futuro,
E por tudo o que passou;
Pelas bênçãos derramadas,
Pela dor e aflição;
Pelo Seu cuidado infindo,
Pela graça do perdão.
Graças pelo azul celeste,
E por nuvens que há também;
Pelas rosas do caminho
E os espinhos que elas têm;
Pela aurora, pela noite,
Pela estrela que brilhou;
Pela prece respondida,
E a esperança que raiou.
Pela cruz e o sofrimento,
E eternal ressurreição;
Pelo amor que é sem medida,
Pela paz no coração;
Pela lágrima vertida
E o consolo que é sem-par;
Pelo dom da eterna vida,
Sempre a Deus irei louvar.*

August Ludvig Storm (1862-1914)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
CAPÍTULO I.....	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	2
1. Introdução Geral.....	2
2. Revisão de Literatura	3
2.1. Desmame e capacidade digestiva de leitões.....	3
2.2. Lactose e outras fontes de carboidratos simples	4
2.3. Maltodextrina e sua utilização em rações de leitões	5
2.4. Prebióticos.....	8
3. Referências Bibliográficas	11
CAPÍTULO II	18
UTILIZAÇÃO DE MALTODEXTRINA E PREBIÓTICO EM RAÇÕES DE LEITÕES DESMAMADOS	19
Resumo.....	19
Abstract	20
Introdução	21
Material e Métodos	22
Resultados e Discussão	27
Conclusões	41
Referências Bibliográficas	41
CAPÍTULO III.....	48
IMPLICAÇÕES	49
APÊNDICE	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição percentual e níveis nutricionais das dietas pré-inicial e inicial.....	24
Tabela 2 - Valores médios de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões em função da fonte de carboidrato e uso de prebiótico	28
Tabela 3 - Valores médios dos parâmetros hematológicos de leitões em função da fonte de carboidrato e uso de prebiótico, aos 21 dias após o desmame	30
Tabela 4 - Custo por quilograma de ração (R\$/kg ração) e custo de ração por quilograma de peso vivo ganho (R\$/kg GP) e índice de custo nos períodos de 0 a 17 e de 0 a 29 dias após o desmame em função de fontes de carboidratos e uso de prebiótico	31
Tabela 5 - Valores médios de pH do conteúdo do estômago, jejuno, cólon e reto de leitões, em função da época de abate (dias pós desmame) fontes de carboidratos e uso de frutoligossacarídeo (FOS)	32
Tabela 6 - Peso relativo de órgãos (%) em relação ao peso vivo de leitões, em função de época de abate (dias pós desmame), fontes de carboidratos e uso de frutoligossacarídeo (FOS).....	34
Tabela 7 - Atividade específica (E) e total (T) da maltase (M), lactase (L) e amilase (A) de leitões em função da época de abate (dias pós desmame), fontes de carboidratos e uso de frutoligossacarídeo (FOS)	35
Tabela 8 - Desdobramento da interação de fonte de carboidrato e FOS para a atividade específica da lactase (u/g muc) de leitões	37
Tabela 9 - Contagem do número de unidades formadoras de colônias (log 10/g) no ceco de leitões em função da época de abate (dias pós desmame), fontes de carboidratos e uso de frutoligossacarídeo (FOS)	39
Tabela 10 - Desdobramento da interação de época de abate e fonte de carboidrato para a contagem do número de unidades formadoras de colônias (log 10/g) de coliformes totais e <i>E. coli</i> no ceco de leitões.....	40

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Introdução Geral

O Brasil se destaca como um grande produtor e contribui com aproximadamente 12 % do comércio internacional de carne suína, contudo, um dos maiores desafios que a suinocultura tem enfrentado em todo o mundo é a elevação nos preços dos ingredientes das rações, de modo que, países como o Brasil, que estão desenvolvendo sistemas integrados das indústrias de carne suína com baixos custos de produção, irão aumentar suas exportações (USDA, 2010).

Embora tudo indique que o Brasil possa se destacar cada vez mais como exportador mundial de carne suína, uma preocupação é em relação ao preço das commodities, pois segundo Barros (2010), há fundamentos consistentes para um movimento duradouro dos preços reais das commodities para patamares consideravelmente elevados.

Considerando que o custo com alimentação representa de 65 a 75% do custo total da produção do suíno terminado, e que os preços dos componentes das rações continuarão em alta, a busca por ingredientes alternativos é de interesse prático visando à rentabilidade da suinocultura.

Apesar da preocupação com a redução dos gastos com a alimentação, a indústria suinícola diminuiu a idade de desmame para aproximadamente 21 dias, com o objetivo de melhorar o desempenho reprodutivo com incremento no número de partos/porca/ano (HOLTKAMP, 1995).

O desmame requer, no entanto, que os leitões recebam dietas com alta digestibilidade dos nutrientes, o que tem levado os nutricionistas a formularem rações com níveis elevados de fontes de lactose. Por outro lado, a maltodextrina pode substituir totalmente a lactose nas rações pré-iniciais e iniciais, simples e complexas, sem influenciar o desempenho de leitões desmamados aos 21 dias de idade (HAUPTLI, 2009) e com maior viabilidade econômica (SILVA et al., 2008).

Os microrganismos patogênicos presentes nas granjas de suínos podem levar a distúrbios gastrintestinais, com impacto no aproveitamento de nutrientes e possibilidade de ocorrência de outras enfermidades correlacionadas (CHIQUEIRI, 2003), de modo que, com

frequência, são utilizados antimicrobianos nas rações como agentes melhoradores de desempenho ou para controle de doenças.

Entretanto, a veiculação de antimicrobianos nas rações de suínos tem sido bastante discutida (LA FUENTE, 2005), basicamente em função da possibilidade de resíduos nos produtos animais e da transferência de resistência cruzada, de modo que é grande a preocupação com a busca de aditivos que proporcionem maior segurança alimentar, como é o caso dos prebióticos, que tem a função de beneficiar a microbiota intestinal desejável.

2. Revisão de Literatura

2.1. Desmame e capacidade digestiva de leitões

Os suinocultores tendem a acelerar cada vez mais o desmame de leitões em sistemas intensivos de produção, devido a fatores econômicos, pois a redução da idade de desmame promove aumento do número de partos por matriz no ano e maximiza o número de matrizes que passam pela maternidade, reduzindo assim o custo das instalações por matriz (MAXWELL JÚNIOR e CARTER, 2001).

De acordo com Maxwell Júnior e Carter (2001), esforços têm sido direcionados para melhorar o desempenho de suínos desmamados precocemente, como o desenvolvimento de programas de alimentação que possibilitem aumento de peso na desmama e, conseqüentemente, melhora no desempenho subsequente até o abate.

O sistema digestivo do leitão antes e logo após o desmame precoce é adaptado para secretar enzimas digestivas necessárias para digestão dos nutrientes do leite, mas apresenta limitada capacidade de digestão de nutrientes de fontes vegetais. Portanto, a atividade da lactase é elevada e as atividades das lipases e proteases são suficientes para digerir a gordura e proteínas do leite (JENSEN et al., 1997).

Segundo Cranwell e Moughan (1989) o desenvolvimento do sistema gastrointestinal do leitão é incompleto, mesmo após quatro semanas de idade, e deve passar por um período de adaptação para adquirir a capacidade de utilizar satisfatoriamente a dieta pós-desmame. Desse modo, leitões desmamados com idade média de três semanas deverão receber dietas

complexas com nutrientes altamente digestíveis, de acordo com o seu desenvolvimento fisiológico, seguindo o programa de alimentação por fases.

2.2. Lactose e outras fontes de carboidratos simples

A lactose é classificada como um dissacarídeo composto de glicose e galactose. Uma única enzima intestinal, a lactase, é necessária para hidrolisar a lactose, promovendo a quebra da ligação química entre a glicose e galactose, liberando-as para absorção (SAAVEDRA e PERMAN, 1989). A lactase é uma das dissacaridases localizadas na borda em escova do epitélio intestinal, sendo que sua atividade específica é maior no jejuno (BURRIN et al., 2001). Dentre todos os açúcares da dieta, a lactose é a que é hidrolisada mais lentamente, com apenas metade da taxa de hidrólise da sacarose (SAAVEDRA e PERMAN, 1989).

Pesquisas demonstraram que a presença de lactose nas dietas nas primeiras semanas após o desmame precoce é essencial para leitões. Diversas fontes de lactose, incluindo soro de leite em pó, permeado de soro de leite, soro de leite desproteínizado ou lactose purificada, têm mostrado bons resultados quando presentes nas dietas pré-iniciais e iniciais de leitões (DRITZ et al., 1993; OWEN et al., 1993; TOUCHETTE et al., 1995; NESSMITH JÚNIOR et al., 1997).

Leitões desmamados precocemente e alimentados com dietas contendo grandes quantidades de glicose ou maltose apresentam uma condição hipertônica no lúmen intestinal, ocasionando diarreia, porém, quando alimentados com dietas contendo amido, apresentam dificuldades de digestão, pois possuem quantidades insuficientes de amilase pancreática e dissacaridases intestinais (CUNNINGHAM, 1959). Desse modo, as dietas pós-desmame têm sido formuladas com níveis elevados de lactose, aumentando seus custos e, por conseguinte, o custo total da produção de suínos (SOARES et al., 2000).

Pesquisas têm sido realizadas buscando ingredientes alternativos que possam substituir parcialmente, ou totalmente, a lactose em dietas de leitões, normalmente do desmame até 42 a 49 dias de idade. Naranjo et al. (2010) avaliaram dietas com soro de leite em pó (80% de lactose) ou *blend* (40% lactose, 30% sacarose e 10% glicose) e não

encontraram diferenças quanto ao desempenho de leitões desmamados aos 21, 23 e 26 dias de idade.

Em outros estudos, o desempenho de leitões alimentados com rações contendo amido de milho, como principal fonte de carboidratos, não se igualou aos leitões alimentados com glicose, lactose e sacarose do 8º ao 36º dia de idade (MATEO e VEUM, 1980; VEUM e MATEO, 1981).

Giesting et al. (1985) avaliaram a inclusão de amido de milho hidrolisado e de lactose na dieta de leitões desmamados e verificaram respostas semelhantes de desempenho, o que sugere que os processos de digestão e absorção foram adequados para ambas as fontes de carboidratos.

Oliver et al. (2002) demonstraram que hidrolisados de milho podem substituir a lactose como fonte única de carboidrato em dietas líquidas para leitões desmamados com um dia de idade, sem influenciar o desempenho, a digestibilidade da matéria seca, a concentração de uréia no plasma, a morfologia intestinal e a atividade das enzimas lipase, maltase e oligossacaridase.

2.3. Maltodextrina e sua utilização em rações de leitões

O termo maltodextrina foi usado pela primeira vez no início da década de 50 para descrever oligossacarídeos constituídos por unidades de D-glicose com ligações α -1-4, incluindo misturas de maltose, maltotriose, maltotetrose, maltopentose e oligossacarídeos maiores (ALEXANDER, 1992). Contudo, Hashizume e Okuma (2009) demonstraram que a maltodextrina convencional, obtida pela hidrólise enzimática, pode apresentar até 4,5% de ligações α -1-6.

As maltodextrinas são obtidas por hidrólise ácida e/ou enzimática do amido, apresentam-se como pó branco ou como solução concentrada, não muito doce, com valores de dextrose equivalente (DE) inferior a 20, sendo que DE é um termo industrial que expressa o conteúdo de açúcares redutores no produto, calculado como percentual de dextrose em matéria seca, de modo que o valor da DE do amido é zero enquanto o da

glicose pura é 100 (JUNK e PANCOAST, 1973). Produtos da hidrólise do amido com valores de DE acima de 20 são definidos como xaropes de glicose.

Além das diferenças nos valores de DE, a composição química das maltodextrinas também está relacionada com a origem botânica do amido do qual são extraídas, que podem ser divididos em amidos de cereais e de raízes (SWINKELS, 1985).

As maltodextrinas podem ser produzidas por hidrólise enzimática (α -amilase), ácida ou combinação dos dois métodos (KENNEDY et al., 1995). No processo de hidrólise ácida o amido é hidrolisado ao acaso resultando em mistura de moléculas de diferentes tamanhos (MOREHOUSE et al., 1972) e consiste no tratamento do amido com quantidade de ácido até atingir pH 1,0; elevando-se a temperatura a 135-150°C por 5 a 8 minutos e, em seguida, é feita a neutralização do ácido e a mistura é filtrada, descolorada e concentrada (BLANCHARD e KATZ, 1995).

Na hidrólise ácida, as maltodextrinas de baixo DE (2 a 5) possuem fragmentos lineares de amido, longos o suficiente para se reassociarem e formarem agregados insolúveis causando turbidez na solução, sendo impróprio para muitas aplicações. Devido a esses fatores, maltodextrinas comerciais são preparadas pela hidrólise enzimática do amido (MOREHOUSE et al., 1972).

Os processos enzimáticos utilizados na produção de maltodextrinas são patenteados e geralmente consistem na mistura da suspensão de amido com a enzima, que é aquecida até a temperatura de gelatinização de aproximadamente 75°C, por um tempo determinado (COUTINHO, 2007). Logo após a hidrólise, a enzima é inativada a temperatura de aproximadamente 105°C ou por acidificação do produto, com pH de aproximadamente 3,5, sendo que, as condições ótimas de pH e temperatura dependerão da enzima a ser utilizada (BERGHMANS e WALON, 1977; ALEXANDER, 1992). Finalmente, o produto é filtrado, descolorado, neutralizado e seco em *spray dryer*.

As propriedades físicas dos amidos hidrolisados são dependentes do valor da DE, de modo que, com o aumento do DE, também aumenta a higroscopicidade, doçura, solubilidade e a osmolaridade, enquanto a coesão, viscosidade, capacidade de formação de película e a capacidade para evitar a cristalização diminui, no entanto, para o grupo das

maltodextrinas, as variações no valor de DE entre 3 e 20 causam pequenas diferenças nessas propriedades físicas (ROLLER, 1996).

Como as maltodextrinas apresentam baixos valores de DE, também possuem baixa higroscopicidade e osmolaridade, que são propriedades muito importantes nas rações para suínos. A menor higroscopicidade contribui para manter baixo o nível de umidade, o que reduz o empedramento e a ação microbiana. De acordo com Alexander (1992), a maltodextrina apresenta alto peso molecular e, conseqüentemente, baixa concentração molecular, exercendo menor pressão osmótica.

O aumento da osmolaridade do lúmen intestinal, devido a altas concentrações de açúcares simples nas rações de leitões, pode predispor os animais à diarreia (MAVROMICHALIS, 2006), provocada pela maior passagem de fluido para o lúmen intestinal, principalmente nos dias subsequentes ao desmame, quando o estresse é maior. Ao comparar dietas enterais para *mini pigs*, contendo maltodextrina ou glicose, verificou-se maior absorção dos carboidratos e da gordura, devido a menor taxa de fluxo e a maior absorção de água, favorecidas pela menor osmolaridade das dietas com maltodextrina (WEBER e EHRLEIN, 1998).

Entretanto, Case et al. (1981) avaliaram dietas líquidas para *mini pigs* com diferentes osmolaridades (250, 340, 450, 540 e 700 mOsm/kg), variando a proporção entre sacarose e amido, e concluíram que a osmolaridade da digesta não depende da osmolaridade da dieta, e sim das secreções isotônicas do organismo, que equilibram a osmolaridade a partir do duodeno.

As maltodextrinas resistentes, com DE de aproximadamente 10 e peso molecular médio de 2000, possuem efeito prebiótico e se caracterizam por apresentarem maior quantidade de ligações α -1,6, que são encontradas no amido, mas também apresentam ligações α -1,2 e α -1,3, que são formados durante o processo dextrinização do amido, sendo portanto bem utilizadas por cepas benéficas de *Bifidobacterium* e *Bacteroides* (HASHIZUME e OKUMA, 2009).

Utilizando leitões gnotobióticos, Bomba et al. (2002) observaram que o uso de *L. paracasei* na dieta não apresentou efeito inibitório sobre a adesão de *Escherichia coli* à

mucosa jejunal, enquanto que a administração conjunta com a maltodextrina diminuiu a adesão de *E. coli*.

Avaliando a substituição parcial do milho e cevada, em dietas de leitões desmamados aos 19 dias, por amido hidrolisado (5% de dextrose, ou 5% de maltodextrina, ou 5% de dextrose mais 5% de maltodextrina), Fiumana e Scipioni (1981) observaram que a dextrose e a maltodextrina, separadamente, melhoraram a digestibilidade da matéria seca, da matéria orgânica e da energia.

Silva et al. (2008) avaliaram o desempenho de leitões do desmame (21 dias) aos 49 dias de idade, alimentados com rações contendo ou não acidificante e maltodextrina substituindo parcialmente a lactose. Os animais que receberam as dietas com maltodextrina apresentaram maior consumo diário de ração e ganho diário de peso nos primeiros quatorze dias do experimento. As rações que continham maltodextrina e maltodextrina mais acidificante apresentaram maior eficiência econômica.

A maltodextrina pode ser usada como alternativa para substituir a lactose nas rações, independente do peso dos leitões ao desmame, pois não influenciou o desempenho, os parâmetros morfométricos do intestino, a população de *Lactobacillus* e o pH no trato gastrintestinal (Augusto, 2009).

Girão (2010) verificou a viabilidade de substituição do soro de leite e da lactose, em rações pré-iniciais e iniciais de leitões desmamados, pela combinação de fontes protéicas animais ou vegetais e *blends* compostos por maltodextrina e óleo de milho ou maltodextrina, água de maceração concentrada e óleo de milho, sendo que não observou diferenças nos coeficientes de digestibilidade da MS, PB, EB das rações e no desempenho de leitões dos 21 aos 50 dias de idade.

2.4. Prebióticos

Os antimicrobianos têm sido restringidos em diversos países, em virtude da possibilidade de desenvolvimento de resistência bacteriana cruzada, que resulta em menor eficiência dos antimicrobianos na terapia animal e humana, e da exigência dos importadores por produtos livres de resíduos de antibióticos (SILVA, 2000).

Baseando-se em novos conceitos de segurança alimentar, produtos alternativos aos antibióticos foram pesquisados e desenvolvidos (MILTENBURG, 2000). Dentre estes se destacam os probióticos e prebióticos, que são cada vez mais utilizados, principalmente nas fases de pós-desmame, de crescimento e de engorda de suínos (SILVA et al., 2007).

Os prebióticos são uma categoria de compostos agrupados, não necessariamente por semelhanças estruturais, mas pela capacidade de promover o crescimento de determinadas bactérias benéficas no intestino. Roberfroid (2007) definiram os prebióticos como substâncias não digeríveis que, quando consumidos, proporcionam um efeito fisiológico benéfico sobre o hospedeiro por estimular seletivamente o crescimento ou a atividade de um número limitado de bactérias desejáveis à microbiota intestinal. Os prebióticos podem influenciar o sistema imune, diretamente ou indiretamente, como resultado da fermentação intestinal e promoção do crescimento de certos constituintes da microbiota intestinal. Primeiramente, o simples aumento na população de um particular gênero ou espécie microbiana, ou a redução na população de outros microrganismos, podem mudar o perfil imuno-interativo da microbiota. Secundariamente, os produtos microbianos, como ácidos graxos de cadeia curta, podem interagir com as células imunes e enterócitos e modificar sua atividade (ROBERFROID et al., 2010). Os ingredientes alimentares que atendem a esses requerimentos são principalmente os frutooligosacarídeos (FOS) e as inulinas.

Os FOS são oligômeros de frutose compostos de 1-kestose (GF₂), nistose (GF₃) e frutofuranosil nistose (GF₄), em que as unidades de frutossil (F) são ligadas na posição β -2,1 da sacarose, o que os distingue de outros oligômeros (YUN, 1996). Os FOS podem ser divididos em dois grupos, segundo sua forma de obtenção: por hidrólise enzimática de inulina, que consistem de unidades lineares de frutossil com ou sem uma unidade final de glicose e grau de polimerização (GP) que varia entre 1 e 7 unidades de frutossil e pela reação enzimática de transfrutossilação em resíduos de sacarose que consistem tanto de cadeias lineares como de cadeias ramificadas de oligossacarídeos, com GP de 1 a 5 unidades de frutossil (PASSOS e PARK, 2003).

Bomba et al. (2002) avaliaram o uso de *Lactobacillus paracasei* isolado e combinado com FOS, em dietas de leitões gnotobióticos, e verificaram que a mistura de *L.*

paracasei com FOS melhorou a microflora do conteúdo fecal havendo maiores quantidades de *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* e *Enterococcus*.

Leitões que receberam ração contendo FOS (7,5 e 15 g kg⁻¹) apresentaram redução temporária no consumo e no ganho diário de peso, porém, o crescimento durante todo o período experimental não foi influenciado (HOUDIJK et al., 1998). Esta depressão pode ter ocorrido devido a mudanças na microflora intestinal, o que resultou em resposta imune não específica e consequente redução do consumo de ração (SILVA e NÖRNBERG, 2003).

Tsukahara et al. (2003) observaram aumento na produção de butirato no intestino grosso de leitões alimentados com rações contendo FOS, o que se correlacionou positivamente com a profundidade das criptas e número de células epiteliais e mitóticas.

Leitões com 7 dias de idade que receberam a administração conjunta via oral de *Lactobacillus plantarum* + maltodextrina + FOS e *L. plantarum* + FOS apresentaram redução na contagem de *E. coli* no cólon em comparação com aqueles que receberam *L. plantarum* isolado e *L. plantarum* + maltodextrina (NEMCOVÁ et al., 2007).

Bird et al. (2009) avaliaram dietas para suínos que continham amido de milho com baixo teor de amilose (LAMS 0%), amido de milho com alto teor de amilose (HAMS 85%), FOS e a mistura de HAMS e FOS. Os autores observaram maiores quantidades de bifidobactéria e ácidos graxos voláteis (acetato, butirato, propionato) e menor pH nas fezes, nos animais que receberam a mistura de HAMS e FOS.

Budiño et al. (2010) verificaram que a adição de 0,30% de FOS nas rações favoreceu o ganho de peso e o consumo de ração em leitões desmamados, mas não influenciou a digestibilidade nem a metabolizabilidade das rações.

O capítulo II intitulado “Utilização de maltodextrina e prebiótico em rações de leitões desmamados” foi elaborado de acordo com as normas para publicação da Revista Scientia Agricola, e teve como objetivo avaliar os efeitos da substituição da lactose pela maltodextrina e da adição de frutoligossacarídeos nas rações pré-iniciais e iniciais, sobre o desempenho, parâmetros hematológicos, viabilidade econômica, pH da digesta e peso relativo de órgãos do sistema digestório, população microbiana no ceco, atividade da lactase e da maltase na mucosa do jejuno e atividade da amilase no pâncreas de leitões desmamados.

3. Referências Bibliográficas

- ALEXANDER, R. J. Maltodextrins: production, properties, and applications. In: SCHENCK, F. W.; HEBEDA, R. E. (Eds.). **Starch Hydrolysis Products: Worldwide Technology, Production and Applications**. New York: VCH Publishers, 1992. pp. 233-275.
- AUGUSTO, R. M. N. **Maltodextrina em rações de leitões desmamados com diferentes pesos**. 2009. 79 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2009.
- BARROS, G. **Ignorar a alta das commodities agrícolas é um grande risco. Folha de São Paulo**, São Paulo, 20 nov. 2010. Mercado – Análise de Preços.
- BERGHMANS, E. F.; WALON, R. G. P. **G.B. Patent nº 1.470.325**. 1977.
- BIRD, A. R.; VUARAN, M.; CRITTENDEN, R.; HAYAKAWA, T.; PLAYNE, M. J.; BROWN, I. L.; TOPPING, D. L. Comparative Effects of a High-Amylose Starch and a Fructooligosaccharide on Fecal Bifidobacteria Numbers and Short-Chain Fatty Acids in Pigs Fed Bifidobacterium animalis. **Digestive Diseases and Sciences**, v.54, p.947-954, 2009.
- BLANCHARD, P. H.; KATZ, F. R. Starch hydrolysates. In: STEPHEN, A. M. **Food Polysaccharides and their Application**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.99.
- BOMBA, A.; NEMCOVÁ, R.; GANCARCÍKOVÁ, S.; HERICH, R.; GUBA, P.; MUDRONOVÁ, D. Improvement of the probiotic effect of micro-organisms by their combination with maltodextrins, fructo-oligosaccharides and polyunsaturated fatty acids. **British Journal of Nutrition**, v.88, p.95-99, 2002. Supplement 1.
- BUDIÑO, F. E. L.; CASTRO JÚNIOR, F. G.; OTSUK, I. P. Adição de frutoligosacarídeo em dietas para leitões desmamados: desempenho, incidência de diarreia e metabolismo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2187-2193, 2010.

- BURRIN, D.G.; STOLL, B.; FAN, M.Z.; DUDLEY M.A.; DONOVAN S.M.; REEDS, P.J. Oral IGF-I alters the posttranslational processing but not the activity of lactase-phlorizin hydrolase in formula-fed neonatal pigs. **The Journal of Nutrition**, v.131, p.2235–2241, 2001.
- CASE, G. L.; LEWIS, L. D.; PHILLIPS, R. W.; CLEEK, J. L. Effects of osmolality of liquid nutrient diets on meal passage and nutrient absorption in Yucatan miniature swine. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.34, p.1868-1878, 1981.
- CHIQUEIRI, J. **Probiótico e Prebiótico na Alimentação de Suínos em Crescimento e Terminação**. 2003. 59 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2003.
- COUTINHO, A. P. C. **Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata-doce**. 2007. 137p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2007.
- CRANWELL, P. D.; MOUGHAN, P. J. Biological limitations imposed by the digestive system to the growth performance of weaned pigs. In: BARNETT, J. L.; HENNESSY, D. P. (Eds.). **Manipulating Pig Production II**, Werribee: Australasian Pig Science Association, 1989, pp.140-159.
- CUNNINGHAM, H. M. Digestion of starch and some of its degradation products by newborn pigs. **Journal of Animal Science**, v.18, p.964-975, 1959.
- DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; KATZ, L. J. Optimal whey level in starter diets containing spray dried blood meal and comparison of avian and bovine spray-dried blood meals. **Journal of Animal Science**, v.71, p.57, Supplement 1, 1993. (Abstract).
- FIUMANA, D.; SCIPIONI, R. Effects of the presence of hydrolyzed amides in the diets of weaned piglets on the digestive utilization of various nutrients. **Bollettino della Società Italiana di Biologia Sperimentale**, v. 57, p.1731-1737, 1981. (Abstract).

- GIESTING, D. W.; EASTER, R. A.; ROE, B. A. A comparison of protein and carbohydrate sources of milk and plant origin for starter pigs. **Journal of Animal Science**, v.61, p.299, 1985. Supplement 1. (Abstract).
- GIRÃO, L. V. C. **Substituição do soro de leite e lactose pela combinação de ingredientes energéticos e protéicos em rações de leitões na fase de creche**. 2010. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2010.
- HASHIZUME, C.; OKUMA, K. Fibersol®-2 Resistant Maltodextrin: Functional Dietary Fiber Ingredient. In: CHO, S. S.; SAMUEL, P. (Eds.). **Fiber Ingredients: Food Applications and Health Benefits**. Boca Raton: CRC Press, 2009, pp.61-77.
- HAUPTLI L. **Maltodextrina e óleos como fontes de energia para leitões**. 2009. 57f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2009.
- HOLTKAMP, D. J. Productivity gains related to segregated early weaning in pigs In: ANNUAL MEETING OF AMERICAN ASSOCIATION OF SWINE PRACTITIONERS, 26, 1995, Nebraska. **Proceedings...** Nebraska: AASP, 1995. p.217-223.
- HOUDIJK, J. G. M.; BOSCH, M. W.; VERSTEGEN, M. W. A.; BERENPAS, H. J. Effects of dietary oligosaccharides on the growth performance and faecal characteristics of young growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.71, p.35-48, 1998.
- 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.
- JUNK, W. R., PANCOAST, H. M. Corn syrups an sugar. In: **Handbook of sugars: for processors, chemists and technologists**. Westport: The Avi Publishing Company, INC, 1973, pp.89-181.
- KENNEDY, J. F.; KNILL, C. J.; TAYLOR, D. W. Maltodextrins. In: KEARSLEY, M. W.; DZIEDZIC, S. Z. (Eds.). **Handbook of Starch Hydrolysis Products and Their Derivatives**. 1ed. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1995. p.65-82.

- LA FUENTE, J. M. Aditivos zootécnicos: Alternativas a los antibióticos como promotores de crecimiento en porcino. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 12, 2005, Fortaleza. **Anais....** Fortaleza, 2005. p.96-127.
- MATEO, J. P.; VEUM, T. L. Utilization of glucose, sucrose and corn starch with isolated soybean protein by 15-day-old pigs reared artificially. **Nutrition Reports International**, v.22, p.419, 1980.
- MAVROMICHALIS, I. **Applied nutrition for young pigs**. Oxfordshire: CAB International, 2006, 297p.
- MAXWELL JÚNIOR, C. V.; CARTER, S. D. Feeding the Weaned Pig. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. (Eds.). **Swine Nutrition**, 2ed. Boca Raton: CRC Press, 2001, pp.692-706.
- MILTENBURG, G. Promotores e Aditivos de Crescimento em Avicultura: Estado da Arte. In: Conferência APINCO/2000 de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2000. p. 205-215.
- MOREHOUSE, A. L.; MALZAKS, R. C.; DAY, J. T. **U.S. Patent 3.663.369**, Grain processing Co. 1972.
- NARANJO, V. D.; BIDNER, T. D.; SOUTHERN, L. L. Comparison of dried whey permeate and a carbohydrate product in diets for nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v.88, p.1868-1879, 2010.
- NEMCOVÁ, R.; BOMBA, A.; GANCARCÍKOVÁ, S.; REIFFOVÁ, K.; GUBA, P.; KOSKOVA, J.; JONECOVA, Z.; SCIRANKOVA, L.; BUGARSKY, A. Effects of the Administration of Lactobacilli, Maltodextrins and Fructooligosaccharides upon the Adhesion of *E. coli* O8:K88 to the Intestinal Mucosa and Organic Acid Levels in the Gut Contents of Piglets. **Veterinary Research Communications**, v.31, p.791-800, 2007.
- NESSMITH JÚNIOR, W. B.; NELSEN, J. L.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; BERGSTRÖM, J. R. Effects of substituting deproteinized whey and/or crystalline lactose for dried whey on weanling pig performance, **Journal of Animal Science**, v.75, p.3222-3228, 1997.

- OLIVER, W. T.; MATHEWS, S. A.; PHILLIPS, O.; JONES, E. E.; ODLE, J; HARREL, R. J. Efficacy of partially hydrolyzed corn syrup solids as a replacement for lactose in manufactured liquid diets for neonatal pigs. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 1, p. 143-153, 2002.
- OWEN, K. Q., NELSEN, J. L.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; DRITZ, S. S.; KATZ, L. J. The effect of increasing level of lactose in a porcine plasma-based diet for the early weaned pig, **Journal of Animal Science**, v.71, p.175, 1993. Supplement 1. (Abstract).
- PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Frutooligosacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, v.33, p.385-390, 2003.
- ROBERFROID, M. B. Inulin-type fructans: functional food 7. ingredients. **The Journal of Nutrition**, v.137, p.2493-2502, 2007.
- ROBERFROID, M.; GIBSON, G.R.; HOYLES, L.; MCCARTNEY, A.L.; RASTALL, R.; ROWLAND, I.; WOLVERS, D.; WATZL, B.; SZAJEWSKA, H.; STAHL, B.; GUARNER, F.; RESPONDEK, F.; WHELAN, K.; COXAM, V.; DAVICCO, M.J.; LÉOTOING, L.; WITTRANT, Y.; DELZENNE, N.M.; CANI, P.D.; NEYRINCK, A.M.; MEHEUST, A. Prebiotic effects: metabolic and health benefits. **British Journal of Nutrition**, v. 104, p.1-63, 2010. Supplement 2.
- ROLLER, S. Starch-derived fat mimetics: maltodextrins. In: ROLLER, S.; JONES, S.A. (Eds.). **Handbook of Fat Replacers**. Boca Raton: CRC Press, 1996, pp.99-118.
- SAAVEDRA, J. M.; PERMAN, J. A. Current concepts in lactose malabsorption and intolerance. **Annual Review of Nutrition**, v.9, p.475-502, 1989.
- 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.

- SILVA, C. A.; BRIDI, A. M.; GOMEZ, R. J. H. C.; SILVA, C. R. B.; MENEGUCCI, C. G.; CARVALHO, B. B. Uso de probiótico e de antibióticos na alimentação de leitões em fase de creche. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, p. 739-746, 2007.
- SILVA, E. N. Antibióticos intestinais naturais: bacteriocinas. In: SIMPÓSIO SOBRE ADITIVOS ALTERNATIVOS NA NUTRIÇÃO ANIMAL, Campinas, 2000. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2000. p.15-24.
- SILVA, L. P.; NÖRNBERG, J. L. Prebióticos na nutrição de não-ruminantes. **Ciência Rural**, v.33, p. 55-65, 2003.
- SOARES, J. L.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; FERREIRA, A. S.; FERREIRA, C. L. L. F.; HANNAS, M. I.; APOLÔNIO, L. R. Soja Integral Processada (Fermentada e Extrusada) e Farelo de Soja em Substituição ao Leite em Pó em Dieta de Leitões Desmamados aos 14 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1153-1161, 2000.
- SWINKELS, J. J. M. Sources of starch, its chemistry and physics. In: van BEYNUM, G. M. A.; ROELS, J. A. (Eds.). **Starch Conversion Technology**, New York: Marcel Dekker, 1985, p.15-46.
- TOUCHETTE, K. J., CROW, S. D.; ALLEE, G. L.; NEWCOMB, M. D. Weaned pigs response to lactose (day 0–14 postweaning), **Journal of Animal Science**, v.73, p.70, 1995. Supplement 1. (Abstract).
- TSUKAHARA, T.; IWASAKI, Y.; NAKAYAMA, K.; USHIDA, K. Stimulation of butyrate production in the large intestine of weaning piglets by dietary fructooligosaccharides and its influence on the histological variables of the large intestinal mucosa. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v.49, p.414-421, 2003.
- USDA. **Agricultural Projections to 2019**. Office of the Chief Economist, World Agricultural Outlook Board, U.S. Department of Agriculture. Prepared by the Interagency Agricultural Projections Committee. Long-term Projections Report OCE-jan. 2010, 100 pp.

- VEUM, T. L.; MATEO, J. P. Utilization of glucose, sucrose or corn starch with casein or isolated soybean protein supplemented with amino acids by 8-day-old pigs fed artificially. **Journal of Animal Science**, v.53, p.1027-1038, 1981.
- WEBER, E.; EHRLEIN, H. J. Glucose and maltodextrin in enteral diets have different effects on jejunal absorption of nutrients, sodium and water and on flow rate in minipigs. **Deutsche Tierärztliche Wochenschrift**, v. 105, p.446-449, 1998. (Abstract).
- YUN, J. W. Fructooligosaccharides - Occurrence, preparation and applications. **Enzymes and Microbial Technology**, v.19, p.107-117, 1996.

CAPÍTULO II

UTILIZAÇÃO DE MALTODEXTRINA E PREBIÓTICO EM RAÇÕES DE LEITÕES DESMAMADOS

RESUMO: Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de avaliar o efeito da substituição da lactose pela maltodextrina e da adição de frutoligossacarídeos (FOS) nas rações de leitões desmamados. O primeiro experimento apresentou delineamento de blocos casualizados com arranjo fatorial 2 x 2 (duas fontes de carboidratos: maltodextrina e lactose na ração pré-inicial; com ou sem uso de 0,3% de frutoligossacarídeo, nas rações pré-inicial e inicial) com sete repetições de três animais. Foram avaliados o desempenho, parâmetros hematológicos e viabilidade econômica. No segundo experimento foi empregado o delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 2 x 2 + 1 (duas fontes de carboidratos: maltodextrina e lactose; com ou sem uso de 0,3% de frutoligossacarídeo; duas épocas de abate: sete e quatorze dias pós-desmame; e abate no dia do desmame) com oito repetições de um animal. Foram avaliados o pH e peso relativo de órgãos do sistema digestório, atividade enzimática e população microbiana. Na fase inicial a maltodextrina não compromete o desempenho e pode substituir com vantagem econômica a lactose, contudo, reduz a ingestão da ração pré-inicial I. A maltodextrina possui efeito prebiótico, pois reduz a população de coliformes totais e de *E. coli* no ceco e o pH do conteúdo do reto. O uso de frutoligossacarídeo não se justifica, independente de se usar lactose ou maltodextrina nas rações.

Palavras-chave: frutoligossacarídeo, lactose, enzimas, microbiota, suíno.

USE OF MALTODEXTRIN AND PREBIOTIC IN DIETS OF WEANED PIGLETS

ABSTRACT: Two experiments were carried out with the aim to evaluate the effect of replacement of lactose by maltodextrin and addition of fructo-oligosaccharide in diets of weaned piglets. The experimental design of the first experiment was a randomized complete block, in a factorial arrangement 2 x 2 (two sources of carbohydrate: maltodextrin and lactose in pre-starter diet; with or without 0.3% of fructo-oligosaccharide in pre-starter and starter diets) with seven replications of three piglets. It were evaluated the performance, hematological parameters and economical viability. The experimental design of the second experiment was a randomized complete block, in a factorial arrangement with additional treatment $2 \times 2 \times 2 + 1$ (two sources of carbohydrate: maltodextrin and lactose; with or without 0.3% of fructo-oligosaccharide in pre-starter diet; two ages of slaughter: seven and fourteen days after weaning; slaughter on day of weaning) with eight replications of one piglet. It were evaluated the pH and relative organ weight of digestive system, enzymatic activity and microbial population. The maltodextrin does not decrease the performance in starter phase and it can replace the lactose with economical advantages, however, it decreases the feed intake of pre-starter diet. The maltodextrin has prebiotic effect, because it reduces the total coliforms and *E. coli* population in caecum, and the pH of rectum content. The use of fructo-oligosaccharide is not justified, regardless of using lactose or maltodextrin in diets.

Key-words: fructo-oligosaccharide, lactose, enzymes, microbiota, swine.

Introdução

Os leitões enfrentam grandes desafios nos primeiros dias após o desmame. Do ponto de vista nutricional, um dos mais relevantes é a mudança da dieta líquida, à base de leite, para uma dieta sólida, predominantemente composta por ingredientes de origem vegetal. Sendo assim, o sistema gastrointestinal do leitão recém-desmamado tem de se adaptar às alterações nas propriedades físico-químicas do alimento e mudar o padrão de ingestão, a fim de digerir e absorver os nutrientes e manter um nível aceitável de crescimento (Jensen et al., 1997).

Como o sistema digestivo dos leitões está adaptado a digestão dos constituintes do leite, as dietas pós-desmame têm sido formuladas com ingredientes ricos em lactose, o que estimula o consumo, ajuda na transição da dieta (Berrocoso et al., 2012) e aumenta a digestibilidade (O'Doherty et al., 2005), atenuando a queda no desempenho pós-desmame, contudo, proporciona aumento dos custos com a alimentação e, por conseguinte, do custo total da produção de suínos (Soares et al., 2000).

A variabilidade do preço e da disponibilidade dos produtos lácteos destaca a importância dos estudos com outras fontes de carboidratos, visando a substituição da lactose. Pesquisas têm demonstrado a possibilidade de utilizar hidrolisados de amido de milho como substitutos da lactose nas dietas, sem prejuízo ao desempenho de leitões (Mahan e Newton, 1993; Oliver et al., 2002).

A maltodextrina, um carboidrato obtido à partir da hidrólise parcial do amido, com valores de dextrose equivalente (DE) inferior a 20, tem se mostrado eficiente em substituir parcialmente (Silva et al., 2008) ou totalmente (Augusto et al., 2011) a lactose nas rações de leitões desmamados. Considerando a atividade da lactase em suínos superior a da maltase após o desmame (Kidder e Manners, 1980), é provável que, pelo mecanismo de modulação da atividade enzimática exercida pelo substrato, a maltodextrina possa estimular a síntese de maltase. Além disso, a maltodextrina pode apresentar efeito prebiótico, pois Nemcová et al. (2007) observaram que leitões alimentados com dietas contendo *Lactobacillus plantarum* + maltodextrina + frutoligossacarídeos (FOS) apresentaram

redução na contagem de *E. coli* no jejuno, o que também ocorreu com animais que receberam dietas contendo *L. plantarum* + maltodextrina.

Os prebióticos, como os frutoligossacarídeos, são substâncias não digeríveis que, quando consumidos, proporcionam efeito benéfico sobre o hospedeiro por estimular seletivamente o crescimento ou a atividade de um número limitado de bactérias desejáveis da microbiota intestinal (Roberfroid, 2007). Os prebióticos podem também influenciar o sistema imune, como resultado direto ou indireto da mudança no perfil da composição e fermentação da microbiota intestinal (Roberfroid et al., 2010). O FOS igualmente contribui para o aumento da atividade da maltase, conforme demonstrado por Chotikatum et al. (2009) em frangos de corte.

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da substituição da lactose pela maltodextrina e da adição de frutoligossacarídeos nas rações pré-iniciais e iniciais, sobre o desempenho, parâmetros hematológicos, viabilidade econômica, pH da digesta e peso relativo de órgãos do sistema digestório, população microbiana no ceco, atividade da lactase e da maltase na mucosa do jejuno e atividade da amilase no pâncreas de leitões desmamados.

Material e Métodos

Dois experimentos foram realizados nas instalações de creche do Setor de Suinocultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu.

Foram utilizados 156 leitões híbridos comerciais, desmamados com idade média de 21 dias e peso inicial médio de $6,28 \pm 0,39$ kg, no primeiro experimento, e de $6,28 \pm 0,29$ kg no segundo experimento, que foram alojados em sala de creche em baias metálicas suspensas com piso ripado de $1,75 \text{ m}^2$, equipadas com bebedouro tipo chupeta, comedouro e campânula com resistência elétrica para o aquecimento.

Experimento I

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2x2, sendo duas fontes de carboidratos (maltodextrina e lactose) combinadas com o uso ou não de 0,3% de frutoligossacarídeo nas dietas pré-iniciais I e II e inicial, com sete repetições e três animais por unidade experimental, totalizando 84 animais (48 machos e 36 fêmeas). Os critérios utilizados para a formação dos blocos foram o peso inicial e o sexo dos animais.

O experimento teve duração de 38 dias, período em que os animais receberam três tipos de dietas à vontade, de acordo com o sistema de alimentação por fases: dieta pré-inicial I nos primeiros 17 dias, dieta pré-inicial II nos 12 dias seguintes e dieta inicial nos últimos nove dias (Tabela 1). Para avaliar um possível efeito residual dos tratamentos, nos primeiros 29 dias, nos últimos nove dias do período experimental os animais foram alimentados com dietas sem as fontes de carboidratos, no entanto, continuaram a receber dietas contendo ou não prebiótico (0,3% FOS). A maltodextrina utilizada apresentou DE entre 17,0 a 19,9. Todas as rações foram formuladas para atender as recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2005).

Foram avaliados o consumo diário de ração, o ganho diário de peso e a conversão alimentar dos animais nos períodos de 0 a 17, 0 a 29 e de 0 a 38 dias após o desmame. O consumo de ração foi calculado baseando-se na quantidade fornecida no período e na pesagem das sobras. O ganho de peso foi calculado com base na pesagem dos animais no início do experimento, no 17º, 29º e 38º dia da fase inicial.

Durante os primeiros 14 dias do período experimental foi avaliada a incidência de diarreia, atribuindo-se, com base na consistência das fezes, os seguintes escores: 0 para fezes normais, 1 para fezes pastosas e 2 para fezes fluidas, considerando quadro de diarreia os escores 1 e 2.

No 21º dia do experimento foi realizada colheita de sangue por punção da veia cava de todos os animais da unidade experimental. As amostras foram acondicionadas em tubos contendo EDTA, identificadas, armazenadas em caixa de isopor contendo gelo e enviadas ao laboratório de análises hematológicas localizado em Botucatu/SP.

Tabela 1 - Composição percentual e níveis nutricionais das dietas pré-inicial e inicial

Ingredientes (%)	Pré-inicial I 0 - 17 dias	Pré-inicial II 18 - 29 dias	Inicial 30 - 38 dias
Milho, Grão	52,650	56,815	69,875
Soja, Farelo	20,000	25,800	26,000
Plasma sanguíneo	4,000	2,000	-
Células sanguíneas	1,500	1,300	-
Levedura de destilaria de álcool	1,300	-	-
Açúcar	2,000	2,000	-
Óleo de soja	2,000	2,200	0,400
Lactose ou Maltodextrina	12,000	6,000	-
Calcário	0,680	0,680	0,600
Fosfato bicálcico	2,000	1,900	1,600
BHT	0,015	0,015	0,015
Cloreto de Sódio	0,260	0,300	0,320
L-Lisina HCL	0,520	0,400	0,290
DL- Metionina	0,150	0,100	0,020
L-Treonina	0,220	0,160	0,070
L-Triptofano	0,035	-	-
Óxido de Zinco	0,340	-	-
Cloreto de colina	0,065	0,065	0,060
Edulcorante ¹	0,015	0,015	-
Premix vitamínico ²	0,150	0,150	0,150
Premix mineral ³	0,100	0,100	0,100
Antibiótico ⁴	-	-	0,200
FOS ⁵ ou inerte ⁶	0,300	0,300	0,300
Níveis nutricionais calculados			
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3350,000	3350,000	3230,000
Proteína Bruta (%)	19,500	19,500	18,000
Lisina Digestível (%)	1,430	1,330	1,040
Metionina Digestível (%)	0,420	0,370	0,280
Treonina Digestível (%)	0,900	0,840	0,670
Triptofano Digestível (%)	0,250	0,220	0,190
Cálcio (%)	0,840	0,830	0,730
Fósforo Disponível (%)	0,470	0,460	0,400
Lactose ou Maltodextrina (%)	12,000	6,000	-

¹Sucram 150[®]. ²Premix vitamínico fornecendo as seguintes quantidades por kg de ração: 9.000UI vit. A; 2.250UI vit D3; 22,5mg vit. E; 22,5 mg vit. K3; 2,03mg vit. B1; 6mg vit. B2; 3mg vit. B6; 30 µg vit. B12; 0,9mg ác. fólico; 14,03mg ác. pantotênico; 30mg niacina; 0,12mg biotina; 400mg colina. ³Premix mineral fornecendo as seguintes quantidades por kg de ração: 100mg Fe; 10mg Cu; 100mg Zn; 40mg Mn; 1mg Co; 1,5mg I. ⁴Taylan S100[®]. ⁵Frutoligossacarídeo. ⁶Caulim.

As contagens dos números de hemácias e leucócitos, os índices hematimétricos volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM) e concentração

de hemoglobina corpuscular média (CHCM) e a contagem de plaquetas foram realizadas por contador hematológico automático marca Maxcom, modelo Auto Hematology Analyzer - MC-6200 VET. A porcentagem de hematócrito foi obtida através do cálculo derivado dos valores de VCM e hemácias por impedância, e a taxa de hemoglobina por espectrofotometria. A concentração de proteínas plasmáticas totais, após a coagulação pelo calor, foi determinada por refratometria.

A viabilidade econômica foi avaliada por meio do custo de ração por quilograma de peso ganho pelos leitões, em cada tratamento, nos períodos de 0 a 17 e 0 a 29 dias do experimento, conforme descrito por Bellaver et al. (1985). Também foi realizado o cálculo do índice de custo médio, segundo Barbosa et al. (1992), através da equação:

$$IC = \frac{CTei}{MCE} \times 100$$

em que MCE = menor custo médio observado, baseado no custo de ração por quilograma de peso ganho; $CTei$ = custo médio do tratamento i considerado.

Os dados foram submetidos à análise de variância para arranjos fatoriais e as médias comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade, utilizando o software SAEG (2009).

Experimento II

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial com tratamento adicional ($2 \times 2 \times 2 + 1$), constituído de duas fontes de carboidratos (maltodextrina e lactose), com 0,3% ou sem uso de frutoligossacarídeo e duas épocas de abate (sete e quatorze dias pós-desmame), sendo o tratamento adicional representado pelo abate no dia do desmame, com oito repetições de um animal por parcela. Os critérios utilizados para a formação dos blocos foram o peso inicial e o sexo dos animais. O esquema do quadro da análise de variância está exemplificado no apêndice.

Durante o experimento os animais receberam dieta pré-inicial I à vontade, formulada para atender as recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2005) (Tabela 1).

Após insensibilização elétrica, foram sacrificados oito leitões no dia do desmame, 32 leitões no 7º dia e 32 no 14º dia do experimento, totalizando 72 animais (36 machos e 36

fêmeas), para avaliações do peso vazio do estômago, intestino delgado, ceco e intestino grosso; pH do estômago, jejuno, cólon e reto; população de coliformes totais, *Escherichia coli* e *Lactobacillus* spp. no ceco; atividade da lactase e da maltase na mucosa do jejuno e atividade da amilase no pâncreas.

Para a retirada dos órgãos digestivos (estômago, intestino delgado, ceco e intestino grosso) foi realizada uma incisão longitudinal na cavidade abdominal. Os órgãos foram lavados para a retirada do conteúdo da digesta, colocados sobre papel toalha para remoção do excesso de umidade e em seguida pesados para a determinação do peso absoluto e, com base no peso vivo dos leitões, foram calculados os pesos relativos dos órgãos.

O pH foi determinado imediatamente após o abate dos leitões, nos conteúdos do estômago, jejuno, cólon e reto, com auxílio de um medidor de pH portátil, modelo mPA 210 P.

Para a contagem de coliformes totais e *Escherichia coli* foi colhido 10 g do conteúdo do ceco, sendo a seguir adicionado 90 mL de solução salina 0,85% e realizada a homogeneização em “stomacher” por dois minutos, obtendo-se assim a diluição 10⁻¹. A partir desta, foram preparadas diluições decimais seriadas, sendo que de cada uma delas foi transferido 1 mL para placas de *Petrifilm* ECTM e, em seguida, incubadas a 35 °C por 24 h (AOAC, 2000). A contagem de *Lactobacillus* spp foi realizada a partir das diluições decimais seriadas, descritas para a contagem de *Escherichia coli*, transferindo-se 0,1 mL para placas de Petri contendo meio Man-Rogosa-Sharpe (semeadura de superfície), sendo as mesmas incubadas a 30 °C por cinco dias em estufa com atmosfera contendo 5% de gás carbônico (Downes e Ito, 2001). Os dados de população microbiana foram expressos em log na base 10.

O intestino delgado (segmento de aproximadamente 10 cm da porção medial do jejuno) e o pâncreas de cada animal foram retirados, lavados em solução fisiológica, pesados e congelados em nitrogênio líquido para posterior análise da atividade da maltase e da lactase na mucosa intestinal e da amilase pancreática. Para a determinação das enzimas intestinais, depois de descongeladas as amostras, realizou-se a raspagem da mucosa que, após a adição de quatro partes de água destilada, foi homogeneizada. Alíquotas do homogeneizado foram incubadas, separadamente, com lactose ou com maltose. A atividade

das enzimas lactase e maltase foi determinada de acordo com Dahlquist (1964) a partir da quantidade de glicose liberada durante a reação (método de glicose-oxidase, Laborlab, Brazil).

O pâncreas foi homogeneizado em solução tampão 50 mM Tris-HCl em pH 8,0 na proporção de 1/20. A atividade da amilase pancreática foi determinada pelo método iodométrico.

A atividade das enzimas foi expressa em atividade específica e total. A atividade específica foi expressa em u/g de mucosa, sendo que u representa para as dissacaridasas a hidrólise de 1 μ mol de dissacarídeo por minuto a 37 °C, e para a amilase a hidrólise de 10mg de amido em 30 minutos. A atividade total foi calculada multiplicando-se a atividade específica pelo peso do segmento intestinal ou do pâncreas e dividindo pelo peso vivo do animal.

Os dados foram submetidos à análise de variância para arranjos fatoriais, utilizando o software SAEG (2009), e estabelecido o seguinte procedimento para comparação das médias:

1. Se na análise de variância a interação tratamento adicional (desmame) x fatorial (2 x 2 x 2) não apresentou efeito significativo, as médias das outras fontes de variação com efeito significativo foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade.

2. No caso da interação tratamento adicional x fatorial apresentar efeito significativo, o mesmo procedimento foi adotado para as médias das fontes de variação com efeito significativo, conforme descrito acima, e o teste de Dunnett (5% de probabilidade) foi empregado para a comparação entre as médias do tratamento adicional com as médias das fontes de variação com efeito significativo.

Resultados e Discussão

Experimento I

A interação das fontes de carboidratos e FOS não foi significativa ($P>0,05$) para as variáveis de desempenho. No período de 0 a 17 dias após o desmame, os leitões que receberam maltodextrina apresentaram menor ($P<0,05$) consumo diário de ração e,

consequentemente, menor ganho diário de peso ($P < 0,05$), proporcionando conversão alimentar semelhante ($P > 0,05$) (Tabela 2).

O maior consumo das rações contendo lactose está relacionado ao seu efeito palatável (Bertol et al., 2000). Nos comedouros, as rações contendo maltodextrina apresentaram a característica de agregar partículas, formando pequenos grumos, e de aderir na superfície interna das bocas de alimentação, resultando na formação de crosta. Bandhari et al. (1997) demonstraram que a higroscopicidade e a viscosidade são menores na lactose que na maltose, um dos constituintes da maltodextrina.

Tabela 2 - Valores médios de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões em função da fonte de carboidrato e uso de prebiótico

Desempenho	Carboidrato		Frutoligossacarídeos		CV (%)
	Maltodextrina	Lactose	Presente	Ausente	
0 a 17 dias após o demame					
CDR (g/dia)	399 b	446 a	409	436	11,55
GDP (g/dia)	295 b	333 a	307	321	12,70
CA	1,36	1,34	1,34	1,36	4,82
0 a 29 dias após o demame					
CDR (g/dia)	578	604	582	600	8,19
GDP (g/dia)	387	403	393	397	9,37
CA	1,50	1,50	1,49	1,51	5,41
0 a 38 dias após o demame					
CDR (g/dia)	736	736	743	728	7,64
GDP (g/dia)	470	468	479	460	7,60
CA	1,57	1,57	1,55	1,59	3,62

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Alguns aditivos sensoriais adicionados nas rações de matrizes em gestação, ou lactação, podem condicionar os leitões, através do líquido amniótico ou do leite, a preferirem ração contendo esses aditivos no período pós-desmame, promovendo maior consumo (Langendijk et al., 2007; Oostindjer et al., 2010). Além disso, os leitões apresentam a capacidade de distinguir os constituintes da dieta não apenas pelas suas propriedades sensoriais, mas também pelas propriedades nutricionais (Clouard et al., 2012).

Portanto, os leitões podem ter apresentado maior consumo de ração com lactose (Tabela 2) porque foram condicionados a este carboidrato durante o período de amamentação, mesmo que a lactose não tenha tornado o sabor da ração semelhante ao leite.

A redução do consumo de ração com a maltodextrina ocorreu apenas nos primeiros 17 dias do experimento, pois nos demais períodos (0 a 29 e 0 a 38 dias após o desmame) os leitões conseguiram se adaptar, de modo que o tipo de carboidrato não influenciou ($P>0,05$) as variáveis de desempenho (Tabela 2).

Não houve benefício ($P>0,05$) do uso de FOS nas rações sobre o desempenho dos leitões em nenhum dos períodos avaliados (Tabela 2), o que talvez esteja relacionado as baixas condições de desafio a que os animais foram expostos, pois antes do início do experimento as instalações foram adequadamente lavadas, desinfetadas e submetidas a período mínimo de quinze dias de vazio sanitário, além disso, as rações pré-iniciais continham óxido de zinco, que tem ação comprovada no controle da adesão de *E. coli* nas células intestinais (Sargeant et al., 2010) e, conseqüentemente, na prevenção de problemas entéricos em leitões desmamados. Nemcová et al. (1999) e Bomba et al. (2002) observaram benefício na microflora intestinal com o uso do FOS em dietas de leitões, o que segundo Shim et al. (2005) pode promover aumento do consumo de alimento devido a redução nos distúrbios digestivos. Por outro lado, tem sido verificado que o uso de FOS nas rações pode melhorar o desempenho de leitões mesmo em condições de baixo desafio sanitário (Budiño et al., 2010).

Com relação à incidência de diarreia, não ocorreram casos graves nos animais em nenhum dos tratamentos. Esse fato pode ter ocorrido devido às adequadas práticas de manejo, como adoção de período de vazio sanitário e limpeza frequente das instalações, e devido a utilização de óxido de zinco e de ingredientes de alta digestibilidade nas dietas.

Não houve interação significativa ($P>0,05$) da fonte de carboidrato e FOS para nenhum parâmetro hematológico (Tabela 3). A contagem de plaquetas foi inferior ($P<0,05$) na presença de FOS nas rações, discordando dos resultados de Visentini et al. (2008) que não encontraram efeito da inclusão de FOS nas rações de leitões desmamados sobre a contagem de plaquetas, contudo, esses autores, à semelhança do observado no presente

experimento, também verificaram ampla variação nos valores do número de plaquetas entre os leitões.

A concentração de proteínas plasmáticas totais foi maior ($P<0,05$) nos leitões alimentados com rações contendo lactose (Tabela 3). Considerando que a quantidade e a qualidade protéica das rações com maltodextrina e com lactose eram idênticas, é provável que esse resultado esteja relacionado a maior ingestão de ração e, conseqüentemente, de proteína pelos animais que receberam rações com lactose nos primeiros 17 dias do experimento (Tabela 2).

Apesar das diferenças observadas no número de plaquetas e no teor de proteína plasmática total, todos os parâmetros hematológicos avaliados se encontraram dentro de níveis considerados normais para leitões (Jain, 1993).

Tabela 3 - Valores médios dos parâmetros hematológicos de leitões em função da fonte de carboidrato e uso de prebiótico, aos 21 dias após o desmame

Hemograma	Carboidrato		Frutoligossacarídeos		CV (%)
	Maltodextrina	Lactose	Presente	Ausente	
Hem ($\times 10^6 \text{ mm}^{-3}$)	6,79	6,73	6,68	6,83	4,96
Hb (g dl^{-1})	12,85	12,92	12,89	12,89	4,84
Ht (%)	39,27	39,48	39,34	39,41	4,93
VCM (fL)	58,18	58,78	59,16	57,8	3,82
HCM (pg)	19,04	19,24	19,38	18,9	4,74
CHCM (g dl^{-1})	32,74	32,74	32,79	32,69	1,83
Leuc ($\text{n}^\circ \mu\text{l}^{-3}$)	17048	16081	16567	16562	12,04
Plaq ($\text{n}^\circ \mu\text{l}^{-3}$)	622298	570286	530250 b	662333 a	20,40
PPT (g dl^{-1})	6,41 b	6,56 a	6,48	6,49	2,78

Hem: hemácias; Hb: hemoglobina; Ht: hematócrito; VCM: volume corpuscular médio; HCM: hemoglobina corpuscular média; CHCM: concentração de hemoglobina corpuscular média; Leuc: leucócitos; Plaq: plaquetas; PPT: proteínas plasmáticas totais. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

A presença de maltodextrina nas dietas resultou em menores custo de ração por quilograma de peso vivo ganho e índice de custo, em ambos os períodos avaliados (Tabela 4). Conseqüentemente, o índice de custo com o uso da lactose foi de 115,06 e 114,04%, nos

períodos de 0 a 17 e 0 a 29 dias após o desmame, respectivamente. Os resultados corroboram os obtidos por Silva et al. (2008), que observaram que a inclusão da maltodextrina em substituição parcial à lactose proporcionou redução no custo por unidade de peso ganho dos leitões no período pós-desmame.

Tabela 4 - Custo por quilograma de ração (R\$/kg ração) e custo de ração por quilograma de peso vivo ganho (R\$/kg GP) e índice de custo nos períodos de 0 a 17 e de 0 a 29 dias após o desmame em função de fontes de carboidratos e uso de prebiótico

Carboidrato	Maltodextrina		Lactose		Média dos Fatores			
	FOS	Pres ²	Aus ³	Pres	Aus	Carboidrato	FOS	
						Malt ⁴	Lact ⁵	
0 a 17 dias								
R\$/kg ração ¹		1,50	1,45	1,71	1,66	-	-	-
R\$/kg GP		2,04	1,96	2,25	2,26	2,001	2,257	2,146
Índice de custo		103,98	100,00	114,78	115,34	101,99	115,06	109,38
0 a 29 dias								
R\$/kg ração		1,369	1,317	1,53	1,479	-	-	-
R\$/kg GP		1,973	1,915	2,187	2,181	1,944	2,184	2,08
Índice de custo		103,03	100,00	114,20	113,89	101,51	114,04	108,61

¹Calculado com base no preço das matérias-primas em 06/06/11, com o dólar a R\$ 1,584; ²Presente; ³Ausente; ⁴Maltodextrina; ⁵Lactose.

Experimento II

As interações não foram significativas ($P > 0,05$) para o pH do trato gastrointestinal. O pH do estômago dos animais abatidos no desmame foi inferior ($P < 0,05$) em relação à média do fatorial (Tabela 5). Houve efeito ($P < 0,01$) da época de abate após o desmame para pH do estômago (Tabela 5), sendo maior aos sete, comparado com o abate aos 14 dias. O sistema digestivo de leitões desmamados aos 21 dias de idade não está suficientemente adaptado para transição da dieta à base de leite para uma dieta contendo ingredientes de origem vegetal. Após o desmame ocorre redução da secreção ácida no estômago, o que eleva o pH e reduz a atividade das enzimas gástricas, reduzindo a digestibilidade e aumentando o substrato para proliferação bacteriana (Banwart, 1981), levando de 3 a 4 semanas para atingir o nível de pH de suínos adultos (Cranwell e Moughan, 1989).

Tabela 5 - Valores médios de pH do conteúdo do estômago, jejuno, cólon e reto de leitões, em função da época de abate (dias pós desmame) fontes de carboidratos e uso de frutoligosacarídeo (FOS)

pH	Estômago	Jejuno	Cólon	Reto
Média Fatorial	4,1 [#]	5,7 [#]	5,9 [#]	6,6 [#]
Média Desmame	3,0	6,0	6,2	6,4
Abate				
7	4,2 a*	5,8 a*	5,8	6,6
14	3,9 b*	5,6 b*	5,9	6,6
Carboidrato				
Lactose	4,1	5,7	5,9	6,7 a*
Maltodextrina	4,0	5,7	5,8	6,5 b
FOS				
Presente	4,1	5,7	5,9	6,6
Ausente	4,0	5,7	5,8	6,6
CV (%)	9,43	5,18	6,07	3,82

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. * Médias diferem do abate no desmame pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. [#] Média do abate no desmame difere da média do fatorial pelo teste F a 5% de probabilidade.

O pH do jejuno foi superior ($P < 0,05$) para os animais abatidos no desmame em relação à média do fatorial (Tabela 5). Entre as idades de abate, o pH do jejuno foi menor aos 14 dias pós desmame em relação aos 7 dias, sendo ambos inferiores ao verificado no dia do desmame. O pH do jejuno é maior que do estômago pois o duodeno recebe secreções alcalinas, contendo bicarbonato, oriundas do pâncreas, fígado e das glândulas de Brunner, presentes na submucosa do duodeno, com a finalidade de corrigir o pH ácido do conteúdo gástrico (Yen, 2001). Observou-se que aos 7 e 14 dias pós-desmame o pH do jejuno manteve-se próximo de 6,0, considerando um valor adequado para esse segmento do intestino. O pH no intestino delgado deve ser mais elevado pois o epitélio não possui uma espessa camada de mucosa como no estômago, além do maior pH favorecer a ação das enzimas digestivas pancreáticas (Frandsen et al., 2009). A secreção de bicarbonato no duodeno é mediada pelo hormônio secretina, que é liberado quando o duodeno é exposto a um conteúdo com pH ácido (Argenzio, 1996), desse modo, o maior pH da digesta gástrica pode ter prejudicado a liberação de secretina e, conseqüentemente, mantido o pH do jejuno levemente abaixo do nível ideal até 14 dias após o desmame.

Não houve efeito ($P>0,05$) de nenhum dos tratamentos no pH do cólon, exceto que o valor observado no desmame foi superior ($P<0,05$) à média do fatorial (Tabela 5). Montagne et al. (2007) também encontraram redução no pH do cólon de leitões até 15 dias após o desmame. Esse efeito pode ter sido causado pela presença de nutrientes não absorvidos no intestino delgado, principalmente carboidratos, que foram utilizados como substrato para a microflora resultando na maior produção de ácidos graxos voláteis e, consequentemente, em acidificação do conteúdo do cólon (Brown et al., 2007).

O pH do reto dos animais abatidos no desmame foi inferior ($P<0,05$) em relação à média do fatorial (Tabela 5). O pH do reto foi influenciado pela fonte de carboidrato ($P<0,01$), de modo que os leitões que receberam dieta contendo lactose apresentaram maior pH. Alguns carboidratos possuem fermentação mais lenta no intestino grosso, de modo que, quando atingem a região distal do cólon, resultam no aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta e reduzem o pH (Glitsø et al., 1998). Os monossacarídeos presentes no cólon, oriundos da digestão da maltodextrina (Nemcová et al., 2007), podem ter sido utilizados como substrato pelas bactérias resultando na produção de ácidos graxos de cadeia curta, responsáveis pela redução do pH observada no reto dos leitões. O pH do reto não se diferenciou entre os leitões no desmame e os alimentados com maltodextrina. A ausência de efeito ($P>0,05$) para o uso do FOS no pH dos órgãos avaliados (Tabela 5) corrobora os resultados verificados por Shim et al. (2005), que não observaram efeito de 0,25% de FOS na dieta sobre os valores de pH do trato gastrointestinal, contudo, ao utilizarem 3,0% de FOS na dieta, houve redução no pH do cólon proximal, devido a maior produção de ácidos graxos de cadeia curta e ácidos graxos voláteis, acima da capacidade absorptiva do intestino grosso.

Não houve efeito das interações ($P>0,05$) para o peso relativo dos órgãos (Tabela 6). A média do fatorial foi superior ao abate no desmame em todos os órgãos avaliados. Houve efeito ($P<0,01$) da época de abate para todos os órgãos, com valores superiores aos 14 dias, comparado com os valores observados aos sete dias, sendo ambos superiores ao dia do desmame.

Tabela 6 - Peso relativo de órgãos (%) em relação ao peso vivo de leitões, em função de época de abate (dias pós desmame), fontes de carboidratos e uso de frutoligossacarídeo (FOS)

Peso Relativo	Estômago	Pâncreas	Int. delgado	Ceco	Int. grosso
Média Fatorial	0,80 [#]	0,25 [#]	4,15 [#]	0,19 [#]	1,33 [#]
Média Desmame	0,48	0,12	2,41	0,13	0,69
Abate					
7	0,76 b*	0,23 b*	3,77 b*	0,18 b*	1,20 b*
14	0,83 a*	0,26 a*	4,52 a*	0,20 a*	1,45 a*
Carboidrato					
Lactose	0,80	0,24	4,23	0,19	1,30
Maltodextrina	0,79	0,24	4,06	0,19	1,35
FOS					
Presente	0,79	0,24	4,13	0,19	1,30
Ausente	0,80	0,25	4,16	0,19	1,35
CV (%)	11,51	15,25	10,86	16,52	10,81

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. * Médias diferem do abate no desmame pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. [#] Média do abate no desmame difere da média do fatorial pelo teste F a 5% de probabilidade.

Sarkar et al. (1977) verificaram que em leitões os tecidos corporais apresentam hiperplasia (aumento no número de células) até 50 dias de idade, contudo, os órgãos crescem em taxas diferenciadas à medida em que são estimulados. Devido ao rápido crescimento e concomitante alto requerimento por energia, o organismo do suíno nos estágios iniciais de desenvolvimento é particularmente sensível às condições físicas e químicas do ambiente (Friedman et al., 1994). Dessa forma, após o desmame, o trato gastrintestinal é estimulado pela alteração na dieta, tanto física quanto química, o que pode explicar a maior taxa de crescimento do peso desses órgãos em relação ao peso do corpo, possibilitando melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta, acarretando em maior crescimento do animal.

Não houve efeito das interações ($P > 0,05$) para atividade específica e total da maltase e amilase e para atividade total da lactase. Excetuando a atividade específica da maltase, todas as demais apresentaram diferença significativa entre a média do fatorial e o desmame, sendo o desmame inferior nas atividades totais e superior nas atividades específicas da lactase e amilase (Tabela 7). A atividade específica da maltase não foi influenciada ($P > 0,05$) por nenhum dos tratamentos.

Tabela 7 - Atividade específica (E) e total (T) da maltase (M), lactase (L) e amilase (A) de leitões em função da época de abate (dias pós desmame), fontes de carboidratos e uso de frutoligossacarídeo (FOS)

Atividade Enzimática	ME	MT	LE	LT	AE	AT
	u/g	u/g	u/g	u/g	u/mg	u/g
	mucosa	peso vivo	mucosa	peso vivo	tecido	peso vivo
Média Fatorial	1,18	4,90 [#]	1,15 [#]	4,70 [#]	19,25 [#]	4784,77 [#]
Média Desmame	1,16	2,80	1,26	3,03	23,38	2798,37
Abate						
7	1,19	4,47 b*	1,15	4,24 b*	15,79 b*	3603,11 b
14	1,18	5,33 a*	1,14	5,16 a*	22,72 a	5966,43 a*
Carboidrato						
Lactose	1,19	5,02	1,16	4,89 a*	18,50	4662,79
Maltodextrina	1,18	4,78	1,14	4,51 b*	20,01	4906,76
FOS						
Presente	1,18	4,87	1,15	4,62	20,38	4916,33
Ausente	1,18	4,93	1,15	4,78	18,12	4653,22
CV (%)	7,06	13,25	7,56	15,03	21,02	28,06

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. * Médias diferem do abate no desmame pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. [#] Média do abate no desmame difere da média do fatorial pelo teste F a 5% de probabilidade.

Kidder e Manners (1980) compararam leitões desmamados aos 21 dias com leitões lactentes de mesma idade, observando na 5ª semana de vida maior atividade específica da maltase nos animais desmamados, pois haviam consumido ração. O efeito da dieta foi observado pelos autores, provavelmente, pelo fato de terem comparado uma dieta sólida com o leite materno, diferentemente do presente experimento, em que as dietas tiveram como base o milho, que é rico em amido e que também demanda a ação da maltase no processo de digestão.

A ausência de efeito da fonte de carboidrato na atividade específica e total da maltase, provavelmente, ocorreu pelo fato do nível de adição de maltodextrina na ração pré-inicial I (12%) não ter sido suficiente para elevar ainda mais a atividade enzimática da maltase intestinal.

Kidder e Manners (1980) não observaram diferença na atividade da maltase entre leitões desmamados aos 21 dias com leitões lactentes de mesma idade, na 8ª semana de vida, concluindo que o fator idade é mais importante que o fator dieta no desenvolvimento das enzimas. Thymann et al. (2009) observaram maior atividade específica da maltase em

leitões prematuros ao utilizar lactose em comparação com maltodextrina em dietas entéricas, possivelmente pela lactose proporcionar melhor desenvolvimento dos leitões, consequentemente aumentando a atividade da maltase, mesmo não sendo seu substrato específico.

Segundo Quezada-Calvillo et al. (2007) a maltose e a maltodextrina são digeridas por um conjunto de quatro enzimas chamadas de maltases, mas divididas nos complexos sacarase-isomaltase e maltase-glicoamilase, que são responsáveis por aproximadamente 70 e 20% da hidrólise desses carboidratos, respectivamente. Dessa forma, a atividade da sacarase-isomaltase seria uma variável mais sensível em detectar o efeito modulante da maltodextrina. Thymann et al. (2009) observaram maior atividade da sacarase em leitões alimentados com dietas entéricas baseadas em maltodextrina em comparação com leitões que receberam lactose.

A atividade total da maltase e a atividade total da lactase foram superiores ($P<0,01$) aos 14 dias em comparação com o abate no sétimo dia pós desmame (Tabela 7), sendo que em ambos os abates os valores foram superiores aos observados no desmame. Esses resultados se devem ao fato de ter havido aumento do peso relativo do intestino delgado em função da idade (Tabela 6), mas também deve ser considerado o fato de haver aumento da ingestão de alimento na segunda semana em relação a primeira semana pós desmame, demandando maior quantidade de enzimas.

Em relação às fontes de carboidratos, a lactose determinou maior atividade total da lactase ($P<0,05$), o que já era esperado, pois a lactose presente na dieta é o substrato para a ação da lactase.

Houve efeito da interação de fonte de carboidrato e FOS ($P<0,05$) para a atividade específica da lactase (Tabela 8). Não houve diferença ($P>0,05$) entre as fontes de carboidratos quando não foi utilizado FOS, contudo, na presença do prebiótico a atividade específica da lactase foi superior ($P<0,05$) nos animais que receberam lactose. Como houve interação significativa, foi comparada a média do abate no desmame pelo teste de Dunnett com cada uma das médias desdobradas. Apenas com o uso da lactose na presença de FOS manteve-se a atividade específica da lactase semelhante à condição do desmame.

Tabela 8 - Desdobramento da interação de fonte de carboidrato e FOS para a atividade específica da lactase (u/g muc) de leitões

Carboidrato	FOS	
	Presente	Ausente
Lactose	1,178 a	1,133 *
Maltodextrina	1,113 b*	1,165 *
Desmame	1,260	
DMS Dunnett	0,084	

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. * Médias diferem do abate no desmame pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

A lactase, assim como as demais dissacaridases, é produzida nas microvilosidades dos enterócitos, de modo que danos à mucosa intestinal podem promover o encurtamento dos vilos e, conseqüentemente, reduzir a produção de lactase, que somente é restabelecida após a recuperação celular (Heubi et al., 2000). Segundo Roediger (1982) o prebiótico, quando fermentado, gera ácidos graxos de cadeia curta que são utilizados no metabolismo dos enterócitos, promovendo o crescimento das vilosidades. Budiño et al. (2005) observaram aumento na densidade de vilosidades com o uso do FOS em leitões desmamados. Dessa forma, o FOS pode ter proporcionado melhor condição para a produção de enzimas, o que associado à presença da lactose, manteve maior atividade específica da lactase nos animais alimentados com dieta contendo lactose e FOS (Tabela 8).

As atividades específica e total da amilase foram influenciadas ($P<0,01$) apenas pela idade ao abate, de modo que aos 14 dias pós desmame as atividades foram superiores em relação às observadas aos sete dias (Tabela 7). Em comparação com o desmame, a atividade específica da amilase foi menor no sétimo dia ($P<0,05$), enquanto aos 14 dias pós-desmame não diferiu do abate no dia do desmame. Resultados semelhantes foram obtidos por Jensen et al. (1997) que verificaram queda na atividade específica da amilase sete dias após o desmame, com posterior aumento aos 14 dias.

A queda na atividade específica da amilase aos sete dias após o desmame (Tabela 7) demonstra que a mesma se encontrava elevada na ocasião do desmame, pois segundo Lindemann et al. (1986) a oferta de ração aos leitões durante a fase de amamentação estimula a produção de amilase pelo pâncreas. Por outro lado, a redução na atividade específica após o desmame ocorreu devido ao estresse pela separação materna, transporte e

mudanças na dieta e ambiente, o que causa redução drástica no consumo de alimento pelos leitões, principalmente nos primeiros dias após o desmame. Esse efeito do desmame foi bem demonstrado por Owsley et al. (1986), onde observaram que no dia posterior ao desmame houve queda acentuada na atividade da amilase no intestino, contudo, aos quatro dias pós desmame a queda da atividade foi observada no pâncreas. Isso demonstra que o baixo consumo reduz a secreção de enzimas pelo pâncreas no duodeno, contudo, se o baixo consumo se mantém, ocorre redução na síntese das enzimas no pâncreas, inclusive de seus precursores (Owsley et al., 1986).

A atividade total da amilase não diferiu ($P>0,05$) entre o dia do desmame e o sétimo dia pós desmame, contudo, aos 14 dias a atividade foi maior comparada com o abate no dia do desmame, o que demonstra que a atividade total da amilase foi mais afetada pelo peso relativo do pâncreas do que pela atividade específica da amilase.

Para a população de *Lactobacillus* não houve efeito das fontes de variação, exceto que a média do fatorial foi inferior ao abate no desmame (Tabela 9), corroborando os resultados de Konstantinov et al. (2006) que observaram que as populações de *Lactobacillus acidophilus*, *L. sobrius* e *L. reuteri* se mantiveram altas desde o nascimento até o desmame, havendo significativa redução após o desmame. Esse resultado pode ser atribuído a maior ingestão de lactose pelos leitões lactentes no final do período de lactação, quando é comum a ingestão de aproximadamente um litro de leite, que segundo Klobasa et al. (1987), contém 18,7% de matéria seca, sendo 31% constituída de lactose. A redução na população de *Lactobacillus* após o desmame também pode ser causada pela maior idade dos animais e por fatores estressantes como a mistura com outros leitões, consumo de alimento abaixo do ideal e transporte (Sghir et al., 1998).

Era esperado aumento na população de *Lactobacillus* com o uso da lactose na dieta dos leitões, uma vez que a lactose é substrato específico para os *Lactobacillus* (Pollman et al., 1980). Maior população de *Lactobacillus* foi observada em leitões desmamados quando alimentados com dieta contendo níveis de lactose de 21,5% em relação à 12,5% (Pierce et al., 2007) e de 33,0% em relação à 15,0% (Pierce et al., 2006). Em ambos os trabalhos também foram observados maior concentração total de ácidos graxos voláteis, tanto nas fezes (Pierce et al., 2007), como no cólon e ceco (Pierce et al., 2006). A ausência de efeito

da presença de lactose na dieta sobre a população de *Lactobacillus* no ceco, verificada no presente experimento, talvez possa ser atribuída ao menor nível de lactose (12%) adicionado na ração, em relação aos trabalhos de Pierce et al. (2006; 2007), o que contribuiu para que tenha sido totalmente digerida no intestino delgado, não restando substrato para ser fermentado pelos *Lactobacillus* no ceco.

A população de coliformes totais e *E. coli* foi superior no dia do desmame em comparação com a média do fatorial (Tabela 9), podendo estar relacionado com a adição de óxido de zinco nas rações pré-iniciais, o que reduz a população de microrganismos patogênicos e a ocorrência de diarreia.

Tabela 9 - Contagem do número de unidades formadoras de colônias (log 10/g) no ceco de leitões em função da época de abate (dias pós desmame), fontes de carboidratos e uso de frutoligossacarídeo (FOS)

ContagemMicrobiana	<i>Lactobacillus</i>	Coliformes totais	<i>E. coli</i>
Média Fatorial	8,46 [#]	5,31 [#]	5,22 [#]
Média Desmame	9,44	7,39	7,36
Abate			
7	8,45	5,38	5,33
14	8,47	5,24	5,11
Carboidrato			
Lactose	8,36	5,35	5,28
Maltodextrina	8,56	5,27	5,16
FOS			
Presente	8,53	5,37	5,23
Ausente	8,40	5,25	5,20
CV (%)	5,30	11,69	11,34

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. * Médias diferem do abate no desmame pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. [#] Média do abate no desmame difere da média do fatorial pelo teste F a 5% de probabilidade.

A interação de idade ao abate e fonte de carboidrato foi significativa ($P < 0,05$) para estas duas variáveis (Tabela 10). Com o uso da maltodextrina aos 14 dias a população de coliformes totais e *E. coli* foi menor, tanto para o fator carboidrato como para o fator idade, sugerindo um possível efeito prebiótico da maltodextrina, pois Bomba et al. (2002) forneceram *Lactobacillus paracasei* isolado e não observaram efeito inibitório na adesão de

E. coli na mucosa do jejuno de leitões gnotobióticos, enquanto que o fornecimento conjunto de *L. paracasei* e maltodextrina reduziu o número de *E. coli* colonizando a mucosa do jejuno. Resultado similar foi verificado por Nemcová et al. (2007), quando leitões com sete dias de idade que receberam a administração de *Lactobacillus plantarum* + maltodextrina + FOS e *L. plantarum* + maltodextrina apresentaram redução na população de *E. coli* no jejuno em comparação com aqueles que receberam *L. plantarum* isolado e *L. plantarum* + FOS.

Possivelmente, no presente experimento, a maltodextrina não tenha sido totalmente digerida no intestino delgado e a fração não digerida pode ter sido utilizada como substrato pelas bactérias benéficas no ceco, aumentando o efeito inibitório sobre os coliformes totais e *E. coli* (Tabela 10). O possível efeito prebiótico da maltodextrina ocorreu apenas aos 14 dias pós desmame, provavelmente, devido ao baixo consumo de ração nos primeiros sete dias pós desmame.

Tabela 10 - Desdobramento da interação de época de abate e fonte de carboidrato para a contagem do número de unidades formadoras de colônias (log 10/g) de coliformes totais e *E. coli* no ceco de leitões

Coliformes totais		
Abate	Carboidrato	
	Lactose	Maltodextrina
7	5,24 *	5,52 a*
14	5,47 A*	5,01 bB*
Desmame	7,39	
DMS Dunnett	0,62	
<i>E. coli</i>		
7	5,18 *	5,47 a*
14	5,38 A*	4,85 bB*
Desmame	7,36	
DMS Dunnett	0,59	

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. * Médias diferem do abate no dia do desmame pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Conclusões

Na fase inicial a maltodextrina não compromete o desempenho e pode substituir com vantagem econômica a lactose, contudo, reduz a ingestão da ração pré-inicial I (0 a 17 dias pós desmame).

A maltodextrina possui efeito prebiótico, pois reduz a população de coliformes totais e de *E. coli* no ceco e o pH do conteúdo do reto.

O uso de frutoligossacarídeo não se justifica, independente de se usar lactose ou maltodextrina nas rações.

Referências Bibliográficas

- AOAC. Method 998.08. In: **Official methods of analysis of AOAC international**, 2000, pp.39-40.
- ARGENZIO, R.A. Funções secretórias do trato gastrintestinal. In: SWENSON, M.J.; REECE, W.O. (Eds.) **Dukes – Fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p.319-329.
- 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.
- BANWART, G.J. **Basic food microbiology**. Westport: AVI Publishing, 1981. 519p.
- BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T.; FERREIRA, A.S.; LIMA, G.J.M.M; GOMES, M.F.M. Triguilho para suínos nas fases inicial de crescimento, crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.21, p.827-837, 1992.
- BELLAVER, C; FIALHO, E. T.; PROTAS, J. F. S.; GOMES, P. C. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, p.969-974, 1985.
- 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.

BERTOL, T.M.; SANTOS FILHO, J.I.; LUDKE, J.V. Níveis de suplementação de lactose na dieta de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1387-1393, 2000.

BHANDARI, B.R.; DATTA, N.; HOWES, T. Problems associated with spray drying of sugar-rice foods. **Drying Technology**, v.15, p.671-684, 1997.

BOMBA, A.; NEMCOVÁ, R.; GANCARCÍKOVÁ, S.; HERICH, R.; GUBA, P.; MUDRONOVÁ, D. Improvement of the probiotic effect of micro-organisms by their combination with maltodextrins, fructo-oligosaccharides and polyunsaturated fatty acids. **British Journal of Nutrition**, v.88, p.95-99, 2002.

BROWN C., BAKER D.C.; BARKER I.K. Alimentary System. In: MAXIE, M.G. (Ed.) **Pathology of Domestic Animals**. 5.ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, p.3-296, 2007.

BUDIÑO, F.E.L. THOMAZ, M.C.; KRONKA, R.N.; NAKAGHI, L.S.O.; TUCCI, F.M.; FRAGA, A.L.; SCANDOLERA A.J.; HUAYNATE, R.A.R. Effect of probiotic and prebiotic inclusion in weaned piglet diets on structure and ultra-structure of small intestine. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.48, p. 921-929, 2005.

BUDIÑO, F.E.L.; CASTRO JÚNIOR, F.G.; OTSUK, I.P. Adição de frutoligossacarídeo em dietas para leitões desmamados: desempenho, incidência de diarreia e metabolismo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2187-2193, 2010.

CHOTIKATUM, S.; KRAMOMTHONG, I; ANGKANAPORN, K. Effects of medium chain fatty acids, organic acids and fructo-oligosaccharide on cecal *Salmonella* Enteritidis colonization and intestinal parameters of broilers. **The Thai Journal of Veterinary Medicine**, v.39, p.245-258, 2009.

CLOUARD, C.; CHATAIGNIER, M.; MEUNIER-SALAUN, M.C.; VAL-LAILLET, D. Flavour preference acquired via a beverage-induced conditioning and its transposition to solid food: Sucrose but not maltodextrin or saccharin induced significant flavour preferences in pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v.136, p.26-36, 2012.

CRANWELL, P.D.; MOUGHAN, P.J. Biological limitations imposed by the digestive system to the growth performance of weaned pigs. In: BARNETT, J.L.; HENNESSY, D.P. (Eds.) **Manipulating Pig Production II**, Werribee: Australasian Pig Science Association, p.140-165, 1989.

DAHLQUIST, A. Method for assay of intestinal disaccharidases. **Analytical Biochemistry**, v.7, p.447-454, 1964.

DOWNES, F.P.; ITO, K. (Eds.) **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4.ed., Washington: APHA, 2001. 676p.

FRANDSON, R.D.; WILKE, W.L.; FAILS, A.D. **Anatomy and physiology of farm animals**. 7.ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2009. 512p.

FRIEDMAN, L.; GAINES, D.W.; NEWELL, R.F.; SAGER, A.O.; MATTHEWS R.N.; BRAUNBERG, R.C. Body and organ growth of the developing Hormel-Hanford strain of male miniature swine. **Laboratory Animals**, v.28, p.376-379, 1994.

GLITSØ, L.V.; BRUNSGAARD, G.; HØJSGAARD, S.; SANDSTRÖM B.; BACH KNUDSEN, K.E. Intestinal degradation in pigs of rye dietary fibre with different structural characteristics. **British Journal of Nutrition**, v.80, p.457–468, 1998.

HEUBI, J.; KARASOV, R.; REISINGER, K.; BLATTER, M.; ROSENBERG, L.; VANDERHOOF, J.; DARDEN, P.M.; SAFIER, J.; MARTIN, T.; EULER, A.R. Randomized multicenter trial documenting the efficacy and safety of a lactose-free and a lactose-containing formula for term infants. **Journal of the American Dietetic Association**, v.100, p.212–217, 2000.

JAIN, N.C. **Essentials of veterinary hematology**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993. 417p.

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.

KIDDER, D.E.; MANNERS, M.J. The level and distribution of carbohydrases in the small intestine mucosa of pigs from 3 weeks of age to maturity. **British Journal of Nutrition**, v.43, p.141-153, 1980.

KLOBASA, F.; WERHAHN, E.; BUTLER, J.E. Composition of Sow Milk During Lactation. **Journal of Animal Science**, v.64, p.1458-1466, 1987.

KONSTANTINOV, S.R.; AWATI, A.A.; WILLIAMS, B.A.; MILLER, B.G.; JONES, P.; STOKES, C.R.; AKKERMANS, A.D.L.; SMIDT, H.; DE VOS, W.M. Post-natal development of the porcine microbiota composition and activities. **Environmental Microbiology**, v.8, p.1191-1199, 2006.

LANGENDIJK, P.; BOLHUIS, J.E.; LAURENSSEN, B.F.A. Effects of pre- and postnatal exposure to garlic and aniseed flavour on pre- and post-weaning feed intake in pigs. **Livestock Science**, v.108, p.284–287, 2007.

LINDEMANN, M.D.; CORNELIUS, S.G.; EL KANDELGY, S.M.; MOSER R.L.; PETTIGREW, J.E. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, v.62, p.1298-1307, 1986.

MAHAN, D.C.; NEWTON, E.A. Evaluation of feed grains with dried skim milk and added carbohydrate sources on weanling pig performance. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3376-3382, 1993.

MONTAGNE, L.; BOUDRY, G.; FAVIER, C.; HUËROU-LURON, I.L.; LALLÈS, J.P.; SÈVE, B. Main intestinal markers associated with the changes in gut architecture and function in piglets after weaning. **British Journal of Nutrition**, v.97, p.45-57, 2007.

NEMCOVÁ, R.; BOMBA, A.; GANCARČÍKOVÁ, S.; HERICH, R.; GUBA, P. Study of the effect of *Lactobacillus paracasei* and fructooligosaccharides on the faecal microflora in weanling piglets. **Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift**, v.112, p.225-228, 1999.

NEMCOVÁ, R.; BOMBA, A.; GANCARČÍKOVÁ, S.; REIFFOVÁ, K.; GUBA, P.; KOSKOVA, J.; JONECOVA, Z.; SCIRANKOVA, L.; BUGARSKY, A. Effects of the administration of Lactobacilli, maltodextrins and fructooligosaccharides upon the adhesion of *E. coli* O8:K88 to the intestinal mucosa and organic acid levels in the gut contents of piglets. **Veterinary Research Communications**, v.31, p.791-800, 2007.

O'DOHERTY, J.V.; NOLAN, C.S.; MCCARTHY, P.C. Interaction between lactose levels and antimicrobial growth promoters on growth performance of weanling pigs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.85, p.371-380, 2005.

OLIVER, W. T.; MATHEWS, S. A.; PHILLIPS, O.; JONES, E. E.; ODLE, J.; HARREL, R. J. Efficacy of partially hydrolyzed corn syrup solids as a replacement for lactose in manufactured liquid diets for neonatal pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.143-153, 2002.

OOSTINDJER, M.; BOLHUIS, J.E.; VAN DEN BRAND, H.; ROURA, E.; KEMP, B. Prenatal flavor exposure affects growth, health and behavior of newly weaned piglets. **Physiology and Behavior**, v.99, p.579–586, 2010.

OWSLEY, W.F.; ORR JR., D.E.; TRIBBLE, L.F. Effects of age and diet on the development of the pancreas and the synthesis and secretion of pancreatic enzymes in the young pig. **Journal of Animal Science**, v.63, p.497-504, 1986.

PIERCE, K.M.; CALLAN, J.J.; MCCARTHY, P.; O'DOHERTY, J.V. The interaction between lactose level and crude protein concentration on piglet post-weaning performance, nitrogen metabolism, selected faecal microbial populations and faecal volatile fatty acid concentrations. **Animal Feed Science and Technology**, v.132, p.267–282, 2007.

PIERCE, K.M.; SWEENEY, T.; BROPHY, P.O.; CALLAN, J.J.; FITZPATRICK, E.; MCCARTHY, P.; O'DOHERTY, J.V. The effect of lactose and inulin on intestinal morphology, selected microbial populations and volatile fatty acid concentrations in the gastro-intestinal tract of the weaned pig. **Animal Science**, v.82, p.311–318, 2006.

POLLMANN, D.S.; DANIELSON, D.M.; PEO, E.R. Effect of *Lactobacillus acidophilus* on starter pigs fed a diet supplemented with lactose. **Journal of Animal Science**, v.51, p.638–644, 1980.

QUEZADA-CALVILLO, R.; ROBAYO-TORRES, C.C.; AO, Z.; HAMAKER, B.R.; QUARONI, A.; BRAYER, G.D.; STERCHI, E.E.; BAKER, S.S.; NICHOLS, B.L. Luminal substrate “brake” on mucosal maltase-glucoamylase activity regulates total rate of starch digestion to glucose. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v.45, p.32–43, 2007.

ROBERFROID, M. B. Inulin-type fructans: functional food 7. ingredients. **The Journal of Nutrition**, v.137, p.2493-2502, 2007.

ROBERFROID, M.; GIBSON, G.R.; HOYLES, L.; MCCARTNEY, A.L.; RASTALL, R.; ROWLAND, I.; WOLVERS, D.; WATZL, B.; SZAJEWSKA, H.; STAHL,

B.; GUARNER, F.; RESPONDEK, F.; WHELAN, K.; COXAM, V.; DAVICCO, M.J.; LÉOTOING, L.; WITTRANT, Y.; DELZENNE, N.M.; CANI, P.D.; NEYRINCK, A.M.; MEHEUST, A. Prebiotic effects: metabolic and health benefits. **British Journal of Nutrition**, v. 104, p.1-63, 2010. Supplement 2.

ROEDIGER, W.E. Utilization of nutrients by isolated epithelial cells of the rat colon. **Gastroenterology**, v.83, p.424-429, 1982.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F. DE; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Composição de alimentos e exigências nutricionais. Tabelas brasileiras para aves e suínos**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. 186p.

SAEG. **Sistema para análises estatísticas**. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2009.

SARGEANT, H.R.; SHAW, M.A.; ABUOUN, M.; COLLINS, J.W.; WOODWARD, M.J.; LA RAGIONE, R.M.; MILLER, H.M. The metabolic impact of zinc oxide on porcine intestinal cells and enterotoxigenic *Escherichia coli* K88. **Livestock Science**, v.133, p.45-48, 2010.

SARKAR, N.K.; LODGE, G.A.; FRIEND, D.W. Hyperplasic and hypertrophic growth in organs and tissues of the neonatal pig. **Journal of Animal Science**, v.45, p.722-728, 1977.

SGHIR, A.; ANTONOPOULOS, D.; MACKIE, R.I. Design and evaluation of a *Lactobacillus* group-specific ribosomal RNA-targeted hybridisation probe and its application to the study of intestinal microecology in pigs. **Systematic and Applied Microbiology**, v.21, p.291-296, 1998.

SHIM, S.B.; WILLIAMS, I.H.; VERSTEGEN, M.W.A. Effects of dietary fructo-oligosaccharide on villous height and disaccharidase activity of the small intestine, pH, VFA and ammonia concentrations in the large intestine of weaned pigs. **Acta Agriculturae Scandinavica - Animal Science**, v.55, p.91-97, 2005.

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.

SOARES, J. L.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; FERREIRA, A. S.; FERREIRA, C. L. L. F.; HANNAS, M. I.; APOLÔNIO; L. R. Soja Integral Processada (Fermentada e Extrusada) e Farelo de Soja em Substituição ao Leite em Pó em Dieta de Leitões Desmamados aos 14 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1153-1161, 2000.

THYMAN, T.; MØLLER, H.K.; STOLL, B.; STØY, A.C.F.; BUDDINGTON, R.K.; BERING, S.B.; JENSEN, B.B.; OLUTOYE, O.O.; SIGGERS, R.H.; MØLBAK, L.; SANGILD, P.T.; BURRIN, D.G. Carbohydrate maldigestion induces necrotizing enterocolitis in preterm pigs. **American Journal of Physiology - Gastrointestinal and Liver Physiology**, v.297, p.1115–1125, 2009.

VISENTINI, P.R.S.; BERTO, D.A.; HAUPTLI, L.; PINTO, J.P.A.N.; TRINDADE NETO, M.A.; WECHSLER, F.S.; SCHERER, M.R. Adição de frutooligosacarídeos e olaquinox à dieta sobre o desempenho, microbiota intestinal e parâmetros sanguíneos de leitões desmamados. **Veterinária e Zootecnia**, v.15, p.570-576, 2008.

YEN, J.T Anatomy of the digestive system and nutritional physiology. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. (Eds.) **Swine nutrition**. 2.ed., New York: CRC Press, 2001. p.31-64.

CAPÍTULO III

IMPLICAÇÕES

Com estes experimentos comprovou-se que a maltodextrina pode ser utilizada como substituta à lactose como fonte de carboidrato, apesar de ter apresentado redução no consumo na fase de 0 a 17 dias após o desmame. Vale ressaltar que esse comportamento deve ser levado em consideração ao recomendar a maltodextrina para uso comercial, pois o menor consumo nos primeiros dias pode deixar o produtor em dúvida quanto à eficiência do ingrediente. Esperava-se que a maltodextrina estimularia maior atividade da maltase, o que não ocorreu, demonstrando que o fator idade é mais determinante na síntese de enzimas do que o próprio substrato. O efeito prebiótico da maltodextrina, apesar de menos esperado, foi confirmado. Duas linhas de pesquisas promissoras são levantadas a partir dos resultados obtidos. A primeira seria avaliar as possíveis causas da redução no consumo com a maltodextrina, talvez relacionando com palatabilidade e preferência dos animais. A outra seria elucidar melhor os efeitos prebióticos da maltodextrina, inclusive com avaliações de ácidos graxos de cadeia curta e maior número de espécies de microrganismos.

APÊNDICE

Esquema do quadro da análise de variância da atividade específica da lactase, referente ao segundo experimento

FV	GL	SQ	QM	F	Resultado
Abate	1	0,00106	0,00106	0,1374	ns
Carboidrato	1	0,00422	0,00422	0,5494	ns
FOS	1	0,00022	0,00022	0,0293	ns
Abate x Carb	1	0,00141	0,00141	0,1829	ns
Abate x FOS	1	0,00006	0,00006	0,0073	ns
Carb x FOS	1	0,03803	0,03803	49,450	*
Abate x Carb x FOS	1	0,00681	0,00681	0,8851	ns
Fatorial x Trat adicional	1	0,09100	0,09100	118,345	**
Tratamentos	8	0,14280	0,01785	23,214	*
Blocos	7	0,08736	0,01248	16,229	ns
Resíduo	56	0,43062	0,00769		
Total	71	0,66078			

^{ns} não significativo; * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.