

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PRYSCILLA CENCI DE BARROS

**ADIÇÃO DE ENZIMAS EXÓGENAS NA DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL
DE RAÇÕES PARA LEITÕES NA FASE DE CRECHE**

Marechal Cândido Rondon

2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PRYSCILLA CENCI DE BARROS

**ADIÇÃO DE ENZIMAS EXÓGENAS NA DIGESTIBILIDADE APARENTE
TOTAL DE RAÇÕES PARA LEITÕES NA FASE DE CRECHE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir de Oliveira

Marechal Cândido Rondon

2010

A minha amada mãe Edi Maria Cenci (*in memoriam*) que sempre me ensinou que sem as derrotas não existiria a alegria de uma vitória. Meu eterno amor.

DEDICO

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus e a minha família (Rhaffael e Kamilla C. de Barros, Cleci de F. dos Santos, Gustavo e Henrique dos S. Souza e Nicolle S. de Barros) pois sem eles a minha vida não teria sentido.

Ao meio noivo Edgar Francisco Abadie Jr. pelo amor, carinho e compreensão com meus dias de stress e por sempre estar ao meu lado segurando minha mão e me apoiando em todos os momentos e circunstancias.

Ao meu Orientado Prof Dr. Vladimir de Oliveira pela oportunidade de crescimento científico e todo apoio prestado em todos os momentos mesmo estando longe e atarefado.

Aos professores do mestrado em Zootecnia por todo conhecimento transmitido, apoio e amizade.

Ao Prof Dr. Ricardo Vianna Nunes e ao Prof Dr. Luis Daniel Guisti Bruno pelos seus desdobramentos e paciência comigo em todos os obstáculos, por nunca negar um pedido de ajuda e pela imensa colaboração para realização deste mestrado.

As professoras Jovanir Inês M. Fernandes e Maximiliane Zambom pela participação na banca e pelas sugestões apresentadas.

Ao Secretário do PPZ Paulo H. Morsch pelas incontáveis ajudas em todos os momentos sem nunca ter dito um não a um pedido e pela grande amizade formada. Meu sincero agradecimento.

A Lettice Ap^a D. C. de Lima e Ângela Sgarbi pela amizade, carinho e palavras de conforto em todo os momentos mais importantes na minha vida.

A Ana Cláudia Radis que mais que uma amiga foi quase uma mãe e ao Vinícios pelo mais sincero sorriso todos os dias.

A Leiliane C. de Souza pela eterna amizade e pelos puxões de orelha ao longo do mestrado e noites intermináveis das quais sentirei falta.

A Marli Busanello e Ana Paula Chambó, amigas que sempre estiveram ao meu lado e nunca negaram ajuda em nenhuma hora, e sem as quais não teria sobrevivido ao mestrado.

A Silia Maria N. Sousa e Fernanda J. de Moraes pelas inúmeras vezes que me fizeram rir e alegraram meu dia para que fosse mais fácil agüentar as pancadas e pela amizade que jamais acabará.

A Michele Pasqualotto por toda amizade, carinho e principalmente companhia.

A Maichel Lange pela inestimável ajuda durante todo o experimento, sem o qual esse trabalho não seria possível.

A Vanessa Piovesan pelas dicas e carinho durante o mestrado.

A Fernanda Rubio pela amizade, caronas e longas horas de conversa.

Ao Sr. Olivo e a todos os guardas do período noturno e diurno que sempre faziam das madrugadas de final de semana virar em longas horas de conversa produtiva.

Aos meus amigos de Foz do Iguaçu que sempre me visitavam e faziam dos finais de semana dias mais leves (Daniele S. dos Santos, Fernanda Rospirski, André B. da Silva e Vinicius D. de Oliva).

RESUMO

ADIÇÃO DE ENZIMAS EXÓGENAS NA DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DE RAÇÕES PARA LEITÕES NA FASE DE CRECHE

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da adição das enzimas amilase e protease, isoladas ou combinadas, sobre a digestibilidade dos nutrientes de rações para leitões na fase de creche. Utilizaram-se 16 leitões machos castrados com peso vivo médio inicial de 8,04 quilos os quais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo. Os tratamentos experimentais consistiram de quatro rações isoenergéticas e isolisínicas que diferiram apenas na adição ou não de enzimas: tratamento 1 = ração controle; tratamento 2 = 0,06% de amilase; tratamento 3 = 0,0125% de protease; tratamento 4 = 0,06% de amilase e 0,0125% de protease. O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado, com duas fases e quatro repetições por fase. Não houve efeito da inclusão de amilase e protease, isoladas ou combinadas, nos coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, matéria mineral, amido e energia bruta. Conclui-se que a suplementação com amilase e protease isoladas ou em combinação em rações para leitões na fase de creche não resultou em melhora dos coeficientes de digestibilidade das variáveis estudadas, porém ao analisar-se as fases separadamente, os coeficientes de digestibilidade foram superiores na fase 2 em todos os tratamentos.

Palavras-chave: amido, digestibilidade, leitão, nutrição animal

ABSTRACT

ADDITION OF EXOGENUS ENZYMES DIGESTIBILITY IN TOTAL FEEDING PIGLETS IN NURSERY PHASE

The objective of this study to evaluate the effect of addition of amylase and protease, isolated or in combination on the digestibility of nutrients in diets for piglets in the nursery phase. It was used 16 piglets with initial weight of 8.04 kg were individually penned in metabolism cages. The experimental treatments consisted of four isoenergetic and isolisinic and differed only in addition or not of enzymes: treatment 1 = control diet; treatment 2 = 0.06% of amylase; treatment 3 = 0.0125% of protease; treatment 4 = 0.06% of amylase and 0.0125% of protease. The experimental design was completely randomized design with four replications and two phases. No effect of the inclusion of amylase and protease, alone or combined, in the digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, ash, starch and gross energy. It is concluded that supplementation with amylase and protease isolated or in combination in diets for piglets in the nursery phase did not result in improvement of digestibility coefficients of the variables, but when analyzing the phases separately, the digestibility coefficients were higher in the phase 2 in all treatments.

Key Words: animal nutrition, digestibility, piglet, starch

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Características Gerais do Milho	11
2.1.1 Estrutura dos Grânulos de Amido.....	13
2.2 Desmame dos Leitões.....	14
2.3 Enzimas Exógenas e Digestão de Carboidratos	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Local e Época.....	20
3.2 Período Experimental	20
3.3 Rações Experimentais.....	20
3.4 Ensaio de Metabolismo	22
3.5 Análises Químicas.....	23
3.6 Análise Estatística	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5 CONCLUSÕES	31
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de milho, e este é um dos principais componentes utilizados na alimentação animal. Estima-se que 80% da produção brasileira desse grão seja destinada a elaboração de rações animais (ABIMILHO, 2009). No caso de suínos, o milho participa, em média, com 50% do volume dos grãos utilizados na composição das rações e responde por aproximadamente 50% dos custos de elaboração da ração.

O milho é considerado um produto uniforme e de fácil digestão, com ligeiras variações em teores de proteína e energia digestível (LI et al., 2010). No entanto, existem evidências de que os valores energéticos do milho podem variar significativamente, dependendo da variedade, vitreosidade do endosperma, condições de cultivo e processamento do grão (CANTARELLI et al., 2007; AMORNTHEWAPHAT E ATTAMANGKUNE, 2008; PIOVESAN, 2009).

Diversos autores têm avaliado alternativas para aumentar o valor nutricional do milho (SUMMERS, 2001). Dentro desse enfoque, a suplementação de rações com enzimas exógenas parece ser uma opção bastante interessante para a alimentação de suínos. A utilização de enzimas pode reduzir a variabilidade observada entre diferentes lotes de milho e melhorar seu valor nutricional, já que as características físico-químicas do milho exercem um papel importante na digestibilidade pelos suínos.

Os suínos recém desmamados apresentam alta susceptibilidade a ocorrência de problemas digestivos. A redução na altura das vilosidades, aumento na profundidade das criptas e a secreção reduzida de enzimas pancreáticas contribuem para diminuir a capacidade digestiva dos leitões (SILVA, 2010). Este conjunto de fatores leva a uma diminuição na digestibilidade da ração na fase creche, o qual resulta em perdas energéticas para o leitão e financeiras para o produtor, o qual torna a fase de creche uma das mais críticas na produção de suínos.

Recentemente, Piovesan (2009) constatou que a inclusão de amilase nas rações de leitões melhorou a digestibilidade do amido e energia do milho com endosperma semi-duro. O efeito da amilase exógena pode ocorrer devido

a baixa produção e secreção de amilase pancreática observada nas primeiras semanas após o desmame dos leitões (LINDEMANN et al., 1986).

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi verificar se a inclusão de amilase e protease, isoladas ou combinadas, aumenta a digestibilidade dos nutrientes de rações para leitões.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características do Milho

O milho é o cereal que apresenta maior produção mundial. No Brasil em 2009 foram produzidos em torno de 50 milhões de toneladas de milho (CONAB, 2010). O milho é o componente base para a elaboração de diversos produtos, todavia, a indústria de rações é responsável pela utilização da maior parte da produção nacional. Segundo a Abimilho (2009) cerca de 80% de todo o milho produzido no Brasil é consumido sob a forma de ração, fazendo da indústria de rações um dos maiores segmentos e mais dinâmicos do agronegócio brasileiro (CONAB, 2010). Cerca de 50% da ração é composta basicamente por milho e devido a este alto nível de inclusão na dieta de suínos, o milho contribui para atender as exigências de aminoácidos, entretanto a sua principal função é fornecer energia para o animal principalmente através do amido, para os processo metabólicos (PIOVESAN, 2009).

O milho é caracterizado botanicamente como uma cariopse, sendo formado por quatro estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo e ponta, as quais apresentam diferentes composições químicas e também diferenças na organização interna do grão. O endosperma representa aproximadamente 83% da fração do grão em peso seco e concentra 75% da proteína e 98% do total de carboidratos, dos quais 86 a 89% encontram-se na forma de grânulos de amido (PAES, 2008). As variações na composição química dos grãos de milho estão relacionadas às características do material genético, solo, adubação, condições climáticas e estágio de maturação da planta (GOMES et al., 2004).

O milho apresenta coloração amarela ou branca, podendo haver variações desde o vermelho até o preto. Cada grão pesa cerca de 250 a 300mg e sua composição em base seca é de 61-78% de amido, 6-12% de proteínas, 2-4% de fibra, 3-6% de óleo e 1-4% de minerais, os quais estão distribuídos de forma heterogênea nas quatro principais estruturas físicas (PAES, 2008). Os polissacarídeos não-amiláceos totais representam cerca de 9,7 a 10,3% no grão de milho (DIERICK e DECUYPERE, 1994; BACHKNUDSEN, 1997), composto principalmente por arabinoxilanos e celulose (BACH KNUDSEN, 1997; PARTRIDGE, 1993).

De acordo com Kotarski et al. (1992) a textura do grão de milho pode ser classificada nas seguintes categorias: a) dentado ou mole onde os grânulos de amido encontram-se principalmente arranjados nas laterais, o qual predomina o endosperma farináceo; b) duro ou cristalino onde os grãos apresentam uma diminuta quantidade de endosperma farináceo, e a parte dura ou cristalina envolve por completo o endosperma farináceo; c) semi-duros e semi-dentados, os quais apresentam características intermediárias.

No endosperma se encontra as proteínas de reserva (8%) do tipo prolaminas, denominadas de zeínas. São essas proteínas que formam os corpos protéicos que compõem a matriz protéica a qual envolve os grânulos de amido dentro das células no endosperma. Baseado na distribuição dos grânulos de amido e da matriz protéica é possível classificar o endosperma em dois tipos: farináceo e vítreo. No endosperma farináceo, os grânulos de amido são arredondados e se encontram dispersos e no endosperma vítreo, a matriz protéica apresenta-se de forma densa e compacta, com corpos protéicos estruturados que envolvem os grânulos de amido (PHILIPPEAU e DOREAU, 1999; PAES, 2008).

Conforme a distribuição dos grânulos de amido e da matriz protéica, o endosperma é classificado em dois tipos: farináceo e vítreo (PAES, 2008). Dentre os parâmetros para avaliar com maior precisão a textura do grão, a vitreosidade é essencial, pelo fato de estar fortemente relacionada com a quantidade de endosperma vítreo e farináceo, ou seja, quanto mais dentado o grão, maior será a quantidade de endosperma farináceo. A vitreosidade pode ser quantificada, sendo resultado da relação entre endosperma vítreo e endosperma total (CORRÊA, 2002). Segundo Piovesan (2009), o endosperma do milho apresenta grande valor econômico e nutricional, e devido a isso, sua classificação é dada segundo suas características. O modo como os componentes químicos e sua constituição, basicamente proteína e amido, presentes no grão, a textura do milho pode ser classificada (MARTINEZ et al., 2006).

Ao se considerar que o endosperma vítreo apresenta certa resistência à atuação de enzimas digestivas, devido à sua densa matriz protéica, a relação desses com o endosperma farináceo pode interferir diretamente na digestibilidade do milho (CANTARELLI et al., 2007). Isto é possível de ser

observado em grãos duros, os quais apresentam alta proporção de endosperma vítreo e alta concentração de corpos protéicos, fazendo com que o amido fique relativamente indisponível para a degradação enzimática (SULLINS e ROONEY, 1975), exigindo do animal uma maior atividade de enzimas para digerir os grãos com essas características vítreas como os presentes nos grãos duros (LIMA, 2001), pois, para que ocorra a digestibilidade do amido pelo animal é necessário então ocorrer primeiramente a digestibilidade da matriz protéica que envolve o granulo de amido.

2.1.1 Estrutura dos Grânulos de Amido

O amido é o polissacarídeo de armazenamento mais importante das células vegetais, e é provavelmente o segundo mais abundante carboidrato na natureza. É encontrado em grãos, raízes e tubérculos (BLAS e GIDENNE, 1998; LEHNINGER, 1999).

O amido é composto por dois tipos de polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina (Figura 1).

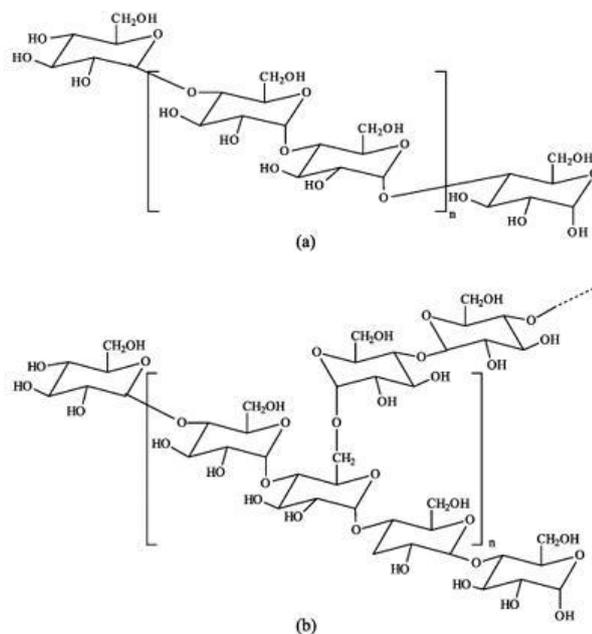


Figura 1. Estrutura física da amilose (a) e da amilopectina (b).

A amilose consiste em cadeias longas e sem ramificações de unidades de D-glicose conectadas por ligações $\alpha 1 \rightarrow 4$. Essas cadeias apresentam variações em sua massa molecular de poucos milhares até mais de um milhão. A amilopectina também apresenta uma alta massa molecular, podendo chegar até 100 milhões, todavia diferente da amilose, é altamente ramificada. As ligações glicosídicas presentes na amilopectina entre as moléculas de glicose são do tipo $\alpha 1 \rightarrow 4$, mas os pontos de ramificações são compostos por ligações $\alpha 1 \rightarrow 6$.

Segundo Weber et al. (2009), o teor de amilose nos grânulos de amido varia de acordo com a fonte vegetal de origem, porém o de milho encontra-se entre 25-28% de amilose. A cristalinidade dos grânulos de amidos é atribuída principalmente à amilopectina, pois esta apresenta uma conformação que dificulta sua associação regular com outras cadeias. Os grânulos de amido podem ser classificados em três tipos: a) grânulos grandes e de formato lenticular encontrado em cereais; b) grânulos pequenos e esféricos encontrados em tubérculos; c) uma mistura de a e b encontrado em vagens (CORRADINI et al., 2005).

2. 2 Desmame Dos Leitões

No decorrer das últimas décadas, o desmame precoce de leitões tem se expandido na área comercial de produção de carne suína. Atualmente, a maioria dos leitões são desmamados em torno de 3 ou 4 semanas de idade. A resposta imediata de comportamento artificial ao desmame são bastante evidentes, independentemente da idade de desmame, porém é mais pronunciado nos leitões mais jovens.

A fim de potencializar a produção, a suinocultura moderna visa o desmame aos 21 dias de aleitamento, entretanto, apesar de proporcionar vantagens do ponto de vista de produção, aumentando a taxa de partos por matriz/ano, este processo resulta em transtornos para o leitão.

Alterações nutricionais decorrentes da transição de uma alimentação líquida baseada no leite da porca para uma dieta sólida e de menor digestibilidade, a qual é composta primariamente por grãos de cereais e proteínas vegetais, leva o leitão a passar por mudanças fisiológicas, pois nesta

fase, ele irá precisar proteger e restabelecer o funcionamento do trato digestório, para que os níveis de desenvolvimento alcançados no período de amamentação possam ser mantidos durante o período de creche (SILVA, 2010). A nutrição de leitões é alvo de estudos que visam maximizar seu potencial de crescimento, minimizando declínio no desempenho.

O período de creche é considerado crítico, pois resulta em um processo de adaptação de 10 a 14 dias de consumo reduzido do alimento, juntamente a um declínio no status sanitário e no desempenho produtivo do leitão (LE DIVIDICH, 1999). Logo após o desmame, o sistema digestivo do leitão tem de se adaptar a nova dieta, em relação a pH, secreção de enzimas e motilidade intestinal (MAKKINK et al, 1994).

As principais mudanças na morfologia do trato intestinal dos leitões são evidentes de 3 a 7 dias após o desmame, que apresenta como consequência, redução na altura das vilosidades de 27 a 50% e aumento na profundidade das criptas de 10 a 114% (CERA et al., 1988). Tanto a redução na altura das vilosidades como na profundidade das criptas refletem negativamente na capacidade absorptiva do intestino (NABUURS et al., 1993). A redução nas vilosidades é mais pronunciada em leitões desmamados aos 21 dias de idade do que nos que são desmamados aos 35 dias de idade, pois presume-se que já apresentam uma maturidade fisiológica superior aos leitões de 21 dias de idade ao desmame (ROPPA, 1998).

Nos primeiros dias logo após o desmame, os leitões não são capazes de suprir suas exigências nutricionais, devido ao consumo de ração estar reduzido. Sendo assim, é esperado que haja tanto um comprometimento da saúde como da integridade do seu sistema digestório (HEDEMANN e JENSEN, 2001; NEPOMUCENO, 2010) que se apresenta de maneira imatura aos 21 dias de idade (SMINK, 2003). Mesmo o animal apresentando capacidade satisfatória de ingerir a ração, o mesmo apresenta secreções insuficientes de enzimas digestivas, ácido clorídrico, bicarbonato e muco, o que não permite que a digestão e absorção dos nutrientes aconteçam da maneira adequada (MOOLY, 2001).

Quanto mais maduro o organismo do animal se encontrar, mais preparado ele estará para suportar as mudanças proveniente da alteração da alimentação, pois seu organismo estará fisiologicamente mais desenvolvido, ou

seja, a idade do desmame apresenta uma grande influencia no desempenho dos leitões.

Dentre os fatores que podem limitar o desenvolvimento de leitões na fase de creche destacam-se: a secreção limitada de enzimas endógenas, redução da capacidade de absorção intestinal, pouca secreção de ácidos e redução na ingestão de água e ração (ARAÚJO et al., 2003).

Ao iniciar a fase lactante, o sistema enzimático dos leitões é relativamente imaturo (LINDEMAN et al., 1986; BERTOL et al., 2001), todavia os leitões estão preparados para digerir os nutrientes contidos no leite (CLINE, 1992; MEDEL et al., 1999).

Os níveis de enzimas digestivas no organismo animal são influenciados pela idade e pelo tipo de alimento. A função digestiva em leitões recém-desmamados é comprometida, uma vez que a produção de enzimas pancreáticas pelo animal pode ser drasticamente reduzida (PARTIDGE, 1993).

Em um experimento realizado por Miller et al. (2007) com leitões recém-desmamados, criados em confinamento e ao pasto visando o desenvolvimento intestinal dos leitões, não obteve resultados significativos, apesar dos leitões criados ao pasto consumirem aparentemente quase o dobro do que os leitões em confinamento. Eles atribuíram isso ao fato de o desenvolvimento intestinal estar ligado a maturação fisiológica dos animais e não a uma resposta direta ao nível de consumo da ração.

2.3 Enzimas Exógenas e Digestão de Carboidratos

As enzimas são proteínas globulares que podem apresentar tanto estrutura terciária como quaternária, agindo como catalisadores biológicos os quais estão envolvidos em todos os processos do metabolismo animal. A atividade enzimática é ótima quando se encontra em condições específicas de pH e temperatura.

O processo de digestão do amido inicia-se na boca através da enzima α -amilase salivar, entretanto, esta digestão é mínima e neutralizada pelo baixo pH do estômago sendo considerada de baixo efeito na digestibilidade total do amido (SVIHUS et al., 2005). A digestão mais completa acontece na porção inicial do intestino delgado através da ação de enzimas pancreáticas com

amilase, dextrinase e glicoamilase, a qual é completa na porção final do intestino delgado no jejuno, pela ação das enzimas lactase, sacarase, maltase e α -dextrinase (RUSSEL e GAHR, 2000). Todavia a produção dessas enzimas acontece devido ao substrato de ativação.

Mediante ao fato dos leitões apresentarem *déficit* na digestibilidade e absorção dos nutrientes presentes na ração nas primeiras semanas logo após o desmame, o uso de enzimas exógenas tem se tornado uma alternativa plausível para otimizar o aproveitamento energético e nutricional dos componentes da ração, além de diminuir a excreção de nutrientes não digeridos (RUIZ et al., 2008). Ao serem adicionadas à ração, as enzimas só passam a agir depois de ingerida e entrar em contato com os fluidos digestivos e sob temperatura corporal (ROTTER, 1990).

O uso de enzimas visa uma melhora na digestibilidade dos nutrientes da ração, bem como diminuir a variação na qualidade nutricional de determinados ingredientes (BEDFORD, 1992). Devido à variedade de componentes na ração, e à interação entre eles, o uso de enzimas conjuntamente, porém específicas para os substratos, tendem produzir melhores resultados que em ensaios com enzimas isoladas (RUIZ et al., 2008).

Estudos utilizando suplementação enzimática para leitões após o desmame têm sido realizados a fim de aperfeiçoar o desempenho animal e demonstraram efeito positivo sobre a digestibilidade dos nutrientes presentes nos alimentos (YIN et al., 2000; DIEBOLD et al., 2004; PLUSKE et al. 1998).

Em um estudo realizado por Inbarr e Ogle (1988) avaliando a suplementação de amilase e protease em dietas para suínos desmamados entre 3 e 7 semanas de idade, observaram melhora significativa na conversão alimentar e no ganho de peso. Um outro estudo realizado por Chesson (1993) com a adição de amilase, protease e polissacaridase para leitões recém desmamados, observaram que a suplementação reduziu a incidência de diarreia.

Rações a base de milho e farelo de soja com suplementação enzimática para leitões tem proporcionado aumentos na digestibilidade de matéria seca e de nitrogênio, durante as três semanas após o desmame (EASTER, 1988). Resultado semelhante foi observado por Classem (1996), que com a

suplementação de amilase para leitões após a desmama melhorou a digestibilidade do amido contido nos cereais.

É importante ressaltar que a determinação da digestibilidade total ou digestibilidade fecal aparente em suínos em crescimento e terminação, com dietas suplementadas com enzimas exógenas nem sempre podem vir a demonstrar o real incremento no aproveitamento dos nutrientes pelos animais. É preciso levar em consideração a fração do alimento que foi degradada no intestino grosso, devido à intensa atividade microbiana, no qual ocorrem inúmeros processos catabólicos e anabólicos. Sendo assim, os nutrientes excretados nas fezes não podem ser considerados como a fração do alimento não digerido no intestino delgado, pois pode haver também produtos de origem microbiana. Diferenças entre a digestibilidade ileal e total de nutrientes compostos na dieta, ocasionalmente apresentam maiores valores na digestibilidade ileal pelo uso de enzimas, porém o mesmo não acontece na digestibilidade fecal, ou aconteceu em menor proporção (RUIZ et al., 2008).

Em estudo realizado por Diebold et al. (2004), os quais forneceram dietas a base de trigo suplementadas ou não com xilanase, fosfolipase ou ambas para leitões, as enzimas refletiram em melhorias na digestibilidade ileal de nutrientes em aproximadamente 2%, todavia o mesmo não aconteceu quando realizada a análise da digestibilidade total dos nutrientes.

Nery et al. (2000) trabalhando dietas a base de milho e farelo de soja para leitões dos 10 aos 30kg com adição de amilase, protease e lipase separadamente ou na forma de um complexo enzimático contendo as mesmas enzimas verificaram aumentos de 0,26 a 2,31% nos coeficientes de digestibilidade total de proteína bruta, em relação à dieta controle sem enzimas. Em outro estudo, Kim et al. (2003) observaram que um complexo enzimático composto por α -galactosidase, manase e manosidase, promoveram melhorias na digestibilidade ileal aparente da energia, lisina, treonina e triptofano e maior altura de vilosidades intestinais em leitões recém-desmamados.

Nos leitões, os quais dispõem de um sistema digestivo menos desenvolvido que os suínos mais velhos, geralmente apresentam melhores resultados em experimentos onde ocorre a adição de enzimas exógenas a ração. Todavia, tanto em leitões como em suínos em fase de crescimento e

terminação, a suplementação com enzimas exógenas além de não possuir um padrão de utilização, ainda apresenta resultados controversos referentes a digestibilidade dos nutrientes.

A produção de enzimas pelos leitões do nascimento até os 21-28 dias de idade como lipases, amilases e outras enzimas responsáveis pela degradação dos nutrientes de origem vegetal é considerado insuficiente (JENSEN et al., 1997). Conforme o animal amadurece, sua produção de enzimas ocorre de forma gradual (SHIELDS et. al., 1980).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e Época

O experimento foi realizado na Fazenda experimental Prof. Dr. Antônio Carlos do Santos Pessoa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Marechal Cândido Rondon.

3.2 Período Experimental

O período experimental foi realizado na fase de creche e sub-dividido em duas fases: fase de creche I (21 aos 32 dias de idade) e fase de creche II (33 aos 44 dias de idade). As fases de creche I e II tiveram duração de 12 dias.

3.3 Rações Experimentais

Foram elaboradas quatro rações isoenergéticas e isolisínicas constituídas de milho, farelo de soja, minerais e vitaminas (Tabela 1), formuladas para atender ou superar os níveis nutricionais recomendados pelo National Research Council – NRC (NRC, 1998). A única diferença entre as rações foi a adição de enzimas conforme o esquema a seguir:

- Tratamento 1 = controle: sem adição de enzima;
- Tratamento 2 = amilase: adição de 0,06% de amilase;
- Tratamento 3 = protease: adição de 0,0125% de protease;
- Tratamento 4 = amilase + protease: adição de 0,06% de amilase e 0,0125% de protease.

Foi utilizada uma enzima alfa-amilase comercial de origem fúngica, com atividade enzimática mínima de 4.000 SKB/g, e nível de inclusão conforme recomendado pelo fabricante. O SKB (Sandstedt-Kneen-Blish) descreve o número de gramas de amido que é hidrolizado por um grama de amilase em uma hora sob condições ótimas de pH e temperatura. A protease utilizada foi o produto comercial contendo protease de origem microbiana, termoresistente, com um mínimo de 25.000 unidades de protease por 100 g de produto.

Tabela 1. Composição centesimal e composição química e energética das rações experimentais contendo ração basal, ração basal + amilase, ração basal + protease, ração basal + amilase e protease

Ingrediente	Suplementação Enzimática			
	Testemunha	Amilase	Protease	Amilase+protease
Milho	56,59	56,59	56,59	56,59
Farelo de Soja	25,0	25,0	25,0	25,0
Soro do Leite	13,0	13,0	13,0	13,0
Açúcar	2,0	2,0	2,0	2,0
Fosfato Bicálcico	1,9	1,9	1,9	1,9
Calcário	0,3	0,3	0,3	0,3
Sal	0,3	0,3	0,3	0,3
L-Lisina HCl	0,25	0,25	0,25	0,25
DL-Metionina	0,1	0,1	0,1	0,1
Vitamínico-mineral ³	0,4	0,4	0,4	0,4
Óxido de Zinco	0,16	0,16	0,16	0,16
Amilase ¹	-	0,06	-	0,06
Protease ²	-	-	0,0125	0,0125
Amilase + Protease	-	-	-	0,0725
Composição Química e Energética				
Energia metabolizável ³ , kcal/kg	3340	3340	3340	3340
Proteína bruta ⁵ , %	18,00	18,00	18,00	18,00
Amido ⁴ , %	29,90	29,90	29,90	29,90
Cálcio ³ , %	0,90	0,90	0,90	0,90
Fósforo disponível ³ , %	0,45	0,45	0,45	0,45
Lisina ³ , %	1,15	1,15	1,15	1,15
Metionina e cistina ³ , %	0,68	0,68	0,68	0,68
Treonina ³ , %	0,72	0,72	0,72	0,72

¹Enzima alfa-amilase 4.000 SKB

²Enzima protease

³Calculado segundo Rostagno et al. (2005)

⁴Analisado pelo método Lane-Eynon – UFMG

⁵Laboratório de Nutrição Animal - UNIOESTE

3.4 Ensaio de Metabolismo

Foram utilizados 16 machos castrados provenientes do cruzamento de fêmeas F1 (Landrace x Large White) e macho da raça Pietrain, com peso vivo médio inicial de 8,04 quilos. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo projetadas para leitões na fase de creche. Foram utilizados quatro tratamentos com quatro repetições e duas fases, sendo utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com cada

animal consistindo em uma unidade experimental. Os animais tiveram um período de adaptação às gaiolas e às rações experimentais de sete dias de coleta total de fezes. Durante a fase de adaptação foi determinado o consumo mínimo de ração pelos leitões e essa informação foi utilizada para calcular a quantia a ser fornecida aos demais leitões com o objetivo de fazer com que todos os animais ingerissem a mesma quantia de ração por unidade de peso metabólico (peso vivo^{0,75}). A ração foi umedecida com água na proporção de 50% em relação a quantidade de ração e fornecida três vezes ao dia (06:00, 11:00 e 17:00 horas). Posterior ao consumo das rações pelos leitões foi adicionado água no comedouro para que os animais tivessem acesso a vontade.

Para determinar o início e fim da coleta, foi adicionada a ração óxido férrico (Fe_2O_3) como marcador fecal. As fezes foram coletadas duas vezes ao dia e, no final de cada dia foram homogeneizadas e uma amostra de 20% foi retirada para análises químicas subsequentes.

As variáveis analisadas nos quatro tratamentos foram: coeficiente de digestibilidade (CD) da matéria seca (CDMS), da matéria orgânica (CDMO), da proteína bruta (CDPB), do amido (CDAM), da energia bruta (CDEB) e da matéria mineral.

3.5 Análises Químicas

A matéria seca das rações foi determinada em estufa a 105° Celsius. O nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl, sendo a proteína bruta obtida pela multiplicação do conteúdo de nitrogênio pelo fator de correção 6,25. A matéria mineral foi determinada em forno mufla aquecido a 600°C por 4 horas e a energia bruta obtida por combustão completa das amostras em bomba calorimétrica (calorímetro adiabático de Parr). Todas as análises citadas acima foram realizadas conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002).

Nos ingredientes da ração e nas fezes foi ainda determinado o teor de amido, pelo método de Lane-Eynon, multiplicando-se o teor de açúcares totais por 0,9; conforme marcha analítica descrita no Compêndio Brasileiro de

Alimentação Animal (1992), no laboratório de nutrição animal da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

As fezes foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 55° C até peso constante e moídas em moinho bola para determinação de matéria seca, nitrogênio total, cinzas, amido e energia bruta. As análises químicas das fezes foram realizadas conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002), exceto para o amido para o qual se utilizou a metodologia descrita pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (1992).

3.6 Análise Estatística

As variáveis químicas foram analisadas pelo teste t. Os dados obtidos no metabolismo foram submetidos à análise de variância usando o modelo estatístico descrito a seguir:

$$Y_{ijk} = m + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = observação da repetição k, da combinação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B;

m = média geral;

α_i = efeito do i nível do fator A no valor observado Y_{ijk} ;

β_j = efeito do j nível do fator B no valor observado Y_{ijk} ;

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efeito da interação do i nível do fator A com o j nível do fator B;

e_{ijk} = erro experimental associado ao valor observado Y_{ijk} .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de coeficiente de digestibilidade (CD) da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), matéria mineral (CDMM), amido (CDAM) e energia bruta das rações com e sem suplementação enzimática para leitões na fase de creche estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Coeficiente de digestibilidade (CD) dos nutrientes da ração para leitões na creche com adição de amilase e protease, isoladas ou em combinação.

Variável	TRATAMENTO				MÉDIA	EPM	Efeito do Tratamento
	Controle	Amilase	Protease	Amilase + Protease			
CDMS %	87,96	87,15	87,81	88,70	87,90	1,17	NS
CDMO %	88,25	87,39	88,07	88,99	88,17	1,21	NS
CDPB %	85,30	85,01	85,42	85,65	85,34	0,54	NS
CDMM %	76,85	78,08	78,24	77,51	77,67	0,90	NS
CDAM %	97,13	96,70	97,06	98,15	97,26	0,55	NS
CDEB %	90,69	89,92	90,1	90,90	90,40	0,48	NS

EPM = erro padrão da média amostral
NS = não significativo/ P<0,001%

A inclusão de amilase e protease, isoladas ou em combinação, não influenciou na digestibilidade dos nutrientes da ração nas variáveis analisadas. Esses resultados diferem dos relatados por Classem (1996), que observou melhora na digestibilidade do amido em rações que receberam adição de amilase. Da mesma maneira, Piovesan (2009) verificou maior digestibilidade do amido e energia quando a amilase foi adicionada à ração de leitões constituídas basicamente de milho e farelo de soja. A suplementação de amilase na ração de frangos, baseadas em milho e farelo de soja, aumentou a digestibilidade aparente do amido e matéria orgânica, mas não alterou a digestibilidade aparente da proteína bruta ou lipídio (GRACIA et al., 2009). Também foi verificado incremento do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta devido a adição de protease na ração de leitões (NERY et al., 2000).

O experimento foi conduzido para confirmar o efeito positivo da adição de amilase sobre a digestibilidade do amido e energia das rações de leitões contendo milho semi-duro e, também, verificar se a inclusão de protease poderia ter um efeito aditivo na ação da amilase sobre a digestibilidade dos nutrientes, conforme foi proposto por Piovesan (2009).

O presente resultado não apresentou efeito dos tratamentos nas variáveis avaliadas, sendo assim, é importante discutir algumas possíveis razões para a ausência de efeitos positivos da suplementação enzimática, ao contrário do observado em outros estudos (CLASSEN, 1996; PLUSKE et al. 1998; YIN et al., 2000; DIEBOLD et al., 2004; COWIESON, 2005). Primeiramente, deve-se observar que a ação de uma enzima depende das características do substrato, das condições do meio e, é claro, das peculiaridades da enzima e que esses fatores isolados ou conjuntamente, podem ter determinado os resultados obtidos.

A idade é um dos fatores determinantes no desenvolvimento do sistema enzimático. O acesso a dieta, ainda na maternidade, também auxilia na capacidade de digestão dos leitões. Acredita-se que as diferenças entre estudos podem ter sido causadas devido aos leitões estarem produzindo quantidades satisfatórias de amilases e proteases.

Em um experimento realizado por Miller et al. (2007) com leitões recém-desmamados, criados de forma de confinamento e a pasto, demonstrou que o desenvolvimento intestinal pode ser devido a maturação fisiológica por si só, ao invés de uma resposta direta ao consumo de ração, já que os leitões criados a pasto consumiram aparentemente duas vezes mais que os leitões em confinamento.

Outra possibilidade é a diferença na matriz protéica e nos grânulos de amido entre os milhos dos diferentes estudos. A vitreosidade (proporção do endosperma vítreo e farináceo do grão) pode não ser o indicador mais adequado para expressar diferenças nas características do endosperma do milho.

Segundo Correa et al., (2002), a composição protéica do grão é quem determina a dureza do endosperma. Dentro das células, os grânulos de amido se encontram envoltos por uma matriz protéica, a qual varia de acordo com a localização da célula no grão. No endosperma farináceo a matriz é

fragmentada e espaçada, e densa e bem desenvolvida na região vítrea. Dessa forma, as enzimas conseguem obter uma maior potencial de ação na região farinácea e a digestibilidade do amido pode ser então aumentada devido a interação com a proteína presente na matriz.

Outro fator pode ser devido ao tipo de digestibilidade. Quando analisa-se digestibilidade total, pode correr uma superestimação da digestibilidade ileal, devido principalmente a ação microbiana no intestino grosso do animal. Dessa forma, a digestibilidade total não apresenta a real porção do alimento que foi digerida e absorvida pelo animal.

Segundo resultados de trabalhos determinando diferenças entre a digestibilidade ileal e total de nutrientes compostos na dieta, ocasionalmente são observados maiores valores na digestibilidade ileal pelo uso de enzimas, porém o mesmo não aconteceu na digestibilidade fecal, ou aconteceu em menor proporção (RUIZ et al., 2008). Sendo assim, os nutrientes excretados nas fezes não podem ser considerados como a fração do alimento não digerido no intestino delgado, pois pode haver também produtos de origem microbiana. Os dados de Weurding et al. (2001) apontam na mesma direção, pois constataram que amidos de diferentes fontes possuem digestibilidade fecal semelhantes, mas digestibilidade ileal diferentes. Isso pode ser explicado pelo fato de que a porção de digestibilidade fecal microbiana não seja influenciada pela origem do grão de amido, onde na digestibilidade ileal, a origem do grânulo de amido pode estar intimamente relacionada. O grânulo de amido do milho é envolto por uma matriz protéica a qual precisa ser primariamente digerida para que ocorra a liberação do grânulo de amido e assim possa ser digerido e absorvido pelo animal na forma de energia.

Os grânulos de milho de duro e semi-duro apresentam uma maior quantidade de endosperma vítreo, o que pode vir a dificultar a digestibilidade do amido pelos suínos se comparado a digestibilidade de amido de milho dentado ou mole que apresentam grânulo farináceo, o qual é envolto por uma fina ou incompleta camada de matriz protéica (SULLINS e ROONEY, 1975).

Apesar de serem encontrados resultados significativos para a adição de enzimas ou complexos enzimáticos para suínos na fase de creche ou terminação, o mesmo não acontece ou é observado em menor proporção quando avalia-se o desempenho dos animais (MAVROMICHALIS et al., 2001;

YIN et al., 2001; BARRERA et al., 2004; O'CONNELL et al., 2005). Acredita-se que as diferenças encontradas podem ser resultantes de uma adição superior de enzimas da que é recomendada pelo fabricante.

Ao compara-se a fase 1 com a fase 2, os resultados foram significativos para a fase 2 com a inclusão de enzimas amilase e protease na forma isoladas ou em combinação, não havendo diferença nos coeficientes de digestibilidade dentro da fase 1 e da fase 2, conforme representado na Tabela 3.

Tabela 3 – Efeito da fase nos coeficientes de digestibilidade (CD) dos nutrientes de ração para leitões na creche com adição de amilase e protease, isoladas ou em combinação.

Variável	Fase		EPM	Efeito de Fase
	1	2		
CDMS %	85.61 ^b	89.99 ^a	0,77	P<0,0001
CDMO %	85.94 ^b	90.23 ^a	0,78	P<0,0001
CDPB %	82.20 ^b	88.15 ^a	0,58	P<0,0001
CDMM %	73.34 ^b	81.02 ^a	0,98	P<0,0001
CDEB %	88.69 ^b	92.03 ^a	0,49	P<0,0001

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem pelo Teste F (P<0,001);

EPM = erro padrão da média amostral

NS = não significativo

Estes resultados podem ser explicados pelo fato dos leitões na fase 2, que compreende dos 33 aos 44 dias de idade, apresentarem possivelmente um desenvolvimento do sistema digestório superior a fase 1, que compreende dos 21 aos 32 dias de idade, ou seja, a produção de enzimas endógenas dos animais (SHIELDS et. al., 1980) e a estabilização do trato digestório após a transição da alimentação líquida para uma alimentação sólida é mais completa em animais de idade mais avançada.

Ao adicionar-se amilase e protease na forma combinada, o coeficiente de digestibilidade do amido para o tratamento 4 na fase 1 foram superiores aos outros tratamentos, porém na fase 2 os resultados foram semelhantes entre si, não diferindo estatisticamente (Tabela 4).

Tabela 4 – Coeficiente de digestibilidade (CD) do amido de ração para leitões na creche com adição de amilase e protease, isoladas ou em combinação.

Variável	TRATAMENTO				EPM
	Controle	Amilase	Protease	Amilase + Protease	
CDAM, %					
FASE1	96,26 ^{Bb}	96,14 ^{Bb}	95,19 ^{Bb}	99,13 ^{Aa}	0,62
FASE2	97,99 ^{Aa}	97,26 ^{Aa}	98,12 ^{Aa}	97,14 ^{Aa}	0,62

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem pelo Teste F (P<0,001);
Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo Teste F (P<0,001).
EPM = erro padrão da média amostral

Na fase 1, onde os animais apresentam uma menor produção de enzimas endógenas, a adição de amilase e protease combinadas proporcionou um aumento na digestibilidade do amido presente na ração.

Logo após o desmame, a amilase e a protease são secretadas em pequena quantidade, o que compromete a digestão dos nutrientes (LOVATTO, 1996), de forma que a adição de amilase e protease combinadas na fase 1, tenham intensificado a digestibilidade da matriz proteica e do amido (P <0,001).

Na Tabela 5 encontram-se os resultados de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) para leitões na fase de creche com adição de amilase e protease isoladas ou em combinação.

Tabela 5 – Energia digestível (ED) e metabolizável (EM) de ração para leitões na creche com adição de amilase e protease, isoladas ou em combinação.

Variável	TRATAMENTO				MÉDIA	EPM	Efeito do Tratamento
	Controle	Amilase	Protease	Amilase + Protease			
ED, kcal/kg	3811	3748	3799	3835	3798	0,29	NS
EM, kcal/kg	3752	3705	3690	3743	3722	0,07	NS

EPM = erro padrão da média amostral
NS = não significativo

Não houve diferença na adição de enzima amilase e protease na forma isolada ou em combinação para a ED e a EM em leitões na fase de creche. Diversos autores tem buscado verificar a adição de enzima amilase exógena

sobre a digestibilidade dos nutrientes e da energia de rações para leitões. Os resultados encontrados neste experimento corroboram com Nery et al. (2000) que não encontraram efeito da adição de amilase na ED e EM de rações para leitões. A diferença entre os tratamentos foi pequena, não resultando em diferença estatística.

Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Ruiz et al. (2008) trabalhando com inclusão de um complexo enzimático contendo amilase, celulase, pentosanase, α -galactosidase e protease às rações, compostas principalmente por milho e farelo de soja, verificaram que as mesmas não foram capazes de promover incrementos na digestibilidade dos nutrientes das rações ou no desempenho de suínos.

Entretanto, ao comparar-se os valores de energia digestível geral (Tabela 6) entre as fase 1 e 2, a fase 2 apresentou valores superiores ($P < 0,0001$) em relação a fase 1.

Tabela 6 – Valor de Energia digestível (ED) de ração para leitões na creche com adição de amilase e protease, isoladas ou em combinação.

Variável	Fase		EPM	Efeito de Fase
	1	2		
ED, kcal/kg	3728	3868	0,21	$P < 0,0001$

EPM = erro padrão da média amostral

Isso pode ser explicado devido ao fato dos leitões já estarem mais adaptados a ração, o que por sua vez, pode ter influenciado diretamente nos resultados.

5 CONCLUSÕES

A suplementação com as enzimas amilase e protease isoladas ou em combinação em rações para leitões na fase de creche não resultou em melhora dos coeficientes de digestibilidade das variáveis estudadas, porém ao analisar-se as fases separadamente, os coeficientes de digestibilidade foram superiores na fase 2.

6 REFERÊNCIAS

ABIMILHO - Associação Brasileira das Indústrias de Milho. MILHO: No Brasil, 80% da produção vira carne. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=29227>>. Acesso em: 13 de outubro de 2010.

AMORNTHEWAPHAT,N., ATTAMANGKUNE, S. Extrusion and animal performance effects of extruded maize quality on digestibility and growth performance in rats and nursery pigs. **Animal. Feed Science. Technology.** v.144, p. 292–305, 2008.

ARAUJO, L.R.S.; et al. Utilização de enzimas nas rações para leitões na fase de creche. In: XI Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos-ABRAVES, **Anais...** ,. p.299-300, 2003.

BACHKNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, v.67, p.319 - 338, 1997.

BARRERA, M.; et al. Ileal amino acid digestibility and performance of growing pigs fed wheat-based diets supplemented with xylanase. **Journal of Animal Science.** v.82, p. 1997 - 2003, 2004.

BEDFORD, M.R.; PATIENCE, J.F.; CLASSEN, H.L. et al. The effect of dietary enzyme supplementation of rye and barley based diets on digestion and subsequent performance in weanling pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.72, p.97-105, 1992.

BERTOL, T. M., MORAES, N., FRANKE, M. R. Substituição parcial do farelo de soja por soja integral extrusada na dieta de leitões desmamados. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia.** v. 30, n. 3, p. 744-752, 2001.

BLAS, E.; GIDENNE, T. Digestion of starch and sugars. In: De BLAS, C.; WISEMAN, J. (Eds.) **The nutrition of the rabbit.** Cambridge: CAB, p. 17 – 38, 1998.

CANTARELLI, V. S. et al. Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos. **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v. 31, n.3, p.860-864, 2007.

CERA, K.R., MAHAN, D.C., REINHART, G.A. Weekly digestibilities of diets supplemented with corn oil, lard or tallow by weanling swine. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 1430-1437, 1988.

CHESSON, A. Feed enzymes. **Animal Feed Science Technology.**,v.45, p. 65-79, 1993.

CLASSEN, H.L. 1996. Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. **Animal Feed Science Technology**, v. 62, p. 21-27.

CLINE, T. R. Development of the digestive physiology of baby pigs and the use of supplemental enzymes in their diets. Simposio do Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 4. Seminário Sobre Tecnologia da Produção de Rações, 3. Campinas, SP:CBNA. **Anais...**, Campinas. P. 149-161, 1992.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Matéria-prima**. Brasília: Sincirações/ANFAR:CBNA, SDR/MA, Método n.34, p.99-102, 1992.

CONAB – Companhia Nacional de abastecimento. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/29f37a5af005a930f63253b7e63806d4.pdf>>. Acesso em 18 de out. 2010.

CORRADINI, E. et al. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros**. v. 15, p. 268-273, 2005.

CORREA, C.E.S., et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.11, p.3008-3012, 2002.

COWIESON, A. J. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.119, p.293-305, 2005.

DIEBOLD, G.; MOSENTHIN, R.; PIEPHO, H.P. et al. Effect of supplementation of xylanase and phospholipase to a wheat-based diet for weanling pigs on nutrient digestibility and concentrations of microbial metabolites in ileal digesta and feces. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2647-2656, 2004.

DIERICK, N.A.; DECUYPERE, J.A. Enzymes and growth in pigs. In: Cole, D.J.A.; Wiseman, J.; Varley, M.A. **Principles of pig science**. Nottingham: Nottingham University Press. p.169-195. 1994.

DOMBRINK-KURTZMAN, M. A.; BIETZ, J.A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. **Cereal Chemistry**, v.70, n.1, p.105-108, 1993.

EASTER, R.A. Acidification of diets for pigs. In: HARESING, W., COLE, P.J.A. (Eds.). **Recent advance in animal nutrition**. p.61-71, 1988.

GOMES, M. S. et al. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.879-885, 2004.

GRACIA, M.I., LÁZARO, R., LATORRE, M.A.; et al. Influence of enzyme supplementation of diets and cooking–flaking of maize on digestive traits and growth performance of broilers from 1 to 21 days of age. **Animal Feed Science Technology**. v. 150, p. 303–315, 2009.

HEDEMANN, N. S., JENSEN, S. K. The activity of lipolytic enzymes is low around weaning – measurements in pancreatic tissue and small intestine contents. In: **Digestive physiology of pigs**. Wallingford, UK: CAB Publishing, Cap. 6, p. 28-30, 2001.

INBORR, J., OGLE, R.B. Effect of enzyme treatment of piglets feed on performance and post-weaning diarrhea. **Swedish Journal Agriculture. Research**. v.18(2). p. 129-133, 1988.

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.

KIM, S.W; et al.; Use of carbohydrases in corn-soybean meal-based nursery diets. **Journal Animal Science**. v.81, p.2496-2504, 2003.

KOTARSKI, S. F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **The Journal of Nutrition**, v.122, p.178–190, 1992.

Le DIVIDICH J.A. Review - neonatal and weaner pig: management to reduce variation. **Manipulating Pig Production**, v. 7, p. 135-156, 1999.

LEHNINGER, A .L. **Bioquímica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

LI, Y; et al. **Animal Feed Science and Technology**. v. 158. p. 146-154, 2010.

LIMA, G. J. M. M. Grãos de alto valor nutricional para a produção de aves e suínos: oportunidades e perspectivas. In: PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS, 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 201. p. 178-194.

LINDEMANN, M. D.; CORNELIUS, S. G.; EL KANDELGY, S. M. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, v.62, p1298-1307, 1986.

LOVATTO, P. A. **SUINOCULTURA GERAL: NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO**. Disponível em: <www.ufsm.br/suinos/cap5_alim.pdf> Acesso em 27 de jul. de 2010.

MAKKINK, C.A. et al. Gastric protein breakdown and pancreatic enzyme activities in response to two different dietary protein sources in newly weaned pigs. **Journal of Animal Science**., v. 72, p. 2843-2850, 1994.

MARTINEZ, G. M. et al. Microstructure of starch granule related to kernel hardness in corn. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.29, n.2, p.135-139, 2006.

MAVROMICHALIS, I.; et al. Lactose, sucrose and molasses in simple and complex diets for nursery pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.93, n.1, p.127-135, 2001.

MEDEL, P. LATORRE, M. A., MATEOS, G. G. Nutricion y alimentación de lechones destetados precozmente. Curso de Especialización, 15. Avances en nutrición y alimentación animal. **Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal** (FEDNA). Madrid, p. 147-195, 1999.

MILLER, H. M. et al. Effect of rearing environment and age on gut development of piglets at weaning. **Livestock Science**, v. 108, n. 1-3, p. 124-127, 2007.

MOOLY, K. Formulating to solve the intestinal puzzle. **Pig Progress**, Atlanta, v. 17, n. 1, p. 20-22, 2001.

NABUURS, M. J. A., ZIJDERVELD, F. G., LEEUW, P. W. Villus height and crypt depth in weaned and unweaned pigs, reared various circumstances in the Netherlands. **Research in Veterinary Science**, v. 55, p. 78-84, 1993.

NEPOMUCENO, R. C. **Inclusão da quirera de arroz em rações de suínos na fase de creche**. Fortaleza, 2010. p. 67. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará – UFC

NERY, V. L. H. et al. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.794-802, 2000.

NRC. **National Research Council**, 10 ed. Washington: National Academy Press, p.93, 1998.

O'CONNELL, J.M., et al. The effect of cereal type and exogenous enzyme supplementation in pig diets on nutrient digestibility, intestinal microflora, volatile fatty acid concentration and manure ammonia emissions from pigs. **Animal Science**. v.81, p. 357–364, 2005.

PAES, M.C.D. **Manipulação da composição química do milho: impacto na indústria e na saúde humana**. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/milho/index.htm>. Acesso em: 13 de jul. 2010.

PARTRIDGE, G.R. In feed enzymes and antibodies. In: Recent advance in animal nutrition, **Winchasin, Northwich**, 1993. *Anais...* Northwich, p.34-50, 1993.

PHILIPPEAU, C.; DOREAU, M. Maize genotype and ruminant digestion. **Zootehnika**, v.74, p.37-46, 1999.

PIOVESAN, V. **Milhos com diferentes texturas de endosperma e adição de alfa-amilase na ração de leitões**. Marechal Cândido Rondon, 2009. p. 47. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

PLUSKE, J.R.; MOREL, P.C.H.; JAMES, E.A.C. et al. Vegpro increases fecal digestibility coefficients in pigs fed soybean meal and canola meal. In:

ALLTECH ANNUAL SYMPOSIUM, 14., 1998, Lexington. **Proceedings...** Lexington: 1998.

PRATT, R. C. et al. Association of zein classes with maize kernel hardness. **Cereal Chemistry**, v. 72, n. 2, p. 162-167, 1995.

ROPPA, L. Nutrição dos leitões na fase pós-desmame. In: Congresso Nordeste de Produção Animal, Fortaleza. **Anais...** p. 265-271, 1998.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 186p. 2005.

ROTTER, B.A. The future of crude enzyme supplements in pig nutrition. **Pig News Information**. v.11, n.1, p.15-17, 1990.

RUIZ, U. S.; et al. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.3 p. 458-468 , 2008.

RUSSEL, R. W.; GAHR, S. A. Glucose Availability and Associated Metabolism. In: D'MELLO, J.P.F. **Farm Animal Metabolism and Nutrition**. Cab International, p. 121-145, 2000.

SHIELDS, R.G., EKSTROM, K.E., MAHAM, D.C. Effect of weaning age and feeding method on digestive enzyme development in swine from birth to ten week. **Journal of Animal Science**. v. 50, p. 257-265, 1980

SILVA, C. C. **Avaliação do uso de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) inativas e hidrolizadas nas dietas iniciais de leitões**. Pirassununga, 2010. p. 124. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo –USP

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos, métodos químicos e biológicos**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SMINK, W. Oregano oil boost. **Pig Progress**, Atlanta, v. 19, n. 3, p. 24-26, 2003.

SULLINS, R. D.; ROONEY, L. W. Light and scanning electron microscopy studies of waxy and nonwaxy endosperm sorghum varieties. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 52, n. 3, p. 361-366, 1975.

SUMMERS, J.D. Maize: factors affecting its digestibility and variability in its feeding value. In: Bedford, M.R., Partridge, G.G. (Eds.), **Enzymes in Farm Animal Nutrition**. p. 161–198, 2001.

SVIHUS, B.; UHLEN, A. K.; HASTAD, O. M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v.122, p.303-320, 2005.

WEBER, F. H.; et al. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V. 29, n.4, p. 748-753, 2010.

WEURDING, R. E. et al. In vitro starch digestion correlates well with rate and extent of starch digestion in broiler chickens. **The Journal of Nutrition**, v.131, p.2336-2342, 2001.

YIN, Y.-L.; et al. Effects of xylanase and antibiotic addition on ileal and faecal apparent digestibilities of dietary nutrients and evaluating HCl-insoluble ash as a dietary marker in growing pigs. **Animal Science**. v.85. p. 95–103, 2001.

YIN, Y.L.; McEVOY, J.D.G.; SCHULZE, H. et al. Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients losses in growing pigs fed wheat (var, soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. **Livestock Production Science**, v.62, p.119-132, 2000.