

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SUDESTE DE MINAS GERAIS – *CAMPUS* RIO POMBA**

MESTRADO PROFISSIONAL EM NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO ANIMAL

TÚLIO OTÁVIO DE ARAÚJO LIMA NETO

**COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DE
RAÇÕES UMEDECIDAS SUPLEMENTADAS COM COMPLEXO
ENZIMÁTICO PARA SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO**

**RIO POMBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019**

TÚLIO OTÁVIO DE ARAÚJO LIMA NETO

**COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DE
RAÇÕES UMEDECIDAS SUPLEMENTADAS COM COMPLEXO
ENZIMÁTICO PARA SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO**

**RIO POMBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019**

TÚLIO OTÁVIO DE ARAÚJO LIMA NETO

**COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DE
RAÇÕES UMEDECIDAS SUPLEMENTADAS COM COMPLEXO
ENZIMÁTICO PARA SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada ao *Campus* Rio Pomba, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, como requisito parcial para a conclusão do curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Mestrado Profissional em Nutrição e Produção Animal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador(a): Professor Sérgio de Miranda Pena

RIO POMBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Jofre Moreira – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – *Campus Rio Pomba*.

Bibliotecária: Tatiana dos Reis Maciel CRB 6 / 2711.

L732c Lima Neto, Túlio Otávio de Araújo.
Coeficientes de digestibilidade de nutrientes de rações umedecidas suplementadas com complexo enzimático para suínos na fase de crescimento. / Túlio Otávio de Araújo Lima Neto. – Rio Pomba, 2019.
25f. : il.

Orientador: Dsc. Sérgio de Miranda Pena.

Trabalho de Conclusão de Curso de Pós Graduação Stricto Sensu – Mestrado profissional em Nutrição e produção animal - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Campus Rio Pomba.

1. Nutrição animal - suínos. 2. Ração úmida. 3. Suplementação. I. PENA, Sérgio de Miranda (Orient.). II. Título.

CDD: 636.084

TÚLIO OTÁVIO DE ARAÚJO LIMA NETO

**COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DE
RAÇÕES UMEDECIDAS SUPLEMENTADAS COM COMPLEXO
ENZIMÁTICO PARA SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada ao *Campus* Rio Pomba, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, como requisito parcial para a conclusão do curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Mestrado Profissional em Nutrição e Produção Animal para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA: 06 de fevereiro de 2019.

D.Sc Francisco Carlos de Oliveira
Silva
Coorientador

D.Sc Guilherme de Souza Moura

D.Sc Michele de Oliveira Mendonça

D.Sc Hebert Silveira

D.Sc Sérgio de Miranda Pena
Orientador

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre me abençoar e me guiar na melhor direção.

Ao Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, *Campus* Rio Pomba, pela oportunidade de concluir esta etapa importante.

Ao Professor Sérgio de Miranda Pena, pela orientação, pelo ensinamento e pelo apoio durante todo curso.

Ao Professor Guilherme de Souza Moura e à Empresa Alltech do Brasil, pela oportunidade de execução deste projeto.

Aos Professores do programa de Mestrado Profissional em Nutrição e Produção Animal, pelos ensinamentos repassados, em especial à Professora Michele e ao Professor Francisco.

Ao Hebert Silveira, pela amizade e pela disponibilidade em participar de mais esta etapa.

Aos funcionários da Seção do Setor de Suinocultura e do Laboratório de Nutrição e Pesquisa Animal, à Amanda Rodrigues, Ana Karolina, Luanna e Victória por me ajudarem na condução do experimento e das análises laboratoriais.

Aos meus pais, Túlio e Vânia, aos meus irmãos, Daniel e Rodrigo, e a toda minha família por me apoiar em todos os momentos.

À Letícia, por todo apoio, carinho, amor e dedicação. Sem ela, nada disso estaria acontecendo.

Aos amigos que fiz durante esse curso, pela ajuda e companheirismo durante as semanas em Rio Pomba.

À empresa Master Alimentos Ltda. que me concedeu todo o tempo necessário para a conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	iii
ABSTRACT	iv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Fisiologia digestiva e enzimática de suínos	2
2.2 Componentes antinutricionais na ração de suínos.....	3
2.3 Utilização de enzimas exógenas e complexos enzimáticos.....	4
2.4 Fatores que alteram os efeitos de enzimas exógenas	6
2.5 Ração úmida	6
2.6 Considerações finais	8
3 OBJETIVO GERAL.....	9
3.1 Objetivo específico.....	9
4 MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1 Animais e instalações.....	10
4.2 Delineamento e dietas experimentais	10
4.3 Período experimental e de adaptação dos animais	12
4.4 Coleta de fezes e análises de digestibilidade.....	12
4.5 Análise estatística	13
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	20
ANEXO	25

RESUMO

LIMA NETO, Túlio Otávio, Mestrado Profissional em Nutrição e Produção Animal, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Fevereiro de 2019. **Coefficientes de digestibilidade de nutrientes de rações umedecidas suplementadas com complexo enzimático para suínos na fase de crescimento.** Orientador: Sérgio de Miranda Pena. Coorientador: Francisco Carlos de Oliveira Silva.

Objetivou-se avaliar o efeito de uma ração úmida e de um complexo enzimático sobre a digestibilidade da matéria seca, cinza, extrato etéreo, nitrogênio e fósforo, de suínos em crescimento. O experimento foi realizado na Seção de Suinocultura do IF Sudeste MG *Campus* Rio Pomba. Foram utilizados 24 animais de alto potencial genético obtidos do cruzamento entre Duroc, Large White e Landrace, machos castrados, em fase de crescimento (peso inicial: $44,55 \pm 19,6$ kg), alojados em gaiola metabólica. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 2x2. Foram quatro tratamentos: 1) ração seca com complexo enzimático; 2) ração úmida com complexo enzimático; 3) ração seca sem complexo enzimático; 4) ração úmida sem complexo enzimático, seis repetições e um animal por parcela experimental. Realizou-se o arraçãoamento duas vezes por dia. A proporção entre ração e água foi 1:1. O período experimental foi de 13 dias, sendo cinco dias de adaptação, três dias para regularização do consumo metabólico e cinco dias finais para coleta de fezes. As fezes foram coletadas diariamente para a avaliação, em laboratório, do coeficiente de digestibilidade da matéria seca, cinzas, extrato etéreo, nitrogênio e fósforo. O coeficiente de digestibilidade foi realizado pela fórmula: $CDA = (NI - NF) / NI \times 100$. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de F (5%), pelo programa estatístico R. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na interação estratégia alimentar e uso de complexo enzimático sobre a digestibilidade. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) da estratégia alimentar sobre a digestibilidade. Os animais que receberam a ração com complexo enzimático apresentaram menor ($p < 0,05$) coeficiente de digestibilidade cinzas e fósforo em relação aos animais que não receberam o complexo. Conclui-se que a inclusão do complexo enzimático às rações de suínos em crescimento, compostas principalmente por milho e farelo de soja, não promove incrementos na digestibilidade dos nutrientes das rações.

Palavras-chave: Enzima, Fator antinutricional, Ração úmida, Suplementação.

ABSTRACT

LIMA NETO, Túlio Otávio, Professional Master in Animal Nutrition and Production, Federal Institute of Education, Science and Technology of the Southeast of Minas Gerais, February 2019. **Nutrient digestibility coefficients of moist feed supplemented with enzymatic complex for swine in the growth phase.** Advisor: Sérgio de Miranda Pena. Co-advisor: Francisco Carlos de Oliveira Silva.

The objective in this research was to evaluate the wet feed effect and an enzymatic complex on the digestibility of dry matter, ash, etheral extract, nitrogen and phosphorus of growing swine. The experiment was carried out in the Swine Section of the Southeast IF MG *Campus* Rio Pomba. Twenty-four animals of high genetic potential obtained from the crossbreeding between Duroc, Large White and Landrace, castrated males, in the growth phase (initial weight: 44.55 ± 19.6 kg) housed in a metabolic cage were used. The animals were distributed in a complete randomized block design with 2x2 factorial. Four treatments were used: 1) dry feed with enzymatic complex; 2) moist feed with enzymatic complex; 3) dry feed without enzymatic complex; 4) moist feed without enzymatic complex, six replicates and one animal per experimental plot. The feeding was done twice a day. The ratio of feed and water was 1:1. The experimental period was 13 days, five days of adaptation period, three days for regularization of metabolic consumption and five days for fecal collection. The feces were collected daily for the laboratory evaluation of the dry matter digestibility coefficient, ash, etheral extract, nitrogen and phosphorus. The digestibility coefficient was calculated using the formula: $CDA = (NI - NF) / NI \times 100$. The data were submitted to variance analysis and compared by the F test (5%), by the statistical program R. There was no significant difference ($p > 0.05$) in the feed strategy interaction and using enzymatic complex on digestibility. There was no significant difference ($p > 0.05$) of the feed strategy on digestibility. The animals that received the feed with enzymatic complex showed lower ($p < 0.05$) coefficient of digestibility of ashes and phosphorus in relation to the animals that did not receive the complex. It was concluded that the inclusion of the enzymatic complex in the feed of growing swine, composed mainly of maize and soybean meal, did not promote increases in the digestibility of feed nutrients.

Keywords: Enzyme, Antinutritional factor, Moist feed, Supplementation.

1 INTRODUÇÃO

A evolução da suinocultura brasileira tornou o país o quarto maior produtor e exportador de carne suína no mundo. A alta produtividade é potencializada pelo conhecimento dos profissionais quanto às exigências nutricionais dos suínos em diferentes fases da vida e quanto ao valor nutricional dos ingredientes das rações.

Tendo em vista que os gastos com alimentação representam cerca de 70% do custo de produção, buscam-se utilizar ingredientes alternativos que possibilitem otimizar o desempenho zootécnico dos animais aliado a melhor relação custo:benefício. Os obstáculos para as inclusões destes ingredientes são os fatores antinutricionais, que podem diminuir a absorção de nutrientes da ração.

Com base nisso, a utilização de enzimas exógenas tem se destacado como uma alternativa para a redução de fatores antinutricionais, com possível melhora na digestibilidade dos nutrientes e conseqüentemente melhor desempenho animal.

O efeito ou não de enzimas exógenas sobre o desempenho pode ser influenciado por fatores como a forma de suplementação da enzima, o tipo de ingrediente utilizado, temperatura ambiental, idade do animal e a forma como a ração é ofertada.

Outra possível forma de se melhorar a digestibilidade de ingredientes tem sido o fornecimento de ração úmida, que possibilita maior ação de enzimas exógenas adicionadas na dieta (MISSOTTEN et al., 2010).

Contudo, é importante avaliar os ingredientes utilizados nas rações, o momento de realizar a inclusão e saber os benefícios que a adição de uma enzima ou complexo enzimático poderá trazer para a produção de suínos.

O objetivo deste estudo foi determinar e avaliar o coeficiente de digestibilidade de nutrientes de rações para suínos na fase de crescimento suplementadas com complexo enzimático e ofertadas através de ração úmida.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fisiologia digestiva e enzimática de suínos

O bom desempenho de suínos depende do aproveitamento dos nutrientes presentes na dieta e este é proveniente de características fisiológicas do sistema digestivo. Com isso, é importante compreender tais características fisiológicas e enzimáticas, que possibilitam a absorção dos produtos da digestão.

Os animais não ruminantes apresentam uma digestão de alimentos realizada em grande parte por intermédio de enzimas digestivas produzidas pelo animal. As enzimas são proteínas globulares que age como catalizadores biológicos, aumentando a velocidade das reações químicas do organismo (DELMASCHIO, 2018).

As secreções de enzimas no trato digestório dos suínos se iniciam na saliva. As glândulas salivares secretam uma pequena quantidade de amilase e sua importância na digestão do amido é pequena devido ao pouco tempo que a enzima fica em contato com o alimento ingerido (SANTOS et al., 2016).

No estômago ocorre a digestão gástrica das proteínas pela pepsina. Isto ocorre pois, com a ingestão da ração, as células parietais do estômago são estimuladas e produzem ácido clorídrico que conseqüentemente, ativam o pepsinogênio, uma enzima precursora da pepsina (SUIRYANRAYNA; RAMANA, 2015). Já a digestão de carboidratos no estômago é pequena pois a acidificação do bolo alimentar inativa a amilase salivar. Esta digestão só é reiniciada pela amilase pancreática na porção anterior do intestino delgado (BERTECHINI, 2004).

É no intestino delgado onde ocorre a digestão enzimática final de carboidratos, lipídeos e proteínas. Com a ajuda da secreção biliar, o pH é neutralizado no duodeno, a primeira porção do intestino delgado. Nesta porção existem dutos que o ligam ao pâncreas exócrino, e este, produz a secreção pancreática composta por proteases, lipases, carboidrases e nucleases (YEN, 2001). A medida que o suíno cresce, a secreção pancreática aumenta e a atividade das enzimas também (SANGILD et al., 2002). Porém, não só o pâncreas secreta enzimas no intestino delgado, mas também os enterócitos que são as células da membrana intestinal (CUNNINGHAM, 2002).

Para compreender a dinâmica do complexo enzimático é importante interligar esse mecanismo à idade do animal. Durante o aleitamento, a lactase é a enzima predominantemente produzida pelos enterócitos no intestino de leitões para que haja a digestão da lactose do leite. E sua atividade alcança seu pico na terceira semana de vida do animal (KELLY; KING, 2001). Após o desmame, inicia-se a adaptação de outras enzimas digestivas devido a inclusão da alimentação sólida. Nesse momento, a atividade da pepsina, α -amilase, maltase e sacarase aumenta e a atividade da lactase diminui (MAXWELL; CARTER, 2001). Mas esse aumento é gradativo porque o sistema digestivo necessita se adaptar à novas propriedades físico-químicas dos alimentos.

Como no sistema industrial o desmame é realizado precocemente, os leitões apresentam dificuldade para digerir a ração iniciada na creche devido ao despreparo e à produção insuficiente de enzimas. Este é um momento crítico da produção de suínos.

2.2 Componentes antinutricionais na ração de suínos

A suinocultura é um sistema de produção que tem se modernizado constantemente. No manejo ocorre a redução do período de aleitamento e aumento do número de partos por matriz ao ano. Ocorre, assim, a inclusão precoce de ingredientes de origem vegetal na dieta. Os produtores também lançam mão de possibilidades como a inclusão de ingredientes alternativos. São ingredientes que minimizam o problema de sazonalidade e baixa oferta dos ingredientes tradicionais.

Esta alta intensidade na produtividade pode limitar o crescimento de leitões desmamados devido a secreção limitada de enzimas endógenas, capacidade de absorção intestinal reduzida, escassa secreção de ácidos e reduzida ingestão de água e ração (ARAÚJO et al., 2003).

As dietas pós-desmame de sistemas intensivos apresentam como principais ingredientes os produtos de origem vegetal. Estes possuem fatores antinutricionais como os polissacarídeos não amiláceos (PNA), oligossacarídeos (galactosil, β -galactomanas e α -galactosídeos) e o fitato que podem limitar o total aproveitamento dos nutrientes da ração (HUISHMAN; TOLMAN, 1992).

O farelo de soja possui elevada fração de PNA. Outros grãos como o tritcale, trigo, centeio e cevada, mesmo que utilizados em menor frequência no Brasil, também apresentam como barreira o PNA, uma fração fibrosa que não é hidrolisada pelas enzimas endógenas (FURLAN et al., 1997). Até mesmo o milho contém entre 9,7 e 10,3% de PNA totais (DIERICK; DECUYPERE, 1994).

Os PNA, vezes denominados simplesmente de fibra, compreendem polissacarídeos como celulose, hemicelulose (composta por arabinoxilano e beta-glucano), quitina e pectinas encontrados na parede celular de alguns grãos. Sua complexidade está no fato de animais não ruminantes não possuírem capacidade enzimática para digerir tais componentes e, assim, afetarem a digestibilidade (DIERICK; DECUYPERE, 1994).

Além disso, os PNA solúveis possuem capacidade de ligar-se a grande quantidade de água aumentando a viscosidade do conteúdo intestinal. Essa capacidade classifica os PNA em dois tipos, sendo os solúveis aqueles que formam uma solução homogênea com a água e os insolúveis aqueles que não formam (LIMA; VIOLA, 2001).

O aumento da viscosidade diminui o acesso de enzimas endógenas ao nutriente. Além de diminuir o trânsito alimentar no intestino interferindo negativamente na ingestão de alimento pelo animal (KERNKANP; DURAN, 1991). Ocorre a maior disponibilidade de nutrientes para proliferação de microrganismos patogênicos no intestino (BEDFORD, 1995)

O fitato, conhecido como ácido fítico, também é considerado como um fator antinutricional para não ruminantes. Ele é armazenado principalmente na camada de aleurona dos grãos (ADEOLA; COWIESON, 2011) e é a principal forma de armazenamento do fósforo nos dois principais ingredientes das rações de suínos, o milho e o farelo de soja. Classifica-se como um fator antinutricional, pois o trato gastrointestinal de não ruminantes não sintetiza a enzima fitase (SANTOS; NUNES; LOPES, 2008).

2.3 Utilização de enzimas exógenas e complexos enzimáticos

Existe interesse em minimizar os efeitos de fatores antinutricionais e as enzimas exógenas correspondem a um grande avanço na nutrição animal em

relação a essa demanda. São diversas pesquisas que buscam esclarecer os benefícios da sua utilização na produção animal.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento classifica as enzimas exógenas como aditivos zootécnicos, pertencentes ao grupo funcional dos aditivos zootécnicos digestivos. Sua utilização pode ser a fim de complementar quantitativamente a ação de enzimas endógenas ou auxiliar em relação a enzimas que os animais não podem sintetizar ou sintetizam em pequenas quantidades.

As enzimas exógenas podem ser obtidas industrialmente e uma forma é por meio de sua produção por fungos, bactérias e leveduras. Esses microrganismos produzem enzimas que degradam várias formas de celulose, amido, proteína, açúcares e fósforo (CAMPESTRINI et al., 2005).

Segundo Soto-Salanova (1996), as enzimas exógenas rompem as paredes celulares de fibras, reduzem a viscosidade da digesta no intestino, degradam as proteínas e reduzem fatores antinutricionais, suplementando a ação de enzimas endógenas que o animal ainda não produz satisfatoriamente.

Os principais objetivos da suplementação são remover fatores antinutricionais, potencializar a ação de enzimas endógenas, aumentar a digestibilidade total da ração e reduzir impacto ambiental diminuindo a excreção de nitrogênio e fósforo (LIMA et al., 2007).

Segundo Mosenthin e Broz (2010), a adição de fitase microbiana às dietas de suínos pode melhorar significativamente a utilização do fitato reduzindo a excreção de fósforo de 30 a 50%.

Pesquisadores têm encontrado resultados indicando que com a utilização de complexos, as enzimas podem apresentar efeitos sinérgicos e melhorar a digestibilidade de nutrientes em animais não ruminantes. Olukosi, Sands e Adeola (2007) observaram que a combinação de carboidrase e fitase foi eficiente na melhora da digestibilidade do fósforo em suínos desmamados e em crescimento. A combinação de xilanase e fitase também resulta em melhora na digestibilidade, dessa vez para energia e fósforo em suínos em crescimento (NORTEY et al., 2007).

Para contemplar os benefícios da inclusão de enzimas exógenas, é importante que elas sejam escolhidas de acordo com as condições de produção e da composição das rações oferecidas aos animais. Assim, pode-se obter sucesso na junção de enzimas na forma de complexo enzimático.

2.4 Fatores que alteram os efeitos de enzimas exógenas

Algumas condições podem interferir no efeito da adição de enzimas ou complexos enzimáticos sobre o metabolismo e desempenho de suínos suplementados. Um fator importante é a idade do animal. Segundo Lindemann et al. (1986), animais mais jovens apresentam o trato digestório imaturo e a produção insuficiente de enzimas endógenas. Com o passar da idade do animal e a maturação de seu sistema enzimático, o impacto da suplementação diminui.

A enzima exógena comercial deve ser protegida quanto à temperatura e o pH ideais. Isso porque altas temperaturas podem desnaturar as enzimas. Já o pH ideal é relativo para cada tipo de enzima (SMIRICKY et al., 2002).

Além disso, o tipo de ingrediente utilizado pode interferir no resultado da suplementação. Quando se utiliza dietas com ingredientes altamente digestíveis, o efeito das enzimas exógenas é menos representativo comparado ao seu uso em dietas com ingredientes com elevados fatores antinutricionais.

O tipo de enzima específica para determinada composição nutricional também é muito importante. Para isso, a matriz nutricional da enzima deve ser conhecida, sendo esse o conceito da quantidade de nutrientes que a dose de uma enzima pode disponibilizar ao animal, sendo essa obtida por meio de ensaios experimentais. Assim, dependendo dos resultados, o fornecedor da enzima preconiza a redução percentual em certos nutrientes da ração.

Outro fator importante que pode interferir na inclusão das enzimas é a forma prática de fornecimento. Existe a forma “*on top*”, na qual a enzima é adicionada em uma formulação sem que haja alteração dos níveis nutricionais. Ou a inclusão das enzimas alterando a fórmula da ração, na qual há uma redução dos nutrientes para que a enzima aja e busque efeito semelhante ao da ração normal. Ou a superestimação de algum nutriente para a adição da enzima exógena.

2.5 Ração úmida

Além da suplementação de aditivos nas rações para suínos, formas de arraçoamento também são avaliadas a fim de minimizar os desgastes gerados pela

inclusão precoce de dieta sólida. Uma das formas avaliadas é a oferta de ração úmida aos suínos. A esse sistema são atribuídas vantagens práticas como a possibilidade de utilizar subprodutos da indústria alimentícia, diminuição do desperdício de ração pela redução do pó e maior conforto animal (JENSEN; MIKKELSEN, 1998). Além disso, a ração úmida pode ter efeitos indiretos que refletem na produtividade animal, como elevação do consumo de ração, aumento da digestibilidade e redução de dejetos (MISSOTTEN et al., 2010).

A ração úmida é muito utilizada para leitões desmamados, mas pesquisadores buscam entender quais os efeitos dessa alternativa para os suínos nas demais fases de vida.

Após o desmame, a oferta de dieta sólida gera mudanças no trato gastrointestinal de leitões como a atrofia das vilosidades. Essa atrofia é gerada por diminuição da ingestão de nutrientes, estresse e prevalência de microrganismos patogênicos. A forma física de oferta da ração é importante nesse momento e a ração úmida é recomendada por ser menos agressiva à estrutura da mucosa intestinal (SILVA et al., 2001) e por melhorar a palatabilidade da ração.

Além disso, nesse momento, o consumo voluntário de água é baixo devido à inclusão da dieta sólida. A oferta de ração úmida é uma alternativa visto que os leitões apresentam receptividade fisiológica para rações com alto teor de umidade (HEIMIG, 1996).

A melhora da digestibilidade em leitões que recebem ração úmida é um ponto de partida para se avaliar se há interferência dessa forma de ração sobre o desenvolvimento enzimático. Hurst et al. (2008) não observaram diferença no consumo de ração de suínos na fase de crescimento tratados com dieta seca e dieta líquida na proporção de 1:3. Porém, os animais que receberam dieta líquida apresentaram maior ganho de peso e maior peso vivo ao final da fase de crescimento indicando que, possivelmente, houve melhora no aproveitamento dos nutrientes ingeridos.

Silva et al. (2001) observaram que leitões de creche que receberam dieta úmida apresentaram maior altura de vilosidade no duodeno que leitões que receberam dieta seca, mas o efeito positivo sobre a estrutura da mucosa intestinal não foi acompanhado de favorecimento do perfil enzimático. Não houve diferença nas atividades das enzimas sacarase, maltase e dipeptidase na mucosa intestinal.

Considerando a possibilidade da ingestão de ração úmida na fase de creche interferir sobre a fase de crescimento e terminação, pesquisadores avaliam essas condições. Segundo Silva et al. (2002), leitões desmamados que receberam ração seca e ração úmida não apresentaram diferença quanto ao consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar. A oferta de ração úmida na creche não foi capaz de melhorar o desempenho dos animais quando esses chegaram à fase de crescimento e terminação.

Em um estudo com suínos em terminação, Farias et al. (2013) observaram que não houve efeito da ração úmida nas proporções água:ração de 1:1 e de 2:1 sobre a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, cálcio, fósforo e energia bruta da ração nessa fase de vida.

Apesar de algumas pesquisas não apresentarem efeito positivo da ração úmida sobre o desempenho na fase de crescimento e terminação, novas possibilidades giram em torno de adequar essa forma de arraçamento ao uso de aditivos. Segundo Brooks, Beal e Niven (2003), a ração úmida permite que as condições gástricas sejam mais apropriadas para a ação das enzimas exógenas incluídas nas dietas.

2.6 Considerações finais

Os produtores de suínos estão investindo em novas tecnologias para aumentar a produtividade, mas uma realidade cada vez maior é a inclusão de ingredientes alternativos que minimizem os custos e que sejam capaz de manter a produtividade.

A suplementação de enzimas exógenas é uma alternativa que melhora o aproveitamento da ração e permite a eliminação de fatores antinutricionais presentes em ingredientes alternativos. Essa tecnologia, aliada ao uso de ração úmida, é um caminho de pesquisas visto que existe a possibilidade dessa forma de arraçamento potencializar a atividade enzimática.

3 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se com este estudo determinar e avaliar o coeficiente de digestibilidade de nutrientes de rações para suínos na fase de crescimento suplementadas com complexo enzimático e ofertados por meio de ração úmida.

3.1 Objetivo específico

Verificar o coeficiente de digestibilidade da matéria seca, cinzas, extrato etéreo, proteína bruta e fósforo de rações para suínos na fase de crescimento suplementadas com ou sem complexo enzimático e ofertados por meio de ração úmida ou seca.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Seção de Suinocultura do IF Sudeste MG *Campus* Rio Pomba, localizada no município de Rio Pomba, Minas Gerais. Os procedimentos foram aprovados sob o Protocolo nº 07/2017, pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) do IF Sudeste MG.

4.1 Animais e instalações

Foram utilizados 24 suínos de alto potencial genético (Duroc x Large White x Landrace), machos castrados e peso inicial de $44,55 \pm 19,6$ kg. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas, descritas por Pekas (1968). A temperatura e umidade do ar foram monitoradas todos os dias, às 7 e 17 horas, durante o período experimental, através de um aparelho termohigrômetro.

4.2 Delineamento e dietas experimentais

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2x2, com ou sem complexo enzimático e umedecida ou não, sendo o peso inicial utilizado na formação dos blocos. Os animais foram distribuídos em quatro tratamentos, com 6 repetições e a unidade experimental composta por um animal. Os tratamentos foram: 1) ração seca com complexo enzimático; 2) ração úmida com complexo enzimático; 3) ração seca sem complexo enzimático; 4) ração úmida sem complexo enzimático.

O complexo enzimático fornecido continha as enzimas pectinase, protease, fitase, betaglucanase, xilanase, celulase e amilase (Quadro 1).

Quadro 1 - Composição do complexo enzimático utilizado no experimento.

ENZIMA	NÍVEIS DE GARANTIA
Pectinase (Min.)	4.000 u/g
Protease (Min.)	700 u/g
Fitase (Min.)	300 u/g
Betaglucanase (Min.)	200 u/g
Xilanase (Min.)	100 u/g
Celulase (Min.)	40 u/g
Amilase (Min.)	30 u/g

Os animais receberam a mesma dieta experimental nos quatro tratamentos (Tabela 1), alterando apenas o fornecimento do complexo enzimático.

Tabela 1 - Composição centesimal e valores nutricionais calculados da dieta utilizada no experimento.

Ingredientes	Kg/100kg
Milho	42,00
Farelo de Soja 45% PB	10,00
Sorgo Grão	20,00
Farelo de arroz integral	10,70
Farinha de glúten de milho ¹	7,60
Farinha de penas	2,50
Farinha de carne e ossos	2,50
Inerte ²	2,45
Calcário Calcítico	1,50
Sal comum	0,50
Suplemento mineral e vitamínico ³	0,16
Sulfato de cobre	0,05
Bacitracina de zinco	0,03
Fitase	0,01
Níveis de garantia	
Energia metabolizável, Kcal/kg	3054,61
Extrato Etéreo (%)	4,53
Proteína bruta	16,00
Fibra Bruta (%)	5,00
Lisina Total (g/kg)	6,60
Metionina (mg/kg)	2573,76
Ca (%)	1,10
P total (%)	0,70
Cinzas (%)	8,50

¹Produto comercial com 21% de Proteína Bruta. ²Caulin composto por silicatos hidratados de alumínio. ³Polimix contendo por kg de produto: Vitamina A: 5.600.000 UI; Vitamina B1: 400 mg; Vitamina B12: 11.000 mcg; Vitamina B2: 1.600 mg; Vitamina B6: 500 mg; Vitamina D3: 500.000 UI; Vitamina E: 5.000 mg; Vitamina K3: 1.000 mg; Biotina: 10 mg; Niacina: 14 g; Ácido Fólico: 350 mg; Ácido Pantotênico: 5.400 mg; Cobalto 125 mg; Cobre 9.000 mg; Ferro 48 g; Iodo 125 mg; Manganês 25 g; Selênio 75 mg; Zinco 48 g.

4.3 Período experimental e de adaptação dos animais

O período experimental total foi de 13 dias. Nos primeiros cinco dias houve o período de adaptação dos animais às gaiolas e às dietas no trato gastrintestinal, nos seguintes três dias houve o período para regularização do consumo metabólico e nos cinco dias finais ocorreu a coleta das amostras de fezes (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

Durante a fase de adaptação foi quantificado, diariamente, o consumo voluntário de cada animal por meio de coletas de sobras das rações, para determinar o consumo/unidade de tamanho metabólico (UTM) de cada animal. Baseado no menor consumo dentro de cada bloco, foi determinada a quantidade da dieta a ser fornecida para cada bloco durante o período experimental.

O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia, entre 7h e 8h e entre 16h e 17h. A água foi fornecida à vontade. A relação água:ração utilizada para caracterizar a ração úmida experimental foi de 1:1 litros e a mistura realizada imediatamente antes do fornecimento aos animais.

4.4 Coleta de fezes e análises de digestibilidade

Seguindo a metodologia de Detmann et al. (2012), foram realizadas as coletas e as análises de digestibilidade. O método adotado foi o de coleta total de fezes sem uso de marcador, descrito por Sibbald e Slinger (1963). As fezes foram coletadas diariamente, pesadas e homogeneizadas, sendo retirada, em seguida, uma alíquota de 20% do conteúdo total, acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e posteriormente armazenados em freezer a -11 °C.

Após o término do período de coleta, as fezes foram descongeladas à temperatura ambiente e homogeneizadas. As amostras foram pré-secas a 55 °C por 72 horas em estufa de ventilação forçada para a determinação da primeira umidade (ASA). Posteriormente, foi realizada a moagem da amostra que foi acondicionada em embalagens plásticas identificadas para as análises de matéria seca a 105 °C (ASE). A análise de matéria mineral foi realizada com 2 gramas de fezes e levados ao forno Mufla aumentando a temperatura a cada 100 °C, até atingir 550 °C por 4

horas. Para determinação do extrato etéreo, 2 gramas de fezes secas foram submetidas à extração com éter de petróleo em aparelho de extração de gordura, por 6 horas, a 60 °C. Em seguida as amostras foram colocadas em estufa a 105 °C por 30 minutos para a evaporação do éter e permanência apenas da gordura.

A determinação de fósforo foi realizada por digestão nitroperclórica da solução mineral, a partir de 1mL desta, seguida de leitura em espectrofotômetro de absorção atômica com base em curvas padrão.

O método de *Kjeldahl* foi o método utilizado para determinar o nitrogênio. Primeiramente houve a digestão de 0,002g da amostra em bloco digestor por até 2 horas, a 400 °C, na qual o nitrogênio é transformado em amônia. Seguida da destilação em que a amônia é separada e recolhida em uma solução receptora de ácido bórico. A determinação quantitativa da amônia foi feita por meio de titulação.

O coeficiente de digestibilidade aparente (CD) da matéria seca, cinza, extrato etéreo, nitrogênio e fósforo foram determinados por meio da fórmula descrita a seguir (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016):

$$CD = [(NI - NF) / NI] \times 100.$$

Em que:

NI = Quantidade de nutriente ou energia ingerido e

NF = Quantidade de nutriente ou energia fecal.

4.5 Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Lilliefors, a 5 % de probabilidade. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste F, a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do Programa Estatístico R, através do pacote estatístico ExpDes.pt (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2013).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, a temperatura máxima do ar mensurada foi 31,5°C e a mínima 22°C, com média de 27°C. A umidade relativa média do ar foi de 77,9%. De acordo com pesquisas realizadas no Brasil, a temperatura de conforto térmico média para suínos em crescimento é 22,1°C (FERREIRA, 2011), enquanto a temperatura crítica para estresse por calor é 31,9°C. Sendo assim, a temperatura máxima encontrada neste estudo atingiu a zona crítica para suínos em crescimento, o que pode ter implicado em um aumento da frequência do ritmo respiratório, sendo a respiração a principal forma de dissipação de calor dos suínos, pois as glândulas sudoríparas são de baixa eficiência.

Verificou-se que não houve interação entre ração umedecida, ou não, e suplementação, ou não, com complexo enzimático ($p>0,05$) sobre o coeficiente de digestibilidade da matéria seca, cinzas, extrato etéreo, nitrogênio e fósforo de rações de suínos em crescimento.

Tabela 2 - Efeito do complexo enzimático sobre o coeficiente de digestibilidade da matéria seca, cinzas, extrato etéreo, nitrogênio e fósforo de suínos em crescimento alimentados com ração úmida ou seca.

Item	Estratégia alimentar		Valor de p	Uso do complexo enzimático		Valor de p	Valor de p Umidade x Enzima	CV (%)
	Seca	Úmida		Sem	Com			
Matéria Seca	90,46	87,98	0,151	90,40	88,04	0,170	0,824	4,51
Cinzas	55,50	50,27	0,443	60,53 ^a	45,23 ^b	0,036	0,830	30,78
Extrato Etéreo	79,94	70,73	0,073	78,33	72,34	0,229	0,181	15,54
Nitrogênio	89,61	86,71	0,094	89,41	86,91	0,144	0,498	4,51
Fósforo	90,66	90,91	0,865	93,60 ^a	87,97 ^b	0,001	0,995	3,88

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem ($p<0,05$). p – Probabilidade. CV – Coeficiente de variação

l'Anson, Choct e Brooks (2013) também realizaram um experimento, no qual avaliaram a combinação de enzimas exógenas e alimentação líquida sobre a digestibilidade de ração de leitões desmamados. Diferente do atual estudo, os autores utilizaram a relação ração:água de 1:2,5. Não foi observado efeito da xilanase sobre a digestibilidade da ração líquida, no entanto, foi observado que a

inclusão de fitase melhorou a digestibilidade de nutrientes de rações ofertadas na forma seca. Segundo os autores, em dietas líquidas, a ação da fitase microbiana pode resultar em uma hidrólise do fitato próxima de 100%, o que pode ter alterado a relação cálcio e fósforo. Neste trabalho sugere-se que mais pesquisas sejam realizadas para determinar a significância da disponibilidade de cálcio e fósforo quando dietas são formuladas para serem alimentadas de forma líquida ou umedecida.

Considerando a combinação de enzimas exógenas e ração líquida para animais em crescimento e terminação, Villca et al. (2016) encontraram resultados positivos com a melhora da digestibilidade, sendo observada ao final da fase de crescimento, quando a dieta experimental continha 50% de centeio, e ao final da fase de terminação, quando continha 77% de centeio. Sendo assim, para a inclusão de ingredientes ricos em fatores antinutricionais, como o centeio rico em PNA, espera-se melhor resposta do complexo enzimático, pois as enzimas encontrariam quantidades significativas de substrato para atuarem.

Ao analisar cada fator separadamente, verificou-se que o umedecimento ou não da ração não influenciou ($p > 0,05$) o coeficiente de digestibilidade da matéria seca, cinzas, extrato etéreo, nitrogênio e fósforo de suínos em crescimento.

A utilização de ração úmida visa melhorar a disponibilidade dos nutrientes dos alimentos. Esse efeito pode ser observado quando rações úmidas são fornecidas a animais recém-desmamados, sendo essa a fase em que é necessário adaptar o animal à nova dieta, estimular o consumo e garantir a manutenção da integridade intestinal para que haja bom desenvolvimento do sistema enzimático (PLUSKE; HAMPSON; WILLIAMS, 1997). Mas também há pesquisas que apresentam os benefícios dessa forma de arração a animais em outras fases da produção, como na fase de crescimento do presente estudo.

No período subsequente ao desmame de 21 dias, Silva et al. (2001) observaram que a altura de vilosidades do duodeno foi maior para animais tratados com dietas úmidas. Essa manutenção da integridade intestinal observada pode ser um indício de que dietas úmidas melhoram a digestibilidade, uma vez que uma maior altura das vilosidades pode ser associada a um aumento da atividade das enzimas intestinais (PLUSKE; WILLIAMS; AHERNE, 1996).

Resultado positivo também foi observado em estudo de Silva et al. (2011), no qual suínos com peso médio de 19,0 kg, recebendo dieta úmida na proporção 1:1 de

água e ração, apresentaram melhor coeficiente de metabolização da proteína bruta em relação aos animais que receberam ração seca.

Apesar desses resultados favoráveis encontrados na literatura, no atual estudo não foi observada melhora na digestibilidade. Assim como Farias et al. (2013) também não observaram melhora no coeficiente de digestibilidade dos nutrientes de dietas de suínos na fase de terminação arraçoados com ração úmida. Em ambos os trabalhos, o fornecimento de ração foi na forma não fermentada. Segundo Canibe e Jensen (2003), o fornecimento da ração imediatamente após a mistura com a água não permite que haja a fermentação capaz de promover o equilíbrio entre o pH da dieta e do ambiente intestinal, o que poderia melhorar a ação de enzimas pancreáticas e intestinais no trato gastrointestinal dos suínos.

Ao longo dos anos, podemos observar que a relação ideal de ração e água foi tema de pesquisas e que não é simples definir uma quantidade adequada para o preparo da ração úmida para animais em crescimento e terminação. Braude e Rowell (1967) utilizaram as proporções de ração:água sendo 1:1,5 e 1:2,5 e não observaram melhorias no desempenho de suínos, enquanto Barber, Brooks e Carpenter (1991) observaram que suínos recebendo dieta úmida apresentaram uma melhora linear da digestibilidade da matéria seca quando a proporção ração:água aumentou de 1:2 para 1:4. Hurst et al. (2008) também demonstraram que a relação ração:água resultou em melhor resultado quando aumentada, sendo a conversão alimentar melhorada quando a relação foi de 1:1,5 para 1:3. Segundo Gryshchenko et al. (2016), a relação de 1:3 também resultou em melhora da conversão alimentar.

Ao avaliar o efeito isolado do uso de complexo enzimático, observou-se que este não afetou ($p>0,05$) o coeficiente de digestibilidade da matéria seca, extrato etéreo e nitrogênio de suínos em crescimento em comparação aos animais alimentados com ração sem adição de complexo enzimático. No entanto, os animais que receberam dieta com inclusão do complexo enzimático apresentaram menor ($p<0,05$) coeficiente de digestibilidade de cinzas e de fósforo em comparação aos animais que não receberam.

A ração basal, sem adição do complexo enzimático *on top*, apresentava a enzima fitase em sua formulação. Ou seja, os animais tratados com essa ração basal recebiam apenas a enzima exógena fitase, enquanto os animais tratados com o complexo enzimático recebiam as enzimas exógenas do produto comercial, incluindo a enzima fitase presente na ração basal. O excesso de enzimas fornecidas

aos animais alimentados com o complexo enzimático pode ter disponibilizado mais nutrientes fazendo com que eles fossem excretados em maior quantidade. O excesso de minerais, incluindo o fósforo, não teria sido observado na mesma proporção da liberação pelas enzimas, com possível competição por sítio de absorção, levando à redução no coeficiente de digestibilidade.

O uso de fitase na ração de suínos tem sido cada vez mais comum e é importante avaliar a combinação desta com as enzimas do complexo fornecido. Segundo Woyengo, Slominski e Jones (2010) o uso conjunto da carboidrase e fitase pode melhorar a digestibilidade total do fósforo em comparação ao uso apenas da fitase, uma vez que a carboidrase pode hidrolisar o PNA presente na camada aleurona dos grãos e, conseqüentemente, liberar o fitato presente nessa estrutura.

Zeng et al. (2018) observaram que a combinação de carboidrase e fitase melhorou a digestibilidade dos aminoácidos histidina, isoleucina, lisina, treonina, valina, ácido aspártico, serina e glicina. Esse efeito foi observado em animais que receberam ração com alta inclusão de trigo, que é um ingrediente rico em fitato e fibras que estimulam a secreção de mucina no intestino. Como a mucina é rica em treonina, serina, ácido aspártico e glicina, é possível que a combinação de fitase e carboidrase tenha atenuado a secreção de mucina excessiva pelo intestino e diminuído a contagem desses aminoácidos na avaliação. Seria um efeito na diminuição de mucina e não na melhor digestibilidade da ração diretamente.

Por isso, é importante avaliar os ingredientes utilizados na ração experimental em trabalhos de complexos enzimáticos, para que se haja clareza na resposta dos suínos que recebem esse suporte. Em pesquisa realizada por Zeng et al. (2018) observou-se que a suplementação individual de fitase, em rações sem inclusão de trigo, melhorou a digestibilidade total de aminoácidos pelos animais em relação à inclusão dessa enzima em rações com inclusão de trigo. Enquanto, ao utilizar ração com inclusão de trigo, os resultados para digestibilidade de aminoácidos foi melhor quando o fornecimento de fitase foi simultâneo ao fornecimento de carboidrase. No atual trabalho, o coeficiente de digestibilidade de cinzas e fósforo foi superior para animais que receberam ração sem o complexo enzimático, contendo apenas a enzima fitase, indicando que a ação dessa enzima com o complexo não foi favorável. É importante observar que a ração basal utilizada não apresentava trigo em sua formulação.

Outro fator que pode explicar a redução da digestibilidade de fósforo e cinzas pode ser a idade dos animais do estudo e o estágio de desenvolvimento do seu trato gastrointestinal. Animais mais jovens apresentam o trato gastrointestinal menos desenvolvido, resultando em maior efeito de enzimas exógenas, enquanto os animais em crescimento já apresentam um melhor desenvolvimento de enzimas endógenas (LINDEMANN et al., 1986). Mesmo que os ingredientes de maior inclusão nessa ração experimental, o milho e o farelo de soja, contenham teores de PNA e fitato, estes não são suficientes para causar efeitos negativos no aproveitamento dos nutrientes pelos animais na fase de crescimento.

Outra hipótese para a diminuição da digestibilidade de fósforo e de cinzas pode ter sido a capacidade de síntese de ácido clorídrico no estômago e sua interferência na ação enzimática. Como a produção desse ácido no estômago é baixa em leitões recém-desmamados, o pH estomacal se eleva, enquanto a secreção de ácido clorídrico em leitões na fase de crescimento, como no presente estudo, é mais alta e seu pH é mais baixo, se mantendo entre 2,0 e 3,0 (SUIRYANRAYNA; RAMANA, 2015). No atual estudo, os suínos foram avaliados em fase de crescimento, o que pode ter gerado conflito entre o pH mais ácido e a ação de enzimas exógenas.

Em estudo *in vitro*, Dias et al. (2002) observaram que a protease apresenta apenas 64,73% de sua atividade normal quando exposta a pH ácido, o que indica que os resultados de avaliações de digestibilidade de animais em crescimento podem ser influenciados pela produção de ácido clorídrico nessa fase.

Contudo, grande parte dos pesquisadores que observam efeitos positivos da inclusão de complexos enzimático fornecidos a suínos utilizaram rações com ingredientes ricos em PNA como trigo, cevada e casca de soja (BARRERA et al., 2004; MOESER; VAN KEMPEN, 2002; VILLCA et al., 2016; WILLAMIL et al., 2012). Enquanto no atual estudo, as concentrações de fatores antinutricionais pode não ter sido suficientes para prejudicar a digestibilidade dos nutrientes ao ponto de se observar benefícios do complexo enzimático fornecido.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A digestibilidade dos nutrientes não se altera em função da combinação do complexo enzimático e umedecimento de ração. O complexo enzimático, *on top*, não melhora a digestibilidade de matéria seca, extrato etéreo, e nitrogênio de suínos em crescimento, no entanto, reduz a digestibilidade de cinzas e fósforo. O umedecimento da ração na proporção 1:1 não melhora a digestibilidade dos nutrientes de ração de suínos em crescimento.

REFERÊNCIAS

ADEOLA, O.; COWIESON, A. Board-invited review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve non ruminant animal production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 3189–3218, 2011.

ARAÚJO, L. R. S. et al. Utilização de enzimas nas rações para leitões na fase de creche. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2003. p. 299-300.

BARBER, J.; BROOKS, P. H.; CARPENTER, J. L. The effect of four levels of food on the water intake and water to food ratio of growing pigs. **Animal Production**, Bletchley, v. 52, p. 602, 1991.

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

BEDFORD, M. R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use off eed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 2, p. 145-155, 1995.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Não ruminantes**. Lavras: Editora UFLA/FAEPE, 2004. 450 p.

BRAUDE, R.; ROWELL, J. G. Comparison of dry and liquid feeding of Growing pigs. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 68, p. 325–330, 1967.

BROOKS, P. H.; BEAL, J. D.; NIVEN, S. Liquid feeding of pigs. I. Potential for reducing environmental impact and for improving productivity. **Animal Science Papers and Reports**, Penicuik, v. 21, p. 1-7, 2003.

CAMPESTRINI, E. et al. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, MG, v. 2, n. 6, p. 254-267, 2005.

CANIBE, N.; JENSEN, B.B. Fermented and non fermented liquid feed to growing pigs: Effect on aspects of gastrointestinal ecology and growth performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 2019-2031, 2003.

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 3. d. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 579 p.

DELMASCHIO, I. B. Enzimas na alimentação de animais monogástricos. Revisão de literatura. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, Curitiba, v. 2, p. 6-20, 2018.

DETMANN, E. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012.

DIAS, J. C. C. A. et al. *In vitro* assessment of enzyme stability in a commercial protease. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, n. 6, p. 618-622, 2002.

DIERICK, N. A.; DECUYPERE, J. A. Enzymes and growth in pigs. In: COLE, D. J. A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M. A. (Ed.). **Principles of pig science**. Nottingham: Nottingham University, 1994. p. 169-195.

FARIAS, L. A. et al. Adição de água em ração de suínos em terminação. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 14, p. 1-7, 2013.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt**: experimental designs package. R package version 1.1.2. [S. l.: s. n], 2013.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. 2. ed. Viçosa: Aprenda fácil, 2011. 401 p.

FURLAN, A. C. et al. Utilização de complexo multienzimático em dietas de frangos de corte contendo triticales. 1. Ensaio de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 759-764, 1997.

GRYSHCHENKO, S. et al. The impact of wet and dry feeding methods on pigs fattening. **Animal Husbandry: Scientific Articles**, London, n. 64, p. 40-47, 2016.

HEIMIG, D. Why 78% of feeds choose liquid system. **Pigs**, Doetinchen, v. 12, n. 6, p. 9, 1996.

HUISHMAN, J.; TOLMAN, G. H. Antinutritional factors in the plant proteins of diets for non-ruminants. In: GARNSWORTHY, P. C.; HARESIGN, W.; COLE, D. J. A. (Ed.). **Recent advances in animal nutrition**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1992. p. 3.

HURST, D. et al. Effect of liquid feeding at different water-to-feed ratios of the growth performance of growing-finishing pigs. **The Animal Consortium**, Cambridge, v. 2, p. 1297-1302, 2008.

I'ANSON, K. A.; CHOCT, M.; BROOKS, P. H. Effect of feed processing and enzyme supplementation on diet digestibility and performance of male weaner pigs fed wheat-based diets in dry or liquid form. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 53, p. 531-539, 2013.

JENSEN, B. B.; MIKKELSEN, L. L. Feeding liquid diets to pigs. In: GARNSWORTHY, P. C.; WISEMAN, J. **Recent advances in animal nutrition**. Nottingham: University Nottingham, 1998. p. 107-126.

KELLY, D.; KING, T. P. Digestive physiology and development in pigs. In: VARLEY, M. A.; WISEMAN, J. (Ed.). **The weaner pig: nutrition and management**. Nottingham: CABI, 2001. p. 179-206.

KERNKANP, G.; DURAN, L. La cebada: una materia prima útil para aves. In: SEMINARIO SOBRE EL EMPLEO DE ENZIMAS EN LA NUTRICIÓN ANIMAL, 1., Barcelona, 1991. **Anais...** Barcelona: FEDNA, 1991.

LIMA, G. J. M. M.; VIOLA, E. S. Ingredientes energéticos: trigo e triticales na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 1., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2001. p. 33-61.

LIMA, M. R. et al. Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, São Paulo, v. 1, n. 4, p. 99-110, 2007.

LINDEMANN, M. D. et al. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 62, n. 5, p. 1298-1307, 1986.

MAXWELL, C. V.; CARTER, S. D. Feeding the weaned pig. In: LEWIS, A. J.; SOUTHEM, L. L. (Ed.). **Swine nutrition**. 2nd ed. New York: CRC, 2001. p. 692-707.

MISSOTTEN, J. A. M. et al. Fermented liquid feed for pigs: a review. **Archives of Animal Nutrition**, Montreux, v. 64, n. 6, p. 437-466, 2010.

MOESER, A. J.; VAN KEMPEN, T. A. T. G. Dietary fibre level and enzyme inclusion affect nutrient digestibility and excreta characteristics in grower pigs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 82, p. 1606-1613, 2002.

MOSENTHIN, R.; BROZ, J. Mineral digestibility and environmental issues. Efficacy and interactions of phytases. **Livestock Science**, Suwon, v. 134, p. 258-260, 2010.

NORTEY, T. N. et al. Effects of individual or combined xylanase and phytase supplementation on energy, amino acid, and phosphorus digestibility and growth performance of grower pigs fed wheat-based diets containing wheat millrun. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 1432–1443, 2007.

OLUKOSI, O. A.; SANDS, J. S.; ADEOLA, O. Supplementation of carbohydrases or phytase individually or in combination to diets for weanling and growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 1702–1711, 2007.

PEKAS, J. C. Versatiles win elaboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 27, n. 5, p. 1303-1309, 1968.

PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J.; WILLIAMS, I. H. Factor influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 51, p. 215–236, 1997.

PLUSKE, J. R.; WILLIAMS, I. H.; AHERNE, F. X. Maintenance of villus height and crypt depth, and enhancement of disaccharide digestion and monosaccharide absorption, in piglets fed on cows' whole milk after weaning. **British Journal of Nutrition**, London, v. 76, p. 409-422, 1996.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de não ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2016. 262 p.

SANGILD, P. T. et al. Prenatal development of gastrointestinal function in the pig and the effects of fetal esophageal obstruction. **Pediatric Research**, Baltimore, v. 52, n. 3, p. 416-424, 2002.

SANTOS, L. S.; MASCARENHAS, A. G.; OLIVEIRA, H. F. Fisiologia digestiva e nutrição pós desmame em leitões. **Nutritime**, Viçosa, MG, v. 13, n. 1, p. 4570-4584, 2016.

SANTOS, S. P.; NUNES, R. C.; LOPES, E. L. Retirada do suplemento micromineral-vitamínico, redução de fósforo inorgânico e adição de fitase em rações de suínos na fase de terminação. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, p. 663-671, 2008.

SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. **Poultry Science**, Champaign, v. 42, n. 2, p. 313-325, 1963.

SILVA, C. A. et al. Rações úmidas e água de consumo e ração com edulcorante para leitões desmamados aos 21 dias e efeitos sobre o desempenho até os 90 kg de peso vivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 681-686, 2002.

SILVA, C. A. et al. Utilização de dietas úmidas e de rações e de água de bebida com edulcorante para leitões desmamados aos 21 dias de idade e efeitos sobre o desenvolvimento histológico e enzimático intestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 794-801, 2001.

SILVA, J. L. et al. Rações com diferentes níveis de inclusão de água para suínos na fase de creche. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 12, n. 4, p. 610-616, 2011.

SMIRICKY, M. R. et al. The influence of soy oligosaccharides on apparent and true ileal amino acid digestibilities and fecal consistency in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 2433-2441, 2002.

SOTO-SALANOVA M. The use of enzymes to improve the nutritional value of corn-soy diets for poultry and swine. In: SIMPOSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUINOS E AVES, 1996, Campinas. **Proceedings...** Campinas: CBNA, 1996. p.1-13

SUIRYANRAYNA, M. V. A. N.; RAMANA, J. V. A review of the effects of dietary organic acids fed to swine. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, London, v. 6, p. 1-11, 2015.

VILLCA, B. et al. Effect of a carbohydrase enzyme complex on the nutrient apparent total tract digestibility of rye-based diets fed to growing-finishing pigs under liquid feeding. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, p. 230-233, 2016.

WILLAMIL, J. et al. Wheat barley rye or corn fed growing pigs respond differently to dietary supplementation with a carbohydrase complex. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, p. 824–832, 2012.

WOYENGO, T. A.; SLOMINSKI, B. A.; JONES, R.O. Growth performance and nutrient utilization of broiler chickens fed diets supplemented with phytase alone or in Combination with citric acid and multi carbohydrase. **Poultry Science**, Champaign, v. 89, p. 2221–2229, 2010.

YEN, J. T. Anatomy of the digestive system and nutritional physiology. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. (Ed.). **Swine nutrition**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 2001. 1009 p.

ZENG, Z. et al. The combination of carbohydrases and phytase to improve nutritional value and non-starch polysaccharides degradation for growing pigs fed diets with or without wheat bran. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 235, p. 138-146, 2018.

ANEXO



COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) IF Sudeste MG

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "**Metabolizabilidade de nutrientes de rações suplementadas com complexo multienzimático para suínos na fase de creche**", registrada com protocolo o nº **07/2017**, sob a responsabilidade de Sérgio de Miranda Pena que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) DO Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais- IF Sudeste MG, em reunião de 24 de julho de 2017.

Finalidade	<input type="checkbox"/> Ensino <input checked="" type="checkbox"/> Pesquisa Científica
Vigência da autorização	01/08/2017 à 31/07/2018
Espécie/linhagem/raça	Suínos / Duroc x Landrace x Large White
Nº de animais	32
Peso/ Idade	Aproximadamente 25 kg
Sexo	Machos
Origem	Núcleo de Zootecnia / Setor de Suinocultura / <i>Campus</i> Rio Pomba

Renata Vitarele Gimenes Pereira

Coordenadora da CEUA do IF Sudeste MG

Portaria R – nº 047/2016

24 de Julho de 2017