

**NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL E
DE PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES
FORMULADAS SEGUNDO O CONCEITO DE
PROTEÍNA IDEAL E FITASE PARA LEITÕES
DOS 15 AOS 35 kg**

Marcelo José Milagres de Almeida

2006

MARCELO JOSÉ MILAGRES DE ALMEIDA

**NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL E DE PROTEÍNA BRUTA
EM RAÇÕES FORMULADAS SEGUNDO O CONCEITO DE
PROTEÍNA IDEAL E FITASE PARA LEITÕES DOS 15 AOS 35 kg**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador
Prof. Elias Tadeu Fialho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2006

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Almeida, Marcelo José Milagres de.

Níveis de energia metabolizável e proteína bruta em rações
formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase para leitões
dos 15 aos 35 kg / Marcelo José Milagres de Almeida. - Lavras:
UFLA, 2006.

120 p. il.

Orientador: Elias Tadeu Fialho

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Energia metabolizável. 2. Proteína ideal. 3. Fitase. 4.
Digestibilidade. 5. Desempenho. 6. Abate. 7. Suíno I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.40855

MARCELO JOSÉ MILAGRES DE ALMEIDA

**NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL E PROTEÍNA BRUTA EM
RAÇÕES FORMULADAS SEGUNDO O CONCEITO DE PROTEÍNA
IDEAL E FITASE PARA LEITÕES DOS 15 AOS 35 kg**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 17 de novembro de 2006.

Prof. Dr. Rony Antônio Ferreira	UENF/Campos (RJ)
Prof. Dr. Hunaldo Oliveira Silva	EAF/São Cristóvão (SE)
Prof. Dr. José Augusto de Freitas Lima	DZO/UFLA
Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues	DZO/UFLA

Prof. Elias Tadeu Fialho
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Ofereço

A minha esposa, Ana Lúcia e ao meu filho, Gabriel, pois só nós sabemos o que passamos para realizar este sonho.

Homenagem

Ao meu cunhado Hamilton de Oliveira Júnior (*in memoriam*),
um exemplo raro de vida a ser seguido ...

Dedico

A Deus, a Nossa Senhora Aparecida e a São Judas Tadeu,
por estarem sempre ao meu lado.
Aos meus pais, por tudo o que fizeram para que eu chegasse a realizar
este sonho.
Aos meus familiares, aos familiares de minha esposa e amigos,
especialmente àqueles que acreditaram em meu potencial.

**“Se não puder se destacar pelo talento,
vença pelo esforço ”**

Dave Weinbaum

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do doutorado.

À Escola Agrotécnica Federal de Barbacena, em especial aos Professores Guaraci Gonçalves e José Roberto Ribeiro Lima, pela liberação para a realização do curso.

Ao professor Elias Tadeu Fialho, pela orientação, apoio e confiança durante todas as etapas deste trabalho.

Aos professores Hunaldo Oliveira Silva, Rony Antônio Ferreira, José Augusto de Freitas Lima e Paulo Borges Rodrigues, pela colaboração e participação na banca examinadora.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da UFLA, Hélio Rodrigues e Marcelo, pela amizade, dedicação, enfim, por tudo o que fizeram antes, durante e após a condução dos experimentos.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, Gilberto Fernandes Alves, Márcio Nogueira, José Virgílio, Carlos Henrique de Souza e Pedro Adão Pereira, pelo apoio no que foi necessário.

Ao Professor José Tarcísio Lima e aos funcionários Clair Rogério da Cruz e Hernani Alves, do Departamento de Engenharia Florestal da UFLA, pelo apoio na realização das análises de resistência óssea.

Ao amigo José Vieira Neto, pelo imenso companheirismo em todos os momentos, não só durante a execução dos trabalhos, mas também durante todo o período em que permaneci em Lavras.

Ao colega Márcio Gilberto Zangerônimo, pelo grande auxílio durante a realização do doutorado.

Aos colegas Lúcio Vilela Carneiro Girão e Valéria Vânia Rodrigues, pelo apoio na realização das análises laboratoriais.

Aos companheiros do Núcleo de Estudos em Suinocultura (NESUI), pelo apoio e comprometimento na realização dos trabalhos experimentais.

A todos os colegas da Pós-Graduação em Zootecnia do DZO/UFLA.

A todos que ajudaram, direta ou indiretamente, para que este trabalho fosse concluído, os mais sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

MARCELO JOSÉ MILAGRES DE ALMEIDA, filho de Pedro Pereira de Almeida e Ana Maria Milagres de Almeida, nasceu em Barbacena, MG, em 27 de agosto de 1969.

Em dezembro de 1986, formou-se Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Barbacena “Diaulas Abreu”, MG.

Em agosto de 1987, ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras onde, em agosto de 1992, obteve o título de Zootecnista.

Em agosto de 1992, iniciou a Pós-Graduação em Zootecnia na mesma escola, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, obtendo o título de “Mestre” em dezembro de 1994.

Em janeiro de 1995, ingressou, por concurso público, na Escola Agrotécnica Federal de Barbacena “Diaulas Abreu” como professor de Ensino de 1º e 2º Graus, exercendo suas atividades até os dias atuais.

Em março de 2004, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia, na Universidade Federal de Lavras, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em 17 de novembro de 2006, submeteu-se à defesa de tese para obtenção do título de “Doutor”.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Efeitos de níveis de energia nas rações.....	3
2.1.1 Desempenho.....	3
2.1.2 Composição corporal.....	5
2.2 Efeitos da aplicação do conceito de proteína ideal na formulação de rações.....	7
2.2.1 Desempenho.....	9
2.2.2 Composição corporal.....	11
2.2.3 Excreção de nitrogênio.....	13
2.3 Efeitos da adição de fitase em rações de suínos.....	15
2.3.1 Desempenho.....	17
2.3.2 Digestibilidade dos nutrientes.....	19
2.3.3 Excreção de minerais.....	23
2.3.4 Mineralização óssea.....	25
2.4 Nitrogênio e fósforo como principais agentes poluentes dos dejetos de suínos.....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 Local dos experimentos.....	30
3.2 Animais, instalações e período Experimental.....	30
3.2.1 Experimento I – Digestibilidade de nutrientes e teor de minerais nas fezes.....	30
3.2.2 Experimento II – Desempenho, parâmetros sanguíneos e abate comparativo.....	31
3.3 Rações experimentais.....	32
3.4 Procedimento experimental.....	36
3.4.1 Experimento I – Digestibilidade de nutrientes e teor de minerais nas fezes.....	36
3.4.2 Experimento II – Desempenho, parâmetros sanguíneos e abate comparativo.....	37
3.5 Análises laboratoriais.....	39
3.5.1 Experimento I – Digestibilidade de nutrientes e teor de minerais nas fezes.....	39
3.5.2 Experimento II – Desempenho, parâmetros sanguíneos e abate comparativo.....	40
3.6 Análises estatísticas.....	43

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 Digestibilidade dos nutrientes	45
4.2 Teores de cinzas, cálcio e fósforo nas fezes.....	54
4.3 Desempenho.....	57
4.4 Teores de uréia, cálcio e fósforo no soro sanguíneo.....	63
4.5 Composição corporal.....	66
4.6 Pesos dos órgãos.....	76
4.7 Fosfatase alcalina, resistência à quebra e força de cisalhamento do osso.....	80
4.8 Teores de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos	83
5. CONCLUSÕES.....	86
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS.....	103

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Composição e perfil de aminoácidos dos ingredientes usados na formulação das rações experimentais	33
TABELA 2. Composição percentual das rações utilizadas no experimento.....	34
TABELA 3. Composição química das rações experimentais.....	35
TABELA 4. Matéria seca digestível, coeficiente de digestibilidade da proteína bruta, energia digestível e energia metabolizável de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	46
TABELA 5. Nitrogênio ingerido, nitrogênio excretado nas fezes, nitrogênio excretado na urina e retenção de nitrogênio em leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	50
TABELA 6. Teores médios de cinzas, cálcio e fósforo excretados nas fezes de leitões aos 19 kg, durante o experimento de digestibilidade total, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	55
TABELA 7. Ganho de peso médio diário, consumo de ração médio diário e conversão alimentar de leitões dos 15 aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase	58
TABELA 8. Consumo de energia metabolizável, utilização de energia para ganho, consumo de nitrogênio e eficiência da utilização de nitrogênio para ganho de leitões dos 15 aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	59

TABELA 9. Teores de uréia, cálcio e fósforo no soro sanguíneo de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase	63
TABELA 10. Composição química da carcaça de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	67
TABELA 11. Peso ao abate , taxa de deposição de proteína e gordura da carcaça de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	71
TABELA 12. Energia total retida na carcaça, energia retida como proteína e gordura na carcaça e eficiência de retenção de energia na carcaça de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase	74
TABELA 13. Peso absoluto de fígado, rins, intestino delgado e estômago de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	77
TABELA 14. Peso relativo de fígado, rins, intestino delgado e estômago de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	78
TABELA 15. Atividade de fosfatase alcalina, resistência à quebra e força de cisalhamento nos ossos metacarpianos de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	81
TABELA 16. Teores de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos metacarpianos de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	83

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1 - Medidas de referência para os cálculos de resistência à quebra e força de cisalhamento do 4º osso metacarpiano	42
FIGURA 2 - Ponto médio para a medição das dimensões do raio e densidade da parede do 4º osso metacarpiano.....	42

RESUMO

ALMEIDA, Marcelo José Milagres de. **Níveis de energia metabolizável e proteína bruta em rações formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase, para leitões dos 15 aos 35 kg.** 2006. 120p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras*

Dois experimentos foram conduzidos no Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia da UFLA, para verificar através de ensaio de metabolismo, desempenho, parâmetros sanguíneos e abate comparativo, os efeitos de diferentes níveis de energia metabolizável (EM) e proteína bruta (PB) em rações formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase para leitões dos 15 aos 35 kg. As rações foram formuladas à base de milho, farelo de soja, leite em pó modificado e amido, com os tratamentos em esquema fatorial $3 \times 2 + 1$, sendo três níveis de EM (3.080, 3.230 e 3.380 kcal/kg), dois de PB (14% e 16%), suplementadas com aminoácidos sintéticos (lisina, metionina, treonina, triptofano e valina) e 1000 FTU/kg da ração de fitase Natuphos[®] 10000, além do tratamento adicional, formulado com base em PB e sem fitase, para atender as exigências nutricionais de leitões de acordo com Rostagno et al. (2005). Em todos os ensaios utilizou-se um delineamento em blocos casualizados, com seis repetições, sendo considerado bloco a época de início do experimento. Para os tratamentos em esquema fatorial, as médias foram comparadas pelo teste SNK a 5%. Para comparação do tratamento controle com os demais tratamentos, foi utilizado o teste de Dunnett a 5%. O experimento I foi um ensaio de metabolismo com objetivo de avaliar a digestibilidade total dos nutrientes e excreção de minerais nas fezes. Foram utilizados 21 suínos machos castrados, híbridos comerciais (Agroceres X MS60), peso médio inicial de $18,9 \pm 1,9$ kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo (parcela experimental). No Experimento II, 84 suínos, machos castrados e fêmeas, da mesma genética do experimento anterior (peso médio inicial = $15,3 \pm 1,4$ kg e final de $32,5 \pm 3,1$ kg), foram utilizados para avaliar o desempenho, parâmetros sanguíneos, composição corporal, pesos de órgãos e mineralização óssea. Ao término do período experimental, foi coletado o sangue de 42 animais, através de punção no *sinus orbital*. Três animais foram abatidos no início do Experimento II e, após o seu término, um animal de cada baia foi abatido; o fígado, rins, estômago e intestino delgado foram retirados para pesagens e foram retirados o 3º e 4º ossos metacarpianos para análises de cinzas, Ca, P e resistência óssea. No experimento I, houve diferença significativa ($P < 0,01$) entre os níveis de EM e entre os níveis de PB, independentes, para energia digestível e entre os níveis de EM, independente da EM, para energia metabolizável, sendo os maiores valores encontrados para 3.380 kcal EM/kg, e entre os níveis de PB para nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NEF) e na urina (NEU), sendo os

menores valores observados com 14% PB e, para retenção de nitrogênio (RN), com os maiores valores verificados para 14% PB. Na comparação de médias de cada combinação de EM e PB com o tratamento controle, o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), NI, NEF, NEU, RN, teores de cinzas, cálcio e fósforo nas fezes, foram significativamente influenciados ($P<0,05$). Os leitões que consumiram as rações com níveis diferentes de EM e PB, formuladas com base em proteína ideal e fitase apresentaram menor excreção de nitrogênio, cálcio e fósforo e maior CDPB e RN em relação ao tratamento controle. No experimento II, os níveis de EM, independente dos níveis de PB, influenciaram ($P<0,05$) o consumo de ração, a porcentagem de gordura, taxa de deposição de gordura e energia retida na carcaça como gordura, sendo os maiores valores observados para o nível de 3.380 kcal EM/kg. Houve diferença significativa ($P<0,01$) entre PB, independente de EM utilizados para eficiência de utilização de nitrogênio para ganho (EUNG), sendo a maior eficiência constatada para os leitões que consumiram rações com 14% PB. Na comparação de médias de cada combinação de EM e PB com o tratamento controle, a EUNG e uréia sanguínea foram significativamente influenciados ($P<0,05$). Os leitões que consumiram as rações com níveis diferentes de EM e PB, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase apresentaram maior EUNG e menor teor de uréia sanguínea em relação ao tratamento controle. Conclui-se que os níveis de EM, PB, Ca e Pd das rações podem ser reduzidos para 3080 Kcal/kg, 14%, 0,54% e 0,28%, respectivamente, para leitões em fase inicial, ao se formular dietas segundo o conceito de proteína ideal e fitase, sem prejudicar o desempenho, a composição corporal e a mineralização óssea de leitões dos 15 aos 35 kg. Esses resultados demonstram que com a manipulação das rações é possível a redução de 36% do nitrogênio excretado nas fezes, 44% do nitrogênio excretado na urina e 31% do fósforo nas fezes, contribuindo para a redução do impacto ambiental provocado pelos dejetos suínos.

*Comitê de Orientação: Prof. Elias Tadeu Fialho – UFLA (orientador), Prof. José Augusto de Freitas Lima – UFLA, Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA

ABSTRACT

ALMEIDA, Marcelo José Milagres de . **Levels of metabolizable energy and crude protein in rations formulated according to the concept of ideal protein and phytase for piglets of 15 to 35 kg.** 2006. 120 p. Thesis (Doctorate in Animal Science) – Federal University of Lavras, Lavras*

Two experiments were conducted in the Swine Production Sector of the Animal Science Department at UFLA to verify by using the metabolism, performance assay, blood parameters and comparative slaughter, the effects of different levels of metabolizable energy (ME) and crude protein (CP) in rations formulated according to the ideal protein concept and phytase for piglets of 15 to 35 kg. The rations were formulated based on corn, soybean meal, modified powdered milk and starch with the treatments in a factorial scheme $3 \times 2 + 1$, three being the levels of metabolizable energy (3,080, 3,230 and 3,380 kcal/kg), two of crude protein (14% and 16%), supplemented with synthetic aminoacids (lysine, methionine, threonine, tryptophan and valine) and supplementation of 1000 FTU/kg in the ration of Natuphos[®]10000 phytase, in addition to the additional treatment, formulated on the basis of CP and without any phytase to meet the nutrient requirements of piglets according to Rostagno et al. (2005). In all the trials, a randomized block design was utilized with six replications, the time of beginning of the experiment was considered as a block. For the factorial scheme treatments, the means were compared by the SNK test at 5%. For comparison of the additional treatment with the other treatments, Dunnet test at 5% was used. Experiment I was a metabolism trial with the purpose of evaluating the total digestibility of nutrients and excretion of minerals in the feces. A total of 21 commercial hybrid barrows pigs (Agroceres X MS60), with an average initial weight of 18.9 ± 1.9 kg, housed individually in metabolism cage (experimental plot) were utilized. In Experiment II, 84 barrows and gilts of the same genetic stock of the previous experiment (average initial = 15.3 ± 1.4 kg and final weight of 32.5 ± 3.1 kg) were utilized to evaluate the performance, blood parameters, body composition, weights of organs and bone mineralization. At the end of the experimental period, the blood of 42 animals was collected through a puncture in the *sinus orbital*. Three animals were slaughtered at the beginning of the Experiment II and, after the experimental periods ends, one animal of each pen was slaughtered; the liver, kidneys, stomach and small intestine were removed and weighed and the 3rd and 4th metacarpal bones were taken for analyses of ashes, Ca, P and bone resistance. In experiment I, there was a significant difference ($P < 0.01$) among the levels of ME and CP, independent, for DE and among the levels of ME, independent of ME. In the

metabolizable energy, the highest values were found for 3,380 kcal ME/kg and among the levels of CP for Nitrogen Intake (NI), nitrogen excreted in feces (NEF) and in urine (NEU), the lowest values being found with 14% CP and, for nitrogen retention (NR), with the highest values verified for 14% CP. In comparing the means of each combination of ME and CP with the control treatment, the digestibility coefficient of crude protein (CDPB), NI, NEF, NEU, RN, contents of ashes calcium and phosphorus in the feces were significantly influenced ($P<0.05$). The piglets fed rations with different levels of ME and CP, formulated on the basis of ideal protein and phytase showed decreased excretion of nitrogen, calcium and phosphorus and increased CDPB and RN relative to the control treatment. In experiment II, the levels of EM, independent of the levels of CP, influenced ($P<0.01$) ration intake, ($P<0.05$), fat percentage, fat deposition rate and energy retained in the carcass as fat, the highest levels being found for the levels of 3,380 kcal ME/kg. There was a significant difference between ($P<0.05$) CP, independent of ME utilized for efficiency of nitrogen utilization for gain (EUNG), the highest efficiency being found for the piglets fed rations with 14% CP. In the comparison of means of each combination of ME and CP with control, both EUNG and blood urea were significantly influenced ($P<0,05$). The piglets fed rations with different levels of ME and CP, formulated according to the concept of ideal protein and phytase showed higher EUNG and lower blood urea content relative to the control. It was conclude that the levels of ME, CP, Ca and Pd of the rations should be reduced to 3,080 Kcal/kg, 14% , 0.54% and 0.28%, respectively for piglets when the rations were formulated based on ideal protein concept with supplementation of phytase without affecting the piglets performance, the body composition and bone mineralization of piglets from 15 to 35 kg. These results shown that manipulating ration it is possible a reduction of 36% in the nitrogen excretion in the feces and 44% in the urine nitrogen and 31% phosphorus in the feces, contributing this way to the reduction of the environmental poluition due to swine dejects.

*Guidance Committee: Prof. Elias Tadeu Fialho – UFLA (adviser), José Augusto de Freitas Lima – UFLA, Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira é uma das atividades pecuárias que mais contribuem para a eliminação de nitrogênio e fósforo no meio ambiente. A consequência disso é o aporte de elevadas concentrações desses elementos na água, além do cálcio, nitrato, fósforo, cobre, zinco e ferro, tornando-a imprópria para o consumo humano e dessedentação dos animais. Além disso, potencializa o processo de eutrofização dos corpos d'água, com consequentes danos econômicos e ambientais à biodiversidade aquática.

Durante muitos anos, a busca pela solução dos problemas ambientais da suinocultura foi limitada ao desenvolvimento de sistemas de tratamento de dejetos. A procura por um novo sistema produtivo de suínos deve ser acompanhada pelo enfoque na fonte geradora dos resíduos, pois se devem-se evitar os excessos nutricionais para não ter que arcar com os elevados índices de excreção e com a posterior dificuldade de dar destino aos dejetos. Portanto, a nutrição torna-se a primeira etapa no sistema de gestão ambiental de granjas suinícolas, pois tudo o que puder ser manipulado nutricionalmente para reduzir a excreção de elementos poluentes, como o nitrogênio e fósforo nos dejetos, irá refletir na qualidade ambiental da unidade produtora.

Os suínos, como os animais monogástricos, são pouco eficientes em transformar os nutrientes em produto animal; somente 35 a 45% do nitrogênio protéico consumido é transformado em carne. Para o fósforo, o que compromete o seu uso é a sua baixa digestibilidade em ingredientes de origem vegetal. Dessa maneira, as fezes excretadas pelos suínos contêm altos teores de nitrogênio e fósforo, o que é motivo de alto índice de poluição ambiental em áreas de elevada concentração de suínos. Atualmente, estão sendo priorizados procedimentos em nutrição animal, objetivando reduzir o potencial poluente dos dejetos de suínos e, entre as alternativas estão a redução do nível de proteína bruta da ração com o uso de aminoácidos sintéticos e de enzimas exógenas, como a fitase.

Considerando-se que os suínos consomem os alimentos para atender, prioritariamente, às suas necessidades energéticas a quantidade de energia consumida pode influenciar a deposição de gordura na carcaça e a limitada ingestão de energia pode ser o fator de maior restrição à deposição protéica no suíno jovem. Assim, torna-se de fundamental importância o conhecimento do nível energético a ser utilizado nas formulações de rações para suínos baseadas no conceito de proteína ideal e fitase, visando a elaboração de estratégias nutricionais com o objetivo de aumentar a produção de carne, em detrimento da produção de gordura.

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar, por meio do ensaio de metabolismo, desempenho e abate comparativo de leitões dos 15 aos 35 kg, os efeitos de níveis de energia metabolizável e de proteína bruta em rações formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase sobre a digestibilidade dos nutrientes, a excreção de minerais nas fezes, o desempenho, os teores de uréia e minerais no soro sanguíneo, a composição corporal, o peso dos órgãos e a mineralização óssea.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Efeitos de níveis de energia nas rações de suínos

Segundo Curtis (1983), os animais consomem alimento para atender suas necessidades de energia, ou seja, a ingestão de energia é feita para atender as necessidades para manutenção, crescimento e formação dos produtos. Portanto, torna-se de fundamental importância o conhecimento dos níveis de energia e proteína, pois segundo Hegedus (1996), o balanço entre proteína e energia é essencial para minimizar o uso de proteína para o catabolismo da energia do corpo.

A limitada ingestão de energia pode ser o fator de maior restrição à deposição protéica no suíno jovem (Batterham, 1994). Apesar de os genótipos modernos responderem melhor ao aumento no consumo de energia (Rezende et al. 2006), os efeitos de rações formuladas com diferentes níveis de energia metabolizável, baseadas no conceito de proteína ideal e suplementadas com fitase, sobre o desempenho e a composição corporal de leitões dos 15 aos 35 kg são pouco conhecidos. Dessa forma, estes efeitos devem ser mais estudados para a elaboração de planos de nutrição que envolvam níveis de energia metabolizável e a utilização de aminoácidos sintéticos e fitase para esta fase de vida dos animais.

2.1.1 Desempenho

O desenvolvimento animal ocorre a uma taxa dependente do nível de alimentação e do peso animal, quando a produção de calor não é influenciada pelas condições climáticas (Verstegen & Close, 1994). Portanto, o aumento dos

níveis de energia da dieta resulta em redução no consumo para manter constante o consumo de energia, satisfazendo às necessidades do animal.

Trabalhos conduzidos com suínos em fase de crescimento e terminação (Dividich & Noblet, 1986; Stahly & Cromwell, 1979) para avaliar o efeito de rações com diferentes níveis de energia digestível têm revelado que rações com maiores níveis de energia resultam em redução no consumo de ração e melhoria na conversão alimentar dos animais mantidos em ambiente termoneutro.

Oliveira et al. (1997b), trabalharam com leitões de 15 a 30 kg, alimentados com rações contendo níveis de energia digestível variando de 3.200 a 3.800 kcal / kg, em condições de conforto térmico. Esses autores verificaram que, apesar de não ter havido efeito sobre o ganho de peso, o nível de energia digestível reduziu linearmente o consumo de ração e a conversão alimentar. Entretanto, a redução no consumo de ração não influenciou o consumo de energia, evidenciando-se que os animais ajustaram o consumo em função do nível de energia da ração.

Moita et al.,(1996), trabalhando com diferentes níveis de energia digestível (ED) para leitões desmamados de 12 a 28 dias de idade, não observaram efeitos dos níveis de ED sobre nenhuma das variáveis de desempenho avaliadas, concluíram que os níveis de ED entre 3.250 e 3.850 kcal/kg de ração, podem ser utilizados para a alimentação desses animais. Resultados semelhantes foram obtidos por Kessler et al. (2006), que realizaram um experimento com leitões para determinar o efeito da temperatura ambiental (termoneutro- $29,39 \pm 1,74^{\circ}\text{C}$ e frio- $24,64 \pm 1,32^{\circ}\text{C}$), do nível energético da ração (3.200, 3.400, 3.600 ou 3.800 Kcal EM/kg), e do peso à desmama ($3,96 \pm 0,72$ kg e $6,32 \pm 0,60$ kg) no desempenho de leitões desmamados entre idades de 17 a 21 dias, constatando que não houve influência dos níveis de EM da ração sobre as características de desempenho.

Kerr et al. (2003b), investigaram a influência de níveis de proteína (21 e 17,9 % PB) em rações suplementadas com aminoácidos sintéticos (lisina, treonina, triptofano e metionina) e formuladas com níveis de energia líquida (2.536, 2.474 e 2.412 kcal/kg) para leitoas de 25,3 a 41,0 kg, e constataram que os suínos apresentaram menores ganhos de peso e eficiência alimentar quando os níveis de energia líquida foram reduzidos. De acordo com estes autores, o consumo de ração não foi influenciado, pois a diferença de 124 kcal entre o maior e o menor nível pode ter sido pequena para influenciar este parâmetro, mas o efeito da energia líquida sobre o ganho de peso e a eficiência alimentar sugere que os animais, nesta fase, são muito sensíveis às variações na exigência de energia líquida.

Em um experimento com leitões machos castrados de 15 a 30 kg, alimentados com rações formuladas com níveis de energia metabolizável (3.264, 3.329, 3.395 e 3.460 kcal / kg) e baseadas no conceito de proteína ideal foi realizado por Oliveira et al. (2005b). Esses autores verificaram que, apesar do aumento linear do ganho de peso em função dos níveis de energia metabolizável, o consumo de ração e a conversão alimentar não foram influenciados, indicando que os leitões não ajustaram o consumo de ração em função do nível de energia metabolizável.

Portanto, o conhecimento das respostas de desempenho em termos de energia da ração é fundamental para se estabelecerem estratégias de alimentação adequadas para cada fase de vida do animal.

2.1.2 Composição corporal

Altos níveis energéticos na ração proporcionam maior porcentagem de gordura na carcaça de suínos (Carnino, 1994). Quando há excesso de energia na

ração, acima das exigências para deposição de proteína e para manutenção, ocorre aumento de deposição de gordura na carcaça.

O ganho diário de carne e gordura aumenta linearmente com o aumento do consumo de ração, até atingir o potencial máximo da taxa de deposição de carne, enquanto que o excesso de energia é desviado para a deposição de gordura. As conseqüências do aumento de consumo será menor taxa de crescimento corporal e maior taxa de deposição de gordura (Whittemore, 1993). Além disso, o maior aporte energético das rações pode gerar um desbalanço aminoacídico pelo menor consumo desses nutrientes, proporcionando maior excreção de uréia na urina e desvio dos esqueletos de carbono dessas substâncias para a síntese de lipídios.

Campbell & Taverner (1988), estudando os efeitos de quatro níveis de consumo de energia e duas temperaturas ambientes (14°C, frio e 32°C, calor) sobre a composição corporal de suínos de 9 a 20 kg de peso, constataram que as taxas de deposição de proteína e gordura se elevaram linearmente com o aumento no consumo de energia em ambas as temperaturas. A energia constitui um dos principais fatores que podem modificar a composição da carcaça de suínos.

Em um experimento com leitões machos castrados de 15 a 30 kg, Oliveira et al. (2005a), trabalhando com rações formuladas com níveis de energia metabolizável e baseadas no conceito de proteína ideal, verificaram que o aumento desses níveis proporcionou redução linear no teor de água e proteína da carcaça e aumento linear na taxa de deposição de gordura, mas não houve influência dos níveis de EM sobre a taxa de deposição de proteína. Resultados semelhantes foram encontrados por Donzele et al. (1992; 1997), Ferreira et al. (1998), Oliveira et al. (1997a,b), que encontraram aumento na taxa de deposição de gordura na carcaça como resultado do aumento dos níveis de energia digestível da ração de leitões machos castrados de 15 a 30 kg.

Considerando-se que os suínos consomem os alimentos para atender, prioritariamente, suas necessidades energéticas e que a quantidade e a qualidade da energia consumida influenciam a deposição de gordura e de proteína na carcaça de suínos de diferentes pesos, torna-se de fundamental importância o conhecimento da relação entre o consumo de energia e o consumo de proteína na partição dos nutrientes, para deposição de proteína e lipídios (Carnino, 1994; Machado & Penz Jr., 1992) e para a elaboração de estratégias de alimentação para suínos em cada fase de vida do animal.

2.2 Efeitos da aplicação do conceito de proteína ideal na formulação de rações para suínos

As dietas práticas de suínos contêm considerável excesso de outros aminoácidos essenciais. O excesso de aminoácidos na dieta representa um gasto de energia para sua desaminação, implicando em aumento do custo de produção. Assim, desenvolveu-se o conceito da proteína ideal que, segundo Parsons & Baker (1994), é aquela que possui o equilíbrio ideal dos aminoácidos capaz de fornecer, sem deficiências e excessos, as exigências absolutas de todos os aminoácidos necessários à perfeita manutenção e crescimento da espécie.

Para ser ideal, uma proteína ou uma combinação de várias proteínas deve apresentar todos os 20 aminoácidos em níveis requeridos para atender às exigências de manutenção e máxima deposição de proteína corporal, sem excesso de aminoácidos. Portanto, o conceito de proteína ideal estabelece que cada aminoácido seja igualmente limitante e a excreção de nitrogênio pelo animal é minimizada (Van Heugten & Van Kempen, 1999). Como proposta, para uso na nutrição animal, todos os aminoácidos indispensáveis são expressos como relações ideais ou porcentagem, em função de um aminoácido referência. Desta forma, as exigências de todos os aminoácidos podem ser estimadas

rapidamente, à medida que as exigências do aminoácido referência sejam estabelecidas. O aminoácido padrão é a lisina (Parsons & Baker, 1994).

Portanto, se a exigência desse aminoácido varia, devido ao genótipo ou peso vivo, por exemplo, o padrão dos demais aminoácidos altera-se proporcionalmente, mantendo uma relação constante com este aminoácido referência (Firman & Boling, 1998). A principal vantagem da aplicação do conceito da proteína ideal é que a relação entre aminoácidos permanece idêntica, independente do potencial genético dos animais, ainda que as exigências sejam diferentes, conforme o sexo, idade e capacidade em depositar tecido magro.

Dessa forma, a aplicação desse conceito durante a formulação de rações, permite uma fácil adaptação da ração a diferentes condições de criação, permitindo, ao mesmo tempo, a redução do custo da ração a partir da redução do nível protéico e da melhor utilização de ingredientes alternativos (Zervas & Zijlstra, 2002 a,b), além de diminuir a emissão de poluentes no ambiente por meio da melhor utilização dos nutrientes (De La Llata et al., 2002).

Devido à variação na digestibilidade dos aminoácidos presentes nos alimentos, a formulação de dietas com base em suas biodisponibilidades é mais exata que a formulação com base no total deste nutriente (Apolônio et al., 2001). Baseado neste contexto, Stahly et al. (1994) preconizam que a melhora no balanço de aminoácidos na alimentação de suínos, associada à redução da proteína bruta na ração, possibilita uma maior eficiência na utilização destes nutrientes por animais de alta produção.

A substituição da proteína dietética pela suplementação de aminoácidos pode reduzir o impacto ambiental, e as quantidades adicionais de cloro (Cl) fornecidas pela lisina-HCl podem exercer efeito mínimo sobre o equilíbrio ácido-base e sobre o desempenho dos animais (Ferreira et al., 2003). Porém, segundo Patience (1990), quando, além de lisina, outros aminoácidos como treonina e triptofano são adicionados em grandes quantidades às rações, estes

podem propiciar dietas acidogênicas, com efeitos negativos sobre o desempenho. Nesse caso, a correção do equilíbrio ácido-base torna-se imprescindível para garantir a produtividade dos animais.

O desenvolvimento da nutrição animal, via melhor conhecimento do metabolismo protéico, melhor avaliação nutricional dos ingredientes e produção de aminoácidos industriais, possibilitou a otimização das rações animais, visando atender os requerimentos nutricionais em proteína e aminoácidos com menor impacto de poluição ambiental, sem influenciar o desempenho dos animais.

2.2.1 Desempenho

As pesquisas em nutrição de aminoácidos representam uma boa parcela dos estudos devido à importância nutricional dos aminoácidos para adequada síntese de proteínas corporais. Portanto, rações balanceadas devem utilizar conceitos modernos, como aminoácidos digestíveis e proteína ideal para garantir os nutrientes necessários para desempenho adequado.

Kerr et al.(1995) não observaram diferença no ganho de peso e conversão alimentar, para leitões na fase inicial, quando estes receberam rações contendo níveis altos (19%) ou baixos (15%) de proteína bruta mais aminoácidos sintéticos.

Kerr et al.(2003a,b) estudaram o desempenho de suínos em crescimento, alimentados com rações contendo diferentes teores de proteína bruta (16%, 12% ou 12% suplementada com lisina, treonina e triptofano). Estes autores observaram que os animais que receberam rações contendo 12% PB tiveram pior desempenho em relação aos demais, exceto quando suplementadas com aminoácidos sintéticos. Resultados semelhantes foram obtidos por Knowles et al. (1998); Le Bellego et al. (2002) e Tuitoeck et al. (1997).

Ferreira et al. (2003), trabalhando com leitões de 15 a 30 kg, mantidos em termoneutralidade, demonstraram que a redução do nível de PB da ração de 18% para 14%, desde que devidamente suplementada com aminoácidos essenciais limitantes, não afetou o ganho de peso, o consumo de ração, a conversão alimentar e o consumo de energia digestível. Contudo, houve diminuição do consumo de nitrogênio, à medida que os níveis de PB foram reduzidos e aumento gradativo da eficiência de utilização de nitrogênio para ganho, tendo o maior valor sido observado para os animais que receberam a dieta com 14% PB.

Zangeronimo et al.(2004a), trabalhando com leitões dos 10 aos 25 kg recebendo rações com diferentes níveis de proteína bruta, constataram que a redução da PB de 21% para 16,5% com suplementação de lisina, metionina e treonina não influenciaram o desempenho dos leitões. Resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira et al. (2006), que estudando diferentes níveis de proteína bruta na ração de suínos machos dos 15 aos 30 kg PV e mantidos em estresse de calor, verificaram que o teor de proteína bruta pode ser reduzido de 18 para 14 %, sem causar problemas no desempenho dos animais, desde que haja suplementação adequada de aminoácidos. Portanto, de acordo com esses autores, o teor de proteína das rações de suínos em crescimento pode atingir até quatro unidades percentuais sem alterações no desempenho, desde que suplementadas com os principais aminoácidos limitantes.

A formulação de rações para suínos tem como objetivo adequar as quantidades de nutrientes ingeridos de acordo com o nível de produção desejado, visando à satisfação de suas necessidades nutricionais. Portanto, deve-se conhecer a quantidade mínima de proteína para os animais apresentarem melhor desempenho.

2.2.2 Composição corporal

A alimentação é um fator gerador de calor (incremento calórico), especialmente a proteína, quando comparada aos carboidratos e lipídios (Suida, 2001b). O incremento calórico, nada mais é do que a produção de calor proveniente da quebra de ligações químicas de diversos compostos, dentre elas as ligações peptídicas e a desaminação de aminoácidos.

Rações com níveis protéicos acima da necessidade do animal fazem com que o excesso de aminoácidos seja catabolizado, acarretando sobrecarga ao fígado e aos rins, que necessitam eliminar o excesso de nitrogênio. O problema se agrava em ambientes de temperatura elevada, pois o processo de desaminação leva o maior incremento calórico, que deverá ser dissipado para o ambiente, aumentando ainda mais o gasto energético do organismo para manter a homeotermia (Ferreira et al., 2006). Esse processo de catabolismo de aminoácidos excedentes aumenta a produção de calor e faz com que o animal reduza a quantidade de alimento consumido e, conseqüentemente, a quantidade de outros nutrientes indispensáveis para produção (Miyada, 1999).

De acordo com alguns pesquisadores, o incremento calórico está diretamente relacionado à composição corporal dos animais. Segundo Chen et al. (1995) e Roth et al. (1999) há um decréscimo na produção de calor quando se diminui o conteúdo protéico da ração e, que tais efeitos ocorram devido ao menor peso dos órgãos e taxa de síntese e degradação de proteína, observados em animais consumindo rações com baixa quantidade de proteína. Estudos confirmam haver aumento nos pesos relativos do fígado, rins, pâncreas e intestino grosso devido ao maior consumo de proteína (Bikker et al., 1994). Há uma correlação alta e positiva entre produção de calor e o peso dos órgãos metabolicamente ativos (Kong et al., 1983).

Jongbloed & Lenis (1998) e Rademacher (1997), constataram que suínos alimentados com rações contendo baixo conteúdo de proteína bruta e suplementadas com aminoácidos parecem depositar mais gordura nas carcaças. A razão para este fato reside, provavelmente, no elevado conteúdo de energia líquida nas dietas com baixa proteína bruta e suplementada com aminoácidos sintéticos, pois parte da energia que seria utilizada na desaminação de aminoácidos seria depositada na forma de gordura.

O conceito de proteína ideal por meio da redução da proteína bruta da ração e da suplementação com aminoácidos cristalinos, tem sido associado ao maior acúmulo de tecido adiposo em função do menor incremento calórico proporcionado por essas rações, e conseqüentemente maior quantidade de energia para ser depositada na forma de gordura. A redução da excreção de nitrogênio decorrente da queda do nível de PB da ração diminui a perda de energia urinária em 0,84 kcal e a produção de calor do animal em 1,67 kcal por grama reduzido na ingestão de proteína (Le Bellego et al., 2001). Esses autores observaram redução na energia retida como proteína, aumento na energia retida como gordura e aumento na retenção de energia como gordura na carcaça quando reduziu de 16,7 para 14,6% o nível de PB da ração de suínos em crescimento com a suplementação de aminoácidos. A melhor eficiência energética das rações de baixa proteína explica o aumento de gordura na carcaça.

O desequilíbrio aminoacídico também tem sido associado a este fator, uma vez que o excesso de aminoácidos é deaminado e a energia proveniente dos esqueletos de carbono é utilizada para a síntese de lipídios no organismo (Verstegen & De Greef, 1992).

De acordo com Noblet (2001), no caso específico de rações com baixa proteína bruta, o valor energético é subestimado, quando estas são formuladas com base na energia digestível e metabolizável. Este fato ocorre nas rações

práticas formuladas para proteína bruta, nas quais se constata o excesso de aminoácidos que devem ser catabolizados pelo processo de desaminação, o que aumenta a produção de calor pelos animais (Swine Research Report, 2006).

Segundo Ferreira et al. (2005), na prática, ao se reduzir o teor de PB da ração, os animais recebem maiores quantidades de energia líquida em relação ao calculado pelo fornecimento de energia digestível, tendendo em favorecer o aumento da deposição de gordura corporal, em razão do aumento na concentração de energia líquida da ração. Isto ocorre uma vez que o incremento calórico diminui com a redução da PB, em razão da menor produção de calor pela redução na desaminação do excesso de aminoácidos com menor síntese e excreção de uréia e baixa taxa de *turnover* protéico .

Kerr et al. (2003b), estudando a composição da carcaça de suínos em crescimento, alimentados com rações contendo diferentes teores de proteína bruta (16%, 12% ou 12% suplementada com lisina, treonina e triptofano), observaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Resultados semelhantes para composição de carcaça também foram obtidos por Knowles et al. (1998); Le Bellego et al. (2002) e Tuitoek et al. (1997). Dessa forma, de acordo com esses autores, o teor de proteína das rações de suínos em crescimento pode atingir até quatro unidades percentuais sem alterações na concentração de proteína e lipídios da carcaça, desde que suplementadas com os principais aminoácidos limitantes.

2.2.3 Excreção de nitrogênio

A exploração suinícola, por se caracterizar por alta concentração de animais em pequenas áreas, tem impacto negativo de poluição ambiental, em razão do grande volume de dejetos produzido. Atualmente, devem ser priorizadas estratégias nutricionais que objetivem reduzir o potencial poluente

dos dejetos de suínos; uma alternativa é a redução do nível de proteína bruta da ração com a suplementação de aminoácidos sintéticos (Carlson, 2001; Reese & Koelsch, 2000) uma vez que podem reduzir acentuadamente as perdas de nitrogênio para o ambiente, sem reflexo negativo no desempenho dos animais.

Suida (2001a), realizou um levantamento em 24 trabalhos científicos e concluiu, que, em média, a redução de 1% da proteína bruta da ração reduz em 10% a excreção de nitrogênio. Le Bellego & Noblet (2002), trabalhando com leitões de 12 a 27 kg, recebendo rações contendo 22,4%, 20,4%, 18,4% e 16,4% de proteína bruta, suplementada com lisina, treonina, metionina e isoleucina, verificaram redução significativa da excreção de nitrogênio total e urinário com o decréscimo do nível de proteína bruta das rações.

Le Bellego et al. (2002), formulando rações com 22%, 20%, 18% e 17% de proteína bruta, suplementadas com lisina, treonina, triptofano, metionina, valina e isoleucina, de acordo com o conceito de proteína ideal para leitões na fase inicial, verificaram que a excreção de nitrogênio nos dejetos reduziu significativamente com o decréscimo de proteína bruta na ração. Para cada ponto percentual de diminuição na proteína da ração houve 12,5% de decréscimo na excreção de nitrogênio urinário. Resultados favoráveis nesse sentido também foram obtidos por De la Lata et al. (2002) e Zangeronimo et al. (2004b).

Um ponto importante na utilização da técnica de redução de proteína bruta, a partir da substituição por aminoácidos sintéticos, é que as rações com aminoácidos são mais próximas do perfil de proteína ideal e, por conseguinte, diminuem as perdas de nitrogênio nos dejetos. Ford (2005) mostrou que a utilização de quatro aminoácidos sintéticos (lisina, metionina, treonina e triptofano) levou à redução de 40% na excreção de nitrogênio nas fezes e urina, melhorando o aspecto sanitário das instalações e as condições de trabalho para os funcionários das granjas.

Zangeronimo et al. (2006) verificaram que a redução dos níveis de proteína bruta na ração de leitões de 21% para 16,5%, com suplementação de aminoácidos sintéticos, segundo o conceito de proteína ideal, foi eficiente em reduzir a excreção de nitrogênio na urina em torno de 40% dos animais na fase inicial. Resultados semelhantes foram obtidos por Shriver et al. (2003), ao reduzirem, em quatro unidades percentuais, o teor de PB da ração de animais em crescimento, sugerindo que, para cada unidade percentual reduzida no teor de proteína bruta na ração com suplementação de aminoácidos, a excreção de nitrogênio pode ser reduzida em até 10%.

Diante do exposto, constata-se que a manipulação nutricional da dieta pode ajudar a diminuir a excreção de nitrogênio, mediante a formulação de rações à base de aminoácidos digestíveis, o que irá diminuir a excreção de nitrogênio, devido à maior digestibilidade da dieta. Pode também auxiliar a redução dos níveis protéicos das dietas até o seu limite técnico, formulando dietas com o conceito da proteína ideal, contribuindo, assim, para a redução dos seus efeitos negativos sobre o meio ambiente.

2.3 Efeitos da adição de fitase em rações de suínos

Para que possam ter um desenvolvimento normal, as plantas retiram seus nutrientes do solo. Na fase de maturação do grão, há uma translocação destes elementos para a semente e, no caso do fósforo, na forma de ácido fítico. Fósforo fítico é a designação dada ao fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico (hexafosfato de inositol ou fitato) que é encontrado nos vegetais. A molécula de fitato apresenta alto teor de fósforo (28,2%), com alto potencial de quelação. Aproximadamente 66% do fósforo contido nos grãos dos cereais está na forma de fitato (inositol hexafosfato), uma forma química de baixa disponibilidade biológica para aves e suínos. A quantidade de ácido fítico varia

entre as diversas fontes alimentares vegetais; por exemplo, o milho possui 65,6% a 67%; o farelo de soja, de 58% a 60,6%; o farelo de arroz, de 81,2% a 86% e o trigo, de 68,5% a 70,7% (Jongbloed et al., 1997; Nelson et al., 1967). O grupo ortofosfato da molécula de fitato é altamente ionizado e, além de deixar indisponível o P, quelata cátions bivalentes (Ca, Fe, Mg, Zn, Mn, Cu, etc.), complexa o grupo amina de alguns aminoácidos (lisina, arginina, histidina), interferindo na absorção (Keshavarz, 1999). Com isso o ácido fítico ou fitato pode formar uma ampla variedade de sais insolúveis com cátions di e trivalentes, tais como cálcio, zinco, cobre, cobalto, manganês, ferro e magnésio e influencia negativamente a digestão de proteínas, aminoácidos e energia da ração.

A enzima fitase é produzida por muitos fungos (*Aspergillus ficuum*, *Aspergillus niger*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Schizosaccharomyces pombe*), bactérias (*Pseudomonas*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*) e leveduras, por meio de técnicas de recombinação de DNA. A reação catalisada pela fitase é a de degradar o fitato a mio-inositol e fósforo inorgânico, liberando o grupo ortofosfato e, conseqüentemente, o grupamento amino de aminoácidos básicos e demais cátions (Ludke, 1999).

Os animais monogástricos não aproveitam eficientemente o fósforo dos vegetais por não sintetizarem a enzima fitase, substância capaz de catabolizar o fitato, disponibilizando o fósforo e outros minerais para o metabolismo (Cromwell et al., 1995a).

A fitase microbiana é muito mais potente e estável em uma faixa de pH muito maior do que a fitase que ocorre nas plantas, sendo a sua atividade expressa em unidades de fitase (UF ou FTU). Segundo Engelen et al. (1994), uma unidade de fitase é definida como sendo a quantidade de enzima que libera 1 μmol de ortofosfato orgânico por minuto, a partir de 5,1 μmol de fitato de sódio em pH 5,5, a 37°C. Sua atividade máxima ocorre no estômago e na porção inicial do intestino delgado.

A fitase vem sendo produzida industrialmente, havendo reflexos positivos nos preços deste produto, despertando o interesse de pesquisadores em avaliar a utilização dessa enzima na alimentação animal, principalmente em razão da preocupação dominante com os custos do fósforo inorgânico suplementar e com a poluição ambiental causada pelo excedente de fósforo excretado nas fezes.

2.3.1 Desempenho

A suplementação exógena da ração com fitase tem demonstrado ser eficiente em melhorar o desempenho de suínos. Isso pode ser verificado pelos resultados obtidos por diversos autores. Lei et al. (1993a,b), comparando diferentes níveis de fitase (*Aspergillus ficuum*) de 250 a 1350 FTU / kg da ração, observaram resposta significativa no ganho de peso e conversão alimentar de leitões desmamados apenas para as rações com nível mais alto de fitase.

Zhang et al. (2000) trabalhando com a suplementação de fitase microbiana (*Aspergillus niger*) nos níveis de 250, 500 e 2.500 FTU/kg, em rações com deficiência de cálcio e fósforo disponível, constataram que houve aumento linear para o ganho de peso de leitões desmamados. De acordo com diversos autores, a utilização de altos níveis de fitase nas rações de suínos tem demonstrado que não há efeito tóxico para os animais (Kies et al., 2006; Matsui et al., 2000; Veum et al., 2006; Zhang et al., 2000). O uso da fitase dependerá do quanto poderá sobrecarregar o custo das dietas.

Walz & Pallauf (2002) trabalharam com suínos de 25 a 50 kg, recebendo ração formulada com redução de 18,5% para 14,2% de PB, de 0,59% para 0,46% de Pd e de 0,79% para 0,69% de Ca, combinada com a suplementação de aminoácidos sintéticos (lisina, metionina, treonina e triptofano) e 800 FTU/kg de fitase proveniente do fungo *Aspergillus niger*. Estes autores verificaram que o

ganho de peso, o consumo de ração e a eficiência alimentar foram semelhantes quando comparados com animais recebendo rações formuladas com níveis recomendados de PB, Pd e Ca, com e sem a suplementação de aminoácidos sintéticos.

Gentile et al. (2003), trabalhando com a suplementação de fitase proveniente de *Escherichia coli* (0, 250, 500, 750, 1000 e 1250 FTU/kg de ração) em rações à base de milho e farelo de soja, com fósforo reduzido, para leitões desmamados aos 21 dias de idade, observaram que o ganho de peso e a conversão alimentar foram linearmente aumentados com o uso da fitase. Jendza et al (2005), trabalhando com leitões de 11 a 22 kg, alimentados com rações à base de milho e farelo de soja, deficiente em fósforo contendo 0, 500 e 1000 FTU derivada de *Escherichia coli* / kg , constataram aumento linear no ganho de peso e eficiência alimentar com a suplementação de fitase.

Em dois experimentos conduzidos para verificar os efeitos da suplementação de fitase em rações com e sem suplemento mineral, Shelton et al. (2005) determinaram que a retirada do suplemento mineral das rações para leitões de 5,4 a 22,6 kg reduziu o ganho de peso e a eficiência alimentar, mas a suplementação de 500 FTU / kg de fitase *Aspergillus niger* em rações sem suplemento mineral proporcionou desempenho semelhante aos animais que receberam a ração com suplemento mineral , evidenciando o efeito da fitase em aumentar a disponibilidade do fósforo e de outros minerais, como magnésio, cobre, ferro e zinco.

Em experimento com a fitase Natuphos, proveniente do fungo *Aspergillus niger* , Brana et al. (2006) avaliaram o desempenho de leitões de 8,2 a 29,1 kg, recebendo rações contendo níveis adequados de fósforo (controle positivo) e deficientes em fósforo sem adição de fitase (controle negativo) ou com a suplementação de 250 e 500 FTU /kg. Os autores verificaram que as rações não influenciaram o consumo de ração e o ganho de peso, mas a

eficiência alimentar foi menor para a ração deficiente em fósforo sem adição de fitase, se comparada à ração controle positivo, mas, com a adição de fitase, a eficiência alimentar aumentou linearmente .

Em experimento realizado para avaliar os efeitos de altas doses de fitase em rações deficientes em fósforo para leitões desmamados, Veum et al. (2006) constataram que as características de desempenho foram maiores para os leitões que receberam rações deficientes em fósforo suplementadas com 2500 e 12500 FTU fitase geneticamente modificada *Escherichia coli* / kg , quando comparados aos que receberam a ração com níveis adequados de fósforo e sem fitase. Resultados semelhantes foram encontrados por Kies et al. (2006), que trabalhando com a suplementação de 0,100,250,500,750,1.500 e 15.000 FTU/kg (*Aspergillus niger*), em rações deficientes em fósforo para leitões de 7,8 a 27,5 kg, verificaram maior ganho de peso e eficiência alimentar para aqueles recebendo suplementação de 15.000 FTU / kg.

De acordo com o exposto, os resultados de pesquisas com o uso de fitase em rações de suínos têm sido promissores, levando os nutricionistas a acreditarem na redução do fósforo inorgânico das rações de suínos, uma vez que a fitase age nas ligações do grupo fosfato, liberando o fósforo que faz parte desta molécula (Cromwell, 1991). Além de aumentar a disponibilidade do fósforo, a utilização desta enzima também melhora a disponibilidade de outros minerais, como cálcio ,magnésio, cobre, ferro e zinco (Adeola et al., 1995) , influenciando positivamente o desempenho dos animais.

2.3.2 Digestibilidade dos nutrientes

De acordo com Consuegro (1999) e Liao et al. (2005), os mecanismos que podem elucidar os possíveis efeitos negativos do fitato sobre a digestibilidade da proteína bruta e disponibilidade dos aminoácidos são:

1) formação de complexos fitato-proteína-aminoácidos nos alimentos; 2) formação de complexos fitato-proteína no trato digestivo; 3) formação de complexos fitato-aminoácidos após a digestão das proteínas no trato digestivo e 4) formação de complexos fitato-enzimas proteolíticas no trato digestivo, reduzindo a atividade da pepsina e da tripsina, afetando a disponibilidade dos aminoácidos.

Em revisão elaborada por Liao et al. (2002), o fitato pode reduzir a digestibilidade da energia, pela formação de complexos fitato-amido e pela inibição da enzima α – amilase. Consuegro (1999) destaca, como efeito negativo na digestibilidade da energia, a formação de complexos insolúveis de cálcio-fitato que se unem diretamente ao amido e estes complexos inibem a ação da alfa-amilase, diminuindo a digestibilidade e a disponibilidade do amido e, conseqüentemente da energia.

A enzima fitase é responsável pela quebra da ligação ácido fosfórico inositol. A fitase microbiana tem sido utilizada nas rações de suínos e aves com o objetivo de tornar disponível o fósforo fítico e melhorar a digestibilidade da proteína bruta e dos aminoácidos pela quebra das ligações fitato - proteína, ou então pela redução do nível de ácido fítico presente no trato gastrointestinal que inibe a tripsina e a pepsina (Mroz et al., 1994). Uma forte interação eletrostática entre o fitato e minerais e o grupo amina da proteína é observada em pH baixo, o que pode levar a inibição de enzimas proteolíticas, como pepsina, tripsina e a α -amilase (Knuckles et al., 1989). Estes mesmos autores mencionam que o ácido fítico inibe a α -amilase salivar em humanos e a lipase pancreática em suínos. Segundo Baker (1998), a fitase microbiana aumenta a utilização da energia e proteína das rações.

Ludke et al. (2000), trabalhando com leitões com peso médio de 18,4 kg, alimentados com dietas suplementadas com fitase da fitase obtida por intermédio da fermentação com fungos do grupo *Aspergillus niger* (0, 300, 600 e 900

UF/kg da dieta) e com dois níveis de proteína bruta (16% e 18%PB) constataram aumento na digestibilidade e na retenção do nitrogênio, cálcio e fósforo, nos valores de energia digestível e metabolizável ao ser adicionada fitase nos níveis entre 220 e 508 UF/kg da dieta. A eficiência da enzima foi melhor, quando adicionada em dietas contendo 16% de PB comparado às dietas com 18% de proteína bruta, na avaliação da energia.

Em estudos com suínos em crescimento alimentados com rações contendo três níveis de fitase obtida do *Aspergillus niger* (0, 400 e 800 FTU/kg de fitase), Fialho et al. (2000) constataram que os dados evidenciaram que a adição da fitase melhorou os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e proteína bruta, os valores de energia digestível e energia metabolizável das rações. De acordo com estes autores, os resultados podem ser explicados pela possível liberação do complexo fitato proteína do farelo de soja e do milho. Além disso, o ácido fítico pode complexar com enzimas como tripsina e pepsina (Mroz et al., 1994), podendo prejudicar a digestão da proteína da ração, e a redução na sua concentração no tubo digestivo, devido à ação da fitase, pode ter sido outro fator que também contribuiu para os resultados obtidos com a fitase.

Walz & Pallauf (2002), verificaram, para suínos em crescimento, que rações com níveis reduzidos de proteína bruta (PB), fósforo disponível (Pd) e cálcio (Ca), suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase, não influenciaram os valores de energia digestível e metabolizável das rações. Também observaram aumento na retenção de nitrogênio em 16%, na disponibilidade do fósforo em 43% e na do cálcio em 31% e, redução de 35% no nível de uréia plasmática, quando estes animais foram comparados com aqueles recebendo rações formuladas com níveis recomendados de PB, Pd e Ca, com e sem a suplementação de aminoácidos sintéticos, indicando uma redução no catabolismo de proteínas quando os aminoácidos foram fornecidos.

Ruiz et al.(2006) trabalhando com leitões com $20,42 \pm 2,45$ kg, machos castrados, recebendo rações compostas por milho, farelo de soja e farelo de arroz, com ou sem a suplementação da fitase (500 FTU / kg de ração), com redução de 20% de fósforo disponível, constataram que não houve diferença para os coeficientes de digestibilidade da energia e proteína bruta das rações com ou sem a adição da fitase. A inclusão da fitase não promoveu maior digestibilidade da proteína, possivelmente pela baixa complexação deste nutriente com o fósforo fítico nos ingredientes utilizados. As associações entre fítico–proteína e ácido fítico-amido podem não ter sido suficientes para influenciar a digestibilidade da proteína bruta e energia (Oryschak et al., 2002).

Veum et al. (2006) constataram que a absorção aparente (% do consumo) de cálcio, fósforo e magnésio foi maior para leitões de 7,6 a 24,2 kg que receberam rações deficientes em 43% a 52% de fósforo disponível, suplementadas com 2.500 e 12.500 FTU fitase obtida de *Escherichia coli* / kg, quando comparados aos que receberam a ração com níveis adequados de fósforo e sem fitase. Esse resultado evidencia a eficiência desta enzima em hidrolisar o fitato, disponibilizando Ca, P e Mg para serem absorvidos, mas, não houve influência na digestibilidade de nitrogênio, energia e matéria seca .

Diante do exposto, fica demonstrada a eficiência da fitase em hidrolisar o fitato, melhorando a disponibilidade de cálcio e fósforo para serem utilizados pelos suínos, mas os resultados são contraditórios quanto aos efeitos da fitase sobre as digestibilidades da matéria seca, nitrogênio, proteína bruta, aminoácidos e energia. Portanto, torna-se necessário o aprofundamento de pesquisas para determinar até que ponto a suplementação de fitase pode influenciar a digestibilidade dos nutrientes para manter o bom desempenho de suínos.

2.3.3 Excreção de minerais

Pela ocorrência do fitato nos alimentos de origem vegetal, para os animais monogástricos, há necessidade de suplementação de fósforo com fonte inorgânica que, em geral, é cara e está presente nas rações em quantidades acima da exigência do animal. Com isso, o fósforo fítico, por ser de baixa disponibilidade para os monogástricos, juntamente com o excesso de fósforo inorgânico adicionado às rações, é eliminado nas fezes dos animais, tornando-se o motivo de um alto índice de poluição ambiental em áreas com alta concentração de suínos e aves (Ludke et al., 2002). Como os dejetos dos suínos são, geralmente, utilizados como fertilizantes e aplicados no solo de maneira indiscriminada, a quantidade de fósforo e nitrogênio presentes em excesso no solo trazem problemas sérios para o meio ambiente por meio da eutrofização que diminui a quantidade de oxigênio existente nas águas dos rios e lagos, criando um ambiente inadequado para os peixes e animais aquáticos.

Os efeitos da fitase sobre a diminuição na excreção de fósforo e cálcio foram observados por Lei et al. (1993 a), que trabalharam com leitões desmamados que receberam rações suplementadas com 627 e 750 FTU/kg. Os autores observaram que a ação da fitase proporcionou uma redução na excreção de fósforo nas fezes de 24%. Cromwell et al. (1995b) observaram que a absorção diária de fósforo aumentou linearmente com o aumento dos níveis de fitase (250, 500, 1000 FTU/kg) para suínos em crescimento em rações com níveis de fósforo disponível abaixo dos níveis de requerimento. A excreção fecal de fósforo com relação ao fósforo consumido diminuiu linearmente com o aumento de fitase e com a redução de fósforo na ração, reduzindo em 31% em comparação com a ração com nível adequado de fósforo.

Em experimento realizado com suínos em crescimento, Walz & Pallauf (2002) constataram que rações com redução de PB, Pd e Ca, combinadas com a

suplementação de aminoácidos e fitase, proporcionaram redução da excreção de nitrogênio na urina em 27%, de fósforo e cálcio nas fezes, em 36% e 20%, respectivamente, quando comparada com a ração formulada com níveis recomendados de PB, Pd e Ca e sem a suplementação de aminoácidos sintéticos, oferecendo um substancial benefício em manter uma produção de suínos ambientalmente sustentável.

Em experimento realizado com a fitase microbiana (Nathufos) nos níveis de 250, 500 e 2.500 FTU/kg da ração, Zhang et al. (2000) constataram que, para leitões, a adição de fitase em rações deficientes em fósforo disponível e cálcio reduziu linearmente a excreção de cálcio, e a excreção de fósforo reduziu em 25,5% a 48,7% com o aumento dos níveis de fitase, quando comparada com a ração com níveis adequados de Ca e Pd. Resultados similares foram obtidos por Ludke et al. (2002) que, trabalhando com leitões recebendo rações com suplementação de fitase e dois níveis de proteína bruta (16% e 18% PB), observaram que níveis entre 421 – 466 FTU / kg da ração são os que proporcionam redução nas quantidades de nitrogênio, fósforo e cálcio excretado pelos suínos, amenizando a carga de poluição ambiental.

Veum et al. (2006) constataram que a adição de fitase geneticamente modificada *Escherichia coli*/kg, para leitões que receberam rações deficientes em 43% a 52% de fósforo disponível, proporcionou redução significativa na excreção fecal de fósforo, cálcio e magnésio, quando comparados aos que receberam a ração com níveis adequados de fósforo e sem fitase. O uso de 1.500 e 2.500 FTU/kg *Escherichia coli* em rações deficientes em fósforo para leitões em fase inicial de crescimento, reduziu a excreção de fósforo nos dejetos em 42% e 61% respectivamente, contribuindo pra a redução da poluição ambiental e para a sustentabilidade da atividade suínica.

Diante do exposto, como a fitase atua liberando o fósforo fítico e, por extensão, o cálcio, o magnésio e o nitrogênio do grupo amina de algum

aminoácido ligado ao fósforo fítico, possivelmente, haverá aumento da disponibilidade destes nutrientes para serem aproveitados pelos suínos e, conseqüentemente, a excreção destes minerais nas fezes será reduzida, contribuindo para a redução do impacto ambiental dos dejetos suínos. Mas, como grande parte das referências citadas foi realizada com suínos nas fases de crescimento e terminação, vale a pena ressaltar que trabalhos devem ser realizados para determinar os efeitos da suplementação da fitase em rações de suínos em fase inicial de crescimento sobre a excreção de minerais e nitrogênio nos dejetos.

2.3.4 Mineralização óssea

A enzima fitase é responsável pela quebra da ligação ácido fosfórico inositol e a fitase microbiana tem sido utilizada nas rações de suínos com o objetivo de tornar disponível o fósforo fítico e outros minerais, como cálcio, magnésio, ferro, zinco e manganês, proporcionando aumento na disponibilidade destes elementos para serem absorvidos pelos animais, o que, provavelmente, pode melhorar a resistência e a mineralização dos ossos de leitões

Em experimento com a fitase microbiana (Nathufos) em rações com deficiência de cálcio e fósforo, Zhang et al. (2000) constataram que a fitase proporcionou aumento linear ($P < 0,05$) no teor de cinzas e força de cisalhamento da 10ª costela dos leitões. Resultados similares foram encontrados por Brana et al. (2006) que, trabalhando com leitões recebendo rações com a suplementação da fitase Natuphos – *Aspergillus niger*, verificaram aumento linear ($P < 0,01$) no teor de cinzas na fíbula.

Segundo Stahl et al. (2000), leitões recebendo rações deficientes em fósforo, sem adição de fitase e fósforo inorgânico, apresentaram redução nos níveis de P no plasma e elevação da atividade da fosfatase alcalina. A explicação

para este fato, de acordo com Pointillart et al. (1987) é a de que quando os leitões são submetidos a rações com níveis muito reduzidos de fósforo, a fosfatase alcalina é liberada para mobilizar fósforo dos ossos para atender às necessidades do animal.

Walz & Pallauf (2002) realizaram um trabalho com suínos em terminação recebendo ração formulada com níveis reduzidos de PB, Pd e Ca, suplementadas com aminoácidos e fitase proveniente do fungo *Aspergillus niger*. Esses autores verificaram que a mineralização (teor de cinzas, fósforo, cálcio e magnésio) da falange e do fêmur foi semelhante, na comparação com animais que receberam ração formulada com níveis recomendados de PB, Pd e Ca, com e sem a suplementação de aminoácidos sintéticos.

Ludke et al.(2002) trabalhando com leitões, observaram que não houve diferença significativa entre as rações suplementadas ou não com fitase, sobre as concentrações de fósforo na vértebra coccígea e no osso metacarpiano e sobre as concentrações de cálcio no osso, indicando que, mesmo reduzindo o teor de fósforo e cálcio nas rações, o teor de minerais nos ossos não foi prejudicado devido à ação positiva da enzima. Estes mesmos autores observaram que níveis entre 297 – 560UF/kg da dieta proporcionam melhor composição óssea dos animais alimentados com ração contendo 16% de PB e que a adição de fitase em dietas com 18% de proteína ocasionou redução linear nos parâmetros ósseos.

Auspurger et al.(2003), trabalhando com rações suplementadas com 250 a 1.200 FTU/kg de fitase proveniente de *Escherichia coli*, constataram aumento nos níveis de fósforo no plasma e na resistência á quebra dos ossos metacarpianos e redução da atividade da fosfatase alcalina de leitões, demonstrando a eficiência da enzima em melhorar a mineralização óssea.

Em estudos com a suplementação de fitase em rações com fósforo reduzido para leitões desmamados, Gentile et al. (2003) observaram aumento na concentração de fósforo no plasma e redução da atividade da fosfatase,

melhorando a resistência óssea com o uso da fitase. Esse resultado indica a ação da fitase em disponibilizar o fósforo fítico, impedindo a excessiva reabsorção ou desmineralização dos ossos.

Em experimento realizado por Veum et al. (2006) foi constatado que a resistência à quebra do osso e teor de cinzas nos ossos metacarpianos foram maiores ($P < 0,01$) para os leitões que receberam rações deficientes em fósforo suplementadas com 2.500 e 12.500 FTU/kg de fitase *Escherichia coli*, quando comparados aos que receberam a ração com níveis adequados de fósforo e sem fitase. Esses resultados confirmam a eficiência de adicionar altos níveis desta enzima em dietas deficientes em fósforo para leitões.

Dessa forma, fica demonstrado o efeito benéfico da adição da fitase em rações com níveis mais baixos de fósforo sobre a disponibilidade e deposição de minerais e, conseqüentemente, sobre a resistência à quebra do osso dos suínos. Assim, pode ser possível substituir parte da suplementação inorgânica de fósforo pela suplementação com enzima, sem afetar a mineralização óssea.

2.4 Nitrogênio e fósforo como principais agentes poluentes dos dejetos de suínos

O desenvolvimento da suinocultura brasileira nos últimos anos, apresentando um crescimento médio de 15% ao ano no último quinquênio (Bohrer, 2003), embora tenha proporcionado grandes benefícios à sociedade, também gerou poluição ambiental, em decorrência do aumento da quantidade de dejetos produzidos pelos animais.

Nas rações destinadas a suínos, é comum serem encontradas formulações para suínos com níveis de proteína muito altos, gerando, além de um custo adicional na formulação, um aumento na excreção de nitrogênio. Para o fósforo, pela ocorrência do fitato como fator antinutricional para animais monogástricos, há a necessidade da suplementação de fósforo de fonte

inorgânica, que está presente nas rações em quantidades acima das exigências do animal. Como fósforo fítico é de baixa disponibilidade e com o excesso de fósforo inorgânico, parte do fósforo é eliminado nas fezes. O NRC (1998) menciona que de 45% a 60% do nitrogênio e 50% a 80% do cálcio e fósforo consumidos são excretados pelos suínos, evidenciando a baixa eficiência do suíno em otimizar o aproveitamento dos nutrientes dos alimentos para maximizar o potencial produtivo dos animais, o que contribui para o impacto ambiental dos resíduos por excreções de nitrogênio e fósforo.

De acordo com o NRC (1998), vários fatores podem influenciar a quantidade de nutrientes excretados pelos animais. Entre eles, destacam-se a digestibilidade e a disponibilidade dos nutrientes, os níveis de nutrientes presentes na dieta (margens de segurança), os métodos de processamento dos alimentos. Os fatores ambientais também podem influenciar a quantidade de elementos poluentes nos dejetos.

O grande problema gerado pela excreção de nitrogênio pelos animais é a formação excessiva de nitratos contaminando os reservatórios subterrâneos de água. O excesso de nitratos nos alimentos e na água causa danos à saúde humana e aos animais, uma vez que diminui a capacidade de transporte de oxigênio no sangue (NRC, 1998). Além disso, a emissão de nitritos pode contribuir para a destruição da camada de ozônio. Outro problema é a emissão de amônia nas instalações, levando à perda de desempenho dos animais, riscos à saúde dos operadores e poluição atmosférica. De acordo com Cromwell et al. (1996) a contaminação do ar ocorre com a evaporação de compostos voláteis dos dejetos que causam prejuízos ao bem-estar humano e animal. Tem-se constatado que suínos expostos a altos níveis de amônia, por um curto período de tempo, apresentam redução no ganho de peso (Cole et al., 1996).

O potencial do fósforo para contaminar o solo e a água é menor do que a do nitrogênio, porque o fósforo se adere às partículas do solo, tornando-se um

contaminante parcial dos rios e lagos, devido à sua translocação ser limitada (Coffey, 1992). No entanto, de acordo com Cromwell et al. (1991), uma vez que o fosfato entra em contato com a superfície da água, estimula o crescimento das algas, processo chamado de eutrofização, que resulta em decréscimo na qualidade da água. A morte e a deteriorização destas algas diminui a quantidade de oxigênio na água, criando um meio inadequado para os peixes e outros animais aquáticos.

Portanto, a aplicação do conceito de proteína ideal para maximizar a utilização de proteína da dieta e a utilização da enzima fitase para melhorar o aproveitamento do fósforo e de outros nutrientes são alternativas para a redução da excreção de nitrogênio e fósforo nos dejetos, contribuindo para a redução do impacto ambiental da atividade suinícola, sem afetar o desempenho dos animais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local dos experimentos

Dois experimentos foram conduzidos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), entre os meses de março e maio de 2006, no município de Lavras, região sul do Estado de Minas Gerais, latitude 21° 14' 30'' (S), longitude 45° 00' 10'' (O) e 910 metros de altitude, O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é mesotérmico, apresentando verões brandos e chuvosos. As temperaturas médias anuais situam-se em torno de 19,4 °C, com máximas de 27,8 °C e mínimas de 13,5 °C. A precipitação média é de 1.411 mm, estando 65 a 70 % desse total concentrado nos meses de dezembro a março. Nos meses mais frios (junho e julho), o volume de chuva é muito reduzido, chegando a ser nulo, em alguns anos (Silva, 2006).

3.2 Animais, Instalações e Período Experimental

3.2.1 Experimento I - Digestibilidade de nutrientes e teor de minerais nas fezes

No ensaio de digestibilidade foram utilizados 21 suínos machos castrados (Agroceres x MS60), peso médio inicial de 18,9 ± 1,9 kg de peso vivo. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo, semelhantes às descritas por Sales et al. (2003), que permitiram a coleta de fezes e urina separadamente. As gaiolas permaneceram em salas equipadas com ar condicionado, permitindo o controle parcial da temperatura interna em torno de 22,0 ± 1,8 °C.

O experimento foi realizado com 7 tratamentos cada um, tendo duração de 11 dias, sendo sete para adaptação dos animais às gaiolas e às dietas experimentais e quatro para coleta total de fezes e urina.

3.2.2 Experimento II – Desempenho, parâmetros sanguíneos, composição corporal e mineralização óssea

Para a avaliação do desempenho foram utilizados 84 suínos machos castrados e fêmeas (Agroceres x MS60), com peso médio inicial de $15,3 \pm 1,4$ kg (idade média de 42 dias) e peso final de $32,5 \pm 3,1$ kg (idade média de 73 dias). Os animais foram divididos em 7 tratamentos e alojados em sala de alvenaria, no galpão de creche, em grupos de dois, mantidos em baias suspensas (2,0 x 1,2 m) a 1,2 m de altura, com piso ripado, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta, durante um período experimental de 26 dias. A temperatura foi controlada com lâmpadas para aquecimento e ventiladores. Antes do alojamento dos animais, a sala foi devidamente limpa e desinfetada, permanecendo por um período mínimo de sete dias de vazio sanitário. A temperatura mínima da sala foi de $19 \pm 2,5$ °C e a máxima de $25 \pm 2,4$ °C. Para a avaliação dos teores de uréia sanguínea, fosfatase alcalina, concentrações de Ca e P no soro, ao final do período experimental foi coletado o sangue de 42 animais (6 animais por tratamento).

Para a avaliação do peso dos órgãos, composição corporal e mineralização óssea, foram utilizados 42 suínos (6 animais por tratamento), abatidos ao término do experimento II. Três animais, de mesma genética, foram abatidos ao início do experimento II para determinar a composição química inicial da carcaça, utilizada para o cálculo das taxas de deposição de proteína e gordura neste período.

3.3 Rações Experimentais

As rações foram formuladas à base de milho, farelo de soja, leite em pó modificado e amido de mandioca, sendo suplementadas com vitaminas e minerais.

Para os tratamentos foi utilizado um esquema fatorial $3 \times 2 + 1$, sendo 3 níveis de energia metabolizável (3.080, 3.230 e 3.380 kcal/ kg), 2 níveis de proteína bruta (14% e 16%), com níveis de 0,54% cálcio e 0,28% fósforo disponível, o que representa uma redução de 25% de Ca e 30% de Pd, suplementadas com aminoácidos sintéticos (lisina, metionina, treonina, triptofano e valina) e a enzima fitase (1000 FTU / kg). Para os cálculos dos teores de energia metabolizável e proteína bruta das rações não foram considerados os valores protéico e energético dos aminoácidos. Para o tratamento adicional, a ração foi formulada com base em proteína bruta e sem adição de fitase, para atender as exigências nutricionais de leitões entre 15 e 30 kg de peso vivo, de acordo com Rostagno et al. (2005).

Neste experimento foi utilizada a enzima fitase Natuphos G 10000[®], doada pela BASF Corporation, obtida através da recombinação gênica de fungos *Aspergillus niger* e *Aspergillus ficuum*. Este produto comercial é um pó, com atividade preconizada pelo fabricante de 10000 (FTU/g). A indicação do fabricante é usar cerca de 50 g desse produto por tonelada de ração, correspondendo a 500 FTU / kg de ração. Os ingredientes utilizados para a formulação das rações foram comerciais e todos tiveram parte de sua composição química analisada no Laboratório de Pesquisa Animal da Universidade Federal de Lavras (Tabela 1).

O balanço eletrolítico das rações foi calculado segundo a equação de Mongin (1981): $BED = (\%Na^+ \times 100/22,990) + (\% K^+ \times 100/39,102) - (\%Cl^- \times 100/35,453)$, e expressos em mEq/kg. A composição percentual e química das rações experimentais encontram-se nas Tabelas 2 e 3.

TABELA 1 – Composição e perfil de aminoácidos digestíveis dos ingredientes usados na formulação das rações experimentais

Composição ¹	Ingrediente						
	Milho	Farelo de soja	Leite em pó modificado	Fosfato bicálcico	Calcáreo calcítico	Óleo soja	Amido de mandioca
Matéria seca (%) ²	87,11	88,59	95,49	-	-	-	-
Prot. Bruta (%) ²	8,26	45,3	12,05	-	-	-	-
EM (Kcal/kg) ³	3340	3154	3322	-	-	8300	3520
Cálcio ³	0,03	0,24	0,75	24,50	38,40	-	-
Fósforo disp. (%) ³	0,08	0,18	0,68	18,50	-	-	-
Lisina (%) ³	0,19	2,53	0,90	-	-	-	-
Treonina (%) ³	0,26	1,55	0,64	-	-	-	-
Triptofano (%) ³	0,06	0,55	0,14	-	-	-	-
Metionina (%) ³	0,15	0,59	0,18	-	-	-	-
Met. + Cist. (%) ³	0,32	1,16	0,41	-	-	-	-
Arginina (%) ³	0,36	3,19	0,35	-	-	-	-
Isoleucina (%) ³	0,25	1,88	0,62	-	-	-	-
Valina (%) ³	0,35	1,92	0,58	-	-	-	-
Leucina (%) ³	0,94	3,19	1,03	-	-	-	-
Histidina (%) ³	0,23	1,07	0,24	-	-	-	-
Fenilalanina (%) ³	0,37	2,07	0,37	-	-	-	-
Fen. + Tir. (%) ³	0,63	3,42	0,56	-	-	-	-

EM – energia metabolizável

¹ Valores Expressos em matéria natural.

² Valores segundo análises realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO – UFLA.

³ Valores segundo Rostagno et al. (2005).

TABELA 2 – Composição percentual das rações utilizadas no experimento.

Ingredientes (%)	Rações						
	Energia Metabolizável (kcal/kg)						
	3080	3230	3380	3230			
	Proteína bruta (%)						
	14	16	14	16	14	16	18
Milho	53,50	53,50	53,50	53,50	53,50	53,50	53,50
Farelo de soja	18,90	23,30	18,90	23,30	18,90	23,30	27,80
Óleo de soja	0,20	0,20	1,00	1,00	3,40	3,40	0,90
Leite em pó modificado	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Amido de mandioca	10,10	6,10	12,50	8,50	11,00	7,00	4,50
Fosfato bicálcio	0,74	0,70	0,74	0,70	0,74	0,70	1,30
Calcáreo calcítico	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,65
Sal iodado	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Premix vitamínico ¹	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix mineral ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-lisina HCl 78%	0,47	0,31	0,47	0,31	0,47	0,31	0,14
DL-Metionina	0,07	0,04	0,07	0,04	0,07	0,04	0,02
L-Treonina	0,13	0,07	0,13	0,07	0,13	0,07	0,00
L – Triptofano	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00
Valina	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,00
Tylan S - 100 ^{® 3}	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Fitase	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Areia lavada	4,56	4,55	1,36	1,35	0,46	0,45	0,56
Total	100	100	100	100	100	100	100

¹ Suplemento vitamínico contendo por kg do produto: Vitamina A, 12.000.000 UI; vitamina D₃, 1.800.000 UI; vitamina E, 35.000 mg; vitamina K₃, 4.000 mg; vitamina B₁, 2.500 mg; Riboflavina (B₂), 5.000 mg; Piridoxina (B₆), 3.000 mg; vitamina B₁₂, 30.000 mcg; Niacina, 30.000 mg; Ácido Pantotênico, 15.000 mg; Ácido Fólico, 800 mg; Biotina, 100 mg; vitamina C, 100.000 mg; Antioxidante, 125 mg.

² Suplemento Mineral contendo, por Kg do produto: Selênio, 500 mg; Ferro, 70.000 mg; Cobre, 20.000 mg; Manganês, 40.000 mg; Zinco, 80.000 mg; Iodo, 800 mg; Cobalto, 500 mg.

³ Antibiótico á base de fosfato de tilosina e sulfametazina produzido pela Elanco Saúde Animal.

TABELA 3 – Composição química das rações experimentais¹.

Nutriente	Composição calculada						
	Energia Metabolizável (kcal/kg)						
	3080	3230	3380	3230	3380	3230	3230
	Proteína Bruta (%)						
	14	16	14	16	14	16	18
EM ³ (kcal/kg)	3087	3085	3235	3235	3385	3383	3230
Proteína Bruta (%)	14,19	16,18	14,19	16,18	14,19	16,18	18,22
Cálcio (%)	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,73
Fósforo disp.(%)	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,40
Lisina (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Metionina (%)	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Triptofano (%)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,20
Treonina (%)	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Isoleucina (%)	0,55	0,63	0,55	0,63	0,55	0,63	0,72
Valina (%)	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,78
Met. + Cist (%)	0,43	0,48	0,43	0,48	0,43	0,48	0,54
Arginina (%)	0,83	0,97	0,83	0,97	0,83	0,97	1,11
Leucina (%)	1,21	1,35	1,21	1,35	1,21	1,35	1,49
Histidina (%)	0,35	0,40	0,35	0,40	0,35	0,40	0,44
Fenilalanina (%)	0,63	0,72	0,63	0,72	0,63	0,72	0,81
Fen. + Tir. (%)	1,04	1,19	1,04	1,19	1,04	1,19	1,34
BED ⁴ (Na+K+Cl) ²	154	175	154	175	154	175	196

¹ Valores de aminoácidos expressos em digestibilidade ileal verdadeira

² Expressos em miliequivalente por grama (mEq/grama)

³ EM – energia metabolizável

⁴ BED – balanço eletrolítico da dieta

3.4 Procedimento Experimental

3.4.1 Experimento I – Digestibilidade de nutrientes e teor de minerais nas fezes

No ensaio de digestibilidade dos nutrientes e excreção de minerais, os animais foram pesados no início do período de adaptação. As rações foram fornecidas às 7 e 17 h, sendo a quantidade total diária estabelecida com base no peso metabólico ($PV^{0,75}$). A quantidade de ração foi ajustada pelo consumo do animal de menor ingestão, observado durante o período de adaptação, permitindo a todos os animais o consumo de quantidades iguais de nutrientes, em relação ao peso metabólico. A ração foi umedecida com água na proporção de 2:1 (água:ração). Após o consumo do alimento, todos os animais receberam água à vontade. Neste experimento, o óxido férrico (Fe_2O_3) foi utilizado como marcador fecal, sendo adicionado à ração na primeira e na última refeição do período de coleta (2%).

As fezes foram coletadas diariamente pela manhã e após a remoção de todo material estranho foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em congelador (-20 °C). Posteriormente, foram mantidas em temperatura ambiente até o descongelamento, seguida de pesagem e homogeneização, a partir da qual foi retirada uma amostra de aproximadamente 200 g, que foi seca em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e exposta ao ar por uma hora, para equilíbrio do teor de umidade à temperatura ambiente, sendo em seguida novamente pesada para a determinação da matéria pré-seca. Após esse período, foi novamente retirado todo material estranho (pêlos), sendo posteriormente moída para a realização das análises laboratoriais.

Da mesma forma, a urina foi coletada diariamente, com auxílio de um balde plástico com filtro, contendo 20 ml de ácido clorídrico (HCl) 1:1, para evitar a proliferação bacteriana e possíveis perdas de nitrogênio. Do total coletado de cada animal, foi adicionada água destilada, objetivando a

padronização do volume coletado. Desse total diário, uma alíquota de 10% do volume padronizado foi retirada e congelada a -20 °C, para futuras análises.

3.4.2 Experimento II – Desempenho, parâmetros sanguíneos e abate comparativo

No ensaio de desempenho, a água e a ração foram fornecidas à vontade. Diariamente foi feita a limpeza das baias, duas vezes ao dia. A ração fornecida e os desperdícios foram pesados diariamente para a determinação do consumo de cada baia.

Para a determinação do ganho de peso, os animais foram pesados no início e no final do experimento. A conversão alimentar foi obtida por meio da relação entre o consumo de ração e o ganho de peso durante o período experimental. A eficiência de utilização de nitrogênio para ganho (EUNG) e a utilização de energia para ganho (UEG), foram calculadas segundo as fórmulas: $EUNG = g \text{ GPMD}/CN$; $UEG = g \text{ GPMD}/CEM$, em que GPMD é o ganho de peso médio diário, em gramas por dia (g/d), e CN e CEM, são respectivamente, o consumo de nitrogênio (CN), em g/d e consumo de energia metabolizável (CEM), em kcal/d, respectivamente. O CN foi obtido pela fórmula: $CN = [(CRMD \times PB) / 100] / 6,25$, em que CRMD é o consumo médio diário de ração, em g/d e PB, o nível de proteína bruta da ração e o CEM foi obtido pela fórmula: $CEM = (CRMD \times EM) / 1000$, em que CRMD é o consumo médio diário de ração, em g/d e EM, o nível de energia metabolizável da ração.

Amostras de sangue foram colhidas, das 9 às 10h30, através de punção no *sinus orbital*, no final do experimento. As coletas de sangue foram realizadas, após as pesagens dos animais, sem jejum, seguindo as indicações de Cai et al. (1994). As amostras, em seguida, foram centrifugadas por 10 minutos para retirada do soro. Foram retiradas em torno de 10 ml de sangue e os tubos com o soro foram identificados e armazenados a -20°C.

Ao término do período experimental e após a coleta de sangue, os animais foram submetidos a jejum alimentar de 24 horas, sendo um animal de cada baia (seis animais por tratamento) abatido para a determinação do peso de órgãos, resistência óssea e composição química da carcaça. No início do experimento II, três animais foram abatidos para a determinação da porcentagem de proteína e gordura na carcaça, cujos valores foram utilizados para o cálculo da taxa de deposição diária de proteína e gordura durante o período experimental.

Os animais foram insensibilizados por choque elétrico e procedeu-se à sangria. Após o abate, procedeu-se à toailete e à evisceração, para retirada dos órgãos. O fígado, os rins, o intestino delgado e o estômago foram dependurados à sombra, para o escorrimento do sangue, por aproximadamente 20 minutos, sendo em seguida pesados posteriormente para determinação de seus respectivos pesos absoluto e relativo (em relação ao peso da carcaça).

Após a obtenção da carcaça quente foram retirados o terceiro e o quarto ossos metacarpianos dos animais. Logo após, os ossos foram identificados com placas de alumínio, numerados e fixados com arame e, em seguida, descarnados e acondicionados em freezer para posteriores análises de resistência à quebra e força de cisalhamento.

A carcaça inteira (contendo a cabeça, os pés, a cauda), sem as vísceras, foi dividida ao meio em um corte longitudinal ao longo da coluna vertebral e a metade esquerda (contendo a cauda e pêlos) foi armazenada em congelador (-20 °C). Posteriormente, as meias carcaças foram moídas cinco vezes em em "cutter" comercial de 30 HP e 1.775 revoluções por minuto (peneira 2 mm) para homogeneização do material e posterior retirada de uma amostra de cada animal. Em seguida, essas amostras foram congeladas e posteriormente encaminhadas para o processamento das análises laboratoriais. As taxas de deposição de proteína e gordura foram calculadas de acordo com Oliveira et al.(2005a). A

energia total retida na carcaça foi calculada, utilizando-se os fatores de conversão de acordo com Quiniou et al. (1996), sendo igual ao somatório da energia retida como gordura (taxa de deposição de gordura ,em g/dia, multiplicada por 9,49 kcal) e da energia retida como proteína (taxa de deposição de proteína ,em g/dia, multiplicada por 5,69 kcal) , que corresponde à energia gasta para depositar 1g de gordura e 1 g de proteína, respectivamente; a porcentagem de energia retida na carcaça como proteína e gordura foram calculadas como a razão entre a energia retida como proteína e gordura, respectivamente, e a energia total retida na carcaça , e a eficiência de retenção de energia na carcaça foi calculada pela divisão da energia total retida na carcaça pelo consumo de energia metabolizável.

3.5 Análises Laboratoriais

3.5.1 Experimento I - Digestibilidade de nutrientes e teor de minerais nas fezes

Os ingredientes, rações, fezes e urina foram analisados de acordo com os métodos descritos pela A.O.A.C. (1990), no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA.

Os ingredientes e as rações experimentais foram moídos e submetidos às análises de matéria seca em estufa a 105 °C por 24 horas.

As fezes obtidas neste experimento foram moídas antes da realização das análises químicas. A matéria seca foi determinada após pesagem e secagem das amostras em estufa a 65 °C com ventilação forçada, até atingir peso constante e, posteriormente, em estufa a 105 °C por 24 horas.

O nitrogênio das rações, fezes e urina foi determinado usando-se o método Kjeldahl e a energia bruta, através da bomba calorimétrica adiabática (Parr Instruments Co). A determinação dos teores de cinzas das fezes foi feita

em forno mufla a 550°C por 12 horas. A solução mineral para determinação do fósforo e cálcio nas fezes foi obtida das cinzas por via seca, sendo a determinação do fósforo realizada pelo método de fotometria e a do cálcio, por permanganatometria.

3.5.2 Experimento II – Desempenho, parâmetros sanguíneos e abate comparativo

No soro sanguíneo foram determinados os teores de uréia (método enzimático), fosfatase alcalina (método cinético otimizado), cálcio e fósforo (método colorimétrico), pelo Centro de Pesquisas, Desenvolvimento, Análises Clínicas e Patologia Ltda, localizado em Lavras - Minas Gerais.

Nas análises das carcaças, ao preparar as amostras para análises laboratoriais, em função da alta concentração de gordura do material, procedeu-se à pré-secagem em estufa, com ventilação forçada a 60 °C, por 72 horas. Em seguida, foi realizado pré-desengorduramento, pelo método a quente, em aparelho extrator do tipo “SOXHLET”, por quatro horas, para posteriormente efetuar a moagem do material. As amostras pré-secadas e pré-desengorduradas foram moídas e acondicionadas em vidros, para posteriores análises laboratoriais. Para correção dos valores das análises subseqüentes, foram consideradas a água e gordura retiradas no preparo das amostras. O conteúdo de nitrogênio foi determinado usando o método Kjeldahl, segundo a AOAC (1990) e as concentrações de extrato etéreo pela metodologia de Silva & Queiroz (2002).

Para a análise de resistência à quebra e força de cisalhamento, somente o quarto metacarpiano foi submetido ao teste de resistência e força de cisalhamento, de acordo com a metodologia descrita por Combs et al. (1991), de modo que a determinação de resistência envolveu medida de força sobre o osso, e a força de cisalhamento leva em consideração a área do osso sobre o qual a

força é aplicada. O teste foi realizado no Laboratório de Tecnologia da Madeira, no Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, utilizando-se o equipamento de Ensaio Universal (EMIC) DL-30000. A força foi aplicada no ponto médio dos ossos, na velocidade de 10 mm/min, e a uma distância entre os dois suportes de 3 cm. A força máxima requerida para causar uma falha nos ossos foi mensurada e gravada eletronicamente. Após o teste, os ossos foram cortados ao meio, usando uma serra, para que as dimensões (base, altura e comprimento – Figura 1) da parede no ponto central (Figura 2) fossem medidas usando um paquímetro digital. Para calcular a resistência à quebra e a força de cisalhamento do osso metacarpiano foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\text{Resistência à quebra} = \frac{(0,106 \times F \text{ máx.} \times C)}{[(0,44 \times r^2 \times t) - (1,32 \times r \times t^2)]}$$

$$\text{Força de cisalhamento} = \frac{F \text{ máx.}}{2 \times \text{área}}$$

sendo:

F_{máx} = força máxima, dada pelo equipamento durante o ensaio;

C = distância entre os dois suportes, em centímetros (3 cm);

r = raio do osso;

t = densidade da parede.

$$\text{área} = \left\{ \frac{\pi [r^2 - (r-t)^2]}{4} + (2 r t - 3 t^2) \right\}$$

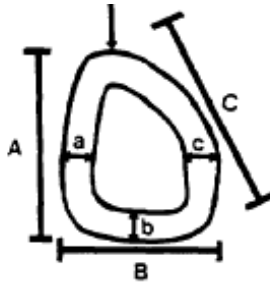


FIGURA 1: Medidas de referência para os cálculos de resistência à quebra do e força de cisalhamento do 4º osso metacarpiano, sendo:

- Raio (r) = $\frac{(A + B)}{2}$;
- Densidade da parede (t) = $\frac{(a + b + c)}{3}$;

Fonte: Combs et al. (1991)

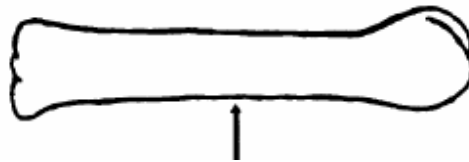


FIGURA 2: Ponto médio para medição das dimensões do raio e densidade da parede do 4º osso metacarpiano.

Fonte: Combs et al. (1991)

Os 3º ossos metacarpianos foram secos em estufa ventilada a 68 °C por aproximadamente 72 horas, sendo realizado o processo de retirada da gordura em éter etílico, seguido de uma nova secagem em estufa a 105 °C por 24 horas. Após esfriarem em dessecador os ossos foram triturados, acondicionados em vidros e posteriormente encaminhadas para o processamento das análises laboratoriais. A determinação dos teores de cinzas dos ossos foi feita em forno mufla a 550°C por 12 horas. A solubilização foi feita adicionando 10 ml de HCl e aquecendo-as. Em seguida a solução foi filtrada e diluída com água destilada para obter a solução mineral. A solução mineral para determinação do fósforo e cálcio foi obtida das cinzas por via seca, sendo a determinação do fósforo realizada pelo método de fotometria e a do cálcio, por permanganatometria (AOAC, 1990).

3.6 Análises Estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial $3 \times 2 + 1$ (3 níveis de energia metabolizável x 2 níveis de proteína bruta) e um tratamento adicional (ração controle), em 6 repetições. O critério para a formação dos blocos foi à época de início do experimento.

No Experimento I (digestibilidade dos nutrientes e teor de minerais nas fezes) foram analisados: a matéria seca digestível (MSD), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NEF), nitrogênio excretado na urina (NEU), retenção de nitrogênio (RN), teores de cinzas, cálcio e fósforo nas fezes.

No Experimento II (desempenho, parâmetros sanguíneos e abate comparativo) foram analisados: ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD), conversão alimentar (CA), consumo de energia metabolizável (CEM), utilização de energia para ganho (UEG), consumo de

nitrogênio (CN), eficiência de utilização de nitrogênio para ganho (EUNG), teores de úreia, fosfatase alcalina, cálcio e fósforo no soro, porcentagem de água, proteína e gordura na carcaça, taxa de deposição de proteína na carcaça (TDP); taxa de deposição de gordura na carcaça (TDG); energia retida como gordura na carcaça (ERGC); energia retida como proteína na carcaça (ERPC); energia total retida na carcaça (ETRC); eficiência de retenção de energia na carcaça (EREC); pesos absoluto e relativo dos órgãos (fígado, rins, estômago e intestino delgado), concentrações de cinzas, cálcio e fósforo no 3º osso metacarpiano, resistência à quebra ou flexão e força de cisalhamento do 4º osso metacarpiano.

Para as variáveis de desempenho (ganho de peso médio diário, consumo de ração médio diário, conversão alimentar, consumo de energia metabolizável, utilização de energia para ganho, consumo de nitrogênio, eficiência de utilização de nitrogênio para ganho), cada parcela experimental foi representada por dois animais. Para as demais variáveis experimentais, um animal representou a parcela experimental.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Sistema para Análise de Variância de dados balanceados), desenvolvido por Ferreira (2000). Efetuou-se análise de variância global, com todos os tratamentos, a fim de se obter o quadrado médio do resíduo para testar o fatorial e realizar o teste Dunnett a 5%, comparando-se o tratamento controle a cada um dos tratamentos. Utilizou-se o teste Student- Newman-Keuls (SNK) a 5% de probabilidade para testar os tratamentos no esquema fatorial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Digestibilidade dos nutrientes

Os valores de matéria seca digestível (MSD), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) dos leitões alimentados com rações contendo níveis de energia metabolizável e proteína bruta formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase são apresentados na Tabela 4.

Comparando – se as médias no fatorial, observou-se que não houve interação significativa ($P>0,05$) entre EM e PB, e os níveis de EM e PB das rações suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase não influenciaram ($P>0,05$) os resultados de matéria seca digestível e coeficiente de digestibilidade da proteína bruta. Entretanto, os níveis de EM e de PB, influenciaram ($P<0,01$) a energia digestível, sendo os maiores valores observados nas rações contendo 3.380 kcal EM/kg e 16% PB, respectivamente. Para energia metabolizável verificou-se influência ($P<0,01$) dos níveis de EM das rações, com os maiores valores também constatados para as rações com 3.380 kcal EM/kg.

Os valores de ED foram maiores para as rações com 14% de PB. Os valores de EM não foram significativamente influenciados ($P>0,05$) pelos teores de PB, o que pode ser explicado pelo fato de que, possivelmente, a energia eliminada na urina pode ter sido menor para os leitões consumindo rações com 14% PB. De acordo com Le Bellego et al. (2001) a diminuição do nível de PB da ração proporciona redução da excreção de nitrogênio, conseqüentemente, diminui a perda de energia urinária em 0,84 kcal e a produção de calor do animal em 1,67 kcal por grama reduzido na ingestão de proteína.

Resultados específicos sobre os efeitos de níveis de energia metabolizável e proteína bruta sobre os valores energéticos das rações formuladas com base em proteína ideal e fitase para leitões em fase inicial de

crescimento são escassos. De maneira geral, maiores valores de ED e EM foram verificados nas rações com 3380 Kcal EM/kg.

TABELA 4 - Matéria seca digestível (MSD), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase ¹

	Energia Metabolizável (kcal / kg)	Proteína Bruta (%)		Médias ³
		14	16	
MSD (%)	3080	86,17	86,54	86,36
	3230	86,04	86,64	86,34
	3380	86,44	86,74	86,59
	Médias	86,22	86,64	
	Controle	86,13		
	CV(%)	1,27		
CDPB (%)	3080	86,88*	87,01*	86,94
	3230	86,22*	86,77*	86,49
	3380	86,85*	86,32*	86,58
	Médias	86,65	86,70	
	Controle	83,13		
	CV(%)	1,64		
ED (kcal/kg)	3080	3614	3659	3636 c
	3230	3807	3843	3825 b
	3380	3888*	3979*	3933 a
	Médias ²	3770B	3827A	
	Controle	3787		
	CV(%)	1,49		
EM (kcal/kg)	3080	3456*	3509*	3482 c
	3230	3654	3687	3670 b
	3380	3737*	3720*	3729 a
	Médias	3615	3639	
	Controle	3635		
	CV(%)	1,37		

¹ Na base de matéria seca

² Houve diferenças significativas (P<0,01) pelo Teste F.

³ Médias seguidas por letras distintas diferem (P<0,01) pelo Teste SNK.

* Médias diferem (P<0,05) do tratamento controle pelo Teste de Dunnet.

Walz & Pallauf (2002), ao compararem rações formuladas com níveis recomendados de PB, Pd e Ca, com rações com níveis reduzidos destes nutrientes e suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase, também não verificaram diferenças significativas nos valores de EM das rações.

Oliveira et al. (2005a) em experimento realizado com suínos em crescimento, alimentados com dietas formuladas segundo o conceito de proteína ideal, verificaram que, em relação ao metabolismo de energia, a redução do teor de proteína da ração não influenciou a energia digestível e metabolizável das rações.

Na comparação entre as médias dos tratamentos fatoriais com o tratamento controle, que continha níveis recomendados de EM e PB e foi formulado com base em PB e sem adição de fitase, observou-se que os valores encontrados para MSD não foram significativamente ($P > 0,05$) influenciados pelas rações com diferentes teores de EM e PB, suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase. Entretanto, na comparação das médias pelo Teste de Dunnett, observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) para CDPB, com os tratamentos em esquema fatorial apresentando valores superiores ao tratamento controle.

Em relação ao CDPB, os resultados podem ser explicados em função da possível liberação do complexo fitato proteína do farelo de soja e do milho. Considerando que o ácido fítico pode complexar com enzimas, como tripsina e pepsina (Mroz et al., 1994), podendo prejudicar a digestão da proteína da ração, a redução na sua concentração no tubo digestivo, devido à ação da fitase, pode ter sido outro fator que também contribuiu para os resultados obtidos com a fitase.

Resultados semelhantes aos verificados neste trabalho foram encontrados por Fialho et al. (2000) e Silva (2003), que também observaram aumento no CDPB à medida que elevaram-se os níveis de fitase. Por outro lado, resultados contrários foram verificados por Liao et al. (2005) e Ruiz et al. (2006),

que constataram que a suplementação de fitase não promoveu maior digestibilidade da proteína, possivelmente pela baixa complexação deste nutriente como fósforo fítico nos ingredientes utilizados.

Comparando-se os valores de ED e EM das rações formuladas com níveis de energia metabolizável e proteína bruta, segundo o conceito de proteína ideal e fitase, com a ração controle, baseadas em PB, verificou-se que os maiores valores foram encontrados para o nível de 3.380 kcal EM/kg.

Deve-se destacar que os resultados para aproveitamento de energia encontrados na literatura são baseados em rações isoenergéticas. Portanto, o fator que contribuiu para os resultados dos valores de ED e EM foram os níveis de energia, pelo fato das rações utilizadas no experimento serem formuladas com níveis crescentes de energia metabolizável. Entretanto, outro fator que pode ter influenciado os resultados deste experimento é que, provavelmente, as associações entre ácido fítico e amido podem não ter sido suficientes para influenciar a digestibilidade da energia .

Resultados semelhantes aos observados neste trabalho foram verificados por Kies et al (2005), Ruiz et al.(2006) e Veum et al. (2006), os quais constataram que não houve influência na digestibilidade da energia para leitões alimentados com rações suplementadas com fitase. Walz & Pallauf (2002) verificaram que, para suínos em crescimento, rações com níveis reduzidos de proteína bruta, fósforo disponível e cálcio, suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase, não influenciaram os valores de energia digestível e metabolizável das rações, comparados com animais recebendo rações formuladas com níveis recomendados de PB, Pd e Ca com e sem a suplementação de aminoácidos sintéticos. Por outro lado, Johnston et al. (2004), trabalhando com rações com níveis reduzidos de fósforo e cálcio para suínos em crescimento, observaram melhora significativa na digestibilidade da energia com a suplementação da fitase ($P < 0,04$).

Ludke et al. (2000) constataram aumento nos valores de energia digestível e metabolizável ao ser adicionada fitase; a eficiência da enzima foi melhor, quando adicionada em dietas contendo 16% de PB, comparada às dietas com 18% de proteína bruta, ao avaliar o aproveitamento de energia, com efeito máximo adicionando 500 FTU/kg de fitase.

Os valores de nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado pelos animais nas fezes (NEF) e na urina (NEU), e retenção de nitrogênio (RN) são apresentados na Tabela 5.

A comparação entre as médias das rações no esquema fatorial mostrou que não houve interação significativa ($P>0,05$) entre os níveis de energia metabolizável e proteína bruta das rações, mas houve efeito do nível de proteína bruta ($P<0,01$) sobre o nitrogênio ingerido, nitrogênio excretado nas fezes e urina e, na retenção de nitrogênio de leitões.

A redução do teor de proteína bruta da ração resultou em menor consumo e excreção de nitrogênio nas fezes e urina ($P<0,01$). A variação do nitrogênio fecal e urinário está relacionada com a menor quantidade de nitrogênio ingerido. Verificou-se uma redução de aproximadamente 8,9 % no nitrogênio fecal a cada ponto percentual de decréscimo no conteúdo de proteína da ração e redução de 43,5% no NEU quando se reduziu a PB da ração de 16 para 14%, o que é perfeitamente justificável, pois a urina é a principal via de eliminação do nitrogênio em excesso no organismo dos suínos. Para retenção de nitrogênio, houve efeito significativo para níveis de PB ($P<0,01$). A maior retenção desse nutriente foi verificada para os animais que receberam rações contendo 14% PB.

TABELA 5 – Nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NEF), nitrogênio excretado na urina (NEU) e retenção de nitrogênio (RN) de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase ¹

	Energia Metabolizável (kcal / kg)	Proteína Bruta (%)		Médias
		14	16	
NI (g/dia)	3080	16,14*	18,42*	17,28
	3230	15,20*	18,47*	16,83
	3380	15,74*	18,34	17,04
	Médias ²	15,69 A	18,41 B	
	Controle	20,67		
	CV(%)	4,63		
NEF (g/dia)	3080	2,09*	2,40*	2,24
	3230	2,09*	2,44*	2,26
	3380	2,06*	2,52*	2,29
	Médias ²	2,08A	2,45B	
	Controle	3,41		
	CV(%)	14,99		
NEU (g/dia)	3080	3,57*	4,91*	4,24
	3230	3,20*	4,84*	4,02
	3380	3,46*	4,93*	4,19
	Médias ²	3,41A	4,89B	
	Controle	6,53		
	CV(%)	21,93		
RN (%)	3080	64,93*	60,31*	62,62
	3230	65,19*	60,58*	62,88
	3380	64,93*	59,90*	62,41
	Médias ²	65,01A	60,26B	
	Controle	51,91		
	CV(%)	8,27		

¹ Na base de matéria seca.

² Houve diferenças significativas (P<0,01) pelo Teste F

* Médias diferem (P<0,05) do tratamento controle pelo Teste de Dunnet.

Portanto, de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, pode-se deduzir que houve melhor aproveitamento dos aminoácidos dietéticos à

medida que se reduziu a proteína bruta na ração ao nível de 14%, com a suplementação de aminoácidos. A absorção de aminoácidos sintéticos é mais rápida que a dos aminoácidos presentes nas proteínas dos alimentos, uma vez que estes se encontram menos disponíveis para o animal. A maior retenção de nitrogênio nos animais que consumiram maior quantidade de aminoácidos sintéticos pode ser explicada pelo melhor equilíbrio nos sítios de síntese protéica.

Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho para NEF foram observados por Figueroa et al. (2002) e Le Bellego et al. (2001), que verificaram redução no nitrogênio fecal com o decréscimo de proteína na ração. Estes resultados são diferentes aos obtidos Zangerônimo (2006) e Zangerônimo et al. (2006), os quais verificaram que a quantidade de nitrogênio das fezes não foi afetada com a redução do teor de proteína da ração.

Em relação ao nitrogênio excretado na urina, Zangerônimo (2006), trabalhando com leitões recebendo rações com diferentes níveis de proteína bruta e lisina digestível, constatou uma redução de 20% na excreção de nitrogênio urinário ao reduzir de 18% para 16% o nível de PB da ração. Zangerônimo et al. (2006) também verificaram que a redução dos níveis de proteína bruta na dieta de leitões de 21% para 16,5%, com suplementação de aminoácidos sintéticos, segundo o conceito de proteína ideal, foi eficiente em reduzir, em torno de 40% a excreção de nitrogênio na urina, dos animais na fase inicial.

Le Bellego & Noblet (2002) e Le Bellego et al. (2002), trabalhando com leitões, verificaram redução significativa da excreção de nitrogênio fecal e urinário com o decréscimo do nível de proteína bruta das rações suplementadas com aminoácidos sintéticos. Resultados favoráveis nesse sentido também foram obtidos por De la Llata et al. (2002).

Na comparação das médias de cada combinação do nível de EM e PB com o tratamento controle, verificou-se que o nitrogênio ingerido, o nitrogênio excretado nas fezes e urina, e a retenção de nitrogênio foram significativamente influenciados ($P < 0,05$) pelas rações contendo diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas com base no conceito de proteína ideal e fitase.

Observa-se que houve redução na excreção de nitrogênio nas fezes dos leitões que consumiram rações, com diferentes níveis de EM e PB, suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase. Essa redução foi de 39% e 25%, para os leitões recebendo as rações com 14%PB e com 16% PB, respectivamente, comparada com a ração controle. Para o nitrogênio excretado na urina, a redução foi de, aproximadamente, 46% e 25%, para os leitões recebendo as rações com 14%PB e 16% PB, respectivamente.

Um ponto importante na utilização da técnica de redução de proteína bruta, a partir da substituição por aminoácidos sintéticos, é que as rações com aminoácidos são mais próximas do perfil de proteína ideal e, por conseguinte, diminuem as perdas de nitrogênio nos dejetos. Dessa forma, a aplicação do conceito de proteína ideal foi significativa para a redução da excreção de nitrogênio nos dejetos, contribuindo para a redução do impacto ambiental da atividade suinícola.

Resultados similares aos verificados neste experimento foram constatados por Fialho et al. (2000) e Silva (2003), que também constataram redução na excreção de nitrogênio, ao adicionarem fitase na ração para suínos em crescimento. Oryshack et al. (2002) observaram redução na excreção total de nitrogênio de leitões alimentados com dietas suplementadas com fitase. Walz & Pallauf (2002) verificaram redução de 27% do nitrogênio excretado na urina de suínos recebendo rações com níveis reduzidos PB, Pd e Ca, suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase, quando comparados com animais recebendo

dietas formuladas com níveis recomendados destes nutrientes e sem a suplementação de aminoácidos e fitase.

Com relação à retenção de nitrogênio, verificou-se maior RN para os leitões recebendo as rações contendo níveis diferentes de EM e PB, suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase.

De acordo com Quian et al. (1996), a suplementação com fitase em rações para suínos deve ocorrer quando esta apresentar uma relação Ca:P mais baixa possível, próxima a 1,2:1. Quando a relação molar de cátions (cálcio e fósforo) estiver acima de 2:1 ou 3:1, a formação do complexo insolúvel é muito maior. Segundo Oberleas & Harland (1996), como o fitato se liga a aminoácidos básicos da proteína, esta não será liberada se estiver ligada a um complexo mais resistente à ação da fitase. A enzima atua liberando o fósforo fítico e, por extensão, o nitrogênio do grupo amina de algum aminoácido ligado ao fósforo fítico. As rações utilizadas no presente experimento apresentaram uma relação Ca:P próxima de 1,2:1, o que pode ter proporcionado uma ação da fitase sobre o fósforo fítico liberando nitrogênio para absorção e retenção.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se inferir que a aplicação do conceito de proteína ideal para maximizar a utilização de proteína da dieta e a ação da enzima fitase em melhorar o aproveitamento do nitrogênio contribuíram para a redução da excreção de nitrogênio nos dejetos, oferecendo um substancial benefício em manter uma produção de suínos ambientalmente sustentável.

Resultados semelhantes foram constatados por Ludke et al. (2000) que, trabalhando com adição de fitase e níveis de proteína bruta (16% e 18%PB) encontraram aumento na retenção do nitrogênio em leitões alimentados com rações suplementadas com fitase. Walz & Pallauf (2002) também verificaram aumento ($P < 0,05$) na retenção de nitrogênio em suínos recebendo rações com níveis reduzidos PB, Pd e Ca, suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase, quando comparados com animais recebendo dietas formuladas com níveis

recomendados destes nutrientes e sem a suplementação de aminoácidos e fitase. Resultados diferentes foram encontrados por Fialho et al. (2000), que não constataram influência da fitase sobre a retenção de nitrogênio em rações para suínos durante a fase de crescimento.

4.2 Teores de cinzas, cálcio e fósforo nas fezes.

Os valores médios de cinzas, cálcio e fósforo excretados nas fezes dos leitões aos 19 kg encontram-se na Tabela 6.

A comparação entre as médias dos tratamentos em esquema fatorial mostrou que não houve interação significativa e não houve influência ($P>0,05$) dos níveis de EM e PB para os teores de cinzas, cálcio e fósforo excretado nas fezes de leitões.

Os resultados sugerem que a utilização de níveis crescentes de energia metabolizável e a redução dos níveis nutricionais de PB, Ca e Pd das rações de leitões dos 15 aos 35 kg para 14% e 16%, 0,54% e 0,28% de PB, Ca e Pd, respectivamente, quando suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase não influenciaram os valores de cinzas, cálcio e fósforo excretado nas fezes de leitões.

As informações do efeito da suplementação de aminoácidos sintéticos e fitase em rações com níveis crescentes de energia metabolizável formuladas com base em proteína ideal sobre o teor de minerais nas fezes são bastante escassas. Os resultados encontrados neste experimento, provavelmente, devem-se à suplementação dessas rações com o mesmo nível de fitase, o que contribuiu para a semelhança de resultados entre os tratamentos em esquema fatorial.

TABELA 6 - Teor de cinzas, cálcio e fósforo nas fezes de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase * ¹

	Energia metabolizável (kcal/kg)	Proteína Bruta (%)		Médias
		14	16	
Cinzas (%)	3080	16,03*	15,93*	15,98
	3230	15,95*	16,02*	15,98
	3380	15,29*	15,25*	15,27
	Médias	15,77	15,73	
	Controle	18,27		
	CV(%)	8,56		
Cálcio (%)	3080	2,50*	2,52*	2,51
	3230	2,79*	2,68*	2,73
	3380	2,82*	2,80*	2,81
	Médias	2,70	2,67	
	Controle	4,35		
	CV(%)	12,72		
Fósforo (%)	3080	1,30*	1,37*	1,33
	3230	1,40*	1,44*	1,42
	3380	1,35*	1,43*	1,39
	Médias	1,35	1,41	
	Controle	1,99		
	CV(%)	11,64		

* Na base de matéria seca.

¹ Não houve diferenças significativas (P>0,05) pelo Teste F

* Médias diferem (P<0,05) do tratamento controle pelo Teste de Dunnet.

Ao serem comparadas as médias das rações elaboradas com níveis crescentes de EM, e reduzidos de PB, Ca e Pd, formuladas com base em proteína ideal e fitase, com as rações elaboradas com níveis desses nutrientes recomendados por Rostagno et al. (2005) e sem adição de fitase, verificou-se que a suplementação com fitase reduziu, em média, 13,80 %, 36% e 30%, a

excreção fecal de cinzas, cálcio e fósforo, respectivamente. A diminuição da excreção de fósforo e cálcio com a utilização da fitase em rações com níveis reduzidos de cálcio e fósforo disponível evidencia o efeito da enzima na diminuição da excreção desses elementos. Os resultados do presente trabalho, com relação aos efeitos da suplementação de fitase em rações para suínos sobre a redução da excreção de minerais, são condizentes com os citados por diversos autores.

Diante dos resultados observados neste experimento, pode-se inferir que, como a fitase atua liberando o fósforo fítico e, por extensão, o cálcio ligado ao fósforo fítico, houve aumento da disponibilidade destes nutrientes para serem aproveitados pelos suínos e, conseqüentemente, a excreção destes minerais nas fezes foi reduzida, contribuindo para a redução do impacto ambiental dos seus dejetos.

Os efeitos da fitase sobre a diminuição na excreção de fósforo e cálcio também foram observados por Cromwell et al. (1995b), Lei et al. (1993a) e Oryschak et al. (2002) que, trabalhando com leitões alimentados com rações suplementadas com fitase, observaram que a ação da fitase proporcionou uma redução na excreção de fósforo nas fezes.

Em experimento realizado com suínos em crescimento, Walz & Pallauf (2002) constataram que a redução de PB, Pd e Ca, combinada com a suplementação de aminoácidos e fitase, resultou em redução da excreção de fósforo e cálcio nas fezes, em 36% e 20%, respectivamente, quando comparada com a ração formulada com níveis recomendados de PB, Pd e Ca e sem a suplementação de aminoácidos sintéticos.

Em experimentos realizados por Veum et al. (2006) e Zhang et al. (2000), constatou-se que, para leitões, a adição de fitase em rações deficientes em fósforo disponível e cálcio reduziu a excreção de cálcio e fósforo com o

aumento dos níveis de fitase, quando comparada com rações contendo níveis adequados de Ca e Pd.

Resultados similares aos observados neste trabalho foram obtidos por Ludke et al. (2002) que, trabalhando com leitões recebendo rações suplementadas ou não com fitase e dois níveis de proteína bruta (16% e 18%PB), constataram redução nas quantidades de fósforo e cálcio excretado pelos suínos, amenizando a carga de poluição ambiental.

4.3 Desempenho

Os resultados do desempenho de leitões dos 15 aos 35 kg encontram – se na tabela 7 .

Na comparação entre as médias dos tratamentos no esquema fatorial, os resultados mostraram que não houve interação significativa ($P>0,05$) entre níveis de energia metabolizável (EM) e níveis de proteína bruta (PB), em rações formuladas com base no conceito de proteína ideal e fitase sobre as características de desempenho. Entretanto, houve efeito significativo ($P<0,05$) do nível de EM sobre o consumo de ração médio diário.

Esses resultados vêm confirmar os de Dividich & Noblet (1986) e os de Oliveira et al.(1997b) que, avaliando rações com níveis de energia digestível para leitões, afirmaram que o leitão ajusta a quantidade de alimento consumido de forma a atender sua exigência de energia.

Segundo Patience & Chaplin (1997), a variação do balanço eletrolítico das rações é um fator que afeta as condições fisiológica e metabólica dos suínos e, portanto, deveria ser considerado na avaliação de resultados de experimentos. De acordo com Stringhini & Brito (2005), o valor do balanço eletrolítico dietético (BED) de uma dieta para suínos deve estar entre 100 e 200 mEq/kg. Neste experimento, com a redução dos níveis protéicos e a suplementação com aminoácidos sintéticos nas rações, o BED (Tabela 3) variou de 154 a 196

mEq/kg, estando dentro da faixa estipulada pelos autores acima citados. Espera-se que a BED não tenha influenciado o desempenho dos leitões.

TABELA 7 – Ganho de peso médio diário, consumo de ração médio diário e conversão alimentar de leitões dos 15 aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase ¹

	Energia metabolizável (kcal/kg)	Proteína Bruta (%)		Médias ²
		14	16	
Ganho de peso médio diário (g)	3080	679	679	679
	3230	672	654	663
	3380	638	662	650
	Médias	663	665	
	Controle	627		
	CV(%)	7,57		
Consumo de ração médio diário (g)	3080	1366	1351	1358 a
	3230	1327	1296	1311 ab
	3380	1226	1267	1246 b
	Médias	1306	1305	
	Controle	1249		
	CV(%)	6,65		
Conversão alimentar (kg/kg)	3080	2,01	1,99	2,00
	3230	1,98	1,98	1,98
	3380	1,92	1,91	1,91
	Médias	1,97	1,96	
	Controle	2,00		
	CV(%)	6,03		

¹ Não houve diferenças significativas pelo Teste de Dunnet.

² Médias seguidas por letras distintas diferem (P<0,05) pelo Teste SNK.

Os resultados do consumo de energia metabolizável (CEM), utilização de energia para ganho (UEG), consumo de nitrogênio (CN) e eficiência de utilização de nitrogênio para ganho (EUNG) de leitões dos 15 aos 35 kg encontram – se nas tabela 8.

TABELA 8 – Consumo diário de energia metabolizável (CEM), utilização de energia para ganho (UEG), consumo diário de nitrogênio (CN) e eficiência de utilização de nitrogênio para ganho de leitões (EUNG) dos 15 aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.

	Energia Metabolizável (kcal / kg)	Proteína Bruta (%)		Médias
		14	16	
CEM (g/dia)	3080	4206	4160	4183
	3230	4285	4187	4236
	3380	4143	4281	4212
	Médias	4211	4209	
	Controle	4033		
	CV(%)	6,75		
UEG (kcal /g GP)	3080	6,18	6,13	6,15
	3230	6,38	6,40	6,39
	3380	6,50	6,46	6,48
	Médias	6,35	6,33	
	Controle	6,45		
	CV(%)	6,12		
CN (g/dia)	3080	30,9*	33,3*	32,1
	3230	30,0*	33,5*	31,7
	3380	27,7*	32,7*	30,2
	Médias ¹	29,5A	33,2B	
	Controle	37,2		
	CV(%)	6,21		
EUNG (g GP/g CN)	3080	22,2*	20,5*	21,3
	3230	22,5*	19,6*	21,0
	3380	23,2*	20,3*	21,7
	Médias ¹	22,6A	20,1B	
	Controle	16,9		
	CV(%)	7,20		

¹ Houve diferenças significativas (P<0,01) pelo Teste F

* Médias diferem (P<0,05) do tratamento controle pelo Teste de Dunnet.

Na comparação das médias dos tratamentos no esquema fatorial, os resultados mostraram que não houve interação significativa ($P>0,05$) entre EM e PB, sobre o consumo de EM, utilização de energia para ganho, consumo de nitrogênio (CN) e eficiência de utilização de nitrogênio para ganho (EUNG). Entretanto, o nível de PB influenciou significativamente ($P<0,01$) consumo de nitrogênio e a eficiência de utilização de nitrogênio para ganho.

Apesar de não ter havido efeito sobre o GPMD e CA, o aumento do consumo de ração não resultou em diferença significativa no consumo de energia metabolizável, evidenciando-se que os animais consumiram alimento para atender às suas necessidades de energia para manutenção e crescimento. Não se observou efeito dos níveis de energia metabolizável em rações formuladas com base no conceito de proteína ideal e fitase sobre a utilização de energia para ganho. O fato de que o GPMD e o CEM não terem variado entre os tratamentos justifica este resultado. Entretanto, os resultados do presente experimento diferiram dos obtidos por Oliveira et al. (2004), os quais verificaram que, ao reduzir os níveis de PB, não houve diferença significativa na EUNG.

Na comparação entre as médias de cada combinação do nível de EM e PB com o tratamento controle, verificou-se que o consumo de nitrogênio e a eficiência de utilização de nitrogênio para ganho foram significativamente influenciados ($P<0,05$) pelas rações. Os leitões que consumiram as rações com diferentes níveis de EM e PB, formuladas segundo o conceito proteína ideal e fitase, apresentaram menor CN e maior EUNG, comparados com os leitões alimentados com a ração controle. A eficiência de utilização de nitrogênio para ganho aumentou com os animais que receberam a ração com 14% de PB. Os resultados de EUNG obtidos neste estudo justificam a redução na excreção de nitrogênio nas fezes e na urina observada no experimento I, que ocorreu com os animais que receberam as rações com 14% de PB.

Observa-se, ainda, que os animais que consumiram as dietas com diferentes níveis de energia metabolizável, formuladas com teores reduzidos de proteína bruta, cálcio e fósforo disponível e suplementadas com fitase, apresentaram desempenho semelhantes ao daqueles que consumiram a dieta controle com níveis de EM PB, Ca e Pd recomendados por Rostagno et al. (2005) e sem adição de fitase.

Os resultados encontrados neste experimento para consumo de nitrogênio e eficiência de utilização de nitrogênio para ganho mostram que o CN foi maior e EUNG foi menor para os leitões que receberam a dieta controle. A partir desses resultados, pode-se inferir que a redução de proteína bruta da ração, com a suplementação de aminoácidos sintéticos essenciais, utilizando-se o conceito de proteína ideal, melhora a eficiência de utilização do nitrogênio da ração, por reduzir o excesso de aminoácidos fornecidos aos animais, sem comprometer o desempenho deles, permitindo reduzir a excreção de nitrogênio nos dejetos.

Os resultados do presente experimento estão de acordo com Ferreira et al. (2003) que observaram aumento no consumo de nitrogênio e redução na eficiência de utilização de nitrogênio para ganho, à medida que os níveis de PB foram aumentados de 14% para 18%. Lopez et al. (1994), avaliando os efeitos de rações formuladas com base em proteína ideal sobre o desempenho de suínos mantidos em ambiente diurno quente, observaram que, apesar do maior consumo de N pelos suínos que receberam a proteína intacta, a eficiência de utilização de N para ganho de peso foi maior naqueles que receberam a ração formulada com base na proteína ideal.

Neste experimento, a suplementação com aminoácidos sintéticos e adição de fitase em dietas com níveis diferentes de energia metabolizável e de proteína bruta, e níveis reduzidos de cálcio e fósforo disponível proporcionaram aos leitões desempenho semelhante ao daqueles que receberam a dieta controle,

formulada com base no conceito de proteína bruta, sem adição de fitase e com níveis de EM, PB, Pd e Ca de acordo com as recomendações de Rostagno et al.(2005). Isso pode ser atribuído a dois aspectos: 1) animais alimentados com dietas com nível reduzido de PB, com aplicação do conceito de proteína ideal e suplementação de aminoácidos sintéticos, consumiram dietas com adequada relação dos aminoácidos essenciais necessários para suprir as exigências requeridas na manutenção e na deposição protéica corporal; 2) a fitase causou a hidrólise do ácido fítico, liberando fósforo, cálcio e outros minerais que possam estar complexados com o ácido fítico, tornando-os disponíveis para o metabolismo, atendendo às necessidades destes nutrientes para leitões.

Resultados semelhantes foram obtidos por Walz & Pallauf (2002) que, trabalhando com suínos em crescimento, verificaram que rações com níveis reduzidos de PB , Pd e Ca , combinadas com a suplementação de aminoácidos sintéticos e fitase, resultaram em desempenho, consumo de energia metabolizável e utilização de energia para ganho semelhantes. Além disso, Ludke et al. (2000), observaram melhor desempenho dos leitões ao incluir fitase nas rações e a enzima foi mais eficaz nas rações com 16% PB do que na com 18% PB.

Figuerola et al (2002), Ferreira et al. (2003), Kerr et al. (2003 a, b) e Zangeronimo et al. (2004 a) constataram que desempenhos semelhantes foram obtidos com suínos alimentadas com rações com redução em quatro unidades percentuais na PB, com suplementação de aminoácidos sintéticos .

Os resultados observados neste experimento contrastam com os obtidos por Kies et al. (2006) e Veum et al. (2006), que constataram melhora significativa nas variáveis de desempenho de leitões alimentados com dietas deficientes em fósforo e suplementados com altos níveis de fitase.

4.4 Teores de uréia , cálcio e fósforo no soro sanguíneo

Os teores de uréia, cálcio e fósforo no soro sanguíneo dos leitões aos 35 kg encontram – se na tabela 9.

TABELA 9 - Teores de uréia , cálcio e fósforo no soro sanguíneo de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase ¹

	Energia Metabolizável (kcal / kg)	Proteína Bruta (%)		Médias
		14	16	
Uréia (mg / dl) *	3080	23,67*	23,50*	23,58
	3230	23,33*	23,17*	23,25
	3380	22,50*	23,83*	23,17
	Médias	23,17	23,50	
	Controle	30,00		
	CV(%)	9,56		
Cálcio (mg / dl)	3080	9,80	9,85	9,83
	3230	9,75	9,82	9,78
	3380	9,88	9,62	9,75
	Médias	9,82	9,76	
	Controle	9,77		
	CV(%)	3,62		
Fósforo (mg / dl)	3080	7,57	7,82	7,69
	3230	7,88	7,73	7,80
	3380	7,62	7,83	7,72
	Médias	7,69	7,79	
	Controle	7,80		
	CV(%)	6,99		

¹ Não houve diferenças significativas (P>0,05) pelo teste F .

* Médias diferem (P< 0,05) do tratamento controle pelo Teste de Dunnet.

A comparação das médias das rações no esquema fatorial mostrou que não houve interação significativa (P>0,05) entre os níveis de energia metabolizável e proteína bruta das rações e não houve efeito do nível de energia

metabolizável e de proteína bruta ($P>0,05$) sobre os níveis de uréia, cálcio e fósforo no soro sanguíneo dos leitões aos 35 kg.

De acordo com os dados da literatura, um adequado balanço de aminoácidos favorece a síntese protéica, com menor catabolismo de aminoácidos e, conseqüentemente, menor síntese de uréia, o principal produto deste catabolismo. Brown & Cline (1974) verificaram altas concentrações de uréia no soro sanguíneo de suínos alimentados com rações deficientes em aminoácidos. No entanto, esses mesmos autores notaram que, à medida que foram sendo adicionados aminoácidos às rações, as concentrações sanguíneas de uréia diminuíram.

Portanto, como os níveis de uréia no soro sanguíneo foram semelhantes entre os tratamentos em esquema fatorial, pode-se deduzir que as rações apresentaram balanço de aminoácidos semelhantes e que o aumento dos níveis de energia das rações não influenciou a utilização de aminoácidos pelos leitões.

Os níveis de cálcio e fósforo no soro sanguíneo foram semelhantes entre os leitões recebendo as rações com diferentes níveis de energia metabolizável, formuladas com base em proteína ideal e fitase. Dessa forma, a suplementação de fitase pode ter contribuído para a manutenção de níveis semelhantes de cálcio e fósforo no soro sanguíneo, demonstrando a eficiência da enzima em liberar esses elemntos do complexo fitato-minerais, melhorando a disponibilidade dos mesmos.

Resultados semelhantes aos observados neste trabalho para teor de uréia foram obtidos por Zangerônimo (2006) que não verificou diferenças significativas no teor de uréia, ao trabalhar com níveis de 16 e 18% PB. Oliveira et al. (2005b) e Smith et al. (1999) constataram que os teores de uréia plasmática não foram influenciados pelos níveis de EM. Em estudo com objetivo de verificar o efeito da inclusão de ácidos orgânicos (AO) a rações de leitões com

reduzidos níveis de fitase, Rocha (2006) observou que não houve efeito nos teores de uréia aos 28 dias de experimento ($P>0,05$).

Por outro lado, Silva et al. (2004) concluíram que a utilização da enzima fitase em rações para suínos em crescimento diminuiu o teor de uréia no plasma, o que sugere uma possível ação da enzima sobre o melhor aproveitamento da proteína das rações.

Resultados similares aos obtidos neste trabalho, para teores de Ca e P no soro, foram verificados por Rocha (2006) que constatou não terem sido encontradas diferenças significativas entre os tratamentos com ácidos orgânicos e níveis reduzidos de fitase ($P>0,05$) para o teor de Ca e P no plasma dos leitões, aos 14 e aos 28 dias de experimento.

Na comparação das médias de cada combinação do nível de EM e PB com o tratamento controle, verificou-se que o teor de uréia foi significativamente influenciado ($P<0,05$) pelas rações contendo diferentes níveis de EM e PB, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase, mas, os níveis de fósforo e cálcio não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$). Os leitões que consumiram as rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas com base no conceito de proteína ideal e fitase, apresentaram menor nível de uréia no soro.

Dessa forma, pode-se inferir que, se o animalingere proteína em qualidade e quantidade adequadas às suas exigências, isso representa um melhor balanço de aminoácidos na dieta e, conseqüentemente, maior síntese de proteína em nível celular, o que resultará em menor catabolismo de aminoácidos, provocando a redução do nível de uréia no sangue.

Resultados semelhantes foram encontrados por Figueroa et al. (2002) e Kerr et al. (2003a,b), que trabalhando com animais em crescimento, verificaram que rações com baixa proteína bruta, suplementadas com aminoácidos essenciais, resultaram em menor concentração de uréia no sangue. Walz &

Pallauf (2002) constataram que, para suínos em crescimento, rações com níveis reduzidos de PB, Pd e Ca, suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase, reduziram em 35% o nível de uréia plasmática, quando comparada com a raçformulada com níveis recomendados de PB, Pd e Ca e sem a suplementação de aminoácidos sintéticos.

Os níveis de cálcio e fósforo no soro sanguíneo de leitões aos 35 kg não foram influenciados pelas rações formuladas com diferentes níveis de EM e PB e níveis reduzidos de cálcio e fósforo disponível, suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase quando comparada à ração controle, com níveis recomendados por Rostagno et al. (2005), sem adição de fitase.

Neste experimento, a ausência de variação dos níveis de cálcio e fósforo no soro sanguíneo dos leitões alimentados com rações com diferentes níveis de EM e PB e níveis reduzidos de Ca e Pd, comparadas com o tratamento controle, pode ser explicada pela ação da fitase em liberar o fósforo fítico presente nos ingredientes, melhorando a disponibilidade destes minerais e impedindo a excessiva reabsorção ou desmineralização dos ossos.

Os resultados deste experimento são semelhantes aos encontrados por Quian et al. (1996) que relataram que a adição de fitase em rações para leitões, proporcionaram desenvolvimento ósseo similar aos obtidos com a ração suplementada com fósforo inorgânico. Por outro lado, se opõe aos obtidos por Gentile et al., (2003) e Auspurger et al.(2003), que trabalhando com suplementação de fitase constataram aumento nos níveis de fósforo no plasma de leitões.

4.5 Composição corporal

Os resultados da composição química da carcaça de leitões aos 35 kg encontram – se na tabela 10.

TABELA 10 - Composição química da carcaça de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase ¹

	Energia Metabolizável (kcal / kg)	Proteína Bruta (%)		Médias ²
		14	16	
Água (%)	3080	61,03	62,27	61,65
	3230	61,83	61,04	61,43
	3380	61,49	61,88	61,68
	Médias	61,45	61,73	
	Controle	62,55		
	CV(%)	1,72		
Proteína (%)	3080	17,73	17,85	17,79
	3230	17,88	17,69	17,78
	3380	17,87	17,87	17,87
	Médias	17,83	17,80	
	Controle	18,05		
	CV(%)	3,23		
Gordura (%)	3080	15,63	15,71	15,67 a
	3230	16,46	16,60	16,53 a
	3380	18,22	17,98	18,10 b
	Médias	16,77	16,76	
	Controle	16,50		
	CV(%)	8,16		

¹ Não houve diferenças significativas pelo Teste de Dunnet.

² Médias seguidas por letras distintas diferem (P<0,01) pelo Teste SNK.

Na avaliação dos tratamentos no esquema fatorial, observou-se que não houve interação significativa dos níveis de energia metabolizável e proteína bruta (P>0,05) da ração para as porcentagens de água, proteína e gordura na carcaça e não houve efeito da EM e PB (P>0,05) para as porcentagens de água e proteína. Entretanto, houve efeito da EM (P<0,01) para a porcentagem de gordura.

As porcentagens de água encontradas nas carcaças estão dentro da amplitude verificada por outros autores (Gómez et al.,2002 ; Kerr et al., 2003 a;

Oliveira et al., 2005 b). Segundo Trindade Neto et al. (2004), o aumento da quantidade de água está relacionado à maior síntese protéica e essa, por sua vez, ao maior ritmo no aumento de peso. Durante o crescimento, a síntese protéica destina-se, preferencialmente, à formação muscular em uma relação direta com o teor de água. Na carcaça, a água corresponde a 75% do tecido magro e a proteína, apenas 25% (Fuller & Wang, 1990).

Zangerônimo (2006) verificou que com relação ao teor de matéria seca nas carcaças, não houve efeitos dos níveis de proteína bruta sobre esta variável ($P>0,05$). Estudos conduzidos por Tuitoek et al. (1997) também não verificaram influência do teor de proteína da ração sobre a concentração de água corporal.

Estes resultados se opõem aos encontrados por Oliveira (2004), cujo trabalho mostrou que os animais que receberam rações contendo níveis reduzidos de proteína bruta, sem suplementação de aminoácidos, apresentaram menor teor de umidade em relação aos demais tratamentos e, aos observados por Oliveira et al. (2005b), que constataram redução linear na porcentagem de água corporal em função do aumento do nível de energia de 3264 kcal para 3460 kcal EM.

Com relação à porcentagem de proteína na carcaça verificou-se que não houve influência das rações com níveis diferentes de EM e PB, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase ($P>0,05$). A porcentagem média de proteína encontrada entre os tratamentos foi de 17,81%, valor semelhante aos encontrados por Bikker (1994); Gómez et al. (2002); Oliveira et al. (2005b), que foram de 17,2%, 17,6% e 17,4%, respectivamente. Na maior parte dos trabalhos consultados, verifica-se que o consumo de proteína não altera a concentração protéica da carcaça (Le Bellego & Noblet, 2002; Gómez et al., 2002; Tuitoek et al., 1997).

Resultados semelhantes aos deste experimento foram observados por Oliveira (2004) que constatou que o teor de proteína na carcaça de suínos em

crescimento não foi influenciado pelas rações contendo diferentes concentrações de proteína bruta e com suplementação de aminoácidos não essenciais. Por outro lado, Oliveira et al. (2005b) verificou redução linear da porcentagem de proteína na carcaça de leitões machos castrados de 15 a 30 kg em função do aumento do nível de energia metabolizável.

A porcentagem de gordura na carcaça dos leitões foi influenciada ($P < 0,01$) pelo nível de EM, com o maior valor para as rações com 3.380 kcal EM/kg. Isso pode ser explicado pelo fato de que um possível aumento na energia líquida com a inclusão de níveis crescentes de óleo, em razão do seu menor incremento calórico, associada à variação não significativa no consumo de energia metabolizável, foi um fator que, provavelmente, contribuiu para o aumento na porcentagem de gordura na carcaça. De acordo com Carnino (1994), altos níveis energéticos na ração proporcionam maior porcentagem de gordura na carcaça de suínos.

Resultados semelhantes foram observados por Campbell & Tavener (1988); Donzele et al. (1992) e Oliveira et al. (2005b), que verificaram aumento no conteúdo de gordura da carcaça de leitões em função dos níveis crescentes de energia.

Comparando-se as médias dos tratamentos fatoriais e o controle, os resultados mostram que não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) para as porcentagens de água, proteína e gordura na carcaça.

Segundo Fontes et al. (2005), o melhoramento genético tem aumentado as taxas de deposição de proteína, sem, no entanto, alterar significativamente a concentração de proteína na carcaça. O fato da porcentagem de gordura corporal nos genótipos melhorados ter diminuído de 25–30% para 15–20 % indica que o conteúdo de água pode estar mais elevado em relação aos animais de menor mérito genético. Close (1994), estudando as alterações de composição de carcaça de genótipos modernos de suínos com base em revisão de literatura,

relatou que a porcentagem de proteína na carcaça não variou substancialmente entre os grupos genéticos.

Resultados similares aos encontrados neste experimento foram constatados por Kerr et al. (2003b), que compararam rações de alta proteína (16%) e baixa proteína (12% + aminoácidos sintéticos) e não observaram diferenças nas porcentagens de água, proteína e gordura da carcaça de leitões de 26,7 kg de peso vivo.

Na literatura, são escassos os trabalhos que associem a composição química da carcaça à combinação de níveis crescentes de energia metabolizável em rações com níveis reduzidos de proteína bruta, com adição de aminoácidos sintéticos e fitase, na dieta para leitões de 15 a 35 kg.

Os resultados do peso ao abate e das taxas de deposição de proteína (TDP) e gordura (TDG) na carcaça de leitões aos 35 kg encontram-se na Tabela 11. Considerando-se a avaliação das médias dos tratamentos em esquema fatorial e a comparação das médias dos tratamentos fatoriais e o controle, não houve diferenças ($P > 0,05$) do peso ao abate dos animais, seguindo o propósito deste experimento, que era o de padronizar estes valores.

Ao comparar as médias dos tratamentos no esquema fatorial verificou-se que não houve interação significativa entre níveis de energia metabolizável e proteína bruta ($P > 0,05$) para as taxas de deposição de proteína e gordura na carcaça e não houve efeito da EM e PB ($P > 0,05$) para a TDP. Entretanto, houve efeito da EM ($P < 0,01$) para a TDG, que foi maior para os animais alimentados com dietas contendo 3.380 kcal EM/kg.

TABELA 11 - Peso ao abate, taxa de deposição de proteína e gordura da carcaça de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase ¹

	Energia Metabolizável (kcal / kg)	Proteína Bruta (%)		Médias ²
		14	16	
Peso ao abate (kg)	3080	35,11	34,11	34,61
	3230	33,78	33,68	33,73
	3380	33,21	33,63	33,42
	Médias	34,03	33,81	
	Controle		32,73	
	CV(%)		4,49	
Taxa de Deposição de Proteína (g/dia)	3080	97	94	96
	3230	92	92	92
	3380	93	93	93
	Médias	94	93	
	Controle		87	
	CV(%)		8,40	
Taxa de Deposição de Gordura (g/dia)	3080	91	91	91 a
	3230	98	100	99 a
	3380	115	113	114 b
	Médias	101	101	
	Controle		92	
	CV(%)		16,36	

¹ Não houve diferenças significativas pelo Teste de Dunnet.

² Médias seguidas por letras distintas diferem (P<0,01) pelo Teste SNK.

Quanto às taxas de deposição de proteína, não foi verificada influência dos níveis de EM e PB da ração. Portanto, os resultados encontrados neste trabalho constataram que a ausência de efeitos entre tratamentos permitiu deduzir que a ingestão diária de energia atendeu às demandas metabólicas para deposição de proteína dos animais. Este resultado seria indicativo de que,

provavelmente, a retenção de nitrogênio não foi comprometida pela redução do nível de proteína bruta entre os tratamentos.

Os resultados do presente experimento foram semelhantes aos encontrados por Ferreira et al. (2006) e por Ferreira et al. (2003) que não constataram efeito da redução do nível de PB da ração sobre a TDP dos leitões. Oliveira et al. (2005b) não encontraram diferenças significativas na taxa de deposição de proteína de leitões alimentados com rações formuladas com níveis crescentes de energia metabolizável e baseadas em proteína ideal. Por outro lado, contrastam com aqueles obtidos Shelton et al. (2003) que observaram que a deposição de proteína foi maior para suínos em crescimento alimentados com rações com maior nível energético..

A taxa de deposição de gordura na carcaça dos leitões foi influenciada ($P<0,05$) pelo nível de EM, que foi maior no nível de 3.380 kcal. O aumento da taxa de deposição de gordura encontrado neste trabalho ocorreu pelo fato de que a variação não significativa no consumo de energia metabolizável, associada a um possível aumento na energia líquida com a inclusão de níveis crescentes de óleo, em razão do seu menor incremento calórico, foi um fator que, provavelmente, contribuiu para o aumento na TDG.

Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2005 a) que observaram aumento linear na taxa de deposição de gordura em razão do aumento dos níveis de EM em rações baseados no conceito de proteína ideal. Donzele et al. (1997), Ferreira et al. (1998) e Oliveira et al. (1997a,b) também constataram aumento na taxa de deposição de gordura como resultado do aumento dos níveis de energia das rações para leitões de 15 – 30 kg.

Shelton et al. (2003), observaram que a deposição de proteína, a deposição de gordura e a energia total retida na carcaça foram maiores para suínos em crescimento alimentados com rações contendo 3,2 vezes a exigência de manutenção – 106 kcal de EM/ kg PV^{0,75}) e suplementadas com 500 FTU/ kg.

Comparando-se as médias pelo Teste de Dunnet observou-se que não houve diferença significativa entre as rações para as taxas de deposição de proteína e gordura ($P>0,05$).

As informações sobre o efeito de rações com diferentes níveis de EM e PB, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase sobre as taxas de deposição de proteína e gordura para leitões em fase inicial de crescimento são escassas.

Kerr et al., (2003 a), Le Bellego et al. (2002) não observaram diferenças nas taxas de deposição de proteína e gordura da carcaça de leitões com a redução do nível de PB da ração. Dessa forma, a redução do teor de proteína das rações de suínos em crescimento pode atingir até quatro unidades percentuais sem alterações na concentração de proteína e lipídios da carcaça, desde que suplementadas com os principais aminoácidos limitantes

Os resultados da energia total retida, energia retida como proteína e gordura e, eficiência de retenção de energia na carcaça de leitões aos 35 kg encontram-se na tabela 12 .

A comparação entre as médias das rações no fatorial mostrou que não houve interação ($P>0,05$) dos níveis de EM e PB da ração sobre a energia total retida na carcaça (ETRC), energia retida como proteína na carcaça (ERPC) e gordura (ERGC) e eficiência de retenção de energia na carcaça (EREC), e não houve efeito do nível de energia metabolizável e do teor de proteína bruta ($P>0,05$) sobre ETRC e EREC. Entretanto, houve efeito da EM ($P<0,01$) sobre a energia retida na carcaça como proteína e como gordura, tendo os leitões que consumiram rações com o nível de 3.380 kcal EM/kg apresentado menor retenção de energia como proteína e maior retenção de energia como gordura.

TABELA12– Energia total retida na carcaça, energia retida na carcaça como proteína e gordura e eficiência de retenção de energia na carcaça de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase ¹

	Energia Metabolizável (kcal / kg)	Proteína Bruta (%)		Médias ²
		14	16	
Energia total retida na carcaça (kcal/dia)	3080	1438	1402	1420
	3230	1454	1474	1464
	3380	1616	1599	1607
	Médias	1503	1492	
	Controle	1375		
	CV(%)	12,01		
Energia retida na carcaça Proteína (%)	3080	38,38	38,55	38,47 a
	3230	36,73	36,23	36,48 a
	3380	33,05	33,34	32,67 b
	Médias	36,05	36,04	
	Controle	36,98		
	CV(%)	10,30		
Energia retida na carcaça Gordura (%)	3080	61,62	61,45	61,53 b
	3230	63,27	63,77	63,52 b
	3380	66,95	66,66	67,33 a
	Médias	63,95	63,96	
	Controle	63,02		
	CV(%)	5,84		
Eficiência de retenção de energia na carcaça (%)	3080	34,19	33,69	33,94
	3230	33,94	35,22	34,58
	3380	39,02	37,35	38,18
	Médias	35,72	35,42	
	Controle	34,09		
	CV(%)	12,07		

¹ Não houve diferenças significativas (P>0,05) pelo Teste de Dunnet

² Houve diferenças significativas (P<0,01) pelo Teste SNK

Os resultados observados para ETRC e EREC, para os leitões recebendo as combinações nutritivas em esquema fatorial, podem ser elucidados pelo fato de não ter sido verificado efeito dos tratamentos sobre consumo de energia metabolizável, o que contribuiu para valores semelhantes de energia total retida na carcaça e eficiência de retenção de energia na carcaça.

Associando a taxa de deposição de gordura com a porcentagem de gordura na carcaça de leitões, verificou-se que o aumento do nível de energia metabolizável resultou em maior taxa de deposição de gordura e, conseqüentemente, maior porcentagem de gordura na carcaça. De fato, no nível de 3.380 kcal EM/kg, a porcentagem de energia retida como proteína foi inferior e a energia retida como gordura foi superior à dos demais tratamentos.

Os resultados para energia retida como gordura, observados para o nível de 3.380 kcal/kg, podem ser explicados pela manutenção da mesma ingestão de energia metabolizável (CEM) entre os tratamentos, o que foi observado nos resultados de desempenho e pela maior taxa de deposição de gordura encontrada na carcaça de leitões recebendo as dietas com este nível de EM, fazendo com que a energia retida seja direcionada, principalmente, para a produção de gordura.

Apesar de não ter sido verificada influência dos tratamentos sobre a TDP e a porcentagem de proteína na carcaça, a energia retida como proteína foi melhor para os leitões consumindo rações com 3.080 e 3.230 kcal EM/kg. Estes resultados ocorreram em função das menores taxas de deposição de gordura observadas na carcaça dos leitões recebendo rações com estes níveis.

Ao compararem-se as médias das rações com níveis diferentes de EM e PB, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase com a ração controle, verificou-se que não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) para energia total retida, energia retida como proteína e gordura e eficiência de retenção de energia na carcaça.

Resultados específicos sobre o efeito da suplementação de aminoácidos sintéticos e fitase em rações com níveis crescentes de energia metabolizável e reduzidos de PB, Ca e Pd sobre energia total retida, energia retida como proteína e gordura e eficiência de retenção de energia na carcaça para leitões em fase inicial de crescimento são escassos. De maneira geral, os resultados observados para estas variáveis, ao se comparar os resultados das rações em esquema fatorial com a ração controle, estão relacionados à não verificação de efeito dos tratamentos sobre consumo de energia metabolizável e sobre as taxas de deposição de proteína e gordura, o que contribui para valores semelhantes de ETRC, ERPC, ERGC e EREC.

Resultados semelhantes foram obtidos por Kies et al. (2005), que estudando os efeitos da fitase sobre o metabolismo energético em leitões, não encontraram diferenças significativas para energia total retida, energia retida como proteína e gordura.

4.6 Pesos dos órgãos

Os resultados de peso absoluto e relativo (% da carcaça) de fígado, rins, intestino delgado e estômago dos leitões aos 35 kg encontram-se nas tabelas 13 e 14.

Os resultados de peso absoluto e relativo (% da carcaça) de fígado, rins, intestino delgado e estômago dos leitões aos 35 kg encontram-se nas Tabelas 13 e 14.

No presente experimento, ao compararem-se as médias dos tratamentos em esquema fatorial, observou-se que não houve interação significativa ($P>0,05$) entre os níveis de energia metabolizável e proteína bruta das rações formuladas com base em proteína ideal, suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase, e não houve efeito do nível de energia metabolizável e do teor de proteína bruta ($P>0,05$) sobre os pesos relativos e absolutos dos órgãos.

TABELA13- Peso absoluto de fígado, rins, intestino delgado e estômago de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase ^{1,2}

	Energia Metabolizável (kcal / kg)	Proteína Bruta (%)		Médias
		14	16	
Fígado (g)	3080	874	918	896
	3230	901	902	901
	3380	888	852	870
	Médias	888	891	
	Controle	898		
	CV(%)	12,59		
Rins (g)	3080	148	143	145
	3230	143	137	140
	3380	133	146	139
	Médias	142	142	
	Controle	142		
	CV(%)	13,15		
Intestino Delgado (g)	3080	1035	1015	1025
	3230	1030	993	1011
	3380	1043	1049	1046
	Médias	1009	1000	
	Controle	1036		
	CV(%)	8,22		
Estômago (g)	3080	214	200	207
	3230	202	213	207
	3380	206	216	211
	Médias	207	210	
	Controle	193		
	CV(%)	8,54		

¹ Não houve diferenças significativas (P>0,05) pelo Teste F

² Médias não diferem (P>0,05) do tratamento controle pelo Teste de Dunnet.

TABELA 14 - Peso relativo (% da carcaça) de fígado , rins, intestino delgado e estômago de leitões aos 35 kg , recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase ^{1,2}.

	Energia Metabolizável (kcal / kg)	Proteína Bruta (%)		Médias
		14	16	
Fígado (%)	3080	3,39	3,68	3,53
	3230	3,65	3,64	3,64
	3380	3,64	3,49	3,56
	Médias	3,56	3,60	
	Controle	3,86		
	CV(%)	10,77		
Rins (%)	3080	0,57	0,57	0,57
	3230	0,58	0,55	0,56
	3380	0,54	0,60	0,57
	Médias	0,56	0,57	
	Controle	0,61		
	CV(%)	12,28		
Intestino Delgado (%)	3080	4,03	4,09	4,06
	3230	4,19	4,02	4,10
	3380	4,33	4,27	4,30
	Médias	4,13	4,04	
	Controle	4,45		
	CV(%)	8,85		
Estômago (%)	3080	0,84	0,80	0,82
	3230	0,82	0,87	0,85
	3380	0,86	0,88	0,87
	Médias	0,84	0,85	
	Controle	0,83		
	CV(%)	9,90		

¹ Não houve diferenças significativas (P>0,05) pelo Teste F

² Médias não diferem (P>0,05) do tratamento controle pelo Teste de Dunnet.

Bikker et al. (1995) e Rao & Mccracken (1992), observaram redução de tamanho dos órgãos associada com a variação na ingestão de energia em níveis

acima de 15%. Como neste trabalho não houve diferenças no consumo de energia, pode-se inferir que, mantidas as mesmas quantidades desse nutriente, os pesos seriam semelhantes.

De forma geral, os resultados quanto à variação dos pesos de órgãos são controversos em vários estudos, pois as diferenças observadas podem estar relacionadas aos níveis de energia e de proteína utilizados, à temperatura ambiente que, provavelmente, é o principal fator responsável por essas diferenças e ao período experimental (26 dias), que pode não ter sido suficiente para se obter diferenças significativas para esta variável, neste experimento. Gómez et al. (2002) evidenciaram a tendência, em longo prazo, do efeito de dietas com teores reduzidos de proteína bruta, suplementadas com aminoácidos sintéticos, sobre o peso de órgãos.

Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Oliveira et al. (2005b) que observaram que os pesos absoluto e relativo de fígado e rins de leitões não foram influenciados ($P > 0,05$) pelas rações contendo níveis crescentes de energia metabolizável, baseadas no conceito de proteína ideal. Também Oliveira et al. (1997 b), não observaram efeito dos níveis de energia digestível da ração sobre os pesos absolutos e relativos de fígado e rins.

Zangeronimo (2006) e Ferreira et al. (2003) não observaram efeito da redução do nível de proteína bruta da ração sobre os pesos absoluto e relativo de fígado e rins. Kerr et al. (2003b) observaram que os pesos de fígado e intestino delgado de leitões de 23 a 36 kg não foram afetados pelas rações contendo níveis reduzidos de PB.

Resultados diferentes aos do presente experimento foram encontrados por Ferreira et al. (2003), que constataram que a redução do teor de proteína bruta influenciou os pesos absolutos de estômago e intestino delgado e o peso relativo de estômago. Santiago et al. (2005) observaram maior peso do fígado

em suínos na fase inicial, ao trabalharem com níveis crescentes de proteína bruta na ração (17, 19, 21 e 23%).

Não se observou diferença significativa ($P>0,05$) nos pesos absoluto e relativo de fígado, rins, intestino delgado e estômago, ao compararem-se as médias obtidas pelos leitões que consumiram rações com diferentes níveis de EM e PB, formuladas com base em proteína ideal e suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase, com a ração controle.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Kies et al (2005), que verificaram que não houve diferença significativa ($P>0,05$) nos pesos de intestino delgado e fígado dos leitões recebendo rações suplementadas com fitase. Por outro lado, Kerr et al. (2003b), verificaram que os animais que receberam rações contendo 12% PB suplementadas com aminoácidos sintéticos tiveram menores pesos de rins e estômago, e a não influência das rações com teores reduzidos de proteína bruta sobre o peso do fígado não foi uma resposta consistente.

4.7 Fosfatase alcalina, resistência à quebra e força de cisalhamento do osso metacarpiano

Os resultados da atividade de fosfatase alcalina no soro sanguíneo, resistência à quebra do osso e força de cisalhamento dos ossos metacarpianos dos leitões aos 35 kg encontram-se na tabela 15.

A comparação das médias das rações no esquema fatorial mostrou que não houve interação significativa ($P>0,05$) dos níveis de energia metabolizável e proteína bruta das rações formuladas com base no conceito de proteína ideal e fitase, e não houve efeito do nível de energia metabolizável e de proteína bruta ($P>0,05$) sobre as variáveis estudadas. A ausência de variação na atividade da fosfatase alcalina, resistência à quebra e força de cisalhamento dos ossos

metacarpianos pode ser em função da suplementação do mesmo nível de fitase nos tratamentos estruturados em arranjo fatorial.

TABELA 15 - Atividade de fosfatase alcalina no soro sanguíneo, resistência á quebra e força de cisalhamento dos ossos de leitões aos 35 kg , recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase ^{1,2}

	Energia Metabolizável (kcal / kg)	Proteína Bruta (%)		Médias
		14	16	
Fosfatase alcalina (U / L)	3080	95	96	95
	3230	96	95	95
	3380	98	95	97
	Médias	96	95	
	Controle	95		
	CV(%)	8,61		
Resistência a quebra (kgf/cm ²)	3080	288	273	280
	3230	298	310	304
	3380	294	309	301
	Médias	283	297	
	Controle	289		
	CV(%)	13,98		
Força de cisalhamento (kgf/cm ²)	3080	42	42	42
	3230	46	49	47
	3380	48	49	48
	Médias	45	47	
	Controle	44		
	CV(%)	14,22		

¹ Não houve diferenças significativas (P>0,05) pelo Teste F.

² Médias não diferem (P>0,05) do tratamento controle pelo Teste de Dunnet.

Os resultados obtidos, comparando-se as médias das rações com níveis diferentes de energia metabolizável, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase, com a ração controle, mostraram que não houve efeitos

significativos ($P>0,05$) na atividade da fosfatase alcalina, resistência à quebra do osso e à força de cisalhamento dos ossos metacarpianos dos leitões em fase inicial.

Portanto, leitões alimentados com rações suplementadas com fitase e com níveis reduzidos em 30% da exigência de Pd e 25% da exigência de Ca, apresentaram características ósseas similares às dos animais que receberam rações com níveis recomendados por Rostagno et al. (2005). Isso pode ser explicado pela ação da fitase em atuar na hidrólise do fitato dos ingredientes, liberando cálcio e fósforo suficientes para atender às necessidades destes nutrientes, sem comprometer a mineralização óssea dos leitões.

Radcliffe et al. (1998) e Zhang et al. (2000), trabalhando com leitões, observaram que a adição de fitase em rações deficientes em cálcio e fósforo, proporcionaram aumento linear na força de cisalhamento de leitões.

Auspurger et al. (2003), Gentile et al. (2003) e Stahl et al. (2000), verificaram que a suplementação de fitase aumentou a resistência à quebra do osso de leitões em fase inicial de crescimento. Em experimento realizado por Veum et al. (2006), foi constatado que a resistência à quebra do osso foi maior para os leitões que receberam rações deficientes em fósforo suplementadas com 2.500 e 12.500 FTU / kg de fitase, quando comparados aos que receberam a dieta com níveis adequados de fósforo e sem fitase.

Shelton et al. (2004), avaliando os efeitos de 500 FTU/ kg em rações deficientes em fósforo e cálcio e sem a suplementação de premix mineral, para suínos em crescimento, observaram que a adição de fitase melhorou a disponibilidade dos minerais e, conseqüentemente, foi eficiente em melhorar a resistência à quebra dos ossos metacarpianos quando comparado com a dieta com níveis adequados de Ca e P .

4.8 Teores de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos

Os valores médios dos teores de cinzas, cálcio e fósforo no 3º osso metacarpiano dos leitões abatidos aos 35 kg encontram-se na Tabela 16.

TABELA16 – Teores de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos metacarpianos de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase * ^{1,2}

	Energia Metabolizável (kcal / kg)	Proteína Bruta (%)		Médias
		14	16	
Cinzas (%)	3080	51,34	51,72	51,53
	3230	51,80	51,43	51,61
	3380	51,39	52,14	51,76
	Médias	51,51	51,76	
	Controle	51,89		
	CV(%)	1,40		
Cálcio (%)	3080	20,61	21,31	20,96
	3230	21,44	21,98	21,71
	3380	21,05	21,84	21,44
	Médias	21,03	21,71	
	Controle	20,90		
	CV(%)	6,89		
Fósforo (%)	3080	10,12	10,41	10,26
	3230	10,51	10,03	10,27
	3380	10,42	10,31	10,36
	Médias	10,35	10,25	
	Controle	9,94		
	CV(%)	4,93		

* Na matéria seca desengordurada.

¹ Não houve diferenças significativas (P>0,05) pelo Teste F

² Médias não diferem (P>0,05) do tratamento controle pelo Teste de Dunnet.

Comparando-se as médias no fatorial, observou-se que não houve interação ($P>0,05$) e que os níveis de EM e PB não influenciaram ($P>0,05$) os teores de cinzas, cálcio e fósforo no 3º osso metacarpiano de leitões aos 35 kg.

A semelhança dos resultados encontrados neste experimento, para os teores de cinzas, cálcio e fósforo, pode estar relacionada com a mesma velocidade de crescimento apresentada pelos leitões alimentados com rações contendo níveis diferentes de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas com base no conceito de proteína ideal e fitase, pois, a liberação do fósforo fítico existente no farelo de soja e no milho, por meio da ação da enzima, foi suficiente em suprir a redução dos macrominerais.

Resultados semelhantes aos do presente experimento foram obtidos por Rocha (2006), que realizou estudo para verificar o efeito da inclusão de ácidos orgânicos (AO) à rações com reduzidos níveis de fitase e , não observou diferenças significativas nos teores de cinzas , cálcio e fósforo de leitões recém-desmamados. Por outro lado, Ludke et al. (2002) observaram que níveis entre 297 – 560 FTU/kg da ração proporcionam melhor composição óssea dos leitões alimentados com dieta contendo 16% de PB e, a adição de fitase em dietas com 18% de proteína ocasionou redução linear nos parâmetros ósseos.

Na comparação das médias dos tratamentos fatoriais com o tratamento controle, que contém níveis recomendados de EM e PB, formulado com base em PB e sem adição de fitase, observou-se que as porcentagens de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos metacarpianos não foram significativamente ($P>0,05$) influenciadas pelas rações com diferentes teores de EM e PB, suplementadas com aminoácidos sintéticos e fitase.

Os resultados semelhantes encontrados, neste experimento, para os teores de fósforo e cálcio nos ossos, para leitões recebendo rações com níveis reduzidos de fósforo disponível e cálcio, comparados aos que receberam rações com níveis adequados destes minerais, evidenciam a ação da fitase na liberação

desses elementos. Dessa forma, proporciona-se a disponibilidade de ambos para serem absorvidos pelos animais, o que foi suficiente para não prejudicar o teor de minerais dos ossos de leitões que receberam rações com os níveis destes elementos abaixo da exigência do animal.

Resultados similares aos observados neste experimento foram obtidos por Ludke et al. (2002) que, trabalhando com leitões, observaram que não houve diferença significativa entre as rações suplementadas com e sem fitase sobre as concentrações de fósforo e cálcio no osso metacarpiano. Walz & Pallauf (2002), trabalhando com suínos em crescimento recebendo rações formuladas com níveis reduzidos de PB, Pd e Ca, suplementadas com aminoácidos e fitase, verificaram que os teores de cinzas, fósforo e cálcio da falange e do fêmur foram semelhantes quando comparados com os de animais que receberam rações formuladas com níveis recomendados de PB, Pd e Ca com a suplementação de aminoácidos sintéticos.

Os resultados deste experimento discordam daqueles observados por Brana et al. (2006) e por Veum et al. (2006), os quais verificaram que houve um aumento no teor de cinzas nos ossos dos leitões que receberam rações com altos níveis de fitase, comparados aos que receberam rações sem fitase.

5 CONCLUSÕES

A redução dos níveis de energia metabolizável, proteína bruta, cálcio e fósforo disponível para 3.080 kcal EM/kg ; 14% PB; 0,54% e 0,28%, respectivamente, em rações formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase para leitões dos 15 aos 35 kg não prejudicou o desempenho e a mineralização óssea, e promoveu melhor qualidade de carcaça dos animais.

Para cada ponto percentual de redução de PB houve um decréscimo de 8,9% na excreção de nitrogênio nas fezes e de 22% na excreção de nitrogênio na urina e, a suplementação de fitase nas rações diminuiu a excreção de fósforo em 30% nas fezes dos leitões. Esses resultados são efetivos na redução do impacto ambiental provocado pelos dejetos suínos, contribuindo para um sistema de produção ambientalmente sustentável.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O.; LAWRENCE, V. V.; SUTTON, A. L.; CLINE, T. R. Phytase-induced changes in mineral utilization in zinc supplemented diets for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 11, p. 3384-3391, Nov./Dec. 1995.

APOLÔNIO, L. R.; DONZELE, J. L.; SILVA, F. C. O.; ROSSONI, M. C.; KILL, J. L.; BATISTA, T. Z Digestibilidade aparente e verdadeira de aminoácidos em alimentos utilizados em dietas pré-iniciais para leitões determinada pelo método do sacrifício. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: ESALQ, 2001. 1CD-ROM.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington, 1990. 1230 p.

AUGSPURGER, N. R.; WEBEL, D. M.; LEI, X. G.; BAKER, D. H. Efficacy of E. coli phytases expressed in yeast for releasing phytate-bound phosphorus in young chicks and pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 2, p. 474-483, Feb. 2003.

BAKER, D. H. Beyond phosphorus: phytase effects on protein, energy and trace-mineral utilization of swine and poultry. BASF TECHNICAL SYMPOSIUM: Carolina Swine Nutrition Conference, 7., 1998, Durham. **Proceedings....** Durham, NC, 1998. p. 48-62.

BATTERHAM, E. S. Protein and energy relationships for growing pigs. In: COLE, D. J. A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M. A. (Ed.) **Principles of pig science**. Nottingham: Redwood Books, 1994. p. 107-21.

BIKKER, P.; KARABINAS, V.; VERSTEGEN, M. W. A.; CAMPBELL, R. G. Protein and lipid accretion in body components of growing gilts (20 to 45 kilograms) as affected by energy intake. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 8, p. 2355-2363, Aug. 1995.

BIKKER, P.; VERSTEGEN, M. W. A.; BOSCH, M. W. Amino acid composition of growing pigs is affected by protein and energy intake. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 124, n. 4, p. 1961-1969, Apr. 1994.

BOHRER, P. H. A Suinocultura brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABRAVES, 2003. p. 46-64.

BRANA, D. V.; ELLIS, M.; CASTANEDA, E. O.; SANDS, J. S.; BAKER, D. H. Effect of a novel phytase on growth performance, bone ash and mineral digestibility in nursery and grower-finisher pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 4, p. 1839- 1849, Apr. 2006.

BROW, J. A.; CLINE, T. R. Urea excretion in the pig: an indicator of protein quality and amino acid requirements. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 104, n. 5, p. 542-545, May 1974.

CAI, Y.; ZIMMERMAN, D. R.; EWAN, R. C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 124, n. 3, p. 1088-1093, Mar. 1994.

CAMPBELL, R. G.; TAVERNER, M. R. Relationship between energy intake and protein and energy metabolism growth and body composition of pigs kept at 14 or 32°C from 9 to 20 kg. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 18, n. 1, p. 289-303, 1988.

CARLSON, M. Amino acid manipulation and phytase utilization impact on nitrogen and phosphorus excretion. **Production Information for Missouri Pork Producers**, p. 1-5, 2001.

CARNINO, F. Efeito dos valores fisiológicos e nutricionais e sobre a qualidade de carcaça de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1994. p. 133-157.

CHEN, H. Y.; MILLER, P. S.; LEWIS, A. J.; WOVERTON, C. K.; STROUP, W. W. Changes in plasma urea concentration can be used to determine protein requirements of two populations of pigs with different protein accretion ration. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2631-2639. Sept. 1995.

CLOSE, W. H.; Feeding new genotypes: establishing amino acid/ energy requirement. In: COLE, D. J. A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M. A. (Ed.). **Principles of pig science**. Loughborough Nottigham University Press, 1994. p. 123-140.

COFFEY, M. T. An industry perspective on environmental and waste management issues: Challenge for the feed industry. In: GEORGIA NUTRITION CONFEDERATION, 1992, Athens. **Proceedings...** Athens: University of Georgia, 1992. p. 144-148

COLE, D. J. A.; SCHURINK, G.; KONING, W. J. Ammonia on pig buildings in the Netherlands. **Pig News and Information**, Wallingford, v. 17, n. 2, p. 53N-56N, June 1996.

COMBS, N. R.; KORNEGAY, E. T.; LINDERMANN, M. D.; NOTTER, D. R.; WESON, J. H.; MASON, J. P. Calcium and phosphorus requirement of swine from weaning to marked weight: II. Development of response curves for bone criteria and comparison of bending and shear bone testing. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 2, p. 682-693, Feb. 1991.

CONSUEGRO, J. P. Uso de fitase microbiana em dietas para avicultura. **Industria Avícola**, Illinois, v. 46, n. 5, p. 27-28, maio 1999.

CROMWELL, G. L.; CARTER, S. D.; LINDERMANN, M. D.; TURNER LW Reducing the excretion of nitrogen and phosphorus in growing and finishing pigs by dietary manipulation. In: INTERNATIONAL CONGRESS PIG VETERINARY SOCIETY, 14., 1996, Bologna. **Proceedings...** . Bologna: IPVS, 1996. p. 418.

CROMWELL, G. L.; COFFEY, R. D. Phosphorus - A key essential nutrient, yet a possible major pollutant - its central role in animal nutrition. In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM OF BIOTECHNOOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 7., 1991, Nicholasville. **Proceedings...** Nicholasville: Alltech Technical Publications, 1991. p. 133-145.

CROMWELL, G. L.; COFFEY, R. D.; MONEQUE, J. J.; RANDOLPH, J. H. Efficacy of low-activity, microbial phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 2, p. 449-456, Feb. 1995a.

CROMWELL, G. L.; COFFEY, R. D.; PARKER, G. R.; RANDOLPH, J. H.; MONEQUE, J. J. Efficacy of a recombinant-derived phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 7, p. 2000-2008, July 1995b.

CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agricultura**. Ames: Ames the Iowa State University, 1983. 402 p.

DE LA LLATA, M.; DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; NELSSSEN, J. L. Effects of increasing L-lysine HCl in corn- or sorghum-soybean meal-based diets on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 9, p. 2420-2432, Sept. 2002.

DIVIDICH, J. L.; NOBLET, J. Effect of dietary energy level on the performance of individually housed early weaned piglets in relation to environmental temperature. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 255-263. 1986.

DONZELE, J. L.; COSTA, P. M. A.; ROSTAGNO, H. S.; SOARES, J. M. Efeitos de níveis de energia digestível na composição da carcaça de suínos de 5 a 15 kg. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n. 6, p. 1100-1106, nov./dez. 1992.

DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; FREITAS, R. T. F.; FONSECA, F. A. Avaliação de níveis de energia digestível para leitoas dos 15 aos 30 kg mantidas em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 744-752, 1997.

ENGELN, A. J.; Van der HEEF, F. C.; RANDSDORP, P. H. G.; SOMERS, W. A. C. Simple and rapid determination of phytase activity. **Journal of AOAC International**, Washington, v. 77, n. 3, p. 760-764, May/June 1994.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ARAUJO, C. V.; SILVA, F. C. O.; VAZ, R. G. M.; RESENE, W. D. Redução da proteína bruta da ração e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 1056-1062, maio/jun. 2006. Suplemento.

FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ARAÚJO, C. V.; SILVA, F. C. O.; FONTES, D. O.; SARAIVA, E. P. redução do nível de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 548-556, nov./dez. 2005.

FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; NETO, A. R. O.; HANNAS, M. I. Níveis de energia digestível para leitões de 15 a 30 kg mantidas em ambiente frio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1131-1139, nov./dez. 1998.

FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; LOPES, D. C.; ORLANDO, U. A. D.; RESENDE, W. O.; VAZ, R. G. M. V. Redução de proteína bruta para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1639-1646, nov./dez. 2003.

FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; SILVA, H. O.; OLIVEIRA, V.; SOUSA, R. V. Efeito da fitase sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia em rações de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000. Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. 1CD-ROM.

FIGUEROA, J. L.; LEWIS, A. J.; MILLER, P. S.; FISCHER, R. L.; GOMES, R. S.; DDIEDRICHSEN, R. M. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 11, p. 2911-2919, Nov. 2002.

FIRMAN, J. D.; BOLING, D. Ideal protein in turkeys. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, n. 1, p. 105-110, Jan. 1998.

FONTES, D. O.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; SILVA, F. C. O. Níveis de lisina para leitões seleccionadas geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 81-89, jan./fev. 2005.

FORD, A. L. Protein vs amino acids ...where less is better? **Kempal Articles**. Disponível em: <<http://www.kempal.on.ca/ohfaf041.pdf>>. Acesso em: 09 ago. 2005. p. 1-3.

GENTILE, J. M.; RONEKER, K. R.; CROVE, S. E.; PODN, W. G.; LEI, X. G. Effectiveness of an experimental consensus phytase in improving dietary phytate-phosphorus utilization by weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 11, p. 2751-2757, Nov. 2003.

GÓMEZ, R. S.; LEWIS, A. G.; MILLER, P. S.; CHEN, H. Y. Growth performance, diet apparent digestibility and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 3, p. 644-653, Mar. 2002.

HEDEGUS, M. The role of feed protein quality in reducing environmental pollution by lowering nitrogen excretion . III Strategies of feeding : A review **Acta Veterinaria Hungarica**, Budapest, v. 44, n. 2, p. 153-163, 1996.

JENDZA, J. A.; DELGER, R. N.; ADEDOKUN, S. A.; SANDS, J. S.; ADEOLA, O. *Escherichia coli* phytase improves growth performance of starter, grower and finisher pigs fed phosphorus-deficient diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 8, p. 1882-189, Aug. 2005.

JONGBLOED, A. W. et al. Phytate, phytase, phosphorus, protein and performance in pigs In: BASF FORUM ON ANIMAL NUTRITION, 6., 1997, Ludwigshafen, Germany. **Proceedings....** Ludwigshafen, Germany: BASF, 1997.

JONGBLOED, A. W.; LENIS, N. P. Environmental concerns about animal manure. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 10, p. 2641-2648, Oct. 1998.

JOHNSTON, S. L. S.; WILLIAMS, S. B.; SOUTHERN, L. L.; BIDNER, T. D.; BUNTING, L. D.; MATTEWS, J. O.; OLCOTT, B. M. Effect of phytase addition and dietary calcium and phosphorus levels on plasma metabolites and ileal and total-tract. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 3, p. 705-714, Mar. 2004.

KERR, B. J.; MCKEITH, F. K.; EASTER, R. A. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 2, p. 433-440, Feb. 1995.

KERR, B. J.; SOUTHERN, L. L.; BIDNER, T. D.; FRIESEN, K. G.; EASTER, R. A. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and edietary energy levels on growingifinishing pig performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 12, p. 3075-3087, Dec. 2003a.

KERR, B. J.; YEN, B. J.; NIENABER, J. A.; EASTER, R. A. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 8, p. 1998-2007, Aug. 2003b.

KESHAVARZ, K. Por que "es necesario emplear la fitasa en la dieta de las ponedoras? **Indústria Avícola**, Mount Morris, v. 46, n. 10, p. 13-14, Oct. 1999.

KESSLER, A. M. et al. Efeito da temperatura ambiental, do nível energético da dieta e do peso à desmama no desempenho de leitões recém desmamados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, PB: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. 1CD-ROM.

KIES, A. K.; GERRITS, W. J. J.; SCHRAWA, J. W.; HEETKAMP, M. J. W.; VAN DER LINDEN, K. L.; ZANDSTRA, T.; VERSTEGEN, M. W. A. Mineral absorption and excretion as affected by microbial phytase, and their effect on energy metabolism in young piglets. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 135, n. 3, p. 1131-1138, Mar. 2005.

KIES, A. K.; KEMME, P. A.; SEBEK, L. B. J.; van DIEPEN, J. Th M.; JONGBLOED, A. Effect of graded doses and a high dose of microbial phytase on the digestibility of various minerals in weaner pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 3, p. 1169-1175, 2006.

KNOWLES, T. A.; SOUTHERN, L. L.; BIDNER, T. D.; KER, B. J.; FRIESEN, K. G. Effect of dietary fiber or fat in low-crude protein, crystalline amino acid-supplemented diets for finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 11, p. 2818-2832, Nov. 1998.

KNUCKLES, B. E.; KUZMICKY, D. D.; GIMBMANN, M. R.; BETSCHAT, A. A. Effect of myo-inositol phosphate esters on in vitro and in vivo digestion of protein. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 5, p. 1348-1350, Sept./Oct. 1989.

KONG, L. J.; NIENABER, J. A.; MERSMANN, H. Effects of plane nutrition on organ size and fasting heat production in genetically obese and lean pigs. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 113, n. 8, p. 1626-1631, Aug. 1983.

LE BELLEGO, L.; Van MILGEN, J.; DUBOIS, S.; NOBLERT, J. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 5, p. 1259-1271, May 2001.

LE BELLEGO, L.; NOBLET, J. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 76, n. 1/2, p. 45-58, 2002.

LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN J.; NOBLET, J. Effect of high temperature and low-protein diets on performance of growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 3, p. 691-701, Mar. 2002.

LEI, X. G.; KU, P. K.; MILLER, E. R.; YOKOYAMA, M. I. Supplementing corn-soybean meal diets with microbial phytase linearly improves phytate phosphorus utilization by weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 12, p. 3359-3367, Dec. 1993a.

LEI, X. G.; KU, P. K.; MILLER, E. R.; YOKOYAMA, M. I.; ULBREY, D. E. Supplementing corn-soybean meal diets with microbial phytase maximizes phytate phosphorus utilization by weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 12, p. 3368-3375, Dec. 1993b.

LIAO, S. F.; SAUER, W. C.; KIES, A. K. Supplementation of microbial phytase to swine diets: Effects on utilization of nutrients. In: NAKANO, T.; OZIMEK, L. (Ed.). **Food science and product technology**. Kerala, India: Research Signpost, 2002. p. 199-227.

LIAO, S. F.; SAUER, W. C.; KIES, A. K.; ZHANG, Y. C.; CERVAANTES, M.; HE, J. M. Effect of phytase supplementation to diets for weanling pigs on the digestibilities of crude protein, amino acids and energy. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 3, p. 625-633, Mar. 2005.

LOPEZ, J.; GOODBAND, R. D.; ALLEE, G. L.; JESSE, G. W.; NELSSSEN, J. L.; TOKACH, M. D.; SPIERS, D.; BECKERS, B. A. The effects of diets formulated on an ideal protein basis on growth performance, carcass characteristics, and thermal balance of finishing gilts housed in a hot, diurnal environment. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 2, p. 367-379, Feb. 1994.

LUDKE, M. C. M. M. **O efeito da fitase sobre a disponibilidade do nitrogênio, fósforo e cálcio em dietas para suínos.** 1999. 233 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LUDKE, M. C. M. M.; LOPEZ, J.; BRUM, P. A. R.; LUDKE, J. V. Influência da fitase na utilização de nutrientes em dietas compostas por milho e farelo de soja para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1402-1413, set./out. 2000.

LUDKE, M. C. M. M.; LOPEZ, J.; LUDKE, J. V. Fitase em dietas para suínos em crescimento: (i) impacto ambiental. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 97-102, Jan./Feb. 2002.

MACHADO, C. P.; PENZ JR., A. M. **Programa de alimentação de suínos em crescimento-acabamento: múltiplas fases e criação de animais de diferentes sexos em separado.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. p. 135-148.

MATSUI, T.; NAKAGAWA, Y.; TAMURA, A.; WATANAABE, C.; FUJITA, K.; NAKAJIMA, T.; IAMO, H. Efficacy of yeast phytase in improving phosphorus bioavailability in a corn-soybean meal based diet for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 1, p. 94-99, Jan. 2000.

MOITA, A. M. S.; COSTA, P. M.; DONZELE, J. L.; SOARES, J. M.; TEIXEIRA, J. A. Níveis de energia digestível para leitões de 12 a 28 dias de idade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 25, n. 5, p. 964-972, 1996.

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: application in poultry. **Proceeding Nutrition Society**, Wageningen, v. 40, n. 3, p. 285-294, 1981.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A. Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 126-132, Jan. 1994.

MIYADA, V. S. Novas tendências para a nutrição de suínos em clima quente. In: SILVA, I. J. O. (Ed.) SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA E QUALIDADE NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE SUÍNOS, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1999. p. 34-60.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 10. ed. Washington: National Academy of Sciences, 1998.

NELSON, T. S. The utilization of phytate phosphorus by poultry: a review. **Poultry Science**, Champaign, v. 46, n. 4, p. 862-871, July 1967.

NOBLET, J. Avaliação energética em suínos. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA DE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2001, Foz do Iguaçu-PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2001. p. 2-17.

OBERLEAS, D.; HARLAND, B. F. Impact of phytate on nutrient availability. In: COELHO, M. B.; KORNEGAY, E. T. (Coord.). **Phytase in animal nutrition and waste management**. Mount Olive: BASF Corporation, 1996. p. 77-84.

OLIVEIRA, G. C.; MOREIRA, I.; FRAGA, A. L.; KUTSCHENKO, M.; SARTON, I. M. Metabolizable energy requirement for starting barrow pigs (15 to 30 kg) fed on the ideal protein concept based diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, n. 5, p. 729-737, Sept. 2005 a.

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FREITAS, R. T. F.; FONSECA, F. A. Avaliação de níveis de energia digestível para leitoas em recria mantidas em ambiente de conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 779-786, jul./ago. 1997a

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FREITAS, R. T. F.; FONSECA, F. A. Níveis de energia digestível para leitões dos 15 aos 30 kg de peso mantidos em ambiente de conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 539-547, maio/jun. 1997b.

OLIVEIRA, V. **Efeito de níveis de proteína da ração no balanço de nitrogênio e composição corporal de suínos em crescimento**. 2004. 98 p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA, V.; FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; BERTECHINI, A. G.; FREITAS, R. T. T. Teor de proteína no metabolismo do nitrogênio e energia em suínos durante o crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 866-874, jul./ago. 2005b.

ORYSCHAK, M. A.; SIMMINS, P. H.; ZILSTRA, R. T. Effect of dietary particle size and carbohydrase and/or phytase supplementation on nitrogen and phosphorus excretion of grower pigs. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v. 82, n. 1, p. 533-540, Mar. 2002.

PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of non ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p. 119-128.

PATIENCE, J. F. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 2, p. 398-408, Feb. 1990.

POINTILLART, A.; FOURDIN, A.; FONTAINE, N. Importance of cereal phytase activity for phytate phosphorus utilization by growing pigs fed diets containing triticale or corn. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 117, n. 2, p. 907-913, Feb. 1987.

QUIAN, H.; KORNEGAY, E. T.; CONNER Jr., D. E. Adverse effects of wide calcium: phosphorus ratios on supplemental phytase. Efficacy for weanling pigs fed two dietary phosphorus levels. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 6, p. 1288-1297, June 1996.

QUINIOU, N.; DOURMAD, J. Y.; NOBLET, J. Effect of energy intake on the performance of different types of pig from 45 to 100 kg body weight. 1. Protein and lipid deposition. **Animal Science**, East Lothian, v. 63, n. 2, p. 289-296, Oct. 1996.

RADCLIFFE, J. S.; ZHANG, Z.; KORNEGAY, E. T. The effects of microbial phytase, citric acid and interaction in a corn-soybean meal – base diet for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 7, p. 1880-1886, July 1998.

RADEMACHER, M. Manejo nutricional de suínos na fase de crescimento - terminação: Conceitos básicos e novas idéias. In: ENCONTRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 4., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Degussa Feed Additives, 1997. p. 1-11.

RAO, D. S.; McCRACKEN, K. J. Energy: protein interactions in growing boars on high genetic potential for lean growth. 1 Effects on growth, carcass characteristics and organ weights. **Animal Production**, Edingurgh, v. 54, n. 1, p. 75-82, Feb. 1992.

REESE, D. E.; KOELSCH, R. 2000. **Altering swine manure by diet modification**. Disponível em: <<http://www.ianr.unl.edu/pubs/swine/g1390.htm>>. Acesso em: 12 ago 2006.

REZENDE, W. O.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, A. S.; SILVA, F. C. O.; APOLÔNIO, L. R. Níveis de energia metabolizável mantendo a relação lisina digestível:caloria em rações para suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n. 3, p. 1101-11106, 2006 (suplemento).

ROCHA, E. V. R. **Efeito da utilização de um complexo de ácidos orgânicos sobre a eficiência da fitase em rações para leitões dos 7 aos 20 kg**. 2006. 76 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

ROTH, F. X.; GOTTERBARM, G. G.; WINDSCH, W.; KIRCHGESSNER, M. Influence of dietary level of dispensable amino acids on nitrogen balance and whole-body protein turnover in growing pigs. **Journal of Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 81, n. 4/5, p. 232-238, Aug. 1999.

RUIZ, U. S.; THOMAZ, M. C.; KRIFONKA, R. N.; MEME, R.; FRAGA, A. L.; HUAYNATE, R. R. R.; WATENABE, P. H.; SANTOS, V. M. dos; SILVA, S. Z. da; FARIA, H. G. de. Adição de fitase sobre a digestibilidade de dietas para suínos na fase de creche. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, PB: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. 1CD-ROM

SALES, G. T.; FIALHO, E. T.; VOLPATO, C. E. S. Modificação nas gaiolas metabólicas para experimentos com suínos. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS, 26., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. p. 249.

SANTIAGO, A. L. S. et al. Estudo de níveis protéicos crescentes sobre o peso corporal, peso da carcaça e órgãos de leitões de creche. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 12., 2005, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, CE: Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos, 2005.

SHELTON, J. L.; SOUTHERN, L. L.; BIDNER, T. D.; PERSICA, M. A.; BRAUN, J.; COUSINS, B.; MCKNIGHT, F. Effect of microbial phytase on energy availability, and lipid and protein deposition in growing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 8, p. 2053-2062, Aug. 2003.

SHELTON, J. L.; SOUTHERN, L. L.; Le MIEUX, F. M.; BIDNER, T. D.; PAGE, T. G. Effect of microbial phytase low calcium and phosphorus, and removing the dietary trace mineral premix on carcass traits, pork quality, plasma metabolites and tissue mineral content in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 9, p. 2630-2639, Sept. 2004.

SHELTON, J. L.; Le MIEUX, F. M.; SOUTHERN, L. L.; BIDNER, T. D. Effect of microbial phytase addition with or without the trace mineral premix in nursery, growing and finishing pig diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 2, p. 376-385, Feb. 2005.

SHRIVER, J. A.; CURTER, S. D.; SUTTON, A. L.; RICHERT, B. T.; SINNE, B. W.; PETTY, L. A. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 2, p. 492-502, Feb. 2003.

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

SILVA, H. O. **Fitase em rações para suínos em crescimento: digestibilidade total, ileal e desempenho**. 2003. 197 p. Tese (Doutorado Em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, H. O.; FIALHO, E. T.; FREITAS, R. T. F.; LIMA, J. A. V.; SCHOULTEN, N. A. Phytase in rations of growing pigs: performance, blood parameters and bone mineral content. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1428-1436, nov./dez. 2004.

SILVA, L. G. T. **Aspectos físicos e geográficos**. Disponível em: <<http://www.lavras.com.br>>. Acesso em: 08 jan. 2006.

SMITH, J. W.; TOKACH, M. D.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D. Effects of lysine:calorie ratio on growth performance of 10 – 25 kilogram pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 11, p. 3000-3003, Nov. 1999.

STAHL, C. H.; RONEKER, K. R.; THORTON, J. R.; LEI, X. G. A new phytase expressed in yeast effectively improves the bioavailability of phytate phosphorus to weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 6, p. 668–674, Mar. 2000.

STAHLY, T. S.; CROMWELL, G. L. Effect of environmental temperature and dietary fat supplementation on the performance and carcass characteristics of growing and finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 49, n. 6, p. 1478-1488, 1979.

STAHLY, T. S.; WILLIAMS, N. H.; SWENSON, S. Impact of genotype and dietary amino acid regimen on growth of pigs from 6 to 25 Kg. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 165-173, Jan. 1994.

STRINGHINI, J. H.; BRITO, A. B. **Balanco dos eletrólitos**. Disponível em: <<http://www.nutimailvila.bol.com.br/aula22.htm>>. Acesso em: 12 dez. 2005.

SUIDA, D. Desempenho, meio ambiente e sanidade de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA 2001a.

SUIDA, D. Formulação por proteína ideal e conseqüências técnicas, econômicas e ambientais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO ANIMAL: proteína ideal, energia líquida e modelagem, 1., 2001, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, RS: EMBRAPA, 2001b.

SWINE RESEARCH REPORT 34. **Reducing the dietary heat increment during partial heat stress improves growth performance in a commercial production environment.** Disponível em: <<http://www.lysine.com>. > Acesso em: 27 ago. 2006.

TRINDADE NETO, M.A.; PETELINCAR, I. M.; BERTO, D. A.; SCHAMMASS, E. A.; BISINOTO, K.S.; CALDARA Níveis de lisina para leitões na fase inicial-1 do crescimento pós-desmame: composição corporal aos 11,9 e 19,0 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1777-1789, 2004. (Supl., 1).

TUITOEK, J. K.; YOUNG, L. G.; LANGE, C. F. M.; KERR, B. J. Body composition and protein and fat accretion in various body components in growing gilts fed diets with different protein levels but estimated to contain similar levels of ideal protein. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 6, p. 1584-1590, June 1997.

VAN HEUGTEN, C.; VAN KEMPEN, T. Methods may exist to reduce nutrient excretion. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 71, n. 17, p. 12-19, Apr. 1999.

VERSTEGEN, M. W. A.; CLOSE, W. H. The environment and the growing pig. In: COLE, D. J. A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M. A. (Ed.) **Principles of pig science**. Longborough: Nothingan University Press, 1994. p. 333-353.

VERSTEGEN, M. W. A.; DE GREEF, K. H. Influence of environmental temperature on protein and energy metabolism in pig production. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NÃO RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p. 1-42.

VEUM, T. L.; BOLLINGER, D. W.; BUFF, C. E.; BEDFORD, M. R. A genetically engineered *escherichia coli* phytase improves nutrient utilization, growth performance and bone strength of young swine fed diets deficient in available phosphorus. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 5, p. 1147-1158, May 2006.

WALZ, J.; PALLAUF, M. Microbial phytase combined with amino acid supplementation reduces P and N excretion of growing and finishing pigs without less of performance. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 37, n. 7, p. 835-848, Oct. 2002.

WHITTEMORE, C. T. Nutritional manipulation of carcass quality in pigs. In: COLE, D. J. A.; HARERDIGN, W.; GARNSWORTTY, P. C. (Ed.). **Recent Developments in Pig Nutrition**, 2., 1993. p. 12-19.

ZANGERONIMO, M. G. **Níveis de lisina digestível em rações para leitões de 9 a 25 kg**, 2006. 95 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. T.; FREITAS, R. T. F.; HESPANHOL, R.; COSTA, L. B. ROCHA, E. V. H. Efeito da redução da proteína bruta de rações suplementadas com aminoácidos sobre a excreção de nitrogênio de suínos em crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, MS: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004a. 1CD-ROM.

ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. Z.; LIMA, J. A. F.; RODRIGUES, P. B.; MURGAS, L. D. S. Redução do nível de proteína bruta da ração suplementada com aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 849-856, maio/jun. 2006.

ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. T.; RODRIGUES, P. B.; LIMA, J. A. F.; PHILOMERO, R.; CANTARELLI, V. S. Efeito da redução da proteína bruta da ração baseando no conceito de proteína ideal sobre o desempenho de leitões dos 10 aos 25 kg. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, MS: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004b. 1CD-ROM.

ZERVAS, S.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 12, p. 3247-3256, Dec. 2002a.

ZERVAS, S.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of dietary protein and outhaul fiber on nitrogen excretion patterns and postprandial plasma urea profiles in grower pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 12, p. 3238-3246, Dec. 2002b.

ZHANG, Z. B.; KORNEGAY, E. T.; RADCLIFFE, J. S.; WILSON, J. H.; VEIT, H. P. Comparison of phytase from genetically engineered *Aspergillus* and canola in weanling pig diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78 n. 11, p. 2868-2878. June, 2000.

ANEXOS

ANEXO	Página
TABELA 1A – Análise de variância global e coeficiente de variação para matéria seca digestível (MSD), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	108
TABELA 2A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para para matéria seca digestível (MSD), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase	108
TABELA 3A – Análise de variância global e coeficiente de variação para nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NEF), nitrogênio excretado na urina (NEU) e retenção de nitrogênio (RN) de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase. ..	109
TABELA 4A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NEF), nitrogênio excretado na urina (NEU) e retenção de nitrogênio (RN) de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo proteína ideal e fitase	109
TABELA 5A – Análise de variância global e coeficiente de variação para teores de cinzas, cálcio e fósforo nas fezes de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	110

- TABELA 6A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para teores de cinzas, cálcio e fósforo nas fezes de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase 110
- TABELA 7A – Análise de variância global e coeficiente de variação para ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA) de leitões dos 15 aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....111
- TABELA 8A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA) de leitões dos 15 aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase 111
- TABELA 9A – Análise de variância global e coeficiente de variação para consumo de energia metabolizável (CEM), utilização de energia para ganho (UEG), consumo de nitrogênio (CN) e eficiência de utilização de nitrogênio para ganho (EUNG) de leitões dos 15 aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase. 112
- TABELA 10A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para consumo de energia metabolizável (CEM), utilização de energia para ganho (UEG), consumo de nitrogênio (CN) e eficiência de utilização de nitrogênio para ganho (EUNG) de leitões dos 15 aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase. 112

- TABELA 11A – Análise de variância global e coeficiente de variação para teores de úreia, cálcio e fósforo no soro de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase..... 113
- TABELA 12A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para teores de úreia, cálcio e fósforo no soro sanguíneo de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase. 113
- TABELA 13A – Análise de variância global e coeficiente de variação para composição química da carcaça de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase..... 114
- TABELA 14A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para composição química da carcaça de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....114
- TABELA 15A – Análise de variância global e coeficiente de variação para peso ao abate (PAB), taxa de deposição de proteína (TDP) e taxa de deposição de gordura (TDG) de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase..... 115
- TABELA 16A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para peso ao abate (PAB), taxa de deposição de proteína (TDP) e taxa de deposição de gordura (TDG) de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase..... 115

TABELA 17A –	Análise de variância global e coeficiente de variação para para energia total retida na carcaça (ETRC), energia retida como proteína na carcaça (ERPC), energia retida como gordura na carcaça (ERGC) e eficiência de retenção de energia na carcaça (EREC) de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	116
TABELA 18A –	Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para para para energia total retida na carcaça (ETRC), energia retida como proteína na carcaça (ERPC), energia retida como gordura na carcaça (ERGC) e eficiência de retenção de energia na carcaça (EREC) de leitões aos 35 kg recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.	116
TABELA 19A –	Análise de variância global e coeficiente de variação para peso absoluto de órgãos de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase	117
TABELA 20A –	Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para peso absoluto de órgãos de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	117
TABELA 21A –	Análise de variância global e coeficiente de variação para peso relativo de órgãos de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	118
TABELA 22A –	Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para peso relativo de órgãos de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....	118

- TABELA 23A – Análise de variância global e coeficiente de variação para para atividade de fosfatase alcalina (FA) no soro, resistência à quebra (RQ) e força de cisalhamento (FC) do osso metacarpiano de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....119
- TABELA 24A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para para para atividade de fosfatase alcalina (FA) no soro, resistência à quebra (RQ) e força de cisalhamento (FC) do osso metacarpiano de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase..... 119
- TABELA 25A – Análise de variância global e coeficiente de variação para teores de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos metacarpianos de leitões aos 35kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase.....120
- TABELA 26A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para para teores de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos metacarpianos de leitões aos 35kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase..... 120

TABELA 1A – Análise de variância global e coeficiente de variação para matéria seca digestível (MSD), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM			
		MSD	CDPB	ED	EM
Tratamento	6	0,444591 ^{NS}	11,276188*	96183,817460*	68236,134921*
Bloco	5	2,872776 ^{NS}	4,846122 ^{NS}	9856,209524*	7960,6667*
Erro	30	1,205651	2,004569	3182,931746	2452,9444444
Total	41				
CV(%)		1,27	1,64	1,49	1,37

TABELA 2A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para matéria seca digestível (MSD), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM			
		MSD	CDPB	ED	EM
EM	2	0,231233 ^{NS}	0,675100 ^{NS}	270973,777778*	198216,861111*
PB	1	1,629878 ^{NS}	0,019600 ^{NS}	29355,111111*	4946,777778 ^{NS}
EM*PB	2	0,066344 ^{NS}	0,889200 ^{NS}	2553,444444 ^{NS}	3855,861111 ^{NS}
Bloco	5	1,174773 ^{NS}	3,381780 ^{NS}	6452,577777 ^{NS}	6854,911111*
Erro	25	1,205651	2,004569	3182,931746	2452,9444444

TABELA 3A – Análise de variância global e coeficiente de variação para nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NEF), nitrogênio excretado na urina (NEU) e retenção de nitrogênio (RN) de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM			
		NI	NEF	NEU	RN
Tratamento	6	22,755727 *	1,295072*	7,477501*	135,17189 *
Bloco	5	5,107844 *	0,342220*	1,653637 ^{NS}	29,048084 ^{NS}
Erro	30	0,661933	0,132744	0,970901	25,308279
Total	41				
CV(%)		4,63	14,99	21,93	8,27

TABELA 4A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NEF), nitrogênio excretado na urina (NEU) e retenção de nitrogênio (RN) de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM			
		NI	NEF	NEU	RN
EM	2	0,595078 ^{NS}	0,006558 ^{NS}	0,140808 ^{NS}	0,965358 ^{NS}
PB	1	66,476844*	1,228403*	18,3612225*	232,91846 *
EM*PB	2	0,778011 ^{NS}	0,020203 ^{NS}	0,101908 ^{NS}	0,713086 ^{NS}
Bloco	5	3,702858*	0,203352 ^{NS}	0,836058 ^{NS}	33,102405 ^{NS}
Erro	25	0,661933	0,132744	0,970901	

TABELA 5A – Análise de variância global e coeficiente de variação para teores de cinzas, cálcio e fósforo nas fezes de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		Cinzas	Cálcio	Fósforo
Tratamento	6	5,844037 *	2,483628 *	0,334827 *
Bloco	5	5,125720 ^{NS}	0,150501 ^{NS}	0,051679 ^{NS}
Erro	30	1,913301	0,138222	0,029237
Total	41			
CV(%)		8,56	12,72	11,64

TABELA 6A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para teores de cinzas, cálcio e fósforo nas fezes de leitões aos 19 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável, formuladas com base em proteína ideal e suplementadas com fitase.

Causas de variação	GL	QM		
		Cinzas	Cálcio	Fósforo
EM	2	2,381219 ^{NS}	0,290069 ^{NS}	0,023819 ^{NS}
PB	1	0,014003 ^{NS}	0,012469 ^{NS}	0,036736 ^{NS}
EM*PB	2	0,015119 ^{NS}	0,014103 ^{NS}	0,001103 ^{NS NS}
Bloco	5	4,429009 ^{NS}	0,074749 ^{NS}	0,012903
Erro	25	1,913301	0,138222	0,029237

TABELA 7A – Análise de variância global e coeficiente de variação para ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA) de leitões dos 15 aos 35 kg , recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		GPMD	CRMD	CA
Tratamento	6	2512,0396 ^{NS}	16769,8809*	0,0082 ^{NS}
Bloco	5	35296,4000*	217601,6952 *	0,0399*
Erro	30	2483,3444	7440,5952	0,0140
Total	41			
CV(%)		7,57	6,65	6,03

TABELA 8A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA) de leitões dos 15 aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		GPMD	CRMD	CA
EM	2	2648,3611 ^{NS}	37933,8611*	0,0217 ^{NS}
PB	1	46,6944 ^{NS}	18,7777 ^{NS}	0,0005 ^{NS}
EM*PB	3	1307,0277 ^{NS}	4222,1944 ^{NS}	0,0002 ^{NS}
Bloco	5	27364,094444*	174826,7111*	0,026351 ^{NS}
Erro	25	2483,3444	7440,5952	0,0140

TABELA 9A – Análise de variância global e coeficiente de consumo de energia metabolizável (CEM), utilização de energia para ganho (UEG), consumo de nitrogênio (CN) e eficiência de utilização de nitrogênio para ganho (EUNG) de leitões dos 15 aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM			
		CEM	UEG	CN	EUNG
Tratamento	6	45152,4682 ^{NS}	0,1262 ^{NS}	54,9407*	27,2694*
Bloco	5	2279392,1714*	0,4180*	135,1565*	6,9763*
Erro	30	79901,1825	0,1510	3,9981	2,2258
Total	41				
CV(%)		6,75	6,12	6,21	7,20

TABELA 10A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para consumo de energia metabolizável (CEM), utilização de energia para ganho (UEG), consumo de nitrogênio (CN) e eficiência de utilização de nitrogênio para ganho (EUNG) de leitões dos 15 aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM			
		CEM	UEG	CN	EUNG
EM	2	8429,8611 ^{NS}	0,2417 ^{NS}	12,3058 ^{NS}	1,8586 ^{NS}
PB	1	25,0000 ^{NS}	0,0053 ^{NS}	117,7225*	54,2677*
EM*PB	2	46353,5833 ^{NS}	0,0041 ^{NS}	4,8008 ^{NS}	1,5219 ^{NS}
Bloco	5	1832881,3111*	0,2742 ^{NS}	104,1805*	4,6557 ^{NS}
Erro	25	79901,1825	0,1510	3,9981	2,2258

TABELA 11A – Análise de variância global e coeficiente de variação para teores de uréia , cálcio e fósforo no soro de leitões aos 35 kg , recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		Uréia	Cálcio	Fósforo
Tratamento	6	38,4285*	0,0450 ^{NS}	0,0833 ^{NS}
Bloco	5	28,3666*	4,4550*	0,1604 ^{NS}
Erro	30	5,4666	0,1257	0,2934
Total	41			
CV(%)		9,56	3,62	6,99

TABELA 12A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para teores de uréia, cálcio e fósforo no soro de leitões aos 35 kg , recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		Uréia	Cálcio	Fósforo
EM	2	2,1944 ^{NS}	0,0169 ^{NS}	0,0433 ^{NS}
PB	1	8,0277 ^{NS}	0,0225 ^{NS}	0,1002 ^{NS}
EM*PB	2	1,3611 ^{NS}	0,1058 ^{NS}	0,1477 ^{NS}
Bloco	5	23,2944*	4,0562*	0,4294*
Erro	25	5,4666	0,1257	0,2934

TABELA 13A – Análise de variância global e coeficiente de variação para composição química da carcaça de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		Água	Proteína	Gordura
Tratamento	6	2,008587 ^{NS}	0,080065 ^{NS}	5,165228 *
Bloco	5	8,471694*	0,604126 ^{NS}	7,034312 *
Erro	30	1,132665	0,333068	1,847820
Total	41			
CV(%)		1,72	3,23	8,16

TABELA 14A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para composição química da carcaça de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		Água	Proteína	Gordura
EM	2	0,209725 ^{NS}	0,026144 ^{NS}	18,318506 *
PB	1	0,705600 ^{NS}	0,003803 ^{NS}	0,000400 ^{NS}
EM*PB	2	3,093408 ^{NS}	0,070478 ^{NS}	0,123025 ^{NS}
Bloco	5	6.881487 *	0.413389 ^{NS}	4.609438 ^{NS}
Erro	25	1,132665	0,333068	1,847820

TABELA 15A – Análise de variância global e coeficiente de variação para peso ao abate (PAB), taxa de deposição de proteína (TDP) e taxa de deposição de gordura (TDG) de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		PAB	TDP	TDG
Tratamento	6	3,339286 ^{NS}	46,166667 ^{NS}	568,158730 ^{NS}
Bloco	5	73,803095 *	882,552381 *	2281,828571 *
Erro	30	2,294429	60,519048	270,073016
Total	41			
CV(%)		4,49	8,40	16,36

TABELA 16A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para taxa de deposição de proteína (TDP) e taxa de deposição de gordura (TDG) de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		PAB	TDP	TDG
EM	2	4,490833 ^{NS}	37,527778 ^{NS}	1447,111111 *
PB	1	4,891834 ^{NS}	1,361111 ^{NS}	7,111111 ^{NS}
EM*PB	2	1,577190 ^{NS}	6,861111 ^{NS}	23,444444 ^{NS}
Bloco	5	59.378500 *	769.494444 *	1790,711111 *
Erro	25	2,294429	60,519048	270,073016

TABELA 17A – Análise de variância global e coeficiente de variação para energia total retida na carcaça, energia retida como proteína na carcaça , energia retida como gordura na carcaça e eficiência de retenção de energia na carcaça de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM			
		ETRC	ERPC	ERGC	EREC
Tratamento	6	30480,277778 ^{NS}	29,270836 ^{NS}	29,585836 ^{NS}	13,106005 ^{NS}
Bloco	5	420028,838095*	47,918865*	48,182980 *	240,160787*
Erro	30	30966,115873	13,896685	13,909400	17,853907
Total	41				
CV(%)		12,01	10,30	5,84	12,07

TABELA 18A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para energia total retida na carcaça, energia retida como proteína na carcaça , energia retida como gordura na carcaça e eficiência de retenção de energia na carcaça de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM			
		ETRC	ERPC	ERGC	EREC
EM	2	59919,527778 ^{NS}	84,770725*	85,021725*	31,441003 ^{NS}
PB	1	200,694444 ^{NS}	0,019600 ^{NS}	0,001600 ^{NS}	0,148225 ^{NS}
EM*PB	2	2543,527778 ^{NS}	0,697975 ^{NS}	0,541975 ^{NS}	4,497658 ^{NS}
Bloco	5	346164,561111*	38,228693*	38,012693*	195,139803*
Erro	25	30966,115873	13,896685	13,909400	17,853907

TABELA 19A – Análise de variância global e coeficiente de variação para peso absoluto de órgãos de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM			
		Fígado	Rins	Intestino Delgado	Estômago
Tratamento	6	2851,1904 ^{NS}	149,2063 ^{NS}	3538,8253 ^{NS}	453,9682 ^{NS}
Bloco	5	67496,7857*	2767,7380*	164565,5857*	2230,9523*
Erro	30	12559,2857	346,3492	7101,8634	387,0634
Total	41				
CV(%)		12,59	13,15	8,22	9,54

TABELA 20A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para peso absoluto de órgãos de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM			
		Fígado	Rins	Intestino Delgado	Estômago
EM	2	411,1111 ^{NS}	136,1111 ^{NS}	4819,6944 ^{NS}	50,6944 ^{NS}
PB	1	2417,3611 ^{NS}	6,2500 ^{NS}	6084,0000 ^{NS}	56,2500 ^{NS}
EM*PB	2	17,4444 ^{NS}	308,3333 ^{NS}	2338,5833 ^{NS}	627,0833 ^{NS}
Bloco	5	64712,6311*	2707,3611*	130922,0444*	1947,3611*
Erro	25	12559,2857	346,3492	7101,8634	387,0634

TABELA 21A – Análise de variância global e coeficiente de variação para peso relativo de órgãos de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM			
		Fígado	Rins	Intestino Delgado	Estômago
Tratamento	6	0,1333 ^{NS}	0,0033 ^{NS}	0,1534 ^{NS}	0,0051 ^{NS}
Bloco	5	0,2722 ^{NS}	0,0097 ^{NS}	1,6191*	0,0238*
Erro	30	0,1522	0,0050	0,1379	0,0069
Total	41				
CV(%)		10,77	12,28	8,85	9,90

TABELA 22A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para peso relativo de órgãos de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM			
		Fígado	Rins	Intestino Delgado	Estômago
EM	2	0,0369 ^{NS}	0,0001 ^{NS}	0,1881 ^{NS}	0,0080 ^{NS}
PB	1	0,0140 ^{NS}	0,0012 ^{NS}	0,0277 ^{NS}	0,0018 ^{NS}
EM*PB	2	0,1533 ^{NS}	0,0049 ^{NS}	0,0379 ^{NS}	0,0061 ^{NS}
Bloco	5	0,2634 ^{NS}	0,0107 ^{NS}	1,3534*	0,0160 ^{NS}
Erro	25	0,1522	0,0050	0,1379	0,0069

TABELA 23A – Análise de variância global e coeficiente de variação para atividade de fosfatase alcalina (FA) no soro sanguíneo, resistência à quebra (RQ) e força de cisalhamento (FC) do osso metacarpiano de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		FA	RQO	FC
Tratamento	6	11,3015 ^{NS}	1119,1507 ^{NS}	47,9682 ^{NS}
Bloco	5	178,6666*	4070,7095 ^{NS}	131,5857*
Erro	30	67,5111	1682,7984	42,1301
Total	41			
CV(%)		8,61	13,98	14,22

TABELA 24A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para atividade de fosfatase alcalina (FA) no soro sanguíneo, resistência à quebra (RQ) e força de cisalhamento (FC) do osso metacarpiano de leitões aos 35 kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		FA	RQO	FC
EM	2	7,5833 ^{NS}	2031,0833 ^{NS}	137,6944 ^{NS}
PB	1	14,6944 ^{NS}	124,6944 ^{NS}	6,2500 ^{NS}
EM*PB	2	17,5277 ^{NS}	856,8611 ^{NS}	6,0833 ^{NS}
Bloco	5	109,7166 ^{NS}	5945,5166*	172,4277*
Erro	25	67,5111	1682,7984	42,1301

TABELA 25A – Análise de variância global e coeficiente de variação para teores de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos metacarpianos de leitões aos 35kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		Cinzas	Cálcio	Fósforo
Tratamento	6	0,536482 ^{NS}	2,084636	0,288291 ^{NS}
Bloco	5	2,867450 *	2,625654	1,142987 *
Erro	30	0,521642	2,143227	0,255179
Total	41			
CV(%)		1,40	6,89	4,93

TABELA 26A – Análise de variância do ensaio fatorial nível de EM x nível de PB para teores de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos metacarpianos de leitões aos 35kg, recebendo rações com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta, formuladas segundo o conceito de proteína ideal e fitase

Causas de variação	GL	QM		
		Cinzas	Cálcio	Fósforo
EM	2	0,175103 ^{NS}	1,745353 ^{NS}	0,038033 ^{NS}
PB	1	0,585225 ^{NS}	4,100625 ^{NS}	0,092011 ^{NS}
EM*PB	2	0,980658 ^{NS}	0,048475 ^{NS}	0,441378 ^{NS}
Bloco	5	2,852996 *	2,450716 ^{NS}	0,592980 ^{NS}
Erro	25	0,521642	2,143227	0,255179