

JESSICA MANSUR SIQUEIRA FURTADO

**LISINA DIGESTÍVEL PARA FÊMEAS SUÍNAS PRIMÍPARAS EM
LACTAÇÃO E SUPLEMENTAÇÃO DE 25-HIDROXICOLECALCIFEROL EM
RAÇÕES PARA LEITÕES PÓS DESMAME**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título de
Doctor Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

F992l
2017 Furtado, Jessica Mansur Siqueira, 1986-
Lisina digestível para fêmeas suínas primíparas em lactação
e suplementação de 25-hidroxicolecalciferol em rações para
leitões pós desmame / Jessica Mansur Siqueira Furtado. –
Viçosa, MG, 2017.
ix, 59f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Juarez Lopes Donzele.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Suínos - Alimentação e rações. 2. Lisina. 3. Aminoácidos
na nutrição animal. 4. Vitamina D. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação
em Zootecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 636.4085

JESSICA MANSUR SIQUEIRA FURTADO

**LISINA DIGESTÍVEL PARA FÊMEAS SUÍNAS PRIMÍPARAS EM
LACTAÇÃO E SUPLEMENTAÇÃO DE 25-HIDROXICOLECALCIFEROL EM
RAÇÕES PARA LEITÕES PÓS DESMAME**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 18 de julho de 2017

Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele
(Coorientadora)

Gabriel Cipriano Rocha

Francisco Carlos de Oliveira Silva

Rogério Pinto

Juarez Lopes Donzele
(Orientador)

A Deus, pela vida e por estar sempre comigo,
Aos meus pais Mauro e Vera, pelo apoio e amor incondicionais,
Ao meu marido Genelício, pelo amor, carinho e incentivo,
Aos meus irmãos Ariel e Jonathan, pela amizade e carinho,
Aos meus sobrinhos Samuel e Sávio pelo carinho,
A todos meus amigos pelo apoio constante,

Dedico.

BIOGRAFIA

JESSICA MANSUR SIQUEIRA FURTADO, filha de Mauro Mansur Furtado e Vera Lúcia de Siqueira Costa Furtado, nasceu em Viçosa, MG, em 15 de novembro de 1986.

Em março de 2007, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo-o em julho de 2011.

Em seguida, ingressou no Programa de Pós-Graduação da UFV, em nível de Mestrado, em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se à defesa de tese em 25 de julho de 2013.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa – UFV, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Juarez Lopes Donzele, por confiar, por apoiar e por orientar em todos os momentos do meu trabalho, pela amizade e pelo exemplo profissional.

Aos professores, Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele, Gabriel Cipriano Rocha, Rogério Pinto e ao pesquisador Francisco Carlos de Oliveira Silva, por terem aceitado fazer parte da minha banca examinadora, contribuindo com valiosas sugestões.

A professora Luciana Navajas Rennó pelo apoio, sugestões e auxílio nas análises de laboratório.

A DSM e AGROCERES pelo financiamento do projeto de pesquisa, e a seus diretores e funcionários por todo apoio fornecido na montagem e condução dos experimentos.

Aos colaboradores Diego, Joseane, Leonardo, Carlos Frederico, Rodrigo, Igor, Alícia e Érika, pela dedicação e auxílio na condução do experimento a campo e pela amizade.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da UFV, Francisco Ilário (“Chico”), Alessandro, Valdeir, José Alberto (“Dedeco”) e Fernando pelo apoio e pela amizade durante esses quatro anos de jornada.

Ao meu marido Genelício, pelo apoio, pela amizade e pelo amor que me deu forças para continuar sempre nos momentos de adversidade.

A todos que contribuíram de alguma forma, para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
Lisina digestível para fêmeas suínas primíparas em lactação.....	17
Resumo	17
Abstract.....	18
Introdução	19
Material e métodos.....	20
Resultados e discussão.....	22
Conclusão.....	31
Referências bibliográficas.....	32
Suplementação de 25-hidroxicolecalciferol em rações para leitões pós desmame.....	37
Resumo	37
Abstract.....	38
Introdução	39
Material e métodos.....	40
Resultados e discussão.....	47
Conclusão.....	54
Conclusão geral.....	55
Referências bibliográficas.....	56

RESUMO

FURTADO, Jessica Mansur Siqueira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Lisina digestível para fêmeas suínas primíparas em lactação e suplementação de 25-hidroxicolecalciferol em rações para leitões pós desmama.** Orientador: Juarez Lopes Donzele. Coorientadores: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele e Luciana Navajas Rennó.

Foram conduzidos dois experimentos com objetivo de avaliar diferentes consumos diário de lisina digestível (CLD) para fêmeas suínas primíparas durante a lactação e a suplementação de 25-hidroxicolecalciferol para leitões pós desmama. No experimento I foram utilizadas 85 fêmeas suínas primíparas em lactação, híbridas comerciais, com peso inicial de $203,7 \pm 17,32$ kg. O consumo de ração foi fixado em 5,0 kg/dia. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso de acordo com o peso das porcas após o parto, com cinco tratamentos (50, 55, 60, 65 e 70 g de CLD/dia) e 17 repetições, sendo cada porca considerada uma unidade experimental. Não se observou efeito do CLD diário, na perda de peso corporal, espessura de toucinho, profundidade de músculo e porcentagem de carne das porcas durante a lactação. Não foi verificado efeito do CLD no ganho de peso diário dos leitões, como também não foi verificado influência na produção de leite, na composição do leite e no intervalo desmame cio das porcas. No experimento II foram utilizados 210 leitões machos castrados e fêmeas, híbridos comerciais, desmamados aos 28 dias de idade com peso inicial de $8,47 \pm 1,24$ kg, alimentados com dietas contendo metabólito ativo da vitamina D₃ (25-hidroxicolecalciferol (25(OH)D₃) e níveis decrescentes de cálcio e/ou de cálcio e fósforo digestível nas rações, com o objetivo de avaliar o desempenho, mineralização óssea e resposta imune. Os animais foram distribuídos por meio de delineamento experimental em blocos ao acaso, em um arranjo fatorial 3 x 2 + 1 para cada fase avaliada (28 aos 35; 36 aos 49; 50 aos 63 dias de idade), dois níveis de fósforo digestível (nível fixo ou variando a fim de manter a proporção com o cálcio (Ca: Pdig.) dentro de cada fase) e uma ração controle, perfazendo um total de sete tratamentos com 10 repetições e três animais por unidade experimental (T1: tratamento controle; T2: redução de 8 % da exigência de Ca; T3: redução de 16 % da exigência de Ca; T4: redução de 24 % da exigência de Ca; T5: redução de 8 % da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T6: redução de 16 % da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T7: redução de 24 % da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T2 – T7: suplementados com 2.000 UI de 25-

Hidroxicolecalciferol). Não foi observado efeito dos tratamentos sobre as variáveis de desempenho avaliadas nas diferentes fases de desenvolvimento. Não foi observado efeito dos tratamentos nas variáveis avaliadas no tecido ósseo e no soro sanguíneo. Os tratamentos não influenciaram os níveis plasmáticos de IL-10, TNF- α e PCR. Conclui-se que o CLD de 49,2 g/dia, atende as exigências das fêmeas suínas primíparas na lactação e que a suplementação de 2.000 UI de 25(OH)D₃ por quilograma, em rações cujos níveis de cálcio e fósforo digestível foram reduzidos em até 24% não compromete o desempenho, mineralização óssea e o sistema imunológico dos leitões pós desmame.

ABSTRACT

FURTADO, Jessica Mansur Siqueira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Digestible lysine in diets for primiparous lactating sows and 25-hydroxycholecalciferol supplementation in diets for piglets post weaning.** Advisor: Juarez Lopes Donzele. Co-advisers: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele and Luciana Navajas Rennó.

Two experiments were conducted to evaluate daily digestible lysine intake (DLI) for primiparous lactating sows and 25-hydroxycholecalciferol supplementation in diets for piglets post weaning. In experiment I, 85 commercial hybrid first litter sows during lactation with body weight of 203.7 ± 17.32 kg, were used to evaluate daily DLI. The feed intake was kept at 5.0 kg /day. A completely randomized blocks design, with five treatments (50; 55, 60, 65 and 70 g DLI/day), 17 replicates, and the sow considered as the experimental unit, were used. There was no effect of daily DLI on body reserves mobilization, back fat thickness, muscle depth and percentage of meat in sows during lactation. There was no effect on daily body weight gain of piglets and on milk production and composition according to the daily DLI. In experiment II a total of 210 piglets, commercial hybrids, weaned at 28 days of age with body weight of 8.47 ± 1.24 kg, were fed with diets containing metabolite active of vitamin D₃ (25-hydroxycholecalciferol (25(OH)D₃)) and decreasing levels of calcium and/or calcium and digestible phosphorus. The animals were distributed in a randomized complete block design, in a factorial arrangement 3 x 2 +1, for each phase evaluated (28 to 35, 28 to 49, 28 to 63 days of age), two levels of digestible phosphorus (fixed level or varying maintaining the proportion with calcium (Ca: Pdig) within each phase) and a control diet, making a total of seven treatments with 10 replicates and three animals per experimental unit (T1: Control treatment; T2: 8% reduction in the requirement of Ca; T3: 16% reduction in the requirement of Ca; T4: 24% reduction in the requirement of Ca; T5: 8% reduction in the requirement of Ca with fixed Ca:P dig ratio; T6: 16% reduction in the requirement of Ca with fixed Ca:P dig ratio; T7: 24% reduction in the requirement of Ca with fixed Ca:P dig ratio; T2 – T7: supplemented with 2.000 UI of 25- hydroxycholecalciferol). Animals were weighed at 35, 49 and 63 days of age. No effect of treatments was observed on the performance variables at the different stages of development. No effect of treatments was observed on the variables evaluated in bone tissue and serum. The treatments did not influence the plasma levels of IL-10, TNF- α

and CRP. It was concluded that the DLI of 49.20 g/day meets the requirements for primiparous females during lactation and that the supplementation of 2,000 IU of 25(OH)D₃ per kilogram in diets with levels of calcium and digestible phosphorus reduced by up to 24% does not compromise the performance, bone mineralization and immune system of the piglets post weaning.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Na suinocultura, ao longo das décadas vêm-se desenvolvendo linhas de pesquisas no campo da nutrição visando acompanhar os avanços do melhoramento genético, aumentar a produtividade do rebanho e gerar um produto de qualidade. O crescimento da população mundial, bem como aspectos relacionados a questões financeiras, justifica o aumento crescente da demanda de proteína de origem animal em todo o mundo.

Nesse cenário encontramos a carne suína no topo do ranking do consumo de carnes no mundo chegando próximo de 39% do total de carnes consumidas. Esse padrão segue uma propensão de crescimento ao longo dos anos e em 2016 a produção de carnes foi favorável, com um aumento de 4,93% se comparado ao ano anterior. O Brasil ocupa posição de destaque no mercado mundial, sendo atualmente o quarto maior produtor e o quarto maior exportador (ABPA 2016) da carne suína.

A nutrição animal ocupa um papel importante para que as fêmeas suínas expressem todo o seu potencial. Tal fato se deve, principalmente, à necessidade que os nutricionistas tiveram de adequar os programas nutricionais ao potencial genético e ao nível de produção das matrizes (OELKE et al., 2011), embora muitos programas ainda se baseiem em resultados obtidos em pesquisas com reprodutores que se diferenciam das atuais quanto à capacidade de crescimento, ingestão de alimento, de reservas corporais e de produção de leite e leitões (PAIVA et al., 2005). As fêmeas suínas modernas vêm evoluindo nos últimos anos, em geral esses animais são mais precoces em relação à idade ao primeiro parto, mais produtivos em relação ao número de nascidos totais, possuem maior peso corporal, maior proporção de tecido muscular em relação ao adiposo e são mais exigentes em tanto em proteína quanto em energia (ABREU et al., 2005).

Dentre os fatores que influenciam o desempenho de fêmeas suínas em lactação podem ser destacados os níveis de aminoácidos fornecidos às mesmas, sendo que a lisina assume posição de destaque por ser o primeiro aminoácido limitante em rações a base de milho e farelo de soja para suínos (KIM et al., 2009), além de ser um aminoácido essencial limitante para a síntese proteica. Existe uma proporção significativa desse aminoácido no tecido muscular de suínos em relação aos demais aminoácidos, mostrando que sua principal rota depois da absorção é compor a proteína muscular de suínos (PARSONS & BAKER, 1994).

Tendo em vista que na suinocultura intensiva os animais são criados confinados, ficando, portanto, privados da luz solar sobre a pele, a vitamina D deixa de ser produzida pela epiderme mediante exposição ao sol, de modo que toda a necessidade deve ser provida pela alimentação. Quando a suplementação é feita por meio da vitamina D na forma inativa, a mesma depende da integridade da função hepática para ser ativada e, uma forma de evitar esta dependência, é a suplementação da forma ativada, o 25-hidroxicolecalciferol. Assim, rações contendo níveis sub-ótimos de vitamina D₃ podem gerar alterações metabólicas e retardar o crescimento ósseo de leitões no período pós-desmame.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes consumos de lisina digestível diário considerando o desempenho produtivo e reprodutivo da matriz e o desempenho da leitegada, bem como a suplementação de 25-hidroxicolecalciferol em rações para leitões pós-desmame para avaliar o desempenho, mineralização óssea e resposta imune destes animais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Período de lactação

Com os avanços dos programas de melhoramento genético para matrizes suínas, observa-se que há uma necessidade da realização de novos estudos de avaliação das exigências nutricionais das mesmas. O potencial de produção da matriz suína moderna é extremamente alto, no entanto, somente é alcançado se for dada uma atenção especial aos cuidados preconizados para estas fêmeas. Muitos programas nutricionais ainda estão baseados em resultados de pesquisas obtidos com reprodutoras que se diferenciam das atuais, quanto às suas reservas corporais, capacidade de crescimento, ingestão de alimento, produção de leite e de leitões.

Muitas vezes o programa nutricional adotado na granja não supre as exigências para manutenção e produção de leite das matrizes, principalmente as fêmeas suínas primíparas onde o consumo voluntário de ração tem sido baixo e pelo fato destes animais ainda estarem em crescimento. Com isso, há uma maior mobilização de gordura e proteína corporal podendo ter efeitos negativos no desempenho da porca e seu desempenho reprodutivo subsequente, como aumentar o tempo de retorno ao cio, diminuir o tamanho da leitegada ou apresentar falhas reprodutivas (EISSEN et al., 2000). Neste sentido, é necessário compreender alguns aspectos fisiológicos importantes das matrizes modernas, neste contexto, destacam-se os cuidados na fase de lactação. As falhas no manejo realizado nesta fase refletem diretamente nos índices de produtividade do sistema.

Durante o período de lactação, vários fatores podem influenciar a ingestão de ração de matrizes suínas, como a temperatura e umidade do ambiente, linhagem genética, ordem de parição, perfil sanitário, peso corporal, tamanho da leitegada e o consumo de alimento na gestação. Além disso, a seleção genética para alta produção de leite e elevado tamanho da leitegada sobrecarregam as fêmeas suínas devido ao esgotamento do aporte de aminoácidos para suportar o aumento da síntese proteica de leite (KIM & EASTER, 2003).

Em temperaturas elevadas, que é uma condição mais frequente geralmente em regiões tropicais, ocorre redução no consumo de ração das matrizes resultando numa maior perda de peso corporal podendo interferir no intervalo desmame-estro. O estresse calórico também tem influência na produção de leite, que diminui causando queda no

desempenho da leitegada (BLACK, et al., 1993). Segundo este mesmo autor, o conforto térmico para fêmeas suínas varia entre 12 a 22°C, sendo observada redução de 25% no consumo de alimento e 40% na produção de leite em matrizes submetidas ao estresse térmico (28°C). Segundo CLOSE & COLE (2001), a ordem de parto tem influencia na perda de peso corporal durante o período lactação, uma vez que fêmeas múltiparas perdem menos peso comparado com as primíparas, o que está relacionado com a menor capacidade de consumo de alimento das fêmeas mais novas. Segundo PAIVA et al. (2005), porcas primíparas apresentam consumo alimentar reduzido devido à menor capacidade gastrintestinal, não atendendo a demanda da produção de leite e desenvolvimento corporal. Além disso, estas matrizes têm menos reserva corporal e ainda se apresentam em crescimento, o que as tornam mais sensíveis à perda de peso durante a lactação (QUESNEL, 2009). Uma das principais causas da elevada perda de produtividade de fêmeas suínas tem sido a alimentação inadequada durante a gestação e lactação, o que contribui para um baixo desempenho reprodutivo e elevada taxa de descarte.

2.2 - Produção de leite

A glândula mamária é um órgão fundamental para a matriz suína e para os leitões, devido a sua importância metabólica na síntese e secreção de leite, que está diretamente relacionada ao ganho de peso da leitegada e peso ao desmame (OELKE et al. 2008). Durante a lactação, o metabolismo dos aminoácidos é dirigido à produção de leite através das glândulas mamárias. Quando não existem aminoácidos suficientes a partir de fontes alimentares, a matriz começa a mobilizar sua reserva de proteína corporal para proporcionar os aminoácidos necessários à produção de leite (KIM & EASTER, 2003).

Fêmeas suínas em lactação exigem energia para produção de leite e manutenção. Essas exigências variam de acordo com seu peso, produção e composição do seu leite e do ambiente sob qual estão alojadas. Embora a mensuração dessas exigências seja difícil, AHERNE & FOXCROFT (2000) afirmaram que de 25 a 80% das exigências energéticas das fêmeas lactantes são destinadas à produção de leite, e os 25% restantes, à manutenção.

A produção e composição do leite das matrizes são influenciadas por diversos fatores, como genótipo, ordem de parto, nutrição e tamanho de leitegada. No tocante à

nutrição, os principais fatores que interferem no leite são as concentrações de energia e lisina na dieta (KING, 1998). Em estudos conduzidos por HEO et al. (2008), observaram maior teor de sólidos totais e proteína no leite de fêmeas suínas lactantes que apresentaram maior consumo de lisina e maior teor de gordura no leite de fêmeas com maior consumo de energia na ração. Em contrapartida, REVELL et al. (1998) e MCNAMARA & PETTIGREW (2002) não observaram efeito de rações com altas concentrações de energia ou lisina na composição do leite de porcas.

2.3 - Exigência de lisina para fêmeas suínas

A adequada nutrição de matrizes suínas durante a lactação é muito importante porque durante este período, elas precisam produzir uma grande quantidade de leite com alta concentração de nutrientes, além de evitar ou minimizar sua perda de peso. O consumo proteico é importante para a manutenção dos tecidos no organismo. No entanto, o valor nutricional da proteína não é determinado somente pela quantidade total de aminoácidos, mas também pela participação individual de cada um (OELKE et al., 2008), dentre os aminoácidos, a lisina assume a posição de destaque, por ser considerada o primeiro aminoácido limitante para síntese de proteína muscular em rações a base de milho e farelo de soja (KIM et al., 2009). Isto é, a síntese é limitada se não há lisina disponível para o metabolismo e, por não haver síntese endógena de lisina, este aminoácido deve ser obrigatoriamente fornecido na ração.

A lisina tem papel importante na formação do tecido magro e é utilizada como referência para o estabelecimento das exigências de outros aminoácidos essenciais (PAIVA et al., 2005). Os programas nutricionais devem se adequar ao potencial genético das matrizes atualmente disponíveis no mercado e às diferenças de padrão de crescimento das mesmas, segundo a ordem de parto, sendo que os ganhos de massa proteica decrescem à medida que a matriz atinge sua maturidade corporal (WHITTEMORE, 1996).

Avaliando níveis de consumo de lisina e seus efeitos sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de matrizes primíparas em lactação, PAIVA et al. (2005) observaram que estas fêmeas exigem 0,95% de lisina total na ração, correspondente a um consumo diário de 40 g de lisina total. Os níveis de lisina nas rações não influenciaram a perda de peso das porcas no final da lactação. Estes resultados diferem daqueles obtidos por YANG et al. (2000), que avaliaram níveis de consumo de lisina,

observaram que o aumento da ingestão de lisina, de 32,5 para 73,3 g/dia proporcionou diminuição no consumo de ração, redução da perda de peso corporal das fêmeas, sem alterar o intervalo desmame-estro e aumento no ganho de peso da leitegada.

Segundo HEO et al. (2008), porcas primíparas em lactação alimentadas com dietas contendo 1,3% de lisina total apresentaram maior peso da leitegada ao desmame e menor intervalo desmame-estro em relação às porcas lactantes alimentadas com dietas contendo 1,0% de lisina total.

Nas tabelas de exigências de suínos reprodutores em lactação elaboradas por ROSTAGNO et al. (2011), consta que porcas com 180 kg, apresentando perda de peso de 0,5 kg/dia, amamentando a leitegada com ganho de peso médio de 2 kg/dia durante a fase de aleitamento e com o consumo de ração de 4,52 kg/dia, necessitam de 19,84% de proteína bruta e 1,14% de lisina total na ração, o que corresponde ao nível de 1,01% de lisina digestível e devem consumir 45,5 g/dia de lisina digestível.

2.4 – Efeitos do consumo de lisina no parto subsequente de matrizes primíparas

A lisina é o primeiro aminoácido essencial limitante nas dietas formuladas a base de milho e farelo de soja para suínos, e para fêmeas suínas é o primeiro aminoácido determinante para seu desempenho durante o período de lactação. Diversos trabalhos já foram realizados nas últimas décadas para estimar a exigência de lisina (GOURLEY et al. 2016; JOHNTSON et al., 1993; OELKE et al, 2011; PAIVA et al., 2005 e STAHLY et al., 1990), sendo que estes só levaram em consideração aspectos como: variação da perda de peso corporal, variação na espessura de toucinho, duração do intervalo desmame-estro, produção e composição do leite, ganho de peso da leitegada e o peso da leitegada ao desmame no primeiro parto, não considerando os efeitos da lisina fornecida no período de lactação no parto subsequente.

OCHOA (2015) avaliou diferentes consumos de lisina digestível (45, 50, 55 e 60 g/dia) de porcas primíparas durante um período de lactação de 21 dias, trabalhando com rações isoenergéticas que atendiam as exigências de energia metabolizável para esta fase, dessa forma, foi possível avaliar o efeito direto da lisina em sua relação com a energia metabolizável. Este autor não observou influência do consumo de lisina digestível sobre os parâmetros produtivos e reprodutivos das porcas. Com relação aos efeitos no segundo parto do consumo de lisina durante a lactação, foi constatado que o tratamento correspondente ao consumo de 53,90 g/dia que correspondeu a uma

relação de 3,15 g/Mcal, resultou em maior número de leitões nascidos totais, vivos e peso da leitegada ao nascimento, em relação ao maior consumo de lisina.

A diminuição no desempenho no segundo parto das fêmeas que consumiram o maior nível de lisina, que correspondeu a uma relação 3,37 g/Mcal, pode ser um indicativo de um excesso de lisina no organismo das porcas. Resultado semelhante foi verificado por TRITTON et al. (1996) avaliando cinco níveis de lisina e o seu efeito no número de nascidos no segundo parto.

A perda de proteína corporal durante a lactação pode influenciar o parto subsequente de porcas e, segundo KING et al. (1993), existe uma relação entre o nitrogênio gerado do catabolismo durante a lactação (pelo excesso de aminoácidos) e o desempenho reprodutivo no segundo parto de porcas. Esta hipótese está coerente com os resultados obtidos por TOUCHETTE et al. (1998), que em trabalho realizado com porcas primíparas em lactação, observaram que o consumo de 48 g/dia de lisina correspondente a uma relação lisina digestível com a energia metabolizável de 3,66 g/Mcal, influenciou de forma negativa o desempenho reprodutivo no parto subsequente destes animais. Resultados semelhantes foram obtidos por YANG et al. (2000), que ao avaliar níveis de lisina total de 0,60 a 1,60% com fêmeas suínas primíparas também observaram que altos níveis de lisina influenciam negativamente o parto subsequente.

Os efeitos negativos do alto consumo de lisina no desempenho reprodutivo subsequente de porcas se devem, provavelmente, pelo aumento do nível de ureia plasmática, decorrente do catabolismo aumentado dos aminoácidos, devido à relação inadequada de lisina digestível e energia metabolizável. Em estudos conduzidos com matrizes suínas primíparas, YANG et al. (2000) levantaram a hipótese de que a alta concentração de ureia plasmática pode estar associada com a redução do pH uterino e a alteração iônica do fluido uterino, o que poderia gerar um ambiente não adequado para o desenvolvimento embrionário comprometendo sua sobrevivência no início da gestação e consequentemente, diminuindo o tamanho da leitegada no parto seguinte.

Uma relação inadequada de lisina/EM provavelmente pode aumentar o catabolismo de aminoácidos e com isso, causar também um aumento no nível plasmático de ureia. Com isso as fases iniciais de gestação são influenciadas pelo excesso de ureia plasmática durante a lactação. Sendo assim, é necessário ter conhecimento do metabolismo proteico das porcas na primeira lactação, o que pode ser importante para determinar o tamanho da leitegada no segundo parto.

2.5 - Funções metabólicas da vitamina D₃ no organismo animal

A vitamina D₃, por controlar o metabolismo do cálcio e do fósforo no organismo, influencia na mineralização óssea, tendo assim papel importante no desenvolvimento do esqueleto. A sua deficiência induz ao raquitismo e a outras desordens ósseas, como a osteomalácia e osteocondrose (FLOHR et al., 2013).

A influência da suplementação de vitamina D₃ sobre o desenvolvimento de osteocondrose em suínos castrados, de 6 a 110 kg de peso corporal, foi avaliada por SUGIYAMA et al. (2013). Os autores verificaram uma redução na incidência de lesões osteocondróticas quando os animais receberam 50 µg de 25(OH)D₃/kg de ração. A incidência de lesões foi evidenciada macroscopicamente ao ser examinada a cartilagem articular do úmero distal (32,4% vs 59,3%) e fêmur distal (47,1% vs 87,5%).

Outra importante função associada à vitamina D₃ é o seu efeito positivo sobre integridade da mucosa intestinal. CHOU et al. (2009) estudaram o efeito da suplementação de 25(OH)D₃ sobre a morfologia do intestino delgado e resposta imune em frangos de corte. Duas rações experimentais foram utilizadas e o nível de vitamina D₃ avaliado foi de 3000 UI/kg de ração. A relação entre a altura de vilosidade e a profundidade de cripta foi maior no duodeno e no jejuno das aves alimentadas com 25(OH)D₃ aos 14, 21 e 28 dias de idade. Ainda foi observado um aumento deste parâmetro no íleo, dos 14 aos 35 dias de idade. Em um segundo experimento, realizado a partir da inoculação de *Salmonella spp.* em aves recebendo as dietas descritas anteriormente, foi verificado uma tendência para o aumento de anticorpos circulantes nas aves alimentadas com rações contendo 25(OH)D₃, aos 21 dias e idade.

Ainda tem-se relacionado à concentração dietética de vitamina D₃ com a qualidade da carne, devido sua relação com o cálcio, que por sua vez atua na atividade de várias enzimas proteolíticas no período *post mortem*. Por exemplo, SWANEK et al. (1999), ao avaliarem a influência da suplementação de vitamina D₃ sobre a maciez de músculos *Longissimus dorsi* em gado de corte, observaram que os animais alimentados com rações contendo vitamina D₃ apresentaram uma carne mais macia. Os pesquisadores concluíram que a vitamina D₃ pode ter alterado a atividade das calpaínas, favorecendo assim a proteólise muscular.

O fluxo de cálcio plasmático através da placenta aumenta drasticamente durante o último trimestre de gestação em mamíferos. Em ratos gestantes, 1,25(OH)₂D₃ é um fator crítico para a manutenção dos níveis plasmáticos de cálcio no sangue materno,

sendo este transportado ao feto para o desenvolvimento do tecido ósseo. Ainda com a descoberta de receptores para a vitamina D₃ no tecido muscular e mioblastos em ratos, tem-se o indicativo que pode existir uma relação entre os níveis de 1,25(OH)₂D₃ no sangue materno e o desenvolvimento do tecido muscular esquelético no feto. De fato, HINES et al. (2013) observaram que a suplementação com 25(OH)D₃ nas rações fornecidas a matrizes suínas em gestação favoreceu a hiperplasia muscular fetal.

2.6 - Absorção e controle hormonal da vitamina D₃

A vitamina D₃ é absorvida no trato intestinal, principalmente no íleo, em associação com gorduras, necessitando, portanto, da presença de sais biliares para sua absorção. Em mamíferos, esta vitamina é absorvida juntamente com outros lipídeos via quilomícrons no sistema linfático. Já em peixes e aves a absorção é realizada através do sistema porta-hepático.

No fígado, a vitamina D é convertida em 25-hidroxicolecalciferol (25(OH)D₃) pela 25-hidroxilação catalisada pela enzima D-25 hidroxilase (CYP2R1). O 25(OH)D₃ é a forma predominante na circulação, sendo posteriormente transportado no sangue por proteínas ligantes de vitamina D (DBP) até os rins, para sofrer a 1-hidroxilação, catalisada pela enzima 25OHD-1 α -hidrolase (CYP27B1), produzindo-se o 1,25-diidroxicolecalciferol (1,25(OH)₂D₃), que é a forma biologicamente ativa no organismo animal (CHRISTAKOS et al., 2010). Este composto é levado pelo sangue para os tecidos-alvos, como intestino delgado e ossos (HEWISON, 2012).

O fator de crescimento de fibroblasto 23 (FGF-23) inibe a expressão de co-transportadores de sódio e fosfato nas células renais tubulares proximais. Ainda o FGF-23 suprime a produção de 1,25(OH)₂D₃, por meio da inibição da enzima CYP27B1, ocasionada pela ativação da enzima vitamina D-24 hidrolase (CYP24A1) (JONES et al., 2008). Esta catalisa a reação que converte 1,25(OH)₂D₃ a ácido calcitróico, um catabólito biliar da vitamina D₃.

Os baixos níveis séricos de cálcio e fósforo agem aumentando a liberação do hormônio da paratireoide (PTH), que por vez estimula a CYP27B1 nos rins, favorecendo assim a produção da forma ativa da vitamina (BAEKE et al., 2010). Uma das ações da vitamina D₃ é estimular a expressão de uma proteína ligadora de cálcio (calbindina) nos enterócitos, aumentando assim a captação deste nutriente nas rações.

2.7 - Relações entre a vitamina D₃ e imunidade

Com a descoberta de receptores para a 1,25(OH)₂D₃ em células imunes, como linfócitos T CD4⁺ e CD8⁺, tem-se desenvolvido vários estudos com o intuito de avaliar a relação entre imunidade e níveis teciduais e séricos de vitamina D₃ (BAEKE et al., 2010). Diversos efeitos imunomoduladores desta vitamina foram descritos em humanos, estabelecendo-se a relação entre a deficiência vitamínica e doenças autoimunes, como esclerose múltipla, diabetes tipo I e doença de Crohn (HEWISON, 2012). Os linfócitos B e T podem metabolizar 25(OH)D₃ a 1,25(OH)₂D₃. Por outro lado, as células dendríticas e os macrófagos podem realizar as etapas de 1-25 e 25-hidroxilação da vitamina D₃ (MORA et al., 2008).

Estudos *in vitro* permitiram verificar que a vitamina D exerce um efeito inibitório sobre a imunidade adaptativa. Foram observados efeitos depressores sobre a proliferação de células T (LEMIRE et al., 1984) e expressão de IL-2 e IFN-γ (MORA et al., 2008). CORREALE et al. (2010) também observaram ação anti-inflamatória da vitamina D₃ sobre pacientes com esclerose múltipla. Todavia KONOWALCHUK et al. (2013) relataram aumento na concentração plasmática de leucócitos no plasma de leitões suplementados com 25(OH)D₃, no período pós-desmame. Estes mesmos autores demonstraram uma modulação positiva da vitamina D₃ sobre a viabilidade e capacidade fagocítica dos leucócitos do trato respiratório dos animais.

2.8 - Fontes de suplementação de vitamina D₃

SOARES et al. (2005) citaram que o 25(OH)D₃ é duas vezes mais potente que o colecalciferol, normalmente utilizado como fonte de vitamina D₃ em nutrição animal. Segundo este pesquisador, o 25(OH)D₃ maximiza a concentração de cálcio e fósforo no osso, não influenciando assim a incidência e a severidade de discondroplasia tibial. Ainda foi relatado que o 25(OH)D₃ é o metabólito com maior potencial de uso em substituição à vitamina D₃, visto que a forma propriamente ativa produzida industrialmente, o 1,25(OH)₂D₃, apresenta efeito tóxico com pequenas doses de inclusão.

Sobre a toxidez do 25(OH)D₃, YARGER et al. (1995) verificaram que a concentração plasmática desse metabólito aumenta rapidamente em detrimento a outros tecidos (pele, peito e ossos). Problemas relacionados à calcificação renal ocorrem

quando a suplementação na ração é 10 vezes superior à exigência nutricional (cerca de 690 µg ou 27.600 UI/kg de ração). Os autores concluem que o 25(OH)D₃ é de 5 a 10 vezes mais tóxico que a vitamina D₃.

GARCIA et al. (2013) avaliaram a influência de diferentes fontes de vitamina D₃ sobre o desempenho e parâmetros de qualidade da carne em frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. Foi verificado que a utilização do metabólito 1α(OH)D₃ promoveu menor ganho de peso e pior conversão alimentar em relação às fontes: D₃, 25(OH)D₃ e 1,25(OH)₂D₃. A luminosidade (L*) da carne de peito aos 15 minutos *post mortem* foi maior nas aves alimentadas com 1,25(OH)₂D₃ do que àquelas alimentadas com vitamina D₃. A intensidade do índice de vermelho (a*) aos 15 minutos *post mortem* foi superior para 25(OH)D₃ em relação à vitamina D₃.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. T.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. Exigências e Manejo Nutricionais de Matrizes Suínas Gestantes e Lactantes. In: IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – AVESUI. SUINOCULTURA: NUTRIÇÃO E MANEJO, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis – SC. p.33- 59, 2005.

AHERNE, F.; FOXCROFT, G. Manejo da leitoa e da porca primípara: parte V. manejo nutricional na gestação e lactação. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REPRODUÇÃO E INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM SUÍNOS, 7., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Embrapa Suínos e Aves, p.145-165, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA) - **Cenário – Carnes**, 2015/2016.

BAEKE, F.; TAKIISHI, T.; KORF, H.; GYSEMANS, C.; MATHIEU, C. Vitamin D: modulator of the immune system. **Current Opinion in Pharmacology**, v.10, p.482-496, 2010.

BLACK, J. L.; MULLAN, B. P.; LORSCHY, M. L.; GILES, L. R. Lactation in the sow during heat stress. **Livestock Production Science**. v.35, p.153-170, 1993.

CHOU, S. H.; CHUNG, T. K.; YU, B. Effects of supplemental 25-hydroxycholecalciferol on growth performance, small intestinal morphology, and immune response of broiler chickens. **Poultry Science**, v.88, p.2333-2341, 2009.

CLOSE, W. H.; COLE, D. J. A. Nutrition of sows and boars. 1ª Ed. Nottingham: Nottingham University Press, 377p, 2001.

CHRISTAKOS, S.; ALIJABE, D. V.; DHAWAN, P.; FECHNER, A. J.; MADY, L. J. Vitamin D: metabolism. **Endocrinol Metab Clin North Am**, v.39, p.243-253, 2009.

EISSEN, J. J.; KANIS, E.; KEMP, B. Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. **Livestock Production Science**. v.64, p.147-165, 2000.

FLOHR, J.R.; TOKACH, M.D.; DRITZ, S.S.; DEROUCHÉY, J. M.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L.; HENRY, S. C.; TOKACH, L. M.; POTTER, M. L.; GOFF, J. P.; KOSZEWSKI, N. J.; HORST, R. L.; HANSEN, E. L.; FRUGE, E. D. The effects of orally supplemented vitamin D3 on serum 25(OH)D3 concentrations and growth of pre-weaning and nursery pigs. **Nursery Nutrition and Management**, 2013.

GARCIA, A. F. Q. M.; MURAKAMI, A. E.; DUARTE, C. R. A.; ROJAS, I. C. O.; PICOLI, K. P.; PUZOTTI, M. M. Use of vitamin D3 and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.26, p.408-415, 2013.

GOURLEY, K. M.; WOODWORTH, J. M.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S.; GOODBAND, R. D. Effects of lysine on performance of lactating primiparous sows. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, v.2, Iss.8, 2016.

HEWISON, M. Vitamin D and immune function: from pregnancy to adolescence. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.71, p. 50-61, 2012.

HEO, S.; YANG, Y.X.; JIN, Z. PARK, M. S.; YANG, B. K.; CHAE, B. J. Effects of dietary energy and lysine intake during late gestation and lactation on blood metabolites, hormones, milk composition and reproductive performance in primiparous sows. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 88, n.2, p. 247-255, 2008.

JOHNSTON, L. J.; PETTIGREW, J. E.; RUST, J. W. Response of maternal-line sows to dietary protein concentration during lactation. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2151–2156, 1993.

JONES, B. J.; TWOMEY, P. J. Issues with vitamin D in routine clinical practice. **Rheumatology**, v.47, p.1267-1268, 2008.

KIM, S. W.; EASTER, R. A. Amino acid utilization for reproduction in sows. In: D'MELLO, J. P. F. **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2. ed. Wallingford: CAB International, p. 203-222, 2003.

KIM, S. W.; HURLEY, W. L.; WU, G.; JI, F. Ideal amino acid balance for sows during gestation and lactation. **Journal of Animal Science**, v.87, p.123-132, 2009.

KING, R. H.; M.; TONER, M. S.; DOVE, H.; ATWOOD, C. S.; BROWN, W. G. The response of first-litter sows to dietary protein level during lactation. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2457-2463, 1993.

KING, R. H. Dietary amino acids and milk production. In: LM. W. A. Verstegen, P. J. Moughan, and J. W. Schrama, eds. **The lactating sow**. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, p.131-141, 1998.

KONOWALCHUK, J. D.; RIEGER, A. M.; KIEMELE, M. D.; AYRES, D. C.; BARREDA, D. R. Modulation of weanling pig cellular immunity in response to diet supplementation with 25-hydroxivitamin D3. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.155, p.57-66, 2013.

LEMIRE, J. M., ADAMS, J. S., SAKAI, R.; JORDAN, S. C. 1 α ,25-dihydroxyvitamin D3 suppresses proliferation and immunoglobulin production by normal human peripheral blood mononuclear cells. **Journal of Clinical Investigation**, v.74, p.657–661, 1984.

LIPS, P. Vitamin D phisiology. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v.92, p.4-8, 2006.

MCNAMARA, J. P.; PETTIGREW, J. E. Protein and fat utilization in lactating sows: I. Effects on milk production and body composition. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2442-2451, 2002.

MORA, J. P.; IWATA, M.; VON ADRIAN, U. H. Vitamin effects on the immune system: vitamins A and D take centre stage. **Nature**, v.8, p. 685-698, 2008.

OCHOA, J. D. E. **Lisina digestível em rações para fêmeas suínas primíparas em lactação**. Dissertação de mestrado. 55p. Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG. 2015.

OELKE, C. A.; DAHLKE, F. Lisina para fêmeas suínas primíparas em lactação e o efeito no desempenho dos leitões. **Archives of Veterinary Science**, v.15, p.149–156, 2011.

PAIVA, F. P.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; ABREU, M. L. T.; APOLONIO, L. R.; TORRES, C. A. A.; MOITA, M. S. Níveis de Lisina em Ração de Lactação para Fêmeas Suínas Primíparas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.6, p.1917-1979, Viçosa (MG), 2005.

PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, p.120-128, 1994.

QUESNEL, H. Nutritional and lactational effects on follicular development in pigs. In: Rodriguez-Martinez, H.; Vallet, J. L.; Ziecik, A. J. **Control of pig reproduction**, Nottingham University Press, Alberta, Canadá, v.8, p.121-134, 2009.

REVELL, D. K.; WILLIAMS, I. H.; MULLAN, B. P.; RANFORD, J. L.; SMITS, R. J. Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows: II. Milk composition, milk yield, and pig growth. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1738-1743, 1998.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2011.

SOARES JÚNIOR, J. H.; KERR, J. M.; GRAY, R. W. 25-hydroxycholecalciferol in poultry nutrition. **Poultry Science**, v.74, p.1919-1934, 1995.

STAHLY, T. S.; CROMWELL, G. L.; MONEGUE, H. J. Lactational responses of sows nursing large litters to dietary lysine levels. **Journal of Animal Science**, v.68 (Suppl. 1): 369, 1990.

SUGIYAMA, T.; KUSUHARA, S.; CHUNG, T. K.; YONEKURA, H.; AZEM, E.; HAYAKAWA, T. Effects of 25-hydroxy-cholecalciferol on the development of osteochondrosis in swine. **Animal Science Journal**, v.84, p.341-349, 2013.

TOUCHETTE, K. J.; ALLEE, G. L.; NEWCOMB, M. D.; BOYD, R. D. The lysine requirement of lactating primiparous sows. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1091–1097, 1998.

TRITTON, S. M.; KING, R. H.; CAMPBELL, R. G.; EDWARDS, A. C.; HUGHES, P. E. The effects of dietary protein and energy levels of diets offered during lactation on the lactational and subsequent reproductive performance of first-litter sows. **Animal Science**, v.62, p.573-579, 1996.

WHITTEMORE, C. T. Nutrition reproduction interactions in primiparous sows. **Livestock Production Science**, v. 46, p. 65–83, 1996.

YANG, H.; PETTIGREW, J. E.; JOHNSTON, L. J.; SHURSON, G. C.; WALKER, R. D. Lactational and subsequent reproductive responses of lactating sows to dietary lysine (protein) concentration. **Journal of Animal Science**, v.78, p.348-357, 2000.

YARGER, J. G. ; QUARLES, C. L. ; HOLLIS, B. W. ; GRAY, R. W. Safety of 25-hydroxycholecalciferol in poultry rations. **Poultry Science**, v.74, n.9, p.1437-1446, 1995.

CAPITULO 1

LISINA DIGESTÍVEL PARA FÊMEAS SUÍNAS PRIMÍPARAS EM LACTAÇÃO

RESUMO

Foram utilizadas 85 fêmeas suínas primíparas em lactação, híbridas comerciais, com peso inicial de $203,7 \pm 17,32$ kg, para avaliar o efeito de diferentes consumos de lisina digestível (CLD) /dia, durante a lactação. O consumo de ração foi fixado em 5,0 kg/animal/dia. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso de acordo com o peso das porcas depois o parto, com cinco tratamentos (50, 55, 60, 65 e 70 g de CLD/dia) e 17 repetições, sendo a porca considerada unidade experimental. Não se observou efeito do CLD diário, na perda de peso corporal, espessura de toucinho, profundidade de músculo e porcentagem de carne das porcas durante a lactação. Também não foi verificado efeito do CLD no ganho de peso diário dos leitões, como também não foi verificado influência na produção de leite, na composição do leite e no intervalo desmame cio das porcas. Conclui-se que o CLD de 49,2 g/dia atende as exigências das fêmeas suínas primíparas na lactação.

Palavras-chave: aminoácido, desempenho, leitegada, reprodutora.

DIGESTIBLE LYSINE IN DIETS FOR PRIMIPAROUS LACTATING SOWS

ABSTRACT

Were used 85 commercial hybrid first litter sows during lactation with body weight of 203.7 ± 17.32 kg, to evaluate daily digestible lysine intake (DLI). The feed intake was kept at 5.0 kg /day. A completely randomized blocks design, with five treatments (50; 55, 60, 65 and 70 g DLI/day), 17 replicates, and the sow considered as the experimental unit, were used. There was no effect of daily DLI on body reserves mobilization, back fat thickness, muscle depth and percentage of meat in sows during lactation. There was no effect on daily body weight gain of piglets and on milk production and composition according to the daily DLI. It was concluded that the daily DLI of 49.20 g/day meets the requirements for primiparous females during lactation.

Keywords: amino acid, breeding sow, litters, performance.

INTRODUÇÃO

Os programas nutricionais para fêmeas lactantes têm como objetivos básicos a garantia de um desempenho zootécnico superior da leitegada e o incremento do padrão produtivo e reprodutivo da matriz suína. Dentre os fatores que influenciam o desempenho das fêmeas em lactação podem ser destacados os níveis de aminoácidos fornecidos às mesmas, sendo que a lisina assume posição de destaque por ser o primeiro aminoácido limitante em rações a base de milho e farelo de soja. Ainda é sabido que a demanda de lisina é influenciada, dentre outros, pelo padrão genético e ordem de parto da matriz; desse modo, os programas nutricionais devem se adequar ao potencial genético das matrizes atualmente disponíveis no mercado e às diferenças de padrão de crescimento das mesmas, segundo a ordem de parto.

As fêmeas suínas de primeiro parto são muito susceptíveis à perda de reservas corporais. Um escore corporal satisfatório ao desmame é crucial para o desempenho reprodutivo desses animais no parto subsequente. Uma alta mobilização de reservas corporais por primíparas leva a um maior intervalo desmame-cio e a menores taxas ovulatórias e conseqüentemente de leitegadas, sendo geralmente mais atingidos aqueles animais que apresentaram as maiores leitegadas ao primeiro parto. Esse fenômeno é conhecido por síndrome do segundo parto e possui etiologia multifatorial; todavia uma nutrição inadequada é um dos fatores predisponentes. Ainda os genótipos modernos apresentam menor consumo voluntário de alimento e maior prolificidade.

Desse modo, as matrizes suínas tendem a apresentar um déficit nutricional para o atendimento das demandas de crescimento corporal, manutenção e produção de leite. Esse quadro pode ser minimizado pelo adequado fornecimento e balanceamento dos aminoácidos contidos nas rações fornecidas a esses animais.

Com base nestas considerações, este estudo foi conduzido para avaliar o efeito do consumo de lisina digestível diário em rações de lactação para porcas de primeiro parto, híbridas comerciais, considerando-se o desempenho produtivo e reprodutivo da matriz e o desempenho da leitegada.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi previamente aprovada pelo Comitê de Ética (CEUA/UFV) sob o processo nº 58/2015, estando de acordo com os princípios éticos de experimentação animal, estabelecidos pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal.

Foram utilizadas 85 fêmeas suínas primíparas híbridas comerciais com peso inicial após o parto de $203,7 \pm 17,32$ kg, distribuídas em delineamento experimental em blocos ao acaso, composto por cinco tratamentos (consumo de lisina digestível: 50, 55, 60, 65 e 70 g/dia), 17 repetições, sendo a matriz considerada uma unidade experimental. Na formação dos blocos foi considerado como critério o peso corporal inicial das matrizes após o parto. As porcas permaneceram no experimento do parto até o desmame, que foi realizado, em média, aos 23 dias de lactação.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas a base de milho e farelo de soja para atender às exigências das porcas em lactação em energia, minerais, vitaminas e aminoácidos exceto lisina, conforme preconizado por Rostagno et al. (2011). Os níveis de lisina e a inclusão dos demais aminoácidos essenciais que ficaram abaixo da relação com a lisina conforme preconizado por Rostagno et al. (2011) para porcas lactantes foram obtidos por meio da suplementação com L-Lisina HCl e demais aminoácidos cristalinos, em substituição ao amido.

A quantidade de ração de lactação fornecida foi gradualmente aumentada nos primeiros dias após o parto, sendo de 1,0 kg no dia do parto e, respectivamente, 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 e 5,0 kg do segundo ao sétimo dia após o parto. A partir do oitavo dia após o parto, os animais receberam a quantidade fixada de 5,0 kg/dia das rações experimentais, que foram repartidas em três refeições, estimulando-se o consumo levantando os animais quatro vezes ao dia para assegurar a ingestão diária de lisina digestível de 50, 55, 60, 65 e 70 g/dia nos cinco diferentes tratamentos. Eventuais sobras de ração foram colhidas e pesadas. Os animais tiveram acesso a água a vontade durante todo o período experimental.

O ambiente térmico no interior do galpão da maternidade foi monitorado com data logger Reed SD – 2010, onde os dados foram registrados de 60 em 60 minutos durante todo o período experimental para a medição da umidade relativa e temperatura do ar.

Tabela 1 – Composição nutricional e centesimal das rações experimentais na fase de lactação

Ingredientes	Consumo de lisina digestível (g/dia)				
	50	55	60	65	70
Milho (7,80% PB)	53,300	50,800	50,800	50,800	50,800
Farelo de Soja (45% PB)	34,700	34,700	34,700	34,700	34,700
Núcleo Advanced SUI2080	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Açúcar	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Óleo de Soja	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Amido	0,000	2,305	1,955	1,580	1,138
L-Lisina HCL	0,000	0,125	0,250	0,375	0,500
DL-Metionina	0,000	0,025	0,080	0,135	0,187
L-Treonina	0,000	0,04	0,105	0,170	0,240
L-Valina	0,000	0,005	0,090	0,170	0,255
L-Triptofano	0,000	0,000	0,020	0,006	0,060
L-Isoleucina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
L-Histidina	0,000	0,000	0,000	0,030	0,045
L-Fenilalanina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,045
Composição nutricional					
Proteína bruta (%)	20,90	21,02	21,26	21,49	21,73
EM (Mcal/kg)	3.379	3.380	3.383	3.385	3.386
Lisina digestível (%)	1,01	1,11	1,20	1,30	1,40
Met + cist digestível (%)	0,58	0,61	0,66	0,72	0,77
Treonina digestível (%)	0,68	0,72	0,78	0,85	0,91
Valina digestível (%)	0,90	0,90	0,99	1,06	1,14
Isoleucina digestível (%)	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Triptofano digestível (%)	0,23	0,23	0,25	0,27	0,29
Cálcio (%)	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Fósforo disponível (%)	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Sódio (%)	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24

Níveis de garantia (por kg do produto): ácido fólico: 2,83 mg; ácido pantotênico 19,62 mg; biotina: 0,65 mg; niacina: 31,14 mg; selênio: 0,63 mg; vitamina A: 1.484.000 UI; vitamina B₁₂: 24,74 mcg; vitamina D₃: 371 UI; vitamina E: 34,54 mg; vitamina K₃: 3,42 mg; vitamina B₁: 4,37 mg; vitamina B₂: 6,00 mg; vitamina B₆: 6,00 mg; B.H.T.: 59,87 mg; cobalto: 0,11 mg; cobre: 100,00 mg; ferro: 134,54 mg; iodo: 1,59 mg; manganês: 59,54 mg.

As matrizes suínas foram pesadas até 24 horas após o parto e no dia do desmame. A espessura de toucinho, profundidade de músculo e porcentagem de carne também foram mensuradas no momento das pesagens, por meio de ultrassom (PigLog

105®), sendo feitas medidas no lado direito do corpo do animal, a 6,5 cm da linha dorsal, na altura da 10ª costela (ponto P2). Os valores registrados foram utilizados nos cálculos de variação de peso, espessura de toucinho, profundidade de músculo e porcentagem de carne durante a lactação.

Os leitões foram pesados ao nascimento e ao desmame e as leitegadas foram homogeneizadas (até 48 horas após o nascimento), para avaliação do ganho de peso diário do leitão e da leitegada. As leitegadas foram padronizadas e constituídas por doze animais. Procedimentos de rotina nos leitões foram realizados conforme o manejo da granja, sendo realizados em até 24 horas após o parto. Durante a lactação, os leitões não tiveram acesso à ração, porém, receberam água à vontade em bebedouros tipo taça.

A produção de leite das matrizes foi estimada por meio da equação proposta por NOBLET & ETIENNE, (1989):

$$\text{Produção de leite (kg)} = (2,50 \times \text{GPLP}) + (80,2 \times \text{PML}) + 7$$

Onde: GPLP = ganho de peso do leitão no período

PML= Peso médio do leitão ao nascimento.

Amostras de leite (50 ml) foram coletadas após a injeção de 10 IU de ocitocina por via intramuscular no dia do desmame. As mesmas foram homogeneizadas e refrigeradas para posteriores análises dos teores de proteína bruta, extrato etéreo, lactose e sólidos totais utilizando o MilkoScan (Foss Eletrics, Denmark) que foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG.

No período entre o desmame e a cobertura subsequente, as fêmeas foram alojadas em gaiolas individuais e foram alimentadas com 3,5 kg de ração de lactação/fêmea/dia, distribuída em duas refeições.

As fêmeas foram observadas diariamente para a detecção do cio, levando-se duas vezes ao dia o cachaço as baias das fêmeas, sendo consideradas em estro as porcas que apresentaram reflexo de tolerância ao macho (RTM positivo) e anotado o dia do retorno ao cio, para cálculo do intervalo desmama estro. Foi considerado zero hora de estro o momento no qual pela primeira vez a fêmea apresentou o RTM. A primeira cobertura foi realizada às 12 horas após o início do cio (horário onde foi detectado RTM positivo) e as outras duas foram realizadas com intervalos de 12 horas.

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância em nível de 5% de significância e de regressão polinomial, utilizando-se o programa computacional

SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). A exigência de lisina digestível foi obtida com base nos resultados de desempenho produtivo e reprodutivo. Uma vez constatada a significância via teste F na ANOVA, o teste Tukey (com nível de significância de 5%) foi aplicado para comparar às medias entre os consumos de lisina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental as temperaturas mínima e máxima e a umidade relativa no interior do galpão foram em média de 19,3°C; 34,7°C e 73,9% respectivamente (Tabela 2). Considerando que BLACK et al. (1993) e DE BRAGANÇA et al. (1998), estabeleceram que a zona de termoneutralidade de porcas em lactação corresponde a faixa de temperatura entre 16 e 22°C, pode-se inferir que neste estudo os animais foram expostos a períodos de altas temperaturas o que, provavelmente, pode ter contribuído para o seu padrão de resposta de desempenho.

Segundo QUINIOU & NOBLET (1999), temperaturas acima de 25°C durante o período de lactação reduz a produção de leite das fêmeas suínas e, conseqüentemente, o ganho de peso da leitegada, e que, altas temperaturas podem comprometer o desempenho produtivo e reprodutivo destes animais com efeitos negativos mais evidentes em primíparas (ROSETO et al., 2012).

Tabela 2 - Valores médios, dos parâmetros de ambiente térmico, registrados e calculados durante o período experimental no galpão de maternidade

<i>Galpão de Maternidade</i>	
<i>%UR (umidade relativa)</i>	
Mínimas	43,00 ± 5,95
Máximas	98,25 ± 9,09
Medias	73,90 ± 9,71
<i>TA Temp. °C (temperatura do ar)</i>	
Mínimas	19,30 ± 2,35
Máximas	34,70 ± 2,32
Medias	26,96 ± 2,78

O consumo diário de lisina digestível não influenciou ($P > 0,05$) o consumo de ração diário (CRD) que correspondeu em média a 4,92 kg/dia (Tabela 3). Este resultado era esperado em função da padronização de consumo das fêmeas limitando em 5 kg de ração por dia, estabelecido com base no histórico de consumo da genética destes animais. A estratégia de padronizar o CRD das fêmeas entre os tratamentos neste estudo, teve como fundamento a fixação do consumo diário de energia metabolizável, que consistentemente não variou ($P > 0,05$) entre os tratamentos, correspondendo em média a 16.449 kcal.

Tabela 3 – Desempenho e consumo de ração diário (CRD), consumo de energia metabolizável diário (CEMD), consumo de lisina diário (CLD), relação lisina digestível/energia metabolizável (LD/EM) de porcas primíparas em lactação

Variáveis	CLD (g/dia) Proposto/ Real					CV (%)	P Valor
	50/ 49,2	55/ 54,3	60/ 58,1	65/ 64,3	70/ 69,1		
Número de animais	17	14	13	13	14	-	-
CRD (Kg) ²	4,92	4,93	4,84	4,95	4,94	163,26	0,3231
CEMD (Mcal) ³	16,73	16,95	15,08	16,90	16,81	3,75	0,0892
CLD (g/dia) ¹	49,22e	54,25d	58,08c	64,32b	69,09a	1,88	<0,001
Relação LD/EM Mcal ⁴	2,94	3,20	3,85	3,81	4,11	-	-
Peso da porca (kg)							
Pós-parto	200,56	213,03	199,28	202,34	203,85	8,65	0,9754
À desmama	179,83	187,78	175,71	179,15	181,07	8,39	0,9219
Variação de peso (kg)	- 20,73	- 25,25	- 23,57	- 23,19	- 22,78	29,31	0,1754
Variação de peso relativa (%)	10,12	11,71	11,88	11,42	11,23	27,32	0,1478
Espessura de toucinho P2 (mm)							
Pós-parto	15,76	17,21	16,93	17,46	17,86	25,71	0,0705
À desmama	11,89	12,93	11,93	12,54	13,93	25,50	0,3514
Variação	- 4,17	- 4,28	- 5,00	- 4,92	- 3,93	47,44	0,1592
Profundidade de músculo (mm)							
Pós-parto	51,25	52,57	49,29	47,92	51,57	15,11	0,7649
À desmama	44,23	46,86	44,00	44,54	45,36	10,29	0,9523
Variação	- 7,02	- 5,71	- 5,29	- 3,38	- 6,21	123,00	0,4133
Carne (%)							
Pós-parto	53,68	53,24	53,14	52,44	51,15	7,87	0,0650
À desmama	57,23	56,01	57,01	56,80	54,86	5,45	0,0603
Variação	3,55	2,77	3,87	4,36	3,71	69,80	0,9029
IDE ⁵ (dias)	4,53	5,08	4,54	4,62	4,08	124,82	0,6683

¹ Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de significância. ²CLD= Consumo de lisina diário. ³CRD= Consumo de ração diário. ⁴CEMD= Consumo de energia metabolizável diário. ⁵Relação LD/Mcal EM= Relação lisina digestível/energia metabolizável (Mcal). ⁵IDE= Intervalo desmame-estro.

O consumo de lisina digestível médio diário (CLD) das fêmeas variou ($P < 0,05$) a medida que se elevou a sua concentração na ração (Tabela 3), tendo aumentado de forma linear segundo a equação $\hat{Y} = -0,63001 + 0,99535 X$ ($r^2 = 0,98$). Este resultado está diretamente relacionado ao fato do consumo de ração ter sido fixado entre os tratamentos.

Com relação a condição corporal das fêmeas ao parto, foi constatado que tanto o peso corporal médio quanto a espessura de toucinho (ET) não variaram significativamente entre os tratamentos (Tabela 3). A padronização do peso corporal das fêmeas suínas ao parto é fundamental uma vez que, de acordo com REVELL et al.

(1998) e NEILL & WILLIAMS (2010) essa variável pode influenciar a produção de leite, e que segundo MELLAGI et al. (2013) pode também interferir com o intervalo desmame-estro. Além desses fatores, estudos realizados por MIKAMI (2001) evidenciaram que porcas com maior peso corporal após o parto mobilizam mais reservas durante a lactação.

Quanto a ET das fêmeas ao parto, tendo-se como referência o relato de FARMER et al. (2016) que fêmeas suínas nulíparas com ET entre 17 e 19 mm apresentam bom desenvolvimento das glândulas mamárias, pode-se afirmar que no presente estudo, em que o valor médio da ET correspondeu a 17,04 mm foi um fator que não comprometeu a capacidade da produção de leite das fêmeas, consequentemente não interferindo no desempenho da leitegada.

Além destes aspectos, pode se afirmar que as fêmeas utilizadas neste estudo apresentaram boa condição corporal no início da lactação (203,70 kg), se considerado que WILLIAMS et al. (2005) preconizaram o peso de 180 kg como adequado para garantir um bom desempenho durante a lactação de fêmeas suínas primíparas.

Com base nestes estudos, ficou evidenciado que a padronização da condição corporal é fundamental nos estudos envolvendo a avaliação nutricional das porcas na fase de lactação.

Não se observou efeito ($P > 0,05$) do consumo de lisina digestível médio diário no peso corporal, na variação de peso corporal e a variação de peso corporal relativa das fêmeas suínas em lactação (Tabela 3). Estes resultados estão coerentes com os de COTA et al. (2003), OCHOA (2015) e PAIVA et al. (2005) e que também não observaram variação significativa de peso em razão do aumento do consumo diário de lisina de porcas primíparas em lactação. No entanto, não consistente com este estudo, estes autores verificaram que o valor absoluto da perda de peso corporal relativa das fêmeas reduziu de forma gradativa em até 62,67% a medida que se elevou o consumo de lisina digestível das fêmeas. Neste mesmo sentido, GOURLEY et al. (2016) verificaram redução gradativa no valor absoluto da perda de peso corporal de porcas primíparas durante a lactação a medida que o consumo diário de lisina foi aumentado de 50,2 a 71,2 g.

O consumo de energia metabolizável das fêmeas pode ter sido um fator limitante que não possibilitou estes animais a utilizarem a lisina fornecida para recuperar o peso corporal.

Não ocorreu variação ($P > 0,05$) na ET e na variação da ET das porcas ao desmame com o aumento consumo de lisina diário (Tabela 3). Estes resultados foram similares aos obtidos por COTA et al. (2003), JONES & STAHLY (1999), OCHOA (2015), PAIVA et al. (2005) e TOUCHETTE et al. (1998), e que avaliando níveis de lisina para porcas em lactação, também não verificaram variação na ET dos animais. Por outro lado, GOURLEY et al. (2016) verificaram que o aumento do consumo de lisina diário de 50,2 a 71,2 g influenciou negativamente a variação da ET das fêmeas suínas que diminuiu de forma linear.

A divergência de resultado da variação da ET das fêmeas durante a lactação constatado por GOURLEY et al. (2016), pode estar relacionada ao fato que ao contrário do presente estudo, as porcas não foram padronizadas quanto a ET ao parto.

A profundidade de músculo e a porcentagem de carne das fêmeas ao final da lactação não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelo aumento do consumo diário de lisina (Tabela 3). De forma semelhante, OCHOA (2015) também não observou variação significativa nestes parâmetros em razão do aumento do consumo de lisina digestível das fêmeas suínas primíparas entre 42 e 53 g/dia. Considerando a afirmativa deste autor de que a produção de leite da porca durante a lactação é mantida pela mobilização da massa muscular, pode-se inferir pela variação de consumo de lisina diário ocorrido neste estudo, que estes parâmetros pareceram não ser adequado para avaliar a condição corporal da fêmea.

Não se verificou efeito ($P < 0,05$) do consumo de lisina digestível diário no intervalo desmame-estro (IDE) dos animais (Tabela 3). Este resultado está consistente com os obtidos por COTA et al. (2003), GOURLEY et al. (2016), MEJIA-GUADARRAMA et al. (2002), OCHOA (2015) e PAIVA et al. (2005) que também não encontraram alterações no número de dias para o retorno ao estro de porcas após o desmame, em função dos níveis de lisina na ração.

No entanto, JONES & STAHLY (1999a), avaliando consumo de lisina total diário de 16,2 e 58,9 g de porcas primíparas durante a lactação, verificaram que o menor consumo de lisina influenciou negativamente o IDE. Este resultado confirma o relato de YANG et al. (2000), que consumo de lisina abaixo de 35 g/dia pode comprometer, aumentando o IDE das fêmeas em lactação.

Tendo como base o relato de CLOWES et al. (2003), que o IDE pode ser influenciado negativamente quando a perda de peso das fêmeas exceder a 16%, o fato

da perda de peso das porcas neste estudo que corresponderam no máximo de 11,88%, justifica os resultados obtidos de IDE.

Considerando ainda os relatos de HEO et al. (2008), de que a variação no IDE, em função do nível de lisina na ração estaria relacionada com a secreção pulsátil do hormônio luteinizante (LH) após o desmame, pode-se afirmar que as diferenças observadas no consumo de lisina diário que variou de 49,20 a 69,10 g neste estudo, não foram suficientes para influenciar o padrão de secreção de LH destes animais, e consequentemente, o número de dias para o retorno ao estro após a desmama.

Não foi verificado efeito ($P > 0,05$) do consumo de lisina diário na produção e composição do leite quanto as concentrações de gordura, proteína, sólidos totais e lactose (Tabela 4). Em estudos conduzidos com fêmeas suínas primíparas em lactação, por DOORMAD et al. (1998) e OCHOA (2015) evidenciaram que o consumo de lisina digestível diário variando, respectivamente, entre 27,5 a 38,6 g e 43,1 até 57,6 g também não influenciaram a produção e as concentrações de proteína, gordura e lactose no leite. Em contrapartida, em estudos conduzidos por YANG et al. (2009) foi constatado aumento significativo na produção e concentrações de gordura e proteína do leite de fêmeas primíparas em razão da variação do consumo de lisina digestível diário entre 63,12 para 82,16 g. HEO et al. (2007) também verificaram influencia do consumo de lisina na proteína e sólidos totais do leite quando este variou de 49,28 a 63,86 g.

Tabela 4 – Produção de leite e seus componentes em porcas primíparas em lactação, de acordo com o consumo de lisina digestível diário

Variáveis	Consumo de lisina digestível (g/dia)					CV (%)	P Valor
	Proposto/ Real						
	50/ 49,2	55/ 54,3	60/ 58,1	65/ 64,3	70/ 69,1		
Produção de leite (Kg) ²	5,94	6,28	5,77	6,27	6,16	13,93	0,9411
Gordura no leite (%) ³	8,62	8,02	7,69	8,02	8,38	16,96	0,3640
Proteína no leite (%) ³	4,24	4,27	4,33	4,36	4,38	9,04	0,8442
Sólidos totais no leite (%) ³	18,76	18,29	18,02	18,27	18,70	7,64	0,5662
Lactose (%) ³	4,82	4,90	4,87	4,75	4,82	7,15	0,8314

¹ Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de significância, ² Estimado com base no ganho de peso do leitão no período em kg (GPLP) e no Peso médio do leitão ao nascimento (NOBLET & ETIENNE, 1989), Estimativa da produção de leite (kg/dia) = (2,50 x GPLP) + (80,2 x PML) + 7, ³ Estimado usando MilkoScan (Foss Electrics, Denmark) no laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa (Viçosa, MG).

Considerando o relato de KING (1998) que os níveis de energia e lisina da dieta são os principais componentes que podem afetar a produção e composição do leite de fêmeas suínas, pode-se considerar que entre outros fatores, a diferença no consumo de

lisina diário em valores acima de 70 g justificaria a variação de resultados entre os estudos. Estudos conduzidos por TOKACH et al. (1992) verificaram ocorrer interação entre os níveis de energia e lisina da dieta com as características do leite de porcas.

O número de leitões por leitegada foi similar entre os tratamentos, devido ao fato de ser utilizado o critério de equalização do tamanho das leitegadas entre os tratamentos (Tabela 5). A padronização fundamenta-se no fato de que o número de leitões em aleitamento constitui um dos fatores que além de influenciar a produção de leite da porca (QUESNEL et al., 2007), interfere também com a perda de peso corporal e o ganho de peso da leitegada (EISSEN et al., 2003), consequentemente, influenciando a exigência nutricional da porca. Segundo KIM et al. (1999) a exigência diária de lisina digestível de porcas primíparas em lactação é aumentada em 0,96 g para cada leitão adicional na leitegada.

Tabela 5 - Desempenho da leitegada equalizada durante a lactação, de acordo com o consumo de lisina digestível

Variáveis	Consumo de lisina digestível (g/dia)					CV (%)	P Valor
	Proposto/ Real						
	50/ 49,2	55/ 54,3	60/ 58,1	65/ 64,3	70/ 69,1		
Leitões							
Nº Inicial	12	12	12	12	12	-	-
Nº Final	11,71	11,93	11,71	11,46	11,57	5,18	0,1769
Idade ao desmame	23,47	22,50	23,14	22,77	23,29	63,45	0,3519
Peso dos Leitões							
Peso inicial (kg)	1,47	1,52	1,40	1,51	1,53	13,69	0,6498
Peso final (kg)	6,78	6,57	6,70	6,76	6,73	10,99	0,9095
Ganho de peso diário (kg/dia)	0,227	0,225	0,229	0,231	0,224	13,10	0,7657
Peso da Leitegada							
PIL (kg)	17,44	18,10	16,44	17,56	17,93	15,00	0,9733
PFL (kg)	76,89	78,36	78,65	77,39	77,74	11,83	0,8509
Ganho de peso diário (kg/dia)	2,53	2,68	2,68	2,64	2,58	11,65	0,1184

¹ Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de significância.

O consumo de lisina digestível diário não influenciou ($P > 0,05$) o ganho de peso dos leitões e da leitegada durante a lactação (Tabela 5), que corresponderam em média, respectivamente, a 0,227 e 2,62 kg/dia. Em estudos conduzidos com fêmeas suínas primíparas em lactação, GOURLEY et al. (2016), OCHOA (2015) e PAIVA et al. (2005) e também constataram que o ganho de peso dos leitões e das leitegadas não foram influenciadas pela ingestão diária de lisina digestível de valores que variaram desde 40,47 a 71,2 g. Em contraste com estes resultados, YANG et al. (2000), avaliando

o ganho de peso de leitões e leitegadas de fêmeas primíparas em lactação, constataram menor ganho de peso destes animais nas fêmeas que consumiram 16 g/dia de lisina digestível em relação às que consumiram 36 e 56 g/dia. De forma similar JONES & STAHLEY (1999b), em estudos conduzidos com fêmeas pluríparas também constataram que o consumo de lisina digestível de 16,2 g/dia influenciou negativamente o crescimento dos leitões e consequentemente das leitegadas quando comparadas às que consumiram 58,9 g/dia.

Com os resultados destes estudos, ficou evidenciado que consumo de lisina digestível diário abaixo de 36 g pode comprometer a produção de leite da porca e, consequentemente, o desempenho dos leitões e da leitegada independente da ordem de parto.

Ainda com relação ao ganho de peso dos leitões que neste estudo correspondeu a 0,227 kg/dia, pode ser considerado adequado para a fase de aleitamento tendo como referência o valor de 0,230 kg/dia proposto no NRC (2012).

Embora os consumos de lisina digestível diário avaliados neste estudo não tenham influenciado significativamente o desempenho das porcas e da leitegada, pode-se considerar com base nos resultados obtidos por OCHOA (2015) que os tratamentos em que os consumos de lisina ficaram acima de 54,25 g por corresponder a relação lisina digestível/energia metabolizável superior de 3,15 g/Mcal pode comprometer o número de leitões nascidos no segundo parto. O efeito negativo da relação inadequada de lisina digestível/energia metabolizável de acordo com o autor anteriormente citado pode estar associada ao aumento da concentração de ureia plasmática, que de acordo com YANG et al. (2000) causaria alteração iônica do fluido e redução do pH uterino comprometendo o desenvolvimento e sobrevivência embrionária, consequentemente, diminuindo o tamanho da leitegada no parto seguinte.

CONCLUSÃO

O consumo de lisina digestível diário correspondente a 49,2 g atende as exigências de fêmeas suínas primíparas na fase de lactação, mantendo o desempenho produtivo e reprodutivo destes animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLACK, J. L.; MULLAN, B. P.; LORSCHY, M. L.; GILES, L. R. Lactation in the sow during heat stress. **Livestock Production Science**, v.35, p.153-170, 1993.

CLOWES, E. J.; AHERNE, F. X.; SHAEFER, A. L. FOXCROFT, G. R.; BARACOS, V. E. Parturition body protein loss during lactation influence performance during lactation and ovarian function at weaning in first-parity sows. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1517-1528, 2003.

COTA, T. S.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; LOPES, D. C. L.; ORLANDO, U. A. D.; GENEROSO, R. A. R. Níveis de lisina em ração de lactação para fêmeas suínas primíparas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.115-122, 2003.

DE BRAGANÇA, M. M.; MOUNIER, M.; PRUNIER, A. Does feed restriction mimic the effects of increased ambient temperature in lactating sows. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2017-2024, 1998.

DOURMAD, J. Y.; NOBLET, J.; ETIENNE, M. Effect of feeding level in the gilt during pregnancy on voluntary feed intake during lactation and changes in body composition during gestation and lactation. **Livestock Production Science**, v.27, p.309-319, 1991.

EISSEN, J. J.; APELDOORN, E. J.; KANIS, E.; VERSTEGEN, M. W. A.; DE GREEF, K. H. The importance of a high feed intake during lactation of primiparous sows nursing large litters. **Journal of Animal Science**, v.81, p.594-603, 2003.

FURTADO, J. M. S. **Exigência de energia metabolizável de fêmeas suínas primíparas em lactação**. Dissertação de mestrado. 49p. Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG. 2013.

GOURLEY, K. M.; WOODWORTH, J. M.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S.; GOODBAND, R. D. Effects of lysine on performance of lactating primiparous sows. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, v.2, Iss.8, 2016.

HEO, S.; YANG, Y. X.; JIN, Z.; PARK, M. S.; YANG, B. K.; CHAE, B. J. Effects of dietary energy and lysine intake during late gestation and lactation on blood metabolites, hormones, milk composition and reproductive performance in. **Canadian Journal of Animal Science.**, p.247–255, 2008.

JONES D. B. & STAHLY T. S. Impact of amino acid nutrition during lactation on luteinizing hormone secretion and return to estrus in primiparous sows. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1523-1531, 1999a.

JONES, D.B.; STAHLY, T.S. Impact of amino acid nutrition during lactation on body nutrient mobilization and milk nutrient output in primiparous sows. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1513-1522, 1999b.

KING, R. H. Dietary amino acids and milk production. The lactating sow. **Wageningen Academic Publishers**, Wageningen, The Netherlands, p.131-141, 1998.

KIM, S.W.; OSAKA, I.; HURLEY, W. L.; EASTER, R. A. Mammary gland growth as influenced by litter size in lactating sows: Impact on lysine requirement. *Journal of Animal Science*, v.77, p.3316-3321, 1999.

MEJIA-GUADARRAMA, C.A. *et al.* Protein (lysine) restriction in primiparous lactating sows: effects on metabolic state, somatotropics axis, and reproductive performance after weaning. **Journal of Animal Science**, v.80, p.3286-3300, 2002.

MELLAGI, A. P. G.; PANZARDI, A.; BIERHALS, T.; BONFANTI, N.; BERNARDI, M. L.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F. P. Efeito da ordem de parto e da perda de peso durante a lactação no desempenho reprodutivo subsequente de matrizes suínas. **Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia**, v. 65, n. 3, p. 819– 825, 2013.

MIKAMI, F. **Efeito do consume de energia digestiva na lactação sobre o desempenho das porcas.** Tese de doutorado. 71p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2001.

NEILL, C.; WILLIAMS, N. H. Milk Production and Nutritional Requirements of Modern Sows. In: LONDON SWINE CONFERENCE 2010, 2010, **Anais...**, 2010.

NOBLET, J.; ETIENNE, M. Estimation of sow milk nutrient output. **Journal of Animal Science**, v.67, p.3352–3359, 1989.

NUNES, C. G. V.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, W. P.; SILVA, B. A. N.; ABREU, M. L. T. Níveis de lisina em rações para fêmeas suínas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1744-1751, 2006.

OCHOA, J. D. E. **Lisina digestível em rações para fêmeas suínas primíparas em lactação.** Dissertação de mestrado. 55p. Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG. 2015.

PAIVA, F. P.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; ABREU, M. L. T.; APOLONIO, L. R.; TORRES, C. A. A.; MOITA, M. S. Níveis de Lisina em Ração de Lactação para Fêmeas Suínas Primíparas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.6, p.1917-1979, Viçosa (MG), 2005.

QUESNEL, H., ETIENNE, M., PÈRE, M.C. Influence of litter size on metabolic status and reproductive axis in primiparous sows. **Journal of Animal Science**, v.85, p.118-128, 2007.

QUINIOU, N.; NOBLET, J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2124-2134, 1999.

REVELL, D. K.; WILLIAMS, I. H.; MULLAN, B. P.; RANFORD, J. L.; SMITS, R. J. Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows: I. Voluntary feed intake, weight loss, and plasma metabolites. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1729-1737, 1998.

ROSETO, D. S.; VAN HEUGTEN, E.; ODLE, J.; ARELLANO, C.; BOYD, R. D. Response of the modern lactating sow and progeny to source and level of supplemental dietary fat during high ambient temperatures. **Journal of Animal Science**, v.90, p.2609-2619, 2012.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2011.

TOKACH, M. D.; PETTIGREW, J. E.; CROOKER, B. A.; DIAL, G. D.; SOWER, A. F. Quantitative influence of lysine and energy intake on yield of milk components in the primiparous sow. *Journal of Animal Science*, v.70, p.1864-1872, 1992.

TOUCHETTE, K. J.; ALLEE, G. L.; NEWCOMB, M. D.; BOYD, R. D. The Lysine Requirement of Lactating Primiparous Sows. **Journal of Animal Science**, v.76, n.4, p.1091-1097, 1998.

TURCO, S. H. N.; FERREIRA, A. S.; BAÊTA, F. C.; AGUIAR, M. A.; CECON, P. R.; ARAÚJO, G. G. L. Avaliação térmica ambiental de diferentes sistemas de acondicionamento em maternidades suinícolas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.974-981, 1998.

WILLIAMS, N. H.; PATTERSON, J.; FOXCROFT, G. Non-negotiables in gilt development. **Advances in Pork Production**, v.48, p.203-212, 2005.

YANG, H.; PETTIGREW, J.E.; JOHNSTON, L.J.; SHURSON, G. C.; WHEATON, J. E.; WHITE, M. E.; KOKETSU, Y.; SOWER, A. F.; RATHMACHER, J. A. Effects of dietary lysine intake during lactation on blood metabolites, hormones, and reproductive performance in primiparous sows. **Journal of Animal Science**, v.78, p.1001-1009, 2000.

YANG, Y. X.; HEO, S.; JIN, Z.; YUN, J. H.; CHOI, J. Y.; YOON, S. Y.; PARK, M. S.; YANG, B. K.; CHAE, B. J. Effects of lysine intake during late gestation and lactation on blood metabolites, hormones, milk composition and reproductive performance in primiparous and multiparous sows. **Animal Reproduction Science**, v.112, p.199–214, 2009.

XUE, L.; PIAO, X.; LI, D.; LI, P. The effect of the ratio of standardized ileal digestible lysine to metabolizable energy on growth performance, blood metabolites and hormones of lactating sows. **Journal of animal science and Biotechnology**, v.3, n.1, p.11, 2012.

CAPÍTULO 2

SUPLEMENTAÇÃO DE 25-HIDROXICOLECALCIFEROL PARA LEITÕES PÓS DESMAMA

RESUMO

Foram utilizados 210 leitões machos castrados e fêmeas, híbridos comerciais, desmamados aos 28 dias de idade com peso inicial de $8,47 \pm 1,24$ kg, alimentados com dietas contendo metabólito ativo da vitamina D₃ (25-hidroxicolecalciferol (25(OH)D₃) e níveis decrescentes de cálcio e/ou de cálcio e fósforo digestível nas rações, com o objetivo de avaliar o desempenho, mineralização óssea e resposta imune. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, em um arranjo fatorial 3 x 2 +1, para cada fase avaliada (28 aos 35; 36 aos 49; 50 aos 63 dias de idade), dois níveis de fósforo digestível (nível fixo ou variando mantendo-se a proporção com o cálcio (Ca: Pdig.) dentro de cada fase) e uma ração controle, perfazendo um total de sete tratamentos com 10 repetições e três animais por unidade experimental (T1: tratamento controle; T2: redução de 8% da exigência de Ca; T3: redução de 16% da exigência de Ca; T4: redução de 24% da exigência de Ca; T5: redução de 8% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T6: redução de 16% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T7: redução de 24% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T2 – T7: suplementados com 2.000 UI de 25-Hidroxicolecalciferol). Não foi observado efeito dos tratamentos sobre as variáveis de desempenho avaliadas nas diferentes fases de desenvolvimento (28 aos 35; 28 aos 49; 28 aos 63 dias de idade). Não foi observado efeito dos tratamentos sobre as variáveis avaliadas no tecido ósseo e no soro sanguíneo. Os tratamentos não influenciaram os níveis plasmáticos de IL-10, TNF- α e PCR. Conclui-se que a suplementação de 2.000 UI de 25(OH)D₃ por quilograma, em rações cujo níveis de cálcio e fósforo digestível foram reduzidos em até 24% não compromete o desempenho, mineralização óssea e o sistema imunológico dos leitões pós desmama.

Palavras-chave: citocinas, nutrição, suínos, vitamina D.

25-HYDROXYCHOLECALCIFEROL SUPPLEMENTATION IN DIETS FOR PIGLETS POST WEANING

ABSTRACT

A total of 210 piglets, commercial hybrids, weaned at 28 days of age with body weight of $8,47 \pm 1,24$, were fed with diets containing metabolite active of vitamin D₃ (25-hydroxycholecalciferol (25(OH)D₃)) and decreasing levels of calcium and/or calcium and digestible phosphorus. The animals were distributed in a randomized complete block design, in a factorial arrangement 3 x 2 +1, for each phase evaluated (28 to 35, 28 to 49, 28 to 63 days of age), two levels of digestible phosphorus (fixed level or varying maintaining the proportion with calcium (Ca: Pdig) within each phase) and a control diet, making a total of seven treatments with 10 replicates and three animals per experimental unit (T1: Control treatment; T2: 8% reduction in the requirement of Ca; T3: 16% reduction in the requirement of Ca; T4: 24% reduction in the requirement of Ca; T5: 8% reduction in the requirement of Ca with fixed Ca:P dig ratio; T6: 16% reduction in the requirement of Ca with fixed Ca:P dig ratio; T7: 24% reduction in the requirement of Ca with fixed Ca:P dig ratio; T2 – T7: supplemented with 2.000 UI of 25- hydroxycholecalciferol). No effect of treatments was observed on the performance variables at the different stages of development (28 to 35, 28 to 49, 28 to 63 days of age). No effect of treatments was observed on the variables evaluated in bone tissue and serum. The treatments did not influence the plasma levels of IL-10, TNF- α and CRP. It is concluded that the supplementation of 2,000 IU of 25(OH)D₃ per kilogram in diets with levels of calcium and digestible phosphorus reduced by up to 24% does not compromise the performance, bone mineralization and immune system of the piglets post weaning.

Keywords: cytokines, nutrition, swine, vitamine d.

INTRODUÇÃO

A vitamina D₃ participa do metabolismo ósseo, e sendo assim, diretamente responsável pelo crescimento esquelético que dá suporte para que os suínos possam obter o seu máximo desempenho produtivo. Como a má-formação óssea interfere na ingestão de alimento, isso pode prejudicar o ganho de peso destes animais.

Tem-se demonstrado que leitões recém-desmamados podem apresentar concentrações de 25-hidroxicalciferol (25(OH)D₃) e 1,25-dihidroxicalciferol (1,25(OH)₂D₃) menores que aquelas preconizadas para o adequado desenvolvimento ósseo (FLOHR et al. 2012). Uma vez que o 1,25(OH)₂D₃ é o metabólito mais potente que controla a absorção de cálcio e fósforo no intestino (LIPS, 2006). Assim, rações contendo níveis sub-ótimos de vitamina D₃ podem gerar alterações metabólicas e retardar o crescimento ósseo de leitões no período pós-desmame.

Ainda a presença de receptores de vitamina D (VDR) em células imunes (macrófagos, células dendríticas e linfócitos B e T) indica que existe uma relação entre os níveis séricos de 1,25(OH)₂D₃ e a resposta imune inata e adquirida dos animais (BAEKE et al., 2010). Assim, HEWISON (2012), as células imunológicas expressam enzimas que convertem 25(OH)D₃ a 1,25(OH)₂D₃. Portanto, os níveis dietéticos de vitamina D podem influenciar a resposta imune dos animais.

Assim, faz-se necessário a busca por alternativas para a suplementação de vitamina D₃, que propiciaria melhor desenvolvimento ósseo aliado a resposta imune mais equilibrada. Isto acarretaria em melhora no desempenho no período pós-desmame. Dessa forma, teve como objetivo avaliar o desempenho, a mineralização óssea e a resposta imune de suínos após o desmame.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi previamente aprovada pelo Comitê de Ética (CEUA/UFV) sob o processo nº 50/2015, estando de acordo com os princípios éticos de experimentação animal, estabelecidos pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal.

Foram utilizados 210 leitões machos castrados e fêmeas, com peso inicial de $8,47 \pm 1,24$, híbridos comerciais, com alto potencial genético para a deposição de carne na carcaça e desmamados aos 28 dias de idade. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, em arranjo fatorial $3 \times 2 + 1$, sendo três níveis de cálcio (92, 84 e 76%) da exigência estabelecido por Rostagno et al. (2011) para cada fase avaliada, dois níveis de fósforo digestível [nível fixo conforme a exigência e nível variando mantendo a proporção com cálcio (Ca: Pdig.)] para cada fase avaliada e uma ração basal de acordo com a exigência de cálcio e fósforo digestível também para cada fase avaliada - totalizando 7 tratamentos, dez repetições e três animais por unidade experimental. T1: tratamento controle; T2: redução de 8 % da exigência de Ca; T3: redução de 16 % da exigência de Ca; T4: redução de 24 % da exigência de Ca; T5: redução de 8 % da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T6: redução de 16 % da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T7: redução de 24 % da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T2 – T7: suplementados com 2.000 UI de 25- Hidroxicolecalciferol. A unidade experimental foi caracterizada pela gaiola e na formação de blocos foi considerado como critério o peso inicial dos animais. O experimento teve duração de 35 dias.

Os tratamentos (Tabela 6) foram constituídos de uma ração basal para cada fase avaliada (28 aos 35, 36 aos 49 e 50 aos 63 dias) de acordo com a exigência de Rostagno et al. (2011). As reduções da exigência de cálcio (8, 16 e 24 %) foram realizadas com a substituição do calcário calcítico pelo inerte, quando se manteve o fósforo digestível fixo. As demais reduções da exigência de cálcio (8, 16 e 24 %) quando se manteve a relação Ca: P dig. foram realizadas com a substituição do calcário calcítico e fosfato bicálcio pelo inerte (areia lavada).

Tabela 6 – Tratamentos experimentais

Item	Tratamentos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
<i>Fase II (28 aos 35 dias)</i>							
Cálcio	0,850	0,782	0,714	0,646	0,782	0,714	0,646
P Dig.	0,450	0,450	0,450	0,450	0,414	0,378	0,342
Ca: Pdig	1,89	1,74	1,59	1,44	1,89	1,89	1,89
<i>Fase II (36 aos 49 dias)</i>							
Cálcio	0,825	0,759	0,693	0,627	0,759	0,693	0,627
P Dig.	0,410	0,410	0,410	0,410	0,377	0,344	0,312
Ca: Pdig	2,01	1,85	1,69	1,53	2,01	2,01	2,01
<i>Fase III (50 aos 63 dias)</i>							
Cálcio	0,768	0,707	0,645	0,584	0,707	0,645	0,584
P Dig.	0,368	0,368	0,368	0,368	0,339	0,309	0,280
Ca: Pdig	2,09	1,92	1,75	1,59	2,09	2,09	2,09

Todas as rações experimentais, com exceção a do tratamento controle, foram suplementadas com *Rovimix HyD*[®] 1,25% (DSM), ao nível de 2.000 UI por quilograma de ração, sendo este adicionado ao premix vitamínico. As rações foram formuladas seguindo-se as recomendações nutricionais para suínos machos castrados e fêmeas, de alto potencial genético, contidas em Rostagno et al. (2011), para animais dos 5,5 aos 30 kg de peso corporal.

As rações experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com minerais, vitaminas e aminoácidos industriais para atender às exigências dessa categoria animal, de acordo com Rostagno et al. (2011), exceto o cálcio e fósforo digestível.

Em todas as rações foram verificadas as relações entre os aminoácidos essenciais com a lisina digestível, a fim de assegurar que nenhum aminoácido ficasse limitante. Na avaliação das relações aminoacídicas foram utilizadas aquelas preconizadas por Rostagno et al. (2011). A formulação das rações experimentais está apresentada nas Tabela 7, 8 e 9. Durante o período experimental, os animais tiveram livre acesso às dietas e a água.

Tabela 7 - Composição nutricional e centesimal das dietas experimentais dos 28 aos 35 dias de idade

Ingredientes	Níveis de cálcio em relação à exigência nutricional (%)*						
	100%	92%	84%	76%	92%	84%	76%
	Relações de Ca: P disponível						
	Basal	Fósforo fixo			Fósforo variável mantendo a relação		
Milho	45,125	45,125	45,125	45,125	45,125	45,125	45,125
Farelo de soja 45%	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Soja micronizada	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000
Soro de leite em pó ¹	12,588	12,588	12,588	12,588	12,588	12,588	12,588
Plasma AP 920	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Óleo de soja	0,735	0,735	0,735	0,735	0,735	0,735	0,735
Fosfato bicálcico	0,956	0,956	0,956	0,956	0,712	0,468	0,223
Calcário calcítico	1.115	0,938	0,762	0,585	1,099	1,083	1,068
Sal Comum	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355
Antibiótico ²	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Óxido de Zinco	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
L-lisina 78%	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219
DL-metionina 99%	0,222	0,222	0,222	0,222	0,222	0,222	0,222
L-treonina 98,5%	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
L-triptofano 99%	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Premix Vitamínico ³	0,100 ³	0,100 ⁴	0,100 ⁴	0,100 ⁴	0,100 ⁴	0,100 ⁴	0,100 ⁴
Premix Mineral ⁶	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antioxidante (BHT)	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Inerte⁵	0,000	0,177	0,353	0,530	0,260	0,518	0,780
Composição nutricional							
EM (Mcal/kg)	3,450	3,450	3,450	3,450	3,450	3,450	3,450
Proteína bruta (%)	22,72	22,72	22,72	22,72	22,72	22,72	22,72
Lisina digestível (%)	1,450	1,450	1,450	1,450	1,450	1,450	1,450
Metionina+ cis dig. (%)	0,815	0,815	0,815	0,815	0,815	0,815	0,815
Treonina dig. (%)	0,915	0,915	0,915	0,915	0,915	0,915	0,915
Triptofano dig. (%)	0,261	0,261	0,261	0,261	0,261	0,261	0,261
Valina dig. (%)	1,072	1,072	1,072	1,072	1,072	1,072	1,072
Lactose	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
Cálcio (%)	0,850	0,782	0,714	0,646	0,782	0,714	0,646
Fósforo digestível (%)	0,450	0,450	0,450	0,450	0,414	0,378	0,342
Sódio (%)	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280

¹Produto comercial: [lactose] = 71,5%. ²Colistina 10%. ³Sem Rovimix HyD® 1,25%. ⁴Com Rovimix HyD® 1,25%. ⁵Areia lavada.

⁶Premix mineral/kg: 10.000 mg Cobre, 100.000 mg Ferro, 40.000 mg Manganês, 1.000 mg Cobalto, 1.500 mg Iodo, 100.000 mg Zinco, 10 mg Mineral Oil.

³Premix vitamínico/kg: ³Basal: 12500 UI vitamina A, 2000 UI vitamina D₃, 125 mg vitamina E, 5,5 mg vitamina K₃, 4 mg vitamina B₁, 12,5 mg vitamina B₂, 7 mg vitamina B₆, 0,05 mg vitamina B₁₂, 45 mg Niacina, 35 mg ácido pantotênico, 2 mg ácido fólico, 0,3 mg biotina, 150 mg vitamina C. ⁴Demais tratamentos: 12500 UI vitamina A, 2000 UI vitamina D₃, 0,05 mg HyD, 125 mg vitamina E, 5,5 mg vitamina K₃, 4 mg vitamina B₁, 12,5 mg vitamina B₂, 7 mg vitamina B₆, 0,05 mg vitamina B₁₂, 45 mg Niacina, 35 mg ácido pantotênico, 2 mg ácido fólico, 0,3 mg biotina, 150 mg vitamina C

Tabela 8 - Composição nutricional e centesimal das dietas experimentais dos 36 aos 49 dias idade

Ingredientes	Níveis de suplementação de cálcio e fósforo (%)*						
	100%	92%	84%	76%	92%	84%	76%
	Relações de Ca: P disponível						
	Basal	Fósforo fixo		Fósforo variável mantendo a relação			
Milho	51,542	51,542	51,542	51,542	51,542	51,542	51,542
Farelo de soja ⁴ 5%	25,022	25,022	25,022	25,022	25,022	25,022	25,022
Soja micronizada	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Soro de leite em pó ¹	8,392	8,392	8,392	8,392	8,392	8,392	8,392
Plasma AP 920	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Óleo de soja	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078
Fosfato bicálcico	1,193	1,193	1,193	1,193	0,987	0,781	0,581
Calcário calcítico	0,866	0,695	0,523	0,352	0,830	0,795	0,755
Sal Comum	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343
Antibiótico ²	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Óxido de Zinco	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
L-lisina 78%	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231
DL-metionina 99%	0,203	0,203	0,203	0,203	0,203	0,203	0,203
L-Treonina 98,5%	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Premix Vitamínico ³	0,100 ³	0,100 ⁴	0,100 ⁴	0,100 ⁴	0,100 ⁴	0,100 ⁴	0,100 ⁴
Premix Mineral ⁶	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antioxidante (BHT)	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Inerte⁵	0,000	0,171	0,343	0,514	0,242	0,483	0,723
Composição nutricional							
EM (Mcal/kg)	3,377	3,377	3,377	3,377	3,377	3,377	3,377
Proteína bruta (%)	21,57	21,57	21,57	21,57	21,57	21,57	21,57
Lisina dig. (%)	1,336	1,336	1,336	1,336	1,336	1,336	1,336
Met. + cis. dig. (%)	0,746	0,746	0,746	0,746	0,746	0,746	0,746
Treonina dig. (%)	0,838	0,838	0,838	0,838	0,838	0,838	0,838
Triptofano dig. (%)	0,241	0,241	0,241	0,241	0,241	0,241	0,241
Valina dig. (%)	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004
Lactose	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Cálcio (%)	0,825	0,759	0,693	0,627	0,759	0,693	0,627
Fósforo digest.(%)	0,410	0,410	0,410	0,410	0,377	0,344	0,312
Sódio (%)	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230

¹Produto comercial: [lactose] = 71,5%. ²Colistina 10%. ³Sem Rovimix HyD® 1,25%. ⁴Com Rovimix HyD® 1,25%. ⁵Areia lavada.

⁶Premix mineral/kg: 10.000 mg Cobre, 100.000 mg Ferro, 40.000 mg Manganês, 1.000 mg Cobalto, 1.500 mg Iodo, 100.000 mg Zinco, 10 mg Mineral Oil.

³Premix vitamínico/kg: ³Basal: 12500 UI vitamina A, 2000 UI vitamina D₃, 125 mg vitamina E, 5,5 mg vitamina K₃, 4 mg vitamina B₁, 12,5 mg vitamina B₂, 7 mg vitamina B₆, 0,05 mg vitamina B₁₂, 45 mg Niacina, 35 mg ácido pantoténico, 2 mg ácido fólico, 0,3 mg biotina, 150 mg vitamina C. ⁴Demais tratamentos: 12500 UI vitamina A, 2000 UI vitamina D₃, 0,05 mg HyD, 125 mg vitamina E, 5,5 mg vitamina K₃, 4 mg vitamina B₁, 12,5 mg vitamina B₂, 7 mg vitamina B₆, 0,05 mg vitamina B₁₂, 45 mg Niacina, 35 mg ácido pantoténico, 2 mg ácido fólico, 0,3 mg biotina, 150 mg vitamina C

Tabela 9 - Composição nutricional e centesimal das dietas experimentais dos 50 aos 63 dias de idade

Ingrediente	Níveis de suplementação de cálcio e fósforo (%)*						
	100%	92%	84%	76%	92%	84%	76%
	Relações de Ca: P disponível						
	Basal	Fósforo fixo		Fósforo variável mantendo a relação			
Milho	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000
Farelo de soja 45%	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Óleo de soja	0,930	0,930	0,930	0,930	0,930	0,930	0,930
Fosfato bicálcico	1,428	1,428	1,428	1,428	1,247	1,059	0,878
Calcário calcítico	0,660	0,501	0,340	0,181	0,620	0,583	0,544
Sal Comum	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456
Antibiótico ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Óxido de zinco	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
L-lisina 78%	0,241	0,241	0,241	0,241	0,241	0,241	0,241
DL-metionina 99%	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169
L-Treonina 98,5%	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069
Premix Vitamínico ²	0,100 ²	0,100 ⁴	0,100 ⁴	0,100 ⁴	0,100 ⁴	0,100 ⁴	0,100 ⁴
Premix Mineral ⁵	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antioxidante (BHT)	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Inerte⁴	0,000	0,159	0,320	0,479	0,221	0,446	0,666
Composição nutricional							
EM (Mcal/kg)	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Proteína bruta (%)	18.98	18.98	18.98	18.98	18.98	18.98	18.98
Lisina dig. (%)	1,093	1,093	1,093	1,093	1,093	1,093	1,093
Met. + cis. dig. (%)	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612
Treonina dig. (%)	0,689	0,689	0,689	0,689	0,689	0,689	0,689
Triptofano dig. (%)	0,204	0,204	0,204	0,204	0,204	0,204	0,204
Valina dig. (%)	0,796	0,796	0,796	0,796	0,796	0,796	0,796
Isoleucina dig. (%)	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720
Cálcio (%)	0,768	0,707	0,645	0,584	0,707	0,645	0,584
Fósforo digest.(%)	0,368	0,368	0,368	0,368	0,339	0,309	0,280
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200

¹Colistina 10%. ³Sem Rovimix HyD® 1,25%. ⁴Com Rovimix HyD® 1,25%. ⁴Areia lavada.

⁵Premix mineral/kg: 10.000 mg Cobre, 100.000 mg Ferro, 40.000 mg Manganês, 1.000 mg Cobalto, 1.500 mg Iodo, 100.000 mg Zinco, 10 mg Mineral Oil.

²Premix vitamínico/kg: ³Basal: 12500 UI vitamina A, 2000 UI vitamina D₃, 125 mg vitamina E, 5,5 mg vitamina K₃, 4 mg vitamina B₁, 12,5 mg vitamina B₂, 7 mg vitamina B₆, 0,05 mg vitamina B₁₂, 45 mg Niacina, 35 mg ácido pantotênico, 2 mg ácido fólico, 0,3 mg biotina, 150 mg vitamina C. ⁴Demais tratamentos: 12500 UI vitamina A, 2000 UI vitamina D₃, 0,05 mg HyD, 125 mg vitamina E, 5,5 mg vitamina K₃, 4 mg vitamina B₁, 12,5 mg vitamina B₂, 7 mg vitamina B₆, 0,05 mg vitamina B₁₂, 45 mg Niacina, 35 mg ácido pantotênico, 2 mg ácido fólico, 0,3 mg biotina, 150 mg vitamina C

O galpão experimental era constituído por salas de alvenaria, com piso de concreto e coberto por telhas de cerâmica. Os animais foram alojados em gaiolas suspensas, com piso ripado, providas de comedouros semi-automáticos e de bebedouros tipo chupeta. A higienização e a manutenção das instalações foram realizadas diariamente.

A temperatura no interior da sala experimental foi monitorada por termômetros de máxima e mínima (às 7 h), bulbo seco, bulbo úmido e globo negro (às 7, 12 e 17 h). Posteriormente, os dados coletados foram utilizados para o cálculo do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), segundo BUFFINGTON et al. (1981), para a caracterização do ambiente térmico em que os animais foram mantidos.

As pesagens dos animais foram realizadas aos 35, 49 e 63 dias de idade. Foram calculados o consumo médio de ração diário (CRD), o ganho de peso diário médio (GPD), o peso médio final (PMF) e a conversão alimentar (CA) de cada fase avaliada. As sobras de ração foram coletadas diariamente e descontadas no cálculo final do consumo alimentar.

Foram realizadas coletas de sangue, por punção da veia cava cranial aos 63 dias de idade dos animais. Para as análises sorológicas de IL-10, PTH, TNF- α , FCF-23 e PCR, foi coletada uma amostra sanguínea por unidade experimental, sendo o animal definido por sorteio ao início do experimento, totalizando-se 70 amostras por fase experimental. Para a extração do soro sanguíneo, as amostras foram coletadas em tubos próprios, sem anticoagulantes, e mantidas por duas horas à temperatura ambiente, sendo então centrifugadas a 1000 x g (3000 rpm) por 15 minutos. Após, estas foram armazenadas em *ependorfs* e mantidas em ultra freezer (cerca de -80°C). A mensuração destes parâmetros sanguíneos foi realizada a partir do ensaio imunoenzimático ELISA sanduíche.

Ao término do período experimental, após 24 horas de jejum e dieta hídrica, um animal com o peso corporal mais próximo do PMF de sua unidade experimental foi insensibilizado por eletronarcose e sacrificado por secção do tronco braquiocefálico e em seguida foram coletados o osso metacarpo direito de cada animal para posteriores análises de cinzas ósseas.

Para a determinação das concentrações de cálcio e fósforo dos ossos foi utilizada a metodologia descrita por MÜLLER et al. (2012), as amostras de de metacarpo foram descongeladas e secas em estufa a 105°C, por seis horas. Em seguida, estas foram desengorduradas com éter de petróleo, em aparelho SOXHLET, por quatro horas, sendo então obtidos os pesos secos desengordurados dos ossos. Posteriormente, foram calcinadas em mufla a 600°C, por um período de seis horas, para a mensuração dos teores de cinzas e posterior preparo de solução mineral, seguindo-se a metodologia de SILVA & QUEIROZ (2002).

A determinação dos teores de cálcio foi por espectrometria de absorção atômica e os teores de fósforo dos ossos foram determinados por colorimetria. Para tal finalidade, 10 ml de ácido clorídrico (6M) foram adicionados às cinzas. As amostras, contidas em cadinhos de porcelana, foram colocadas sobre uma placa de aquecimento. Após a solução foi evaporada em capela de exaustão até secar completamente. O precipitado foi então dissolvido por meio da adição de água deionizada. A solução foi filtrada em papel-filtro e o volume completado para 50 ml. Os valores dos minerais foram expressos em termos de porcentagem de cinzas em relação ao peso do osso seco e desengordurado (BARBOSA et al., 2010; MÜLLER et al., 2012), e a relação cálcio:fósforo (Ca:P), foi obtida dividindo-se a porcentagem de cálcio pela de fósforo contida nas cinzas.

Com o objetivo de avaliar o metabolismo ósseo dos animais, foram mensuradas as dosagens dos seguintes metabólitos no soro sanguíneo: fosfatase alcalina (FA), paratormônio (PTH), 25(OH)D₃, fosfato (P) e cálcio (Ca). As análises de PTH, FA e 25(OH)D₃ serão realizadas utilizando-se o método imunoenzimático ELISA sanduíche. Neste o anticorpo específico para PTH e FA encontrou-se fixado na microplaca. Os padrões e as amostras (100 µL) foram pipetadas nos poços e os biomarcadores se ligaram ao anticorpo imobilizado. Após a remoção de qualquer substância não-ligante, uma solução com anticorpo associado à biotina, específico para a substância a ser avaliada, foi adicionada. Em seguida fez-se uma lavagem com solução tampão e acrescentou uma enzima marcadora (peroxidase). Posteriormente, foi realizado outra lavagem para a remoção de qualquer reagente enzimático livre, sendo então adicionado o substrato corante que mensurou a quantidade de biomarcadores ligados à microplaca. Finalmente a reação de coloração foi inibida, pela adição de uma solução de ácido sulfúrico 4N, e a intensidade da cor foi medida pela leitura em espectrofotômetro.

Os dados experimentais de desempenho foram organizados em três fases: de 28 aos 35, de 28 aos 49 e de 28 aos 63 dias de idade, sendo os dados de concentração sérica de PTH, FGF-23, cálcio, fósforo, fosfatase alcalina, proteína C-reativa e avaliação óssea obtidos aos 63 dias de idade. Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o procedimento GLM do programa computacional SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). O desempenho e as demais variáveis foram analisadas por ANOVA ao nível de 5 % de probabilidade. Utilizou-se o teste comparação de média Dunnett, sendo considerado como tratamento controle aquele composto pela ração basal (T1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental mantiveram-se em $26,6 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ e $74,6 \pm 4,6\%$, respectivamente, sendo a temperatura máxima $28,9^{\circ}\text{C}$ e a mínima $22,8^{\circ}\text{C}$ e o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), calculado no período experimental, de $77,3 \pm 1,78$. Com base nos valores de ITGU obtidos e considerando os relatos de CAMPOS et al. (2008), índices de ITGU de até 80 representam ambientes de conforto térmico. Pode-se inferir que, nesse estudo, os animais foram mantidos em ambiente de termoneutralidade.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) dos tratamentos nos parâmetros de desempenho avaliados nas diferentes fases de desenvolvimento (28 aos 35; 28 aos 49; 28 aos 63 dias de idade) (Tabela 10). Esses resultados evidenciaram que a adição de $25(\text{OH})\text{D}_3$ em rações com níveis comerciais de vitamina D_3 (VITD₃), mostrou-se efetivo em garantir o desempenho dos leitões alimentados com rações com níveis sub-ótimos de Ca e P. Em estudo conduzido com frangos de corte, GOMEZ-VERDUZCO et al. (2013) verificaram que o metabólito ativo $25(\text{OH})\text{D}_3$ proporcionou o desempenho normal das aves, independente da ração ter sido ou não suplementada com VITD₃. Em estudo anterior, FRITTS & WALDROUP (2003) relataram, com base no ganho de peso dos frangos de corte, que o metabólito $25(\text{OH})\text{D}_3$ foi mais efetivo que a VITD₃, o que não pôde ser avaliado neste estudo.

O padrão de resposta de desempenho dos leitões obtido neste estudo seria indicativo que a inclusão de $25(\text{OH})\text{D}_3$ nas rações com níveis usuais de VITD₃ provavelmente aumentou a eficiência de absorção intestinal do Ca e P. Essa hipótese está coerente com os relatos de FRITTS & WALDROUP (2003) e DRIVER et al. (2006) que afirmaram que o $25(\text{OH})\text{D}_3$ participa mais efetivamente que a VITD₃ na absorção intestinal do cálcio. Ainda com relação aos efeitos positivos do $25(\text{OH})\text{D}_3$ no metabolismo de cálcio e fósforo, SUGIYAMA et al. (2013) verificaram que a adição de $25(\text{OH})\text{D}_3$ na ração de suínos resultou em aumento na síntese endógena de $1\alpha 25(\text{OH})_2\text{D}_3$ que reconhecidamente age aumentando a absorção de cálcio e fósforo no intestino bem como a reabsorção de cálcio e fósforo nos rins.

Tabela 10 – Desempenho de leitões nos períodos de 28 aos 35, 28 aos 49 e 28 aos 63 dias de idade

Variáveis	Tratamentos							CV, %	P- valor
	1	2	3	4	5	6	7		
28 aos 35 dias									
Peso inicial, kg	8,45	8,43	8,44	8,47	8,52	8,45	8,42	1,29	0,2769
Peso final, kg	11,43	11,50	11,76	11,58	11,73	11,59	11,46	4,39	0,6372
Consumo de ração, g/dia	452	474	489	466	484	499	490	13,58	0,3813
Ganho de peso, g/dia	426	439	499	444	459	448	430	14,67	0,4091
Conversão alimentar	1,07	1,09	1,05	1,05	1,06	1,08	1,13	6,47	0,1406
28 aos 49 dias									
Peso inicial, kg	8,45	8,47	8,44	8,47	8,52	8,45	8,42	5,52	0,2876
Peso final, kg	20,42	20,69	21,20	20,85	20,68	20,46	20,20	5,74	0,3591
Consumo de ração, g/dia	767	769	815	789	782	774	770	8,21	0,6491
Ganho de peso, g/dia	570	581	605	589	579	572	561	7,87	0,4340
Conversão alimentar	1,35	1,33	1,35	1,34	1,35	1,35	1,37	4,12	0,7239
28 aos 63 dias									
Peso inicial, kg	8,45	8,47	8,44	8,47	8,52	8,45	8,42	1,83	0,4504
Peso final, kg	30,71	31,10	31,46	31,18	30,66	30,95	30,57	5,38	0,9423
Consumo de ração, g/dia	955	974	998	981	962	971	958	6,64	0,7788
Ganho de peso, g/dia	636	657	655	647	632	642	633	6,62	0,7642
Conversão alimentar	1,50	1,58	1,52	1,52	1,52	1,51	1,51	3,22	0,5290

¹Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Dunnett (P<0,05). T1: tratamento controle; T2: redução de 8% da exigência de Ca; T3: redução de 16% da exigência de Ca; T4: redução de 24% da exigência de Ca; T5: redução de 8% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T6: redução de 16% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T7: redução de 2 % da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T2 – T7: suplementados com 2.000 UI de 25- Hidroxicolecalciferol.

Além das estabelecidas ações da VITD₃ na regulação das concentrações de cálcio e fósforo no sangue, atualmente se reconhece também seus efeitos fisiológicos nos vários tipos de células, incluindo entre outras as do sistema imune.

Alguns estudos, como os de CHOU et al. (2009) e KHAN et al. (2010), comprovaram que a VITD₃ pode modular a resposta imune de frangos de corte. Mais recentemente, GOMEZ-VERDUZCO et al. (2013) constataram que o 25(OH)D₃ foi

mais efetivo que a VITD₃ em estimular as células T dos frangos. Nesse mesmo sentido, em trabalho conduzido com leitões pós desmama, KONOWALCHUK et al. (2013) comprovaram que a VITD₃ tem positiva ação imuno estimulatória, e que o metabólito 25(OH)D₃ foi mais efetivo.

Assim, com relação aos parâmetros do sistema imune (Tabela 11), verificou-se que os tratamentos não influenciaram ($P>0,05$) os níveis plasmáticos da interleucina 10 (IL-10). Apesar de não ter variado significativamente, foi verificado que, com exceção dos tratamentos T4 e T7 em que as reduções de cálcio e fósforo corresponderam a 24%, a suplementação de 25(OH)D₃ nas demais rações resultou em aumento médio de 23,9% no valor absoluto dos níveis plasmáticos de IL-10. De forma coerente com esse resultado, CANTORNA et al. (1998) verificaram que a suplementação da VITD₃ aumentou a expressão de citocinas anti-inflamatórias pelos macrófagos em camundongos. Em estudo posterior, CANTORNA (2010) confirmou a presença de receptores de VITD (VDR) e da enzima 1- α hidroxilase, que catalisa a conversão do 25(OH)D₃ para a forma ativa 1,25 (OH)₂D nas células do sistema imune, macrófagos e células dendríticas, e que essa forma ativa da VITD tem sido reconhecida como agente imunossupressivo. Ainda de acordo com OOI et al. (2014), a expressão de VDR identificada em células do sistema imune, como os monócitos/macrófagos e células dendríticas, pode ser um indicativo de que a VITD tem ação imunomodulatória, especialmente durante doenças inflamatórias.

Tabela 11 – Valores de interleucina – 10 (IL-10) e proteína C reativa (PCR) no plasma de leitões aos 63 dias de idade

Parâmetros sanguíneos (pg/ml)	Tratamentos							CV (%)	P- valor
	1	2	3	4	5	6	7		
IL-10	12,10	16,40	13,53	10,54	13,62	16,40	11,31	66,05	0,4730
PCR	41,29	48,60	39,59	26,80	40,06	38,14	49,15	44,23	0,1253

¹Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Dunnett ($P<0,05$). T1: tratamento controle; T2: redução de 8% da exigência de Ca; T3: redução de 16% da exigência de Ca; T4: redução de 24% da exigência de Ca; T5: redução de 8% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T6: redução de 16% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T7: redução de 24% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T2 – T7: suplementados com 2.000 UI de 25- Hidroxicolecalciferol.

Dessa forma, considerando que essa citocina (IL-10) tem reconhecida ação anti-inflamatória (DILLOW et al., 2014), o aumento da sua expressão devido a suplementação da 25(OH)D₃ pode favorecer a saúde do animal, bem como as estruturas ósseas dos suínos por promover aumento da absorção de cálcio e fósforo no intestino (SUGIYAMA et al., 2013). Segundo estes mesmos autores, citocinas com ação anti-inflamatória pode favorecer a estrutura óssea de suínos por contrapor a ação das pró-inflamatórias como o TNF- α , que promovem a destruição da cartilagem. Já os efeitos positivos da IL-10 na saúde animal, ficou evidenciado no estudo condizido por KUHM et al. (1993) utilizando camundongos mutantes que não expressavam IL-10, verificou que estes apresentaram espontaneamente inflamação do intestino.

Com os resultados, pode-se também deduzir que a redução do nível de cálcio na ração acima de 16% pode comprometer os efeitos positivos do 25(OH)D₃ na expressão da IL-10.

Os tratamentos não influenciaram ($P>0,05$) a concentração da proteína C reativa (PCR) no plasma dos leitões. Isto se fundamenta no fato de que a PCR, que é um indicador sensível de inflamação, que se eleva significativamente em casos de desafio imune em que ocorre aumento na concentração de TNF- α . Além desses detalhes, os bons resultados de desempenho dos leitões obtidos neste estudo, onde os valores médios do ganho de peso (643 g/dia) do consumo de ração (971 g/dia) e de conversão alimentar (1,52) foram melhores que os preconizados no NRC (2012) para leitões dos 28 aos 63 dias, comprovam o baixo nível de desafio desses animais.

Com base nessas considerações, pode se inferir que os possíveis efeitos imunomodulatórios da VITD₃ seriam melhores caracterizados se os animais fossem expostos a condição de maior desafio. Dados de OOI et al. (2014) confirmaram que a produção local do 1,25(OH)D₃, por células do sistema imune (Células TCD8+), a partir do 25(OH)D₃, age modulando a resposta imune, atenuando-a após a ativação por antígenos. Neste mesmo sentido, FLOHR et al. (2014) relataram que suplementação do 25(OH)D₃ na ração pode proporcionar benefícios extras se os suínos estiverem sob maior desafio imunológico.

Os resultados obtidos das concentrações cálcio e fósforo e para atividade de fosfatase alcalina no soro sanguíneo e as de fator de crescimento de fibroblasto 23 (FGF-23) e hormônio da paratireoide (PTH) no plasma encontram-se na tabela 12.

Tabela 12 – Concentrações cálcio, fósforo e fosfatase alcalina total no soro e fator de crescimento de fibroblasto 23 (FGF23), paratormônio (PTH) no plasma em leitões aos 63 dias de idade em função dos tratamentos

Variáveis	Tratamentos							CV, %	P-valor
	1	2	3	4	5	6	7		
Cálcio (mg/dL)	10,16	10,23	10,33	10,16	10,23	10,47	10,32	4,13	0,6680
Fósforo (mg/Dl)	9,73	9,44	9,41	9,24	9,94	9,66	9,75	6,75	0,2361
Fosfatase alcalina total (U/dL)	281,3	246,8	233,2	260,4	247,6	257,3	221,3	21,99	0,2957
FGF-23	91,69	53,03	66,03	56,12	38,82	74,13	51,18	97,56	0,4730
PTH	33,76	21,26	26,55	22,01	30,47	20,92	18,84	70,90	0,0990

¹Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$). T1: tratamento controle; T2: redução de 8% da exigência de Ca; T3: redução de 16% da exigência de Ca; T4: redução de 24% da exigência de Ca; T5: redução de 8% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T6: redução de 16% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T7: redução de 24% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T2 – T7: suplementados com 2.000 UI de 25-Hidroxicalciferol.

Não se verificou efeito ($P > 0,05$) dos tratamentos nas concentrações do Ca e P no soro dos leitões aos 63 dias de idade, mesmo tendo ocorrido redução de até 24% dos respectivos níveis desses minerais nas rações (Tabela 12). Este resultado confirma os possíveis efeitos positivos da suplementação de 25(OH)D₃ na absorção intestinal de Ca e P, conforme proposto anteriormente.

De forma consistente com esses resultados, também não foi constatado influencia ($P > 0,05$) dos tratamentos na concentração sérica da fosfatase alcalina total (Tabela 12). Apesar de não ter ocorrido variação significativa, foi verificado que a suplementação do 25(OH)D₃ nas rações (T2 a T7) resultou em redução média de 13% na concentração da fosfatase alcalina total no soro dos leitões. Como segundo DEMAY (1995), a concentração da fosfatase alcalina varia em relação inversa com a concentração de 25(OH)D₃ no soro, pode se hipotetizar que, nesse estudo, o nível sérico desse metabólito de vitamina D tendeu aumentar em função da sua suplementação na ração, o que pode ter favorecido a absorção do cálcio e fósforo e a consequente manutenção de suas concentrações no soro dos animais.

Ainda de forma coerente com os resultados anteriores, não se observou variação significativa ($P > 0,05$) nas concentrações de paratormônio (PTH) e do fator de crescimento de fibroblasto 23 (FGF-23) no plasma dos leitões submetidos aos diferentes

tratamentos (Tabela 12). De maneira semelhante a fosfatase alcalina total, foi verificado que a suplementação de 25(OH)D₃ nas rações (T2 a T7) resultou em redução média, não significativa, de 38,3 e 30,9% nas concentrações plasmáticas, respectivamente, do FGF-23 e PTH. Considerando que a redução da concentração plasmática de FGF-23 resulta em aumento da reabsorção do fósforo pelos rins (CRENSHAW et al. 2011), pode-se inferir que nesse estudo, a manutenção do nível de fósforo no soro dos leitões, pode ter sido, em parte, resultado de menor perda de fósforo na urina.

Por outro lado, como a concentração de PTH varia de forma inversamente proporcional com a do cálcio, aumentando no caso de deficiência (CRENSHAW et al. 2011), o padrão de sua variação ocorrida neste estudo, sugere que os níveis de cálcio não foram limitantes nas rações.

Com relação aos parâmetros ósseos, não se observou variação ($P>0,05$) nos valores de matéria seca e cinzas ósseas e nas concentrações de Ca e P nas cinzas ósseas dos leitões entre os tratamentos (Tabela 13). Com esses dados, ficou comprovado que com a suplementação de 25(OH)D₃, a redução de até 24% nos níveis de cálcio e fósforo nas rações não comprometeu a estrutura óssea dos leitões aos 63 dias de idade. Coerente com essa afirmativa, RORTVEDT & CRENSHAW (2010) relataram que a concentração de cinzas nos ossos constitui um bom indicador de mineralização, sendo comprometida somente se ocorrer deficiência de cálcio e fósforo ou de VITD₃ na ração.

Tabela 13 – Teores médios de matéria seca óssea (MSO), cinzas ósseas (CO), cálcio (Ca) e fósforo (P) nas cinzas ósseas de suínos aos 63 dias de idade de acordo com os tratamentos

Variáveis	Tratamentos							CV, %	P- valor
	1	2	3	4	5	6	7		
MSO (%)	94,98	94,87	94,85	95,03	95,02	95,20	94,80	0,57	0,7155
CO (%)	50,84	51,36	51,25	52,63	51,08	50,40	48,43	6,59	0,1896
Ca (%)	17,58	17,19	17,45	17,29	16,85	16,50	16,76	9,68	0,7635
P (%)	7,80	7,69	7,94	7,52	7,80	7,35	7,64	9,51	0,6464

¹Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Dunnett ($P<0,05$). T1: tratamento controle; T2: redução de 8% da exigência de Ca; T3: redução de 16% da exigência de Ca; T4: redução de 24% da exigência de Ca; T5: redução de 8% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T6: redução de 16% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T7: redução de 24% da exigência de Ca mantendo-se fixa a relação de Ca:P dig; T2 – T7: suplementados com 2.000 UI de 25- Hidroxicolecalciferol.

Com esses resultados, pode-se inferir que a função homeostática do metabólito 25(OH)D₃ assegurou suficientes quantidades de cálcio e fósforo para incorporação na matriz óssea. Em estudos conduzidos com suínos, FLOHR et al. (2014) verificaram que a suplementação de 25(OH)D₃ garantiu a homeostase do cálcio e fósforo e adequado desenvolvimento ósseo dos animais.

CONCLUSÃO

A suplementação de 25-hidroxicolecalciferol (*Rovimix HyD*[®] 1,25%), ao nível de 2.000 UI por quilograma em rações com níveis normais de vitamina D3 em que os níveis de cálcio e fósforo digestível foram reduzidos em até 24% não influenciou o desempenho (GPD, CRD e CA) dos leitões dos 28 aos 63 dias, bem como não comprometeu a estrutura óssea (Ca, P e cinzas ósseas), os parâmetros séricos (Ca, P, fosfatase alcalina, FGF23 e PTH) referentes a homeostase cálcio e fósforo corporal. O sistema imunológico dos animais (IL-10, TNF-a e proteína C reativa) também não foi comprometido pelos tratamentos.

CONCLUSÃO GERAL

O consumo de lisina digestível diário correspondente a 49,2 g atende as exigências de fêmeas suínas primíparas na fase de lactação, mantendo o desempenho produtivo e reprodutivo destes animais e a suplementação de 25-hidroxicolecalciferol (*Rovimix HyD[®]* 1,25%), ao nível de 2.000 UI por quilograma em rações com níveis normais de vitamina D3 em que os níveis de cálcio e fósforo digestível foram reduzidos em até 24% não influenciou o desempenho (GPD, CRD e CA) dos leitões dos 28 aos 63 dias, bem como não comprometeu a estrutura óssea (Ca, P e cinzas ósseas), os parâmetros séricos (Ca, P, fosfatase alcalina, FGF23 e PTH) referentes a homeostase cálcio e fósforo corporal. O sistema imunológico dos animais (IL-10, TNF-a e proteína C reativa) também não foi comprometido pelos tratamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAEKE, F.; TAKIISHI, T.; KORF, H. et al. Vitamin D: modulator of the immune system. **Current Opinion in Pharmacology**, v.10, p.482-496, 2010.

BUFFINGTON, D.E., COLAZZO-AROCHO, A., CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Trans. ASAE*, v.24, p.711-714, 1981.

CAMPOS, J. A.; TINOCO, I. F. F.; BAETA, F. C.; SILVA, J. N.; CARVALHO, C. S.; MAURI, A. L. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. **Revista Ceres**, 55(3): 187-193, 2008.

CANTORNA, M. T.; WOODWARD, W. D.; HAYES, C. E. DELUCA, H. F. 1,25-dihydroxyvitamin D3 is a positive regulator of the two anti-encephalitogenic cytokines TGF- β 1 and IL-4. **Journal of Immunology**, v.160, p.5314-5319, 1998.

CANTORNA, M. T. Session 2: Micronutrients and the immune system. Mechanisms underlying the effect of vitamin D on the immune system. 3rd International Immunonutrition Workshop. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.69, p.286-289, 2010.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R. A.; Aminoácidos: Catabolismo dos esqueletos de carbon. **Bioquímica Ilustrada**. Artes Médicas, Porto Alegre, 2.ed., p.249-262, 1996.

CHOU, S. H.; CHUNG, T. K.; YU, B. Effects of supplemental 25-hydroxycholecalciferol on growth performance, small intestinal morphology, and immune response of broiler chickens. **Poultry Science**, v.88, p.2333-2341, 2009.

CRENSHAW, T. D.; RORTVEDT, L. A.; HASSEN, Z. A novel pathway for vitamin D-mediated phosphate homeostasis: Implications for skeleton growth and mineralization. **Journal of Animal Science**, v.89, p.1957-1964, 2011.

DEMAY, M. B. Hereditary defects in vitamin D metabolism and vitamin D receptor defects. In. *Endocrinology*, vol.2, 3rd ed. W. B. Saunders Co. Philadelphia, PA, p.1173-1178, 1995.

DILLOW, A.F.; CARDWELL, L. N.; SMITH, T. J.; GROPE, B. D.; PETERSON, B. A.; SICKMAN, M. A.; WEAVER, B. K. Temporal transcriptional regulation of IL-10-induced anti-inflammatory genes in LPS-triggered macrophages. **Open Journal of Immunology**, v.4, p.96-116, 2014.

DRIVER, J.P; ATENCIO, A.; PESTI, G. M. EDWARDS, H. M.; BAKALLI, R. I. The effect of maternal dietary vitamin D3 supplementation on performance and tibial dyschondroplasia of broiler chicks. **Poultry Science**, v.85, p.39-47, 2006.

FLOHR, J.R.; TOKACH, M.D.; DRITZ, S.S. et al. The effects of orally supplemented vitamin D3 on serum 25(OH)D3 concentrations and growth of pre-weaning and nursery pigs. **Nursery Nutrition and Management**, 2013.

FRITTS, C.A; WALDROUP, P.W. Effect of source and level of vitamin D on live performance and bone development in growing broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.45-52, 2003.

GOMEZ-VERDUZCO, G.; MOLARES-LÓPEZ, R.; AVILA-GOZÁLEZ, E. Use of 25-hydroxycholecalciferol in diets of Broiler Chickens: Effects on Growth Performance, Immunity and Bone Calcification. **Japan Poultry Science**, v.50, p.60-64, 2013.

HEWISON, M. Vitamin D and immune function: from pregnancy to adolescence. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.71, p. 50-61, 2012.

KHAN, S. H.; SHAHID, R.; MIAN, A. A.; SARDAR, R.; ANJUM, M. A. Effect of the level of cholecalciferol supplementation of broiler diets on the performance and tibial dyschondroplasia. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.94, p.650-657, 2004.

KONOWALCHUK, J. D.; RIEGER, A. M.; KIEMELE, M. D.; AYRES, D. C.; BARREDA, D. R. Modulation of weanling pig cellular immunity in response to diet supplementation with 25-hydroxivitamin D3. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.155, p.57-66, 2013.

KUHN, R.; LOHLER, J.; RENNICK, D.; RAJEWSKY, K.; MULLER, W.; Interleukine-10-deficient mice develop chronic enterocolitis. **Cell**, v.75, p.263-274, 1993.

OOI, J. H.; MCDANIEL, K. L.; WEAVER, V.; CANTORNA, M. T. Murine CD8⁺ T cells but not macrophages express the vitamin D 1 α -hydroxylase. **Journal of Nutritional Biochemistry** , v.25, p.58-65, 2014.

LIPS, P. Vitamin D physiology. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v.92, p.4-8, 2006.

POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R. Basic animal nutrition and feeding. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 615p, 1995.

RORTVEDT, L. A.; ZAPPITELLI, J. A.; REICHCRT, J.L.; BOOTH, J. R.; CRENSHAW, T. D. Expression of kyphosis in young pigs is altered by carryover effects of sow vitamin D status. **Journal of Animal Science**, v.88 (E-suppl.2):665, 2010.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3^a ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2011.

SUGIYAMA, T.; KUSUHARA, S.; CHUNG, T. K.; YONEKURA, H.; AZEM, E.; HAYAKAWA, T. Effects os 25-hydroxy-cholecalciferol on the development of osteochondrosis in swine. **Animal Science Journal**, v.84, p.341-349, 2013.

UREÑA, P.; HRUBY, M.; FERREIRA, A.; ANQ, K. S.; DE VERNEJOUL, M. C.
Plasma total versus bone alkaline phosphatase as markers of bone turnover in
hemodialysis patients. **Journal of the American Society of Nephrology**, v.7, p.506-
512, 1996.