

Enzimas exógenas na alimentação de suínos

Aditivos, carboidrases, fatores antinutricionais, fitase, proteases.

Bruna Kuhn Gomes^{1*}

Bruna Souza de Lima Cony¹

Laion Stella²

¹ Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS- *E-mail: brunacrismgomes@gmail.com.

¹ Graduanda em Zootecnia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

² Zootecnista, Doutor em Zootecnia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

RESUMO

No que tange a cadeia produtiva animal, um dos principais fatores a serem levados em consideração é a nutrição animal e, conseqüentemente, a melhora na eficiência da utilização dos nutrientes. Na alimentação de suínos, algumas enzimas exógenas podem ser utilizadas como aditivos, visando melhorar digestibilidade dos nutrientes das rações, assim como reduzir a variação na qualidade nutricional de determinados ingredientes. Dentre as enzimas mais utilizadas, podemos citar três grupos de maior uso: fitase, carboidrases e proteases. A comparação de resultados sobre suplementação enzimática de dietas para suínos é bastante complexa. Na literatura é relatada utilização de grande variedade de enzimas, de forma isolada ou em complexos, com diferentes atividades enzimáticas, adicionadas às dietas contendo ingredientes distintos e para animais de diferentes idades, com isto obtendo diferentes resultados para cada grupo.

Palavras-chave: aditivos, carboidrases, fatores antinutricionais, fitase, proteases.



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 16, Nº 03, maio/jun de 2019

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

ENZYMES IN SWINE FEED

ABSTRACT

With respect to animal production chain, one of the main factors to take into consideration is the in animal nutrition and, consequently, improvement nutrient use efficiency. In the feeding of swines, some exogenous enzymes can be used as additives, to improve digestibility of the nutrients as well as reduce the variation in the nutritional quality of certain ingredients. Among the most frequently used enzymes, we can mention three groups of major use: phytase and carbohydrases and proteases. The comparison of results on enzyme supplementation of diets for swines is quite complex. In literature is reported using a great variety of enzymes, either alone or in complexes with different enzymatic activities, added to diets containing different ingredients and animals of different ages, thus obtaining different results for each group.

Keyword: additives, carbohydrases, antinutritional factors, phytase, proteases.

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como país produtor de alimentos sendo o terceiro maior exportador do mundo. Na produção de suínos, o país está em crescente expansão, produzindo cerca de 3,9 bilhões de toneladas de carne anualmente (FERREIRA et al., 2018).

Na cadeia produtiva de animais não-ruminantes, um dos principais fatores a serem levados em consideração é a nutrição animal e, conseqüentemente, a melhora na eficiência da utilização dos nutrientes (FIREMAN & FIREMAN, 1998), representando cerca de 70% do custo da produção (DELMASCHIO, 2018).

A maioria dos compostos alimentares são moléculas relativamente grandes (proteínas), altamente insolúvel em água (lipídeos) ou grandes e insolúveis (amido, celulose) que para poderem ser absorvidos e utilizados eles devem passar para forma solúvel e ser degradados em unidades menores (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

Para metabolização dos compostos provindo da alimentação torna-se necessário um processo de diferentes reações químicas complexas. Na digestão fisiológica animal, podemos citar a hidrólise como um exemplo destas reações químicas, sendo que esta é uma reação espontânea exotérmica, que prossegue a uma velocidade imensuravelmente baixa, todavia podendo ser acelerada por catalisadores. Os catalisadores produzidos pelos organismos vivos são chamados de enzimas, sendo essenciais para muitos processos biológicos, principalmente os processos digestivos (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

As enzimas são proteínas globulares, de estrutura terciária ou quaternária que atuam de forma altamente específica para com substratos e dirigem todos os processos de catálise, isto é, são compostos de natureza proteica que aceleram as reações químicas ao reduzirem a energia de ativação necessária para ocorrência de determinada reação química. Algumas destas constituem-se de uma porção proteica chamada de apoenzima e uma porção não proteica, chamada de cofator (TORTORA

& GRABOWSKI, 2002). Nos processos fisiológicos as enzimas possuem sua ação restrita e com muitos controles intrínsecos, sendo dependentes de algumas condições como: temperatura, pH, umidade, tipo de sítio ativo e substratos (PENZ JÚNIOR, 1998).

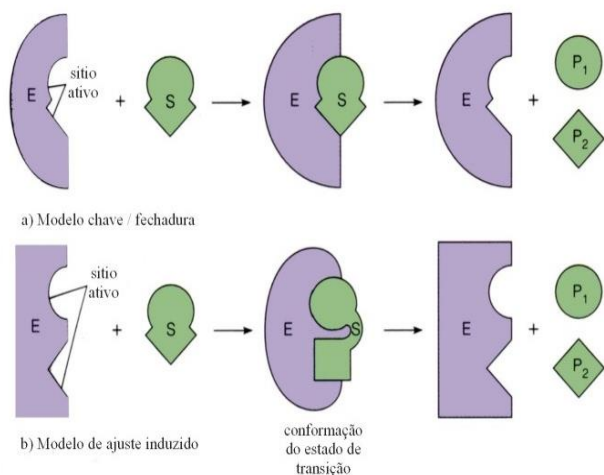
Sob estas condições, podemos citar a influência da temperatura na atuação das enzimas. Estas possuem uma temperatura ou uma faixa de temperatura ótima no qual a sua atividade é máxima, sendo que em valores de temperatura maiores ou menores sua atividade diminui. Em temperatura ótima para sua atuação, a velocidade de destruição da enzima pelo calor é equilibrada pelo aumento na reatividade enzima-substrato e a velocidade de reação é máxima, o que não ocorre em temperaturas excessivas, pois essas são letais à estrutura das enzimas (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

Contudo, ainda podemos citar o pH como uma condição determinante, assim como a temperatura. A concentração de H⁺ afeta a velocidade das reações químicas onde extremos de pH (ácido ou alcalino) podem levar a desnaturação. O pH ótimo varia para diferentes enzimas, como por exemplo, a pepsina digestiva do estômago que é ativada em pH 2, enquanto que outras enzimas que são destinadas ao funcionamento em pH neutro são desnaturadas neste pH ácido. Portanto, as enzimas possuem um pH ótimo ou uma faixa de pH ideal para que possam desenvolver sua atividade catalítica, sendo que em valores de pH superior ou inferior podem suprimir ou desnaturar as enzimas assim como a temperatura (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

A atividade de água é outro fator que influencia a velocidade das reações enzimáticas. Seria de se esperar que enzimas, em presença de teor de água muito baixo, fossem inativas. Entretanto, apesar da mobilidade do substrato ser muito importante, as enzimas também podem reagir com substratos secos, e a maneira como esses compostos se difundem no substrato vai influir, não só na velocidade da reação, mas também no modo como essa reação se processa. Enzimas, em ausência de água, são mais estáveis ao calor, tornando-se mais sensíveis à medida que o teor de umidade aumenta (ADITIVOS INGREDIENTES, 2008)

No que se trata de especificidade, as enzimas apresentam o denominado sítio ativo que possuem aminoácidos cujas cadeias laterais criam uma superfície complementar ao substrato. Segundo Gallo (2011), essa interação entre enzima e substrato pode ocorrer através do modelo chave-fechadura ou pelo modelo de ajuste induzido (Figura 1).

Figura 1: Interação entre enzima e substrato



Fonte: GALLO, 2011.

Na suinocultura, algumas enzimas podem ser utilizadas na suplementação nutricional, as chamadas enzimas exógenas. Segundo Fireman & Fireman (1998), estas atuam concomitantemente com as enzimas endógenas, visando melhorar o aproveitamento energético e nutricional além de diminuir a excreção de nutrientes não digeridos.

Nas rações de não-ruminantes, geralmente, há a mistura de compostos com características antinutricionais (polissacarídeos não-amiláceos, oligossacarídeos, fitatos) que interagem entre si e com outros compostos da dieta sendo estes compostos não degradados pelos suínos, devido as suas enzimas endógenas não possuírem especificidade para estes compostos (CAMPBELL & BEDFORD, 1992; DIERICK & DECUYPERE, 1994). Assim, a adição de enzimas exógenas na dieta dos suínos tende a conduzir a melhores resultados na digestibilidade de forma complementar (RUIZ et. al., 2008), como define o decreto Lei nº 76.986 de 6 janeiro de 1976, sobre os aditivos alimentares.

Devido ao alto investimento com alimentação de animais não-ruminantes, a administração de enzimas

exógenas surge como alternativa na redução dos custos de produção (DELMASCHIO, 2018). Segundo Bedford (2000), o uso destas enzimas visa melhorar a digestibilidade dos nutrientes das rações, assim como reduzir a variação na qualidade nutricional de determinados ingredientes, tendo em vista a deficiência enzimática dos animais não-ruminantes em enzimas como a fitase que como consequência ocasiona a baixa eficiência no aproveitamento do fósforo de origem vegetal (MOREIRA et al., 2004). Além disso, o uso de enzimas favorece o meio ambiente, pois diminui consideravelmente a excreção de fósforo e outros elementos, reduzindo assim a contaminação de solos e rios (DELMASCHIO, 2018).

FATORES ANTINUTRICIONAIS

Nos alimentos *in natura* existem fatores antinutricionais que afetam o processo digestivo e o desempenho dos animais (VINOKUROVAS, 2009). Esses fatores se originam da natureza de suas ligações, do metabolismo normal da espécie da qual o material se origina e por mecanismos diferentes, como a inativação de alguns nutrientes e a redução digestiva do alimento, exercendo efeito contrário da nutrição adequada.

Segundo Henn (2002), não existe toxicidade nos fatores antinutricionais, porém sua presença nos alimentos causa crescimento reduzido, piora na conversão alimentar, possíveis alterações hormonais e em casos raros, lesões em órgãos. Além disso, esses fatores antinutricionais, quando estão na forma de fibra solúvel, são capazes de mobilizar grande quantidade de água, aumentando desta forma, a viscosidade do fluido e, conseqüentemente, alterando a velocidade de passagem do alimento, prejudicando diretamente a absorção de nutrientes (CHOCT et al., 1992; CHOCT & ANNISON, 1992; BEDFORD & CLASSEN, 1992; CHOCT & HUGHES, 2000).

Os inibidores de tripsina presentes na soja *in natura* são exemplos de fatores antinutricionais. Estes são compostos proteicos que atuam sobre a tripsina e a enzima pancreática, prejudicando a digestão das proteínas alimentares. Segundo estudos de Zardo & Lima (1999), esses fatores também podem ser des-

truídos ou desnaturados com o uso do calor, com duração e intensidade adequadas. Entretanto, mesmo esses ingredientes passando muitas vezes por extrusão e peletização, existem alguns fatores antinutricionais e constituintes de baixa digestibilidade que não são afetados por estes processos (PAULA et al., 2009). Além de que, devido ao difícil acesso aos equipamentos necessários, esse processo torna-se inviável em uma propriedade rural.

A fim de reduzir esses fatores antinutricionais, pode-se adicionar enzimas exógenas na dieta de animais não-ruminantes, visando o beneficiamento do animal com o aumento da disponibilidade de nutrientes e a redução do impacto ambiental, diminuindo a concentração de poluentes despejados no ambiente (PAULA et al., 2009).

PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ENZIMAS

Existem duas formas de obter enzimas, a que consiste na imersão de microrganismos em estado sólido e a de estado líquido (MARTINS, 2011).

A produção de enzimas divide-se em etapas. Para o estado sólido, a primeira etapa consiste na obtenção de microrganismos (bactérias e fungos, ex.: *Aspergillus flavus*) para inocular o sistema, após isso, ocorre o preparo do substrato composto de subprodutos minimamente processados, como farelo de arroz, trigo ou soja. Esse substrato necessita ser esterilizado a fim de eliminar qualquer microrganismo infectante, o que afetaria o processo de produção das enzimas. Posteriormente, os microrganismos previamente selecionados são semeados no substrato esterilizado, misturados e acondicionados em um reator para que ocorra a fermentação. Após a fermentação, o material é secado, moído, padronizado e embalado (MARTINS, 2011).

Contudo, a produção de enzimas em estado líquido apresenta maior rendimento quando comparada com o sólido, conseqüentemente sendo esta forma mais utilizada atualmente. Ela consiste na imersão de microrganismos (fungos ou bactérias) em um meio líquido rico em nutrientes, acondicionados em um fermentador com controle total da temperatura, pH e

oxigênio, afim de oferecer condições ideais para o crescimento microbiano. Após a conclusão do processo de fermentação, o meio líquido rico em enzimas é seco, processado e padronizado pela indústria. Geralmente são utilizados microrganismos geneticamente modificados, ferramenta biotecnológica, para produzir somente uma enzima, que após o processo de fermentação são misturadas a outras enzimas formando os coquetéis (MARTINS, 2011).

Todavia, segundo Martins (2011), a fermentação em estado sólido resulta em enzimas diferentes das obtidas por fermentação em estado líquido, sendo essas de maior qualidade. Além disso, esse método de obtenção de enzimas possibilitará o desenvolvimento de novas enzimas capaz de agregar benefícios para a nutrição, trazendo a nova e atual geração de enzimas: os complexos enzimáticos naturais.

PRINCIPAIS ENZIMAS EXÓGENAS UTILIZADAS COMO ADITIVOS

Há diversos produtos comerciais compostos de enzimas isoladas ou de complexos enzimáticos para uso na alimentação animal. Contudo, os efeitos benéficos da suplementação enzimática têm melhor oportunidade de se expressarem pela utilização de coquetéis ou complexos enzimáticos do que de enzimas isoladas (DIERICK & DECUYPERE, 1994). A fermentação em estado sólido permite que o fungo possa produzir um complexo de enzimas naturais, específica para substratos encontrados no alimento, o que levaria a obtenção de uma combinação enzimática mais adequada aos ingredientes utilizados na ração, diferente dos coquetéis enzimáticos, que são combinações de enzimas puras produzidas independentemente e posteriormente misturadas (RUTZ & CAPORASO, 2007).

Dentre as enzimas mais utilizadas podemos citar três de maior uso: fitase, carbohidrase e protease.

FITASE

Produzida por muitas espécies de bactérias, fungos e leveduras é capaz de eliminar as propriedades anti-

nutricionais do fitato. Esta enzima em escala comercial é produzida por um número limitado de organismos sendo o *Aspergillus flavus* um dos mais importantes (FIREMAN & FIREMAN, 1998)

Seu uso impede que o fósforo vegetal seja eliminado nas fezes sem ser aproveitado pelo organismo. Esta eliminação de fósforo acontece no sistema gastrointestinal onde o ácido fítico se liga com minerais, proteínas e enzimas, como a amilase, formando o fitato. Este, por sua vez, impede que componentes importantes para o desenvolvimento dos animais se unam ao bolo alimentar, desta forma, sendo eliminados através das fezes. Além de reduzir a disponibilidade do fósforo, o fitato aumenta a secreção de muco no intestino, o que interfere nos sistemas de absorção de nutrientes pelos suínos (FIREMAN & FIREMAN, 1998). Na natureza, os níveis excessivos de nutrientes no corpo d'água, principalmente o nitrogênio e fósforo, causam a eutrofização, que é o crescimento excessivo de plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas. (THOMANN & MUELLER, 1987).

O fosfato bicálcico e a farinha de ossos constituem as principais fontes de fósforo, usualmente utilizadas na nutrição de suínos. A farinha de ossos foi o primeiro produto a ser utilizado como fonte de fósforo, porém, o seu uso é restrito, principalmente em função de sua composição variável, problemas causados pela contaminação por microrganismos e oferta limitada (LOPES & TOMICH, 2001). O fosfato bicálcico é um produto de excelente qualidade, porém de custo muito elevado, onerando ainda mais o custo das rações, os quais representam em torno de 70% de um animal terminado.

O fósforo é considerado um agente poluidor, pois do total consumido pelos animais monogástricos, cerca de 70 a 75% são excretados nas fezes e urina (OLIVEIRA et al., 2001).

A enzima fitase, quando adicionada nas rações, atua nas ligações do grupo fosfato, liberando o fósforo e outros minerais, que fazem parte dessa molécula (CROMWELL, 1991). Os primeiros estudos realizados com a enzima fitase, apesar de promissores, tiveram como principal entrave o alto

custo de obtenção do produto. Porém, com o avanço da tecnologia de fermentação, a fitase vem sendo comercializada industrialmente, o que tem despertado maior interesse de diversos nutricionistas preocupados com o alto custo do fósforo inorgânico e com a poluição ambiental (CROMWELL et al., 1995; MOREIRA et al., 2000; MOREIRA et al., 2001).

A incorporação de fósforo nos vários tecidos e órgãos é variável, e depende da taxa de renovação e da fase de crescimento do animal. A troca desse mineral nos tecidos decresce com a idade e aumenta durante os períodos de atividade reprodutiva, sendo essas trocas mais intensas no fósforo lábil do esqueleto e na matéria esponjosa do osso (GEORGIEVSKII, 1982). Tendo isto em vista, McGillvray (1980), destacou que a habilidade dos suínos para utilizar o fósforo fítico melhora com a idade devido à maior concentração da quantidade de fitase presente na mucosa do intestino dos animais mais velhos. E também, com referência à idade e fisiologia, Kemme et al. (1997) relataram que a eficácia da fitase em gerar fósforo digestível diminuiu na ordem de porcas lactantes, suínos em crescimento e em terminação, porcas ao final de gestação, leitões e porcas em meia gestação.

CARBOIDRASES

As carboidrases são enzimas que catalisam reações de degradação de carboidratos, promovendo um aumento na digestibilidade de nutrientes, aumentando seu aproveitamento na alimentação do animal.

Segundo Partridge (1996), os polissacarídeos não-amiláceos estão na maioria das vezes associados à lignina e formam um complexo de fibra. A implicação deste fato é que os suínos não possuem enzimas endógenas apropriadas para degradar este complexo, acarretando na redução da absorção e digestibilidade, além de afetar o conteúdo de energia por manter no interior de suas estruturas os nutrientes como carboidratos, lipídeos e proteínas, que são geradores de energia. Portanto, níveis elevados de polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) solúveis aumentam a viscosidade do quimo, dificultando a digestão e absorção de proteínas, lipí-

deos e vitaminas lipossolúveis (PARTRIDGE, 1996). Desta maneira, a utilização de carboidrases permite o uso de alimentos que apresentam grandes quantidades de PNAs.

Dentre as principais carboidrases utilizadas comercialmente na alimentação de suínos destacam-se a celulase, a beta-glucanase, a amilase, a pectinase e a xilanase.

Celulase: degrada celulose (polímero de glicose de longas cadeias de glicopirranose), liberando nutrientes contidos no interior da célula vegetal e até a própria glicose que integra a estrutura celulolítica. Deste modo, reduz a capacidade da fibra de reter a água presente nos alimentos, fato que afeta negativamente o consumo de ração e conseqüentemente o crescimento dos animais (CAMPESTRINI et al., 2005).

Beta-glucanase: A suplementação exógena com beta-glucanase melhora a absorção de nutrientes por diminuir a viscosidade do quimo, além de liberar maior quantidade de açúcares disponíveis, pois atua sobre os beta-glucanos que são formados por blocos de resíduos de glicose (FIREMAN & FIREMAN, 1998).

Xilanases: possui efeito semelhante à beta-glucanase, atua sobre as pentosanas presentes nos cereais, permitindo maior disponibilidade dos açúcares (HANNAS & PUPPA, 2006), aumentando a digestibilidade de alimentos como a cevada, o trigo, o centeio, a aveia e o tritcale (CONTE et al., 2003).

Amilases: proporciona quebra do amido em açúcares simples para produzir energia. Todos os animais possuem a produção endógena desta enzima, mas sabe-se que a digestão do amido na parte final do trato digestivo de aves e suínos é incompleta, mesmo considerando uma dieta com ingredientes de fácil digestão como, por exemplo, milho e soja. Ou seja, a liberação de energia da dieta é menor do que o previsto, então se deve trabalhar com margens de segurança para que as metas de energia da dieta sejam alcançadas. O uso da amilase objetiva uma digestão mais completa do amido, liberando mais energia e conseqüentemente melhorando o desempenho animal e auxiliando na redução do custo real da alimentação (PARTRIDGE, 1996).

Pectinase: As pectinas são encontradas no farelo de soja e em outras proteínas vegetais que por sua vez, aumentam a viscosidade do quimo, reduzindo a absorção de nutrientes no lúmen intestinal. Com a adição da pectinase, ocorre quebra das pectinas, melhorando a digestibilidade da dieta (HANNAS & PUPPA, 2006).

PROTEASES

Protease refere-se a um grupo de enzimas cuja função catalítica é a quebra de ligações peptídicas das proteínas e diferem-se em sua capacidade de hidrolisar ligações peptídicas diferentes. As proteínas pouco disponíveis, ou com fatores antinutricionais, ou ainda, proteínas alergênicas podem ter seu uso potencializado através da utilização de proteases (CLASSEN, 1996). Harper (1968) relata que proteínas e aminoácidos não digeridos por enzimas no intestino delgado sofrem ação de bactérias, produzindo substâncias e amins tóxicas pelo processo de fermentação no intestino grosso.

O baixo aproveitamento das proteínas tem como consequência uma alta excreção de nitrogênio, que é um elemento poluidor, além de representar prejuízo econômico ao produtor por se tratar de um nutriente caro. A digestão da proteína é melhorada pela adição de proteases, diminuindo a excreção de nitrogênio (FIREMAN & FIREMAN, 1998). Neste sentido, o uso da protease melhora o aproveitamento dos aminoácidos e nitrogênio presentes nos alimentos destinados aos animais. Segundo resultados dos estudos de Jost et al. (1993), as proteases combinadas com alfa-amilase em dietas para suínos em crescimento obtiveram uma melhora significativa na digestibilidade de lisina e metionina.

Ainda, outra enzima de destaque no grupo das proteases é a chamada queratinase, que faz hidrólise da queratina. A suplementação com esta enzima segundo Ferket (1996) reduziu em 40% a excreção de nitrogênio e enxofre, melhorando a digestibilidade dos aminoácidos e diminuindo a poluição por nitrogênio.

Proteases exógenas determinam um papel diverso na nutrição animal, pois enzimas similares já estão

presentes no trato gastrintestinal e possuem um espectro de atividade muito maior que outras enzimas exógenas.

ENZIMAS EXÓGENAS PARA LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS

O período de desmame de leitões, por ser considerado um ponto crítico da produção, requer uma atenção especial, tendo em vista que é um período marcado pela alteração da fonte e da composição nutricional do alimento (PASCOAL & SILVA, 2005).

Na fase de maternidade, o sistema digestivo dos leitões é adaptado a secretar enzimas para digerir o leite materno, rico em gorduras, lactose e caseína, de fácil digestibilidade, permitindo um rápido crescimento e desenvolvimento do animal (ROPPA, 1988).

O período de 7 a 14 dias pós-desmame é considerado crítico, sendo caracterizado por baixo consumo de ração e baixa digestibilidade, podendo resultar em perdas significativas na produção, tais como: diminuição no ganho de peso e ocorrência de diarreias, podendo ocasionar mortalidade dos animais (ZIEGERHOFER, 1988).

A produção de proteases pancreáticas, por exemplo, depende da fonte proteica e da quantidade de alimento que é ingerido. O consumo de alimento diminui após a desmama, visto que o sistema digestivo dos leitões precisa se adaptar ao alimento sólido, adequando o pH às secreções enzimáticas e à motilidade intestinal, além dos transtornos digestivos ocasionados pela proteína da soja, a qual contém fatores antinutricionais e de antígenos, capazes de provocar diversas disfunções intestinais (MAKKINK et al., 1994).

Portanto, nesta etapa, existe a necessidade do fornecimento de uma ração que substitua o leite materno e supra, de forma econômica, as exigências nutricionais em proporções adequadas a fim de reduzir o estresse e aumentar a taxa de crescimento, diminuindo a mobilização de reservas de lipídeos (TRINDADE NETO et al., 1994).

A utilização de enzimas exógenas (amilase, protea-

se, lipase, xilanase, fitase etc) surgiu como uma alternativa para aumentar o valor nutritivo de ingredientes alimentares que possuem baixa digestibilidade e apresentam fatores antinutricionais, que não são hidrolisados pelas enzimas digestivas dos suínos (FURLAN et al., 1997), diminuindo, assim a viscosidade da dieta (GRAHAM, 1996).

Após o desmame, ocorre um aumento na atividade da amilase pancreática, provavelmente devido à necessidade de digestão do amido da ração (LINDEMANN et al., 1986). Entretanto, muitos fatores influenciam na quantidade de enzimas secretadas, reduzindo a digestão intestinal do amido pelos leitões. Vários autores apontam os efeitos positivos da suplementação de enzimas exógenas sobre a digestão dos alimentos (CLASSEN, 1996; COWIESON, 2005). Portanto, é possível que a adição de amilase na ração de leitões na fase de creche aumente a digestibilidade do amido (PIOVESAN et al., 2011).

Os resultados demonstrados em estudos feitos por Freitas (2011) comprovam que, o uso do complexo enzimático (carboidrase + fitase) é uma ferramenta nutricional importante para a nutrição de leitões, pois causa melhoria em seus parâmetros produtivos. Além disso, foi possível observar que leitões machos apresentam um melhor aproveitamento da dieta reduzida com a adição do complexo enzimático se comparados com as fêmeas.

O fornecimento de enzimas exógenas em forma de coquetel normalmente é realizado quando uma determinada dieta apresenta uma variada quantidade de fatores antinutricionais, o que comumente ocorre em rações de leitões em situações que debilitam a produção de enzimas endógenas, como estresse do desmame, vacinação, castração e desconforto térmico. Os coquetéis geralmente são formados por protease, amilase e lipase, pois os níveis destas enzimas endógenas são diminuídos nas semanas seguintes após o desmame. Já a utilização de enzima em separado deve ser feita quando se tem o objetivo de degradar um determinado fator

antinutricional conhecido que venha prejudicar o aproveitamento dos nutrientes da dieta ou quando se sabe que o uso de determinada enzima em conjunto com outra pode diminuir a atividade de ambas. (FERKET, 1996; WENK et al., 1993).

Entretanto, segundo dados apresentados por Pascoal & Silva (2005), a utilização dos diversos tipos de enzimas exógenas nos seus diversos substratos, tipos de alimentos, na alimentação de suínos são controversos. Além disto, através destes dados apresentados e segundo Bedford et al. (1992); Inbarr et al. (1993); Li et al. (1996); Gdala et al. (1997); Jensen et al. (1998), pode-se inferir que os dados científicos sobre digestibilidade de nutrientes e suplementação enzimática são mais consistentes para leitões recém-desmamados consumindo dietas com ingredientes como a cevada, o trigo e o tremoço e pelo uso de b-glucanase, xilanase e a-galactosidase.

Apesar dos resultados sobre o uso de enzimas exógenas nas dietas para leitões serem contraditórios, são demonstrados de inúmeras maneiras, de forma avançada, que a utilização de enzimas exógenas pode trazer possíveis benefícios aos leitões desmamados (PASCOAL & SILVA, 2005), portanto, deve-se atentar as condições adequadas de utilização das mesmas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação de resultados sobre suplementação enzimática de dietas para suínos é bastante complexa. Na literatura é relatada a utilização de grande variedade de enzimas, de forma isolada ou em complexos, com diferentes atividades enzimáticas, adicionadas a dietas contendo ingredientes distintos e para animais de diferentes idades. Pode-se inferir que os dados científicos sobre digestibilidade de nutrientes e suplementação enzimática são mais consistentes para leitões recém-desmamados consumindo dietas com ingredientes como a cevada, o trigo e o tremoço e pelo uso de b-glucanase, xilanase e a-galactosidase, tendo em vista a importância que deve ser dado a este período, caracterizado pela mudança repentina da fonte e composição nutricional do seu alimento.

Por fim, para manter a qualidade e aumentar a produ-

tividade na suinocultura tem-se trabalhado e investido em novas tecnologias. Com o desenvolvimento de novas enzimas específicas, elas poderão contribuir nesse sentido, já que elas reduzem os efeitos dos fatores antinutricionais e também diminuem impactos ambientais, passando a ser econômica e ecologicamente viáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADITIVOS INGREDIENTES. **As Enzimas nos Alimentos**. 2008. Disponível em: <http://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201601/2016010939434001454073482.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- BEDFORD, Michael R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - their current value and future benefits. **Animal Feed Science And Technology**, v. 86, p.1-13, 2000.
- BEDFORD, M. R.; CLASSEN, H. L. Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks. **Journal Of Nutrition**, Saskatoon, v. 122, n. 3, p.560-569, mar. 1992.
- BEDFORD, M. R. 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**, [s. L.], v. 72, n. 1, p.97-105, mar. 1992.
- BRASIL. Lei nº 76.986 de 6 janeiro de 1976. Regulamenta a Lei n.º 6.198, de 26 de dezembro de 1974, que dispõe sobre a inspeção e a fiscalização obrigatória dos produtos destinados à alimentação animal e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 jan. 1976. Disponível em: <http://www.cfmv.org.br/portal/legislacao/decretos/decreto_76986.pdf>. Acesso em: 05 Jan. 2019.
- CAMPBELL, G. L.; BEDFORD, M. R. Enzyme applications for monogastric feeds: A review.

- Canadian Journal Of Animal Science**, Saskatoon, v. 72, p.449-466, 1992.
- CAMPESTRINI, Evandro; SILVA, Vagner Thiago Mozer da; APPELT, Matias Djalma. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s. L.], v. 2, n. 6, p.259-272, 2005. Disponível em: <http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/027V2N6P259_272_NOV2005.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2018.
- CHOCT, M.; ANNISON, G. Antinutritive activity of wheat arabinoxylans: role of viscosity and gut microflora. **British Poultry Science**. Sydney, p. 821-834, 1992.
- CHOCT, M.; ANNISON, G.; TRIMBLE, R. Soluble wheat pentosans exhibit different antinutritive activities in intact and cecectomized broiler chickens. **Journal Nutrition**, Camden, NSW, v. 122, n. 12, p.2457-2465, dec. 1992.
- CHOCT, M.; HUGHES, R. J. **The New Season Grain Phenomenon: The role of endogenous glycanases in the nutritive value of cereal grains in broiler chickens**. Wagga Wagga, NSW: Rural Industries R & D Corporation, 2000. 46 p.
- CLASSEN, H. L. Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. **Animal Feed Science And Technology**, Saskatoon, v. 62, n. 1, p.21-27, 1996.
- CONTE, Ademir José et al. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p.1147-1156, out. 2003.
- COWIESON, Aaron J. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. **Animal Feed Science And Technology**, Marlborough, Wiltshire, v. 119, n. 3-4, p.293-305, 04 apr. 2005.
- CROMWELL, G. L. et al. Efficacy of a recombinant-derived phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. **Journal Animal Of Science**, Lexington, v. 73, n. 7, p.2000-2008, 1995.
- CROMWELL, G. L. Phytase appears to reduce phosphorus in feed, manure. **Feedstuffs**, Lexington, v. 63, n. 41, p.14-16, 1991.
- DELMASCHIO, Isabela Belei. Enzimas na alimentação de animais monogástricos. **Revista Científica de Medicina Veterinária - UNORP**, São José do Rio Preto, v. 2, n. 1, p.6-20, 2018.
- 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**. 54. ed. Nottingham: Nottingham University Press, 1994. p. 169-195.
- FERKET, P. Enzymes offer way to reduce waste, improve performance. **Feedstuffs**, [s. L.], v. 22, n. 1, p.30-34, 1996.
- FERREIRA, M. A.; FONTES, D. O.; ARAÚJO, D. D. Avaliação de diferentes períodos de suplementação com ractopamina em dieta para suínos abatidos com 110 kg. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 9., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2018. p. 23-24.
- FIREMAN, F. A. T.; FIREMAN, A. K. B. A. T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p.173-178, 1998.
- FREITAS, Bárbara Volpi de. **Utilização de complexo enzimático na dieta de leitões**. 2011. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Nutrição e Produção Animal, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.
- FURLAN, Antonio Cláudio et al. Utilização de complexo enzimático em dietas de frangos de corte com triticales. 1. Ensaio de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. L.], v. 26, n. 4, p.759-764, jan. 1997.
- GALLO, Luiz Antonio. **Bioquímica's home page: Enzimas**. Depto. Ciências Biológicas. Disponível em: <<http://docentes.esalq.usp.br/luagallos/enzimas.html>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- GDALA, J. et al. The digestibility of carbohydrates, protein and fat in the small and large intestine of piglets fed non-supplemented and enzyme supplemented diets. **Animal Feed Science And Technology**, [s. L.], v. 65, n. 1-4, p.15-33, apr. 1997.
- GEORGIEVSKII, V. I. Mineral feeding of poultry. In: GEORGIEVSKII, V. I.; ANNENKOV, B. N.; SAMOKHIN, V. T. **Mineral Nutrition of Animals**. Sevenoaks: Butterworth, 1982. p. 391-432.
- GRAHAM, H. Mode de action of feed enzymes in

- dietas based on low viscous and viscous grains. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1996. p.60-69.
- HANNAS, M. I.; PUPPA, J. M. R. **Enzimas**: uma alternativa viável para enfrentar a crise na suinocultura. 2006. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/suinocultura/artigos/enzimas-alternativa-crise-suinocultura-t36660.htm>>. Acesso em: 29 dez. 2018.
- HARPER, Harold A. **Manual de Química Fisiológica**. São Paulo: Atheneu, 1968. 533 p.
- HENN, João Dionísio. **Aditivos enzimáticos em dietas de suínos e aves**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 16 p. Seminário apresentado na disciplina Bioquímica do Tecido Animal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.
- INBORR, J.; SCHMITZ, M.; AHRENS, F. Effect of adding fibre and starch degrading enzymes to a barley/wheat based diet on performance and nutrient digestibility in different segments of the small intestine of early weaned pigs. **Animal Feed Science And Technology**, [s. L.], v. 44, n. 1-2, p.113-127, oct. 1993.
- JENSEN, M. S. et al. Effect of b-glucanase supplementation on pancreatic enzyme activity and nutrient digestibility in piglets fed diets based on hulled and hullless barley varieties. **Animal Feed Science And Technology**, [s. L.], v. 72, n. 3-4, p.329-345, jun. 1998.
- JOST, M.; STOLL, P.; BOLTSHAUSER, M. Added proteases improve the digestibility of raw potatoes in pigs. In: WENK, C.; BOESSINGER, M. Enzymes in animal nutrition - 1 st symposium., Kartause Ittingen, Switzerland, 1993. **Proceedings...** Kartause Ittingen, Switzerland, 1993. p. 148-151.
- KEMME, P. A. et al. The efficacy of aspergillus niger phytase in rendering phytase phosphorus available for absorption in pigs is influenced by pig physiological status. **Journal Animal Of Science**, Lelystad, v. 75, n. 8, p.2129-2138, 1997.
- LI, S. et al. Effect of α -glucanase supplementation to hullless barley or wheat - soybean meal diets on the digestibilities of energy, protein, b-glucans and amino acids in young pigs. **Journal Animal Of Science**, [s. L.], v. 74, p.1649-4656. 1996.
- LINDEMANN, M. D. et al. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal Of Animal**, [s. L.], v. 62, n. 5, p.1298-1307, may. 1986.
- LOPES, H. O. S.; TOMICH, T. R. A produção animal na visão dos brasileiros: Avanços recentes na nutrição mineral de bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 205-234.
- 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 Animal Of Science**, Wageningen, v. 72, n. 11, p.2843-2850, nov. 1994.
- MARTINS, Bianca. **Ferramenta na mão: A Nova Geração de Enzimas**. 47. ed. Campinas, SP: Mundo Agro Editora Ltda, 2011. 80 p. Informe Técnico - Empresarial.
- MCGILLVRAY, J. J. Biological availability of phosphorus sources. In: ANNUAL INTERNATIONAL MINERALS CONFERENCE, 1., 1980, St. Petersburg Beach, Florida. **Proceedings...** St. Petersburg Beach, Florida: International Minerals & Chemical Corporation, 1980. p. 73-86.
- MOREIRA, J. A. et al. Cinética do fósforo em tecidos de suínos alimentados com dietas contendo enzima fitase. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 1, p.74-80, 2004.
- MOREIRA, J. A. et al. Enzima fitase e farelo de arroz desengordurado para suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 703-704.
- MOREIRA, J. A.; VITTI, D. M. S. S.; LOPES, J. B. Estudo dos efeitos da enzima fitase em rações para suínos através do radiofósforo - P-32. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ, 2000. p. 292.
- OLIVEIRA, Vladimir de et al. Substituição do milho por casca de café em rações isoenergéticas para suínos em crescimento e terminação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 25, n. 2, p.424-436, 2001.
- PARTRIDGE, G. Cómo trabaja la digestión. **Industria Porcina**, [s. L.], v. 16, n. 3, p.21-22, 1996.

- PASCOAL, Leonardo Augusto Fonseca; SILVA, Ludmila da Paz Gomes da. Adição de enzimas exógenas nas dietas de leitões desmamados. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s. L.], v. 2, n. 6, p.273-283, dez. 2005. Disponível em: <http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/028V2N6P273_283_NOV2005.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2019.
- PAULA, Edson Ferraz Evaristo de; CHEN, Rafael Felice Fan; MAIA, Fernanda de Pollo. Enzimas exógenas na nutrição de animais monogástricos. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v. 3, n. 14, p.1-18, abr. 2009.
- PENZ JÚNIOR, A. M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 35., 1998, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu, SP: SBZ, 1998. p. 165-178.
- PIOVESAN, Vanessa; OLIVEIRA, Vladimir de; GEWEHR, Clóvis Eliseu. Milhos com diferentes texturas de endosperma e adição de alfa-amilase na dieta de leitões. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 41, n. 11, p.2014-2019, out. 2011.
- ROPPA, L. Avanços na nutrição de leitões. **Anuário Suinícola**, São Paulo, jan. 1988.
- RUIZ, Urbano dos Santos et al. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p.458-468, 2008.
- RUTZ, Fernando; CAPORASO, Patricia. **Fermentação em Estado Sólido: A evolução na produção de enzimas**. 2007. Página da APAVI: Associação Paranaense de Avicultura. Disponível em: <http://apavi.com.br/index.php?pag=conteudo&id_conteudo=1157&idmenu=165>. Acesso em: 28 dez. 2018.
- SCHMIDT-NIELSEN, Knut. **Fisiologia Animal: Adaptação e Meio Ambiente**. 5. ed. São Paulo: Santos, 2002. 616 p.
- THOMANN, Robert V.; MUELLER, John A. **Principles of Surface Water Quality Modeling and Control**. New York: Harper & Row, 1987. 644 p.
- TORTORA, Gerard J.; GRABOWSKI, Sandra Reynolds. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 1008 p.
- TRINDADE NETO, M. A. et al. Dietas e níveis proteicos para leitões desmamados aos 28 dias de idade - fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 1, p.92-99, fev. 1994.
- VINOKUROVAS, Sylvia Luiza. **Utilização de complexo enzimático em rações contendo farelo de gérmen de milho desengordurado para suínos em crescimento e terminação**. 2009. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina Veterinária, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.
- WENK, C.; WEISS, E.; BEE, G. Interaction between a phytase and a carbohydrase in a pig diet. In: **ENZYMES IN ANIMAL NUTRITION**, 1., 1993, Switzerland. **Proceedings...** Switzerland: Kartause Ittinge, 1993. p. 160-164.
- ZARDO, Ademir Otavio; LIMA, Gustavo J. M. M. de. **Boletim Informativo de Pesquisa: Alimentos para suínos**. 12. ed. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 1999. 60 p.
- ZIEGERHOFER, J. Einfluss von Zinkoxid auf die enteropathogen E. coli von Absetzferkeim im Feldversuch. **Wiener tierärztliche Monatsschrift**. v. 52, p. 503-508, 1988.