



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

RITA DE KÁSSIA SILVA DOS SANTOS

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO VITAMÍNICA OVN®  
(*OPTIMUM VITAMIN NUTRITION*) PARA MATRIZES  
SUÍNAS E PARA SUA PROGÊNIE NO DESEMPENHO  
REPRODUTIVO E PRODUTIVO**

RITA DE KÁSSIA SILVA DOS SANTOS

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO VITAMÍNICA OVN®  
(*OPTIMUM VITAMIN NUTRITION*) PARA MATRIZES  
SUÍNAS E PARA SUA PROGÊNIE NO DESEMPENHO  
REPRODUTIVO E PRODUTIVO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal da Universidade Estadual de  
Londrina como requisito parcial para a obtenção do  
título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Caio Abércio da Silva

Londrina  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Santos, Rita de Kássia Silva dos.

Efeito da suplementação vitamínica OVN® (Optimum Vitamin Nutrition) para matrizes suínas e para sua progênie no desempenho reprodutivo e produtivo / Rita de Kássia Silva dos Santos. - Londrina, 2018.  
116 f.

Orientador: Caio Abércio da Silva.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, , 2018.

Inclui bibliografia.

1. Vitaminas - Tese. 2. Produção de suínos - Tese. 3. Qualidade de carne - Tese. 4. Imunidade - Tese. I. Silva, Caio Abércio da . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. . III. Título.

RITA DE KÁSSIA SILVA DOS SANTOS

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO VITAMÍNICA OVN® (*OPTIMUM VITAMIN NUTRITION*) PARA MATRIZES SUÍNAS E PARA SUA PROGÊNIE NO DESEMPENHO REPRODUTIVO E PRODUTIVO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Caio Abércio da Silva  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Profa. Dra. Ana Maria Bridi  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Carolina Amalia de Souza Dantas Muniz  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 27 de fevereiro de 2018.

## **Dedico**

A Deus,

*Sempre presente em minha vida.*

Aos meus pais Edvando e Beni,

*Pelo amor, dedicação e incentivo.*

Ao meu irmão Allison,

*Pelo carinho, apoio e amizade.*

*Fundamentais em minha vida, os quais tenho um amor incondicional.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Caio Abércio da Silva, pelo apoio, disponibilidade e principalmente confiança e dedicação. Agradeço não só pela constante orientação neste trabalho mas pela contribuição na minha formação, sendo um referencial profissional.

A empresa DSM e CAPES, pelo financiamento da pesquisa e concessão da bolsa de estudos.

Ao Sr. Eduardo Dykstra, proprietário da granja onde foi conduzido o projeto em Carambeí – PR, e aos funcionários Marciano Nunes e Joseane Felix, pelo apoio e oportunidade na realização deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pelo conhecimento repassado, em especial a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Maria Bridi pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Grupo de pesquisa e análise de carne (GPAC), em especial a Evelyn Rangel, Louise Manha Peres, Nayara Andreo, Barbara Giangarelli e Cátia Pinheiro Barata pela colaboração no abate e análises laboratoriais.

Aos funcionários da Fazenda Escola da UEL, em especial Sr. Pedro e José pela ajuda no decorrer do experimento e sobretudo pela amizade.

Aos amigos do grupo de suinocultura, que sempre estão prontos para ajudar. Agradeço por terem me recebido tão bem e me proporcionado aprender muito com vocês. Em especial a Gabriela Nagi, João Paulo Batista, Jefferson Bastos Alves, Giovani Frederico, Dalita Schmoller, Danielle Borges, Carlos Rodolfo Pierozan, Eduardo Raele de Oliveira e Marcino Pereira Junior, sem a dedicação de vocês a condução desse trabalho não seria possível.

Aos amigos Cleandro Pazinato Dias e Marco Aurélio Callegari, pela amizade e o carinho que sempre tiveram comigo.

À Aliny K. Novais pela parceria na condução deste trabalho e pelo conhecimento repassado. Agradeço pela amizade que iniciou no decorrer do experimento e segue para a vida.

Aos queridos, Luciana Foppa, Luís Gustavo Castro Alves e Camila Magalhães. Amigos que o mestrado me proporcionou conhecer e que continuam ao meu lado,

dividindo momentos de dificuldades, alegrias e muito aprendizado. Agradeço pela amizade, incentivo e companheirismo. Vocês foram minha família em Londrina e fizeram desta etapa mais alegre e divertida. Que a parceria continue!

Obrigada a todos!

SANTOS, Rita de Kássia Silva. **Efeito da suplementação vitamínica OVN® (*Optimum Vitamin Nutrition*) para matrizes suínas e para sua progênie no desempenho reprodutivo e produtivo.** 2018. 116 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da administração de uma suplementação vitamínica para matrizes suínas em fase de gestação e lactação, somada a uma suplementação também à progênie, sobre o desempenho reprodutivo e a condição corporal das matrizes, e sobre o desempenho zootécnico, as características de carcaça, qualidade da carne, perfil imunológico, contagem de fibras musculares da progênie e a qualidade de um produto cárneo curado. Na primeira fase foram utilizadas 104 porcas, distribuídas em blocos de acordo com o ciclo gestacional, submetidas a dois tratamentos: Dieta LV (*Low Vitamin Nutrition*), com níveis vitamínicos pré-estabelecidos; Dieta OVN® (*Optimum Vitamin Nutrition*), com níveis vitamínicos acima das referências de literatura, da data de cobertura até os 21 dias de lactação. Cada matriz e sua leitegada foram consideradas uma unidade experimental ou repetição. As matrizes foram submetidas às avaliações de escore corporal e espessura de toucinho e para avaliação do desempenho reprodutivo foram computados: número de leitões nascidos totais; número de leitões nascidos vivos; número de leitões natimortos; número de leitões mumificados; peso médio e total ao nascimento; taxa de mortalidade na maternidade; número de leitões desmamados e peso médio e total ao desmame (21 dias). Na segunda fase, 120 leitões desmamados (progênies), 60 machos castrados e 60 fêmeas, com 21 dias de idade e peso médio inicial de  $5,33 \pm 1,5$  kg, foram avaliados até o abate aos 164 dias de idade. O desenho experimental foi em blocos casualizados, de acordo com o peso e o sexo dos animais, em um modelo fatorial 2 x 2 (dois níveis de vitaminas para porcas e dois níveis de vitaminas para os leitões), com 10 repetições/tratamento (representada pela baia com três animais do mesmo sexo). Os tratamentos corresponderam aos mesmos adotados na primeira fase experimental. Os leitões foram avaliados de acordo com cada fase de desenvolvimento e durante todo o período experimental, sendo considerado: ganho de peso diário, consumo diário de ração, conversão alimentar e porcentagem de mortalidade. Aos 70 dias de idade foi feita a coleta de sangue em 80 animais, para verificar a resposta imune humoral ao micoplasma e ao circovirus. Aos 164 dias de idade foram abatidos e mensurados: peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, espessura de toucinho, profundidade de músculo, área de olho de lombo, rendimento de carcaça, pH (inicial e final), cor da carne, marmoreio, capacidade de retenção de água, perda de água por descongelamento e cocção, maciez, oxidação lipídica, análise centesimal e contagem das fibras musculares. Foi elaborado um produto cárneo curado e posteriormente sua avaliação quanto à oxidação lipídica. A suplementação vitamínica não apresentou efeito positivo para os parâmetros reprodutivos e composição corporal das matrizes, no entanto, se mostrou positivo no desempenho da progênie no início da fase de creche, mas não determinou efeitos superiores nas respostas imunes à vacinação contra circovirose e micoplasma. Para as características de carcaça foi observado maior profundidade de músculo (66,09 vs 63,23 mm), área de olho de lombo (59,64 vs 57,05 cm<sup>2</sup>) e maior porcentagem de proteína na carne (22,23 vs 21,75 %) para os leitões que receberam o maior aporte vitamínico. Melhorando também o tempo de estocagem da carne, retardando a oxidação lipídica para o grupo que recebeu suplementação vitamínica (0,337 vs 0,199 MDA eq./kg de amostra). Em relação às demais variáveis avaliadas não foi observado efeito da suplementação vitamínica. A suplementação vitamínica OVN® melhorou alguns parâmetros quantitativos da carcaça e a qualidade da carne, com o retardamento da oxidação lipídica.

**Palavras-chave:** Imunológico. *Mycoplasma*. Oxidação lipídica. Qualidade de carne. Vitaminas.

SANTOS, Rita de Kássia Silva. **Effect of vitamin supplementation OVN® (*Optimum Vitamin Nutrition*) for sows and for their progeny in reproductive and productive performance.** 2018. 116 p. Thesis (Doctor's Degree in Animal Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of the administration of a vitamin supplementation to gestation and lactation sows and their progeny on the reproductive performance and the body condition of the matrices, and on the zootechnical performance, the characteristics of carcass, meat quality, immunological profile, progeny muscle fiber counts and the quality of a meat product. In the first study, 104 sows were distributed in blocks according to the gestational cycle and they were submitted to two treatments: Low Vitamin Nutrition (LV) diet, with pre-established vitamin levels; OVN® (Optimum Vitamin Nutrition) diet, with vitamin levels above the literature references. Each sow and its respective litter were considered as an experimental unit or replicate. The sows were submitted to the body score, fat back evaluations and for the evaluation of the reproductive performance were analysed: total of piglets born; number of piglets born alive; number of stillborn piglets; number of mummified piglets; average and total weight at birth; mortality rate; number of piglets weaned and mean and total weight at weaning (21 days). In the second trial, 120 weaned piglets (litter), 60 castrated males and 60 females, with 21 days of average age and initial mean weight of  $5.33 \pm 1.5$  kg, were evaluated until slaughter at 164 days of age. The experimental design was randomized blocks, according to the weight and sex of the animals, in a 2 x 2 factorial model (two levels of vitamins for sows and two levels of vitamins for piglets), with 10 replicates/treatment (represented by the pen with three animals of the same sex). The treatments corresponded to the same ones adopted in the first experimental phase. The pigs were evaluated according to each stage of development and throughout the experimental period, considering: daily weight gain, daily feed intake, feed conversion and percentage of mortality. At 70 days of age, the blood was collected in 80 animals to verify the humoral immune response to mycoplasma and circovirus. The pigs were slaughtered at 164 days of age and were measured: warm carcass weight, cold carcass weight, backfat, muscle depth, loin eye area, carcass yield, pH (initial and final), color of meat, marbling, water retention capacity, water loss by thawing and cooking, softness, lipid oxidation, centesimal analysis and muscle fiber counting. A processed product was made and later its evaluation for lipid oxidation. The vitamin supplementation OVN® did not present positive effect for the reproductive parameters of the sows. However, it was positive in progeny performance early in the day care phase, but did not determine superior effects on immune responses to vaccination against circovirus and mycoplasma. For carcass characteristics, greater muscle depth (66.09 vs 63.23 mm) and loin eye area (59.64 vs 57.05 cm<sup>2</sup>) higher percentage of protein in the meat (22.23 vs 21.75%) for the piglets that received the highest vitamin intake. Also improving the meat storage time, delaying the lipid oxidation for the group that received vitamin supplementation (0.337 vs 0.199 MDA eq./kg of sample). In relation to the other variables evaluated, no effect of vitamin supplementation was observed. The vitamin supplementation OVN® improved some quantitative parameters of the carcass and the quality of the meat, with the retardation of lipid oxidation.

**Keywords:** Immunologic. Mycoplasma. Lipid oxidation. Quality of meat. Vitamins.

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO A

<b>Tabela 1</b> – Valores de vitaminas previstos nas rações de gestação e lactação .....	79
<b>Tabela 2</b> – Valores de vitaminas previstos nas rações de creche .....	80
<b>Tabela 3</b> – Valores de vitaminas previstos nas rações de crescimento e terminação .....	81
<b>Tabela 4</b> – Médias dos valores de desempenho reprodutivos, escore corporal e espessura de toucinho de porcas .....	84
<b>Tabela 5</b> – Desempenho zootécnico de suínos no período de 21 a 164 dias de idade .....	85
<b>Tabela 6</b> – Títulos de anticorpos séricos de leitões aos 70 dias de idade .....	87

### ARTIGO B

<b>Tabela1</b> – Valores de vitaminas previstos nas rações de gestação e lactação .....	101
<b>Tabela 2</b> – Valores de vitaminas previstos nas rações de creche .....	102
<b>Tabela 3</b> – Valores de vitaminas previstos nas rações de crescimento e terminação .....	103
<b>Tabela 4</b> – Características quantitativas da carcaça e número de fibras musculares.....	105
<b>Tabela 5</b> – Características qualitativas e análise centesimal da carne de suínos.....	109
<b>Tabela 6</b> – Valores de TBARs encontrados na carne <i>in natura</i> e produto cárneo curado, armazenados sob refrigeração.....	110

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
2.1	VITAMINAS .....	14
2.1.1	Vitaminas Lipossolúveis.....	15
2.1.1.1	Vitamina A .....	16
2.1.1.2	Vitamina D .....	20
2.1.1.3	Vitamina K .....	23
2.1.1.4	Vitamina E.....	24
2.1.2	Vitaminas Hidrossolúveis.....	28
2.1.2.1	Tiamina (Vitamina B1).....	29
2.1.2.2	Riboflavina (Vitamina B2) .....	31
2.1.2.3	Niacina (Vitamina B3).....	33
2.1.2.4	Ácido Pantotênico (Vitamina B5) .....	34
2.1.2.5	Piridoxina (Vitamina B6) .....	36
2.1.2.6	Biotina .....	38
2.1.1.7	Ácido fólico (Vitamina B9).....	40
2.1.1.8	Cianocobalamina (Vitamina B12) .....	43
2.1.1.9	Colina.....	44
2.1.1.10	Ácido ascórbico (Vitamina C).....	46
2.2	CONCEITO DE NUTRIÇÃO ÓTIMA DE VITAMINA - OPTIMUM VITAMIN NUTRITION - OVN® .....	49
2.3	AValiação Aporte de Vitaminas para Matrizes Suínas e Possíveis Efeitos sobre a Progênie.....	50
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	53
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	71
3.1	OBJETIVO GERAL .....	71
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICO.....	71

<b>4</b>	<b>ARTIGO A – AVALIAÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO VITAMÍNICA OVN® (Optimum Vitamin Nutrition) PARA MATRIZES SUÍNAS E PARA SUA PROGÊNIE NO DESEMPENHO REPRODUTIVO E PRODUTIVO.....</b>	<b>73</b>
<b>5</b>	<b>ARTIGO B – AVALIAÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO VITAMÍNICA OVN® PARA MATRIZES E SUA PROGÊNIE SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E QUALIDADE DE CARNE.....</b>	<b>94</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>116</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na nutrição animal, as vitaminas são de fundamental importância nos sistemas de produção, sendo utilizadas com a finalidade de melhorar o desempenho produtivo e reprodutivo (ISABEL et al., 2012).

A maioria das pesquisas voltadas para a determinação das exigências de vitaminas para suínos foi realizada nas décadas de 40 e 50 e dirigida para evitar quadros de deficiência (GAUDRÉ; QUINIOU, 2009), sendo comumente avaliadas isoladamente (MINELLI et al., 2013), não considerando interações com as demais vitaminas e/ou nutrientes (ISABEL et al., 2012; FONTES et al., 2014), fornecendo, por vezes, resultados inconclusivos e não condizentes com o atendimento das exigências das genéticas atuais (ISABEL et al., 2012).

Estudos demonstraram que os níveis ótimos de vitaminas na dieta, com destaque ao ácido fólico, biotina, riboflavina, vitamina A e/ou  $\beta$ -caroteno e vitamina E, promovem melhoras nos índices reprodutivos das fêmeas, com redução na taxa de mortalidade embrionária e de abortos, aumento no número de leitões nascidos vivos e desmamados, diminuição do intervalo entre desmame e estro e melhora do estado imunológico (CLOSE; COLE, 2001; ISABEL et al., 2012; TRINDADE NETO et al., 2007). Entretanto, os requisitos exatos para maximizar o desempenho reprodutivo ainda não foram estabelecidos, ocorrendo divergência nos resultados encontrados quando se avaliam os níveis ideais para cada fase de produção.

Ao suplementar a dieta de fêmeas suínas na gestação, algumas pesquisas mostram o aumento no teor do leite e colostro quando suplementaram a dieta com ácido fólico (BARKOW et al., 2001), vitamina B12 (SIMARD et al., 2007), vitamina E, (LAURIDSEN; JENSEN, 2005; PINELLI-SAAVEDRA; SCAIFE, 2005; WANG et al., 2017) e vitamina E e C de forma associada (SOSNOWSKA et al., 2011), melhorando o desenvolvimento subsequente dos leitões, principalmente no desmame, fase mais delicada na produção de suínos, por caracterizar baixa ingestão de alimento e aumento do estresse.

Quando se avalia a suplementação direta de vitaminas para leitões nas fases que sucedem o desmame, também há vários resultados positivos nos índices de desempenho (MAHAN et al., 2007; STAHLY et al., 2007; WANG et al., 2017). Lohakare et al. (2006), sugerem que suínos nas fases de crescimento e terminação apresentam melhores resultados de consumo e conversão alimentar quando suplementados com níveis mais elevados de vitaminas em relação às recomendações do NRC de 1998.

Quanto ao papel da suplementação vitamínica sobre as características de carcaça e de qualidade de carne, os mesmos conceitos são válidos, sendo também igualmente escassas as informações dos efeitos desta suplementação para matrizes suínas gestantes e lactantes sobre a performance da progênie (BOYD et al., 2008).

Pesquisas relataram uma relação positiva entre a administração de níveis elevados de vitamina E na alimentação de suínos e alguns atributos de qualidade da carne, especialmente a capacidade de retardar a oxidação lipídica (ASGHAR et al., 1991; BUCKLEY et al., 1995; DUNSHEA et al., 2005; GUO et al., 2006; JENSEN et al., 1998; KINGSTON et al., 1998; LAHUCKY et al., 2005; MORRISSEY et al., 1998; PETTIGREW; ESNAOLA, 2001; WANG et al., 2012). Rowe et al. (2004) e Warner et al. (2005) demonstraram que a vitamina E pode também melhorar a maciez da carne por evitar a oxidação das proteínas sarcoplasmáticas.

Reconhecidamente, as vitaminas exercem grande número de funções, auxiliando no metabolismo de outros nutrientes, melhorando a utilização de energia, proteína e, finalmente, podem fomentar os índices de produtividade e sanidade (HERNANDEZ et al., 2012). Neste cenário, o uso, como um todo, de níveis mais elevados da suplementação vitamínica nas rações despontam como condutas dietéticas modernas em relação a estes nutrientes, cujo objetivo, baseado no retrospecto de trabalhos científicos e experiências comerciais, é atender as crescentes demandas da espécie, acima das exigências estabelecidas pelas tabelas clássicas de nutrição (ROSTAGNO et al., 2011; 2017; NRC, 2012, FEDNA, 2013), estabelecendo novos níveis de exigência e preservando os custos de produção (HERNANDEZ et al., 2012).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da maior suplementação vitamínica para matrizes suínas em fase de gestação e lactação e seu efeito no desempenho reprodutivo e condição corporal e um possível efeito para suas progênies visando verificar interações destas ações sobre o desempenho zootécnico, características de carcaça, qualidade da carne e de um produto cárneo curado, perfil imunológico, contagem de fibras musculares.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 VITAMINAS

A história da descoberta das vitaminas foi concentrada principalmente na primeira metade do século XX. O termo “vitamina” foi criado em 1912, pelo bioquímico polonês Casimur Funk, o qual se baseou na palavra em latim *vita* (vida) e no sufixo-*amina*, para descrever o fator extraído da cutícula de arroz que curou o beribéri e depois se estendeu em 1948 com a descoberta da vitamina B12 (LEHNINGER et al., 1995; MATTE; LAURIDSEN, 2013). Durante esse período, a abordagem utilizada na pesquisa de nutrição humana e animal foram focados em sintomas de deficiência de vitaminas e doenças associadas, estando presentes nas pesquisas atuais sobre vitaminas (MATTE; LAURIDSEN, 2013).

De acordo com a FAO (2017), vitaminas são substâncias orgânicas presentes em pequenas quantidades nos alimentos, sendo necessárias para o metabolismo dos nutrientes, indispensáveis ao funcionamento do organismo. Um composto orgânico distinto de carboidratos, gorduras, proteínas e minerais.

Na alimentação animal, as vitaminas existem principalmente como compostos precursores ou coenzimas que podem estar ligadas ou complexadas de alguma maneira. Assim, os processos digestivos são necessários para liberar ou converter esses precursores ou complexos vitamínicos em formas utilizáveis e absorvíveis (NRC, 1998). São de fundamental importância nos sistemas de produção, sendo utilizadas com a finalidade de melhorar o desempenho produtivo e reprodutivo (ISABEL et al., 2012).

Sua ausência sistemática na dieta resulta, quase sempre, em crescimento e desenvolvimento deficientes e outras perturbações orgânicas, configurando-se um quadro sintomatológico característico de carência (LEHNINGER et al., 1995).

A utilização e o transporte das vitaminas absorvidas nos tecidos incluem absorção celular e conversão para uma forma que realiza uma determinada função bioquímica. A disponibilidade dessas vitaminas é essencial, pois elas também podem ser metabolizadas dentro das células e ficarem indisponíveis para excreção subsequente, ou simplesmente podem ser armazenadas (JACKSON, 1997).

Quando uma quantidade de vitamina é absorvida e entra na circulação, alguns tecidos podem não a utilizar por já terem atingido o estágio de saturação. Nesse caso, uma proporção da vitamina circulante seria excretada e, aparentemente, estaria indisponível

(BALL, 1998). Assim a biodisponibilidade, como a proporção da quantidade de vitamina ingerida que sofre absorção intestinal e é então utilizada pelo corpo, deve ser essencial (JACKSON, 1997).

As vitaminas estão relacionadas com a absorção e metabolismo de nutrientes, sendo algumas delas atuantes como agentes catalisadores no metabolismo de carboidratos, proteínas e gorduras (ZARDO; LIMA, 1999).

Embora as vitaminas cumpram numerosas funções, elas são divididas em apenas dois grupos, com base em sua solubilidade: lipossolúveis (solúvel em gordura) e hidrossolúveis (solúvel em água).

As vitaminas A, D, E e K, chamadas vitaminas lipossolúveis podem ser armazenadas no organismo, quando a disposição dietética excede os requisitos. As hidrossolúveis, não são armazenadas em quantidades substanciais, sendo eliminadas após reações metabólicas, o que leva muitas vezes a necessidade de um suprimento diário dessas vitaminas. Constituem esse grupo as vitaminas do complexo B (biotina, colina, ácido fólico, niacina, ácido pantotênico, riboflavina, tiamina, piridoxina, e cobalamina) e vitamina C (ácido ascórbico) (BERTECHINI, 2006; GAUDRÉ; QUINIOU, 2009; MATTE; LAURIDSEN, 2013).

Estas características são particularmente importantes durante estágios fisiológicos críticos em que as necessidades metabólicas podem mudar rapidamente, em particular, durante a gestação e o desmame. Nesses casos, os animais podem contar com reservas de tecidos para vitaminas lipossolúveis (MATTE; LAURIDSEN, 2013).

### 2.1.1 Vitaminas Lipossolúveis

As vitaminas lipossolúveis são moléculas relativamente apolares e dependem de solubilização micelar para sua absorção a partir do ambiente aquoso do lúmen intestinal. Devem ser incorporadas nas micelas em associação com lipídios alimentares para serem absorvidas (ISABEL et al., 2012).

A absorção é dependente de todos os componentes lipídicos envolvidos na formação da micela e, ainda, do estímulo das funções pancreáticas e biliares promovidas pela ingestão do alimento. Por esta razão, deve ser dada atenção à fração solúvel em gordura na formulação de rações, a fim de se conseguir boa capacidade de emulsão e formação de micelas no duodeno (ISABEL et al., 2012).

Segundo Ching et al. (2002), as exigências das vitaminas solúveis em gordura sugeridas pelo NRC (1998) são consideradas mais baixas e, em especial, as vitaminas A e E são suplementadas a níveis aproximadamente 3,5 a 5 vezes superiores às exigidas nas formulações para alimentação animal.

Ao avaliar o efeito da suplementação dietética das vitaminas lipossolúveis, Lohakare et al. (2006) verificaram melhora no desempenho de suínos em fase de engorda, observando que sob uma condição de incremento conjunto destas, ao contrário do aumento individual de cada uma das vitaminas lipossolúveis na dieta, resultou na melhora do ganho de peso e da conversão alimentar, mostrando que a associação vitamínica tem um efeito positivo.

Avaliando a combinação das vitaminas A, D e E injetável (135.000 UI vitamina A, 40.000 UI vitamina D e 40 mg vitamina E/animal) para leitões entre 20 e 40 dias de idade, Lima et al. (2012), observaram, para o grupo que recebeu a suplementação, aumento no ganho de peso e melhor resposta aos processos relacionados ao estresse oxidativo causado pelo desmame. Diferentemente Jang et al. (2014), ao suplementarem porcas pré parto e leitões lactentes com 40.000 UI vitamina A, 40.000 UI vitamina D e 400 UI vitamina E sob a forma oral ou injetável, não obtiveram resposta positiva.

Algumas pesquisas, entretanto, de forma contraditória, mostram efeitos antagônicos entre as vitaminas lipossolúveis e as características de interesse zootécnico e de saúde. Neste sentido destacam-se os prejuízos no sistema imunitário decorrente da supressão observada da absorção gastrointestinal da vitamina E pela vitamina A (KUBENA; McMURRAY, 1996). Ching et al. (2002) observaram também que a vitamina A dietética parece afetar a absorção e retenção de vitamina E no leitão desmamado. À medida que o nível de vitamina A na dieta aumentou, houve um impacto negativo tanto na concentração de soro como na retenção hepática de  $\alpha$ -tocoferol. Em contrapartida, Anderson et al. (1995), não demonstraram qualquer efeito prejudicial quando suplementaram a dieta com níveis elevados de vitamina A e E em suínos em crescimento, mostrando que os efeitos antagônicos são mais expressivos nas fases iniciais.

#### 2.1.1.1 Vitamina A

A vitamina A foi descoberta em 1913 por Elmer McCollum e Marguerite Davis (SEMBA, 2012). Também conhecida como retinol, é uma vitamina lipossolúvel,

considerada um micronutriente importante na dieta dos mamíferos (CLAGETT-DAME; KNUTSON, 2011).

A vitamina A dietética é obtida a partir de fontes vegetais (carotenóides da provitamina A, particularmente  $\beta$ -caroteno) ou como ésteres retinílicos de origem animal. O destino metabólico deste retinol é a esterificação e, na sequência, segue para o armazenamento tecidual (principalmente no fígado) (CAÑETE et al., 2017).

As diferentes formas de vitamina A encontradas nos tecidos animais são retinol, retinal e ácido retinóico, sendo este último o mais metabolicamente ativo (DEBIER; LARONDELLE, 2005), diferindo em seu estado de oxidação química, e desempenhando um papel singular na regulação das funções fisiológicas. O retinol representa a principal forma de transporte de vitamina A e, quando esterificado, serve como forma de armazenamento da vitamina no fígado; o retinal desempenha um papel importante no desenvolvimento da visão e na reprodução; e o ácido retinóico tem importantes funções biológicas na manutenção da diferenciação celular e do crescimento (BLOMHOFF, 1994; CHEW, 1993).

Nas plantas estão presentes na forma de provitaminas, como os carotenóides que os animais convertem facilmente em vitamina A (ISABEL et al., 2012). Destes, o  $\beta$ -caroteno é o mais abundante e ativo. A maioria dos animais é capaz de converter  $\beta$ -caroteno em vitamina A, no entanto, a eficiência dessa conversão difere com a espécie (CHEW, 1993). Em suínos a conversão ocorre essencialmente no intestino delgado (ISABEL et al., 2012).

A molécula de vitamina A é muito suscetível à oxidação, especialmente quando na forma de álcool. Uma unidade internacional de vitamina A é igual a 0,3  $\mu$ g de retinol (1 mg de retinol = 3333 UI de vitamina A), 0,344  $\mu$ g em forma de acetato, 0,359  $\mu$ g de propionato ou 0,55  $\mu$ g de palmitato (ISABEL et al., 2012).

Após a absorção, uma parte da vitamina A pode ser distribuída aos tecidos através de quilomicrons (PAIK et al., 2004), sendo o excesso armazenado principalmente no fígado como ésteres de retinil (CHEW et al., 1993). No fígado, os ésteres de retinil podem ser hidrolisados para retinol e liberados na corrente sanguínea com proteína de ligação ao retinol (RBP) (SUN et al., 2008). A eficiência de absorção do retinol e do  $\beta$ -caroteno depende em grande parte da quantidade e qualidade da gordura presente na dieta (BLOMHOFF e BLOMHOFF, 2006).

A vitamina A desempenha um papel importante em muitos processos biológicos essenciais. A principal forma ativa, o ácido retinóico, está envolvido na imunidade, na reprodução e no crescimento (CONAWAY et al., 2013; NAPOLI, 1999; ROSS; GARDNER, 1994).

Em 1920 a vitamina A foi nomeada como "a vitamina anti-infecciosa", com base nas observações de que os animais deficientes nesta ficariam suscetíveis às doenças infecciosas, sendo está atribuída à imunidade humoral e celular deprimida (BLOMHOFF; SMELAND, 1994; ROSS et al., 2011).

De acordo com Gomes et al. (2005), a vitamina A é outro antioxidante exógeno capaz de prevenir a ação deletéria de espécies reativas de oxigênio (ROS) liberados durante a inflamação, infecção e estresse.

A deficiência de vitamina A prejudica tanto a imunidade humoral como a imunidade mediada por células (BLOMHOFF; SMELAND, 1994, SEMBA, 1998). Os diferentes sintomas de uma deficiência são o comprometimento no funcionamento dos linfócitos, a diminuição da proliferação celular e a produção de anticorpos (BLOMHOFF; SMELAND, 1994).

A função de regulação do sistema imunológico é realizada por all-trans e 9-cis-ácido retinóico. Essas moléculas desempenham um papel central na regulação do desenvolvimento, diferenciação e apoptose das células imunes, necessárias para o bom funcionamento da imunidade inata e adaptativa (ROSS et al., 2011; SEMBA, 1998).

Em suínos, a vitamina A também está envolvida na resposta imune. Ludke et al. (1985) relataram um aumento da concentração de anticorpos contra *Escherichia coli* e *Salmonella Dublin* em leitões que receberam suplementação de vitamina A, comparados aos controles.

Essa eficácia na resposta imune está relacionada com a manutenção da integridade do epitélio, a função da glândula adrenal, que libera corticosteróides, e a resposta de anticorpos aos antígenos dependentes das células T (ZHAO; ROSS, 1995).

Outro papel importante da vitamina A está relacionada com a manutenção da fisiologia reprodutiva e desenvolvimento fetal. De acordo com Clagett-Dame e DeLuca (2002), os resultados mais característicos da deficiência de vitamina A são a reabsorção, morte fetal e malformações congênitas, sendo o ácido retinóico necessário para o desenvolvimento adequado da prole, e, juntamente com o retinol, atuando na prevenção da reabsorção fetal (CLAGETT-DAME; DeLUCA, 2002; WELICK et al., 1997).

A vitamina A tem sido associada à capacidade do ovário produzir hormônios esteróides, particularmente à progesterona (CHEW, 1993), sendo provável que esteja envolvida na preparação da mucosa uterina para permitir a concepção (ISABEL et al., 2012).

Em seu estudo, Adams et al. (1981) identificaram uma proteína de ligação ao retinol (RBP) nas secreções uterinas, com efeitos relacionados ao aumento dos níveis de

progesterona. O conteúdo de vitamina A nos fluidos uterinos também aumentou quando a RBP foi aumentada, sugerindo que esses compostos eram essenciais para o transporte de nutrientes do útero para apoiar os embriões em desenvolvimento.

A este respeito, verificou-se em suínos que a proteína 4 de ligação ao retinol (RBP4) é um importante produto secretor de conceptos antes da implantação (TROUT et al., 1991). Portanto, o RBP4 é relatado como um gene candidato para o tamanho da ninhada devido ao seu possível papel no momento do desenvolvimento embrionário (MARANTIDIS et al., 2016; ROTHSCHILD et al., 2000; TERMAN et al., 2007).

Estudando o efeito da administração injetável de vitamina A ou de seu fornecimento via ração, Coffey e Britt (1993) demonstraram efeitos positivos sobre o número de leitões nascidos vivos quando foi administrado em concentrações de 11.000 IU.

Avaliando o efeito da vitamina A sobre o desempenho produtivo, Silveira et al. (1997) concluíram que os suplementos injetáveis melhoraram o desempenho reprodutivo das porcas, independente da fase produtiva, incluindo um aumento no número de leitões totais e nascidos vivos e no peso da leitegada ao nascer. Stender et al. (1999), todavia, não observaram efeitos benéficos na administração de  $\beta$ -caroteno de forma injetável no desempenho reprodutivo em porcas de alta performance, indicando que o efeito provavelmente está limitado às porcas mantidas em situações de baixa eficiência reprodutiva.

Administrando doses elevadas de vitamina A injetável (250.000 UI e 500.000 UI) para porcas em diferentes ordens de parto, Lindemann et al. (2008) observaram um efeito positivo no número de leitões nascidos e desmamados em fêmeas mais jovens (1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> parto) em relação a fêmeas mais velhas (3<sup>a</sup> a 6<sup>a</sup> parto), indicando que as necessidades de vitamina A para o máximo desempenho podem variar de acordo com a idade.

De acordo com Debier e Larondelle (2005), durante a gestação a vitamina A é transferida para o feto através da placenta. Esta oferta é essencial, uma vez que os retinóides estão envolvidos no crescimento e na diferenciação celular do feto.

Em publicação recente, Rostagno et al. (2017) recomendam que o aporte nutricional dietético de vitamina A para suínos em fase de reprodução seja de 10.400 UI/kg de ração; e para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30 kg, 12.304, 10.931 e 8.948 UI/kg de ração, respectivamente. Para os animais em crescimento e terminação as recomendações para aqueles que estão compreendidos entre 30 a 50 kg de peso vivo, 7.270 UI/kg; entre 50 a 70 kg, 6.018 UI/kg; entre 70 a 100 kg, 5.005 UI/kg e entre 100 a 125 kg, 4.200 UI/kg de ração.

### 2.2.1.2 Vitamina D

As duas principais formas de vitamina D são o ergocalciferol (vitamina D<sub>2</sub>), sintetizada na epiderme pela ação da radiação ultravioleta da luz solar sobre o esteróide vegetal ergosterol; e o colecalciferol (vitamina D<sub>3</sub>), igualmente sintetizada na epiderme pela ação da radiação da luz solar, porém a partir do colesterol (CAMPBELL, 2000; ISABEL et al., 2012; LIPS, 2006). Uma unidade internacional (UI) de vitamina D tem atividade de 0,025 µg de colecalciferol (1 mg de colecalciferol = 40.000 UI de vitamina D) (ISABEL et al., 2012).

O colecalciferol (vitamina D<sub>3</sub>) pode ser formado a partir de 7-desidrocolesterol, um derivado de colesterol sintetizado por suínos em vitamina D. Assim, em certas circunstâncias, não é considerado um nutriente essencial. A vitamina D<sub>3</sub> também pode ser formada a partir de ergosterol de origem vegetal. Ambos os precursores ou provitaminas podem converter às vitaminas correspondentes pela ação de raios ultravioletas. Nos animais em confinamento esta ativação não é possível, na prática é necessário incluir fontes de vitamina D na alimentação (ISABEL et al., 2012; ZITTERMANN, 2003).

As vitaminas D<sub>3</sub> e D<sub>2</sub> sofrem a mesma metabolização, de forma que podem ser denominadas como vitamina D. Devido às suas propriedades lipossolúveis as duas formas podem ser absorvidas no intestino delgado a partir de micelas, independente da sua origem (conversão na pele ou absorção). As vitaminas são transportadas pelo sangue para o fígado, onde se convertem em 25 - hidroxicalciferol (ou calcidiol) [25(OH)D] pela enzima 25-hidroxilase, caracterizando a primeira hidroxilação. O 25(OH)D é rapidamente liberado pelo fígado, entra na corrente sanguínea e migra para os rins onde é ativado com uma segunda hidroxilação e se converte em 1,25-dihidroxicalciferol [1,25(OH)<sub>2</sub>D] (calcitriol), forma ativa da vitamina D, que estimula a absorção de cálcio a partir do intestino. A enzima 1α-hidroxilase é a responsável por transformar o calcidiol em 1,25(OH)<sub>2</sub>D (calcitriol), duplamente hidroxilada (HOLICK, 2006; ISABEL et al., 2012; LIPS, 2006; NORMAN; HENRY, 2007; SCHMID, 2013; ZITTERMANN, 2003).

A segunda hidroxilação é regulada pelo paratormônio, pela prolactina, por estrógenos e pela quantidade de vitamina D, Ca (Cálcio) ou P (Fósforo) na dieta, que atuam aumentando ou diminuindo a produção enzimática nos rins e conseqüentemente controlando a calcemia sanguínea (MOREIRA et al., 2004).

Quando a quantidade Ca e P da dieta estão adequadas este composto é transformado em 24,25- hidroxicalciferol e direcionado para a mucosa intestinal onde se

liga ao núcleo das células epiteliais da mucosa, estimulando a produção de uma proteína pelo núcleo da célula. Esta proteína se liga aos íons Ca e P que se encontram no lúmen intestinal, fazendo com que os mesmos sejam absorvidos e direcionados para as áreas de crescimento ósseo onde serão depositados. Caso os níveis de Ca e P da dieta não sejam abundantes será formado outro composto, o 1,25-hidroxicolecalciferol, que será direcionado aos ossos provocando reabsorção do Ca. Este mecanismo promove o controle da calcemia (DITTMER; THOMPSON, 2011; DUSSO et al., 2005).

Devido à sua ligação com o metabolismo do cálcio e do fósforo, existe uma relação entre os derivados da vitamina D e os hormônios calcitonina e hormônio paratireóide (PTH). A síntese renal de calcitriol é controlada homeostaticamente pelo PTH que regula a síntese de derivados de 1,25-hidroxi no rim. Quando a concentração de Ca no sangue é baixa, a produção de PTH aumenta, estimulando a formação de derivados de 1,25-hidroxi no rim e, como consequência, aumenta a absorção intestinal de cálcio e provavelmente reabsorção no rim, aumentando assim o cálcio circulante (ISABEL et al., 2012; ZITTERMANN, 2003).

Em seu estudo, Lauridsen et al. (2010) observaram que a deficiência de vitamina D provoca um desequilíbrio na absorção e no metabolismo de Ca e P, podendo resultar em calcificação óssea insuficiente, provocando raquitismo em leitões e diminuição do conteúdo mineral ósseo (osteomalácia) em suínos adultos.

Embora em algumas circunstâncias os requisitos de vitamina D possam ser obtidos inteiramente por síntese endógena, na prática é útil incluir uma quantidade suficiente na alimentação para obter todos os requisitos (ISABEL et al., 2012).

Para suínos em fases reprodutivas, Rostagno et al. (2017) indicam 1.560 UI de vitamina D3/kg de ração; para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30 kg, a recomendação é de 2.707, 2.405 e 1.969 UI de vitamina D3/kg de ração, respectivamente. Para os animais em fase de crescimento e terminação as recomendações para aqueles com peso vivo compreendido entre 30 e 50 kg, 1.599 UI/kg; entre 50 a 70 kg, 1.324 UI/kg; 70 a 100 kg, 1.101 UI/kg e 100 a 125 kg, 924 UI de vitamina D3/kg de ração.

A suplementação de vitamina D é geralmente adicionada à ração animal sob a forma de colecalciferol (vitamina D3), que é transportada para o fígado e hidroxilada para 25 hidroxicolecalciferol [25(OH)D3]. A concentração de 25(OH)D3 na circulação é considerada um bom indicador do estado da vitamina D em geral (BAR et al., 2003).

Estudos relatam o efeito da suplementação de vitamina D com intuito de melhorar as características de carcaça e carne de suínos. As características de cor como valores de L\* e a\* foram influenciadas positivamente (WIEGAND et al., 2002) pela

suplementação com a vitamina D3 (500.000 UI/ 3-5 dias antes do abate). Os resultados obtidos por Wilborn et al. (2004) indicaram que os valores de L\* podem ser reduzidos pela administração de vitamina D3 (até 80.000 UI/kg de ração durante 44 dias antes do abate) e os níveis de maciez aumentados. Lahucky et al. (2007) observaram que fornecendo uma dieta com 500.000 UI/dia de vitamina D3 durante 5 dias antes do abate apresentou valores maiores de a\* (vermelho) e estabilidade antioxidante no músculo *longissimus* de suínos.

Algumas pesquisas demonstram associação positiva entre a suplementação de vitamina D na forma de 25OHD3 (HyD) durante a gestação e o desenvolvimento muscular da progênie, mostrando melhorias no *status* materno desta vitamina ao substituir uma porcentagem de vitamina D3 na dieta pela forma 25OHD3 (HyD), resultando em uma melhora do *status* fetal dessa vitamina (COFFEY et al., 2012; HINES et al., 2013; ZHOU et al., 2016).

Ao suplementar fêmeas durante a gestação com 50 µg na forma 25OHD3 (HyD), Hines et al. (2013) observaram aumento no número e o prolongamento da proliferação de mioblastos Pax7 de fetos com 90 dias de gestação, um efeito efetivamente passível de influenciar o potencial de crescimento do músculo e o desenvolvimento final da progênie, com resultados subsequentes na produção de carne. Hutton et al. (2014) sugerem que a hipertrofia do músculo é positivamente influenciada pelo aumento do *status* de vitamina D quando fornecida sob a concentração de 2,76 UI na forma de 25OHD3 (HyD) para frangos, sendo este efeito decorrente de um aumento no acúmulo de proteínas miofibrilares.

A hipertrofia das fibras musculares esqueléticas desenvolvidas pré-natal é o principal mecanismo pelo qual o crescimento do músculo ocorre após o parto (LAURIDSEN, 2014), que acontece por fusão de células satélites com fibras musculares existentes e, por fim, resulta em aumento da síntese de proteína miofibrilar (ALLEN; RANKIN, 1990).

De acordo com Starkey (2014), a vitamina D desempenha um papel significativo no amadurecimento e crescimento hipertrófico do músculo esquelético pós-natal, sendo que a suplementação dietética pós-natal é de fato necessário para otimizar a deposição de proteína muscular e, finalmente, aumentar o rendimento muscular.

Konowalchuk et al. (2013) observaram que a suplementação de vitamina D3 promoveu em leitões com idade compreendida entre 21 e 69 dias de idade melhora da imunidade celular e humoral. Flohr et al. (2014) observaram aumento no teor de vitamina D3 no leite e na concentração circulante de 25(OH)D3, no entanto não observaram efeito no desempenho dos leitões. Lauridsen et al. (2010) também não verificaram efeito positivo na suplementação de vitamina D sobre o desempenho de e leitões e concluíram que,

independente da dose ou da forma fornecida às porcas, apenas uma pequena quantidade é transferida para a prole.

### 2.1.1.3 Vitamina K

A vitamina K foi descoberta por Henrik Dam em 1929, sendo atribuída como um fator anti-hemorrágico capaz de restabelecer perturbações sanguíneas observadas em galinhas alimentadas com dietas livres de gordura (SUTTIE, 1992). Posteriormente, em 1935, foi relatado por Dam que o sintoma era aliviado pela ingestão de uma substância solúvel em gordura, a qual denominou vitamina K ou vitamina da coagulação (BENTLEY et al., 1982).

O termo é utilizado para designar uma série de compostos que são caracterizados por um grupo quinona e que têm propriedades anti-hemorrágicas em animais. A vitamina K é essencial porque não pode ser sintetizada em células de mamífero (ISABEL et al., 2012).

Os dois compostos naturais mais importantes são a vitamina K1 (filoquinona), que é a forma predominante, encontrada em vegetais verdes, e a vitamina K2 (menaquinona), produzida em culturas bacterianas e sintetizadas por bactérias no trato gastrointestinal de humanos e animais. A vitamina K3 (menadiona) é um composto sintético normalmente utilizado como fonte da vitamina para a alimentação animal (2-metil-1,4-naftoquinona), que pode ser convertido a K2 no intestino. Todas as formas de vitamina K convertem a menaquinona no fígado, o que sugere que esta é a forma ativa da vitamina (ISABEL et al., 2012; KLACK; CARVALHO, 2006; SUTTIE, 2007).

A vitamina K da dieta é absorvida principalmente no intestino delgado, embora tenha sido demonstrado que também pode ocorrer no cólon, incorporada aos quilomícrons e transportada pelas vias linfáticas. Portanto, avitamina K necessita de um fluxo normal de bile e suco pancreático, além de um teor adequado de gordura na dieta, para exercer suas funções (DORES et al., 2001; KLACK; CARVALHO, 2006).

As maiores lipoproteínas carreadoras da vitamina K são os triglicerídeos. Independentemente da dose consumida, 20% é excretada pela urina em três dias, enquanto que entre 40 e 50% pelas fezes. Esse catabolismo mostra a rápida depleção das reservas hepáticas em dietas pobres em vitamina K (DORES et al., 2001; KLACK; CARVALHO, 2006).

O fígado tem um papel exclusivo na transformação metabólica que leva à excreção da vitamina K do organismo. Por ser o local de síntese de proteínas da coagulação

dependentes de vitamina K, o fígado sempre é considerado o maior órgão de estoque desta vitamina (DORES et al., 2001).

A principal função da vitamina K é o controle do período de coagulação do sangue. É necessária para a síntese de protrombina (fator II), proconvertina (fator VII), fator anti-hemofílico B (fator IX), fator Stuart (fator X), proteína C no fígado e para a conversão da protrombina em trombina (KLACK; CARVALHO, 2006; ISABEL et al., 2012).

Há evidências de que a vitamina K seja importante no desenvolvimento precoce do esqueleto e na manutenção óssea (DORES et al., 2001; KLACK; CARVALHO, 2006).

Alguns fatores podem interferir na absorção de vitamina K, como a fisiologia do indivíduo, doenças específicas, má absorção gastrointestinal, secreção biliar, estado nutricional, ingestão insuficiente das fontes dessa vitamina, uso de anticoagulantes cumarínicos e nutrição parenteral total (NPT) (MOURÃO et al., 2005).

Um sintoma característico em leitões é o aumento do tempo de coagulação do cordão umbilical após o nascimento. Outros sintomas seriam o sangue na urina e as hemorragias subcutâneas (ISABEL et al., 2012).

O NRC (1998) estabeleceu requisitos como 0,5 mg de menadiona por kg de alimento para todas as idades e fases produtivas. Considera-se que a síntese microbiana no sistema digestivo é suficiente para satisfazer as necessidades desses animais (ISABEL et al., 2012).

Para suínos em fases reprodutivas, Rostagno et al. (2017) indicam 2,60 mg/kg de vitamina K/kg de ração ; para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30 kg, a recomendação é 5,332, 4,737 e 3,877 mg de vitamina K/kg de ração, respectivamente. Para os animais em fase de crescimento e terminação as recomendações para aqueles com peso vivo compreendido entre 30 a 50 kg, 3,150 mg/kg; entre 50 a 70 kg, 2,608 mg/kg; entre 70 a 100 kg, 2,169 mg/kg e 100 a 125 kg, 1,820 mg/kg de vitamina K3/ kg de ração.

#### 2.1.1.4 Vitamina E

Em 1936, H. Evans isolou a vitamina E da extração do óleo de gérmen de trigo e chamou este fator de " $\alpha$ -tocoferol" (TRABER, 2007).

A Vitamina E consiste na denominação genérica de oito compostos lipossolúveis, derivados de tocoferóis e tocotrienóis, cada um com atividades biológicas específicas. Os alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), gama ( $\gamma$ ) e delta ( $\delta$ ) tocoferóis e  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$  tocotrienóis,

sendo o alfa ( $\alpha$ ) tocoferol o mais biologicamente ativo, representando aproximadamente 90-100% da vitamina E encontrada nos tecidos (COMBS; McCUNG, 2017; DUCAN; SUZUKI, 2017; PINELLI-SAAVEDRA, 2003; TRABER, 2007).

A vitamina E é absorvida no intestino através da digestão de gordura, facilitada pelo processo de emulsão da bile e da lipase pancreática, independentemente da vitamina E estar presente como um álcool livre ou como a forma esterificada no intestino delgado. Os ésteres são hidrolisados por um éster hidrolase pancreático, sendo apenas absorvidos os tocoferóis livres. São incorporados nos quilomícrons e transportados no sistema linfático, se deslocando ao plasma, onde são ligados principalmente às lipoproteínas na fração de globulina, sendo absorvida no fígado e em outros tecidos (COMBS; McCLUNG, 2017; ISABEL et al., 2012; McDOWELL, 2000; PINELLI-SAAVEDRA, 2003). Uma vez absorvido, o  $\alpha$ -tocoferol é distribuído por todas as membranas celulares (incluindo estruturas intracelulares tais como o retículo endoplasmático ou a membrana nuclear) (ISABEL et al., 2012).

A vitamina E é o principal antioxidante *in vivo*, e é considerada a primeira linha de defesa contra a peroxidação lipídica, protegendo as membranas celulares em um estágio inicial do ataque de radicais livres através da atividade de eliminação de radicais livres (PINELLI-SAAVEDRA, 2003). Limita a peroxidação lipídica iniciada por espécies reativas de oxigênio e radicais livres em todas as células, incluindo as do sistema imunológico (PINELLI-SAAVEDRA et al., 2008). Seu principal local de ação está nas membranas celulares, onde protege os fosfolípidos contra a oxidação (GEBERT et al., 2006).

A vitamina E funciona como um antioxidante que age neutralizando os radicais livres, prevenindo a oxidação de lipídios dentro das membranas. Os radicais livres podem danificar células saudáveis e células adjacentes em que mais radicais livres são produzidos em uma reação em cadeia que leva à destruição de tecido. A vitamina E interrompe a produção de radicais livres na fase inicial, mantendo assim a integridade estrutural e funcional das células (AMAZAN et al., 2012; McDOWELL, 2000; PINELLI-SAAVEDRA, 2003).

Segundo McDowell (2000), a função antioxidante poderia aumentar a imunidade, mantendo a integridade funcional e estrutural das células imunes importantes. Um sistema imunológico comprometido afetará a saúde animal e resultará na redução da eficiência da produção animal através da suscetibilidade às doenças, levando ao aumento da morbidade e mortalidade dos animais.

Os leitões nascem com baixas reservas de  $\alpha$ -tocoferol nos tecidos, adquirindo sua primeira imunidade passiva através da porca (AMAZAN et al., 2012; LAURIDSEN et al., 2002; MAHAN, 1994; PINELLI-SAAVEDRA et al., 2008). Sua dependência com esta fonte de imunidade continua por aproximadamente duas semanas após o nascimento (FRAGOU et al., 2004). Embora o colostro contribua com os níveis de  $\alpha$ -tocoferol para o leitão, sua concentração depende do nível de vitamina E na dieta das porcas (FRAGOU et al., 2004; LAURIDSEN; JENSEN, 2005; MAHAN, 1994; MAHAN et al., 2000; PINELLI-SAAVEDRA; SCAIFE, 2005; WANG et al., 2017).

O sistema imunológico de leitões é ainda comprometido quando submetidos a estresses sociais, ambientais, nutricionais e no momento do desmame, como relatam Watrang et al. (1998) e Bailey et al. (1992). O pós-desmame é considerado um dos períodos mais delicados na produção de suínos, pois se caracteriza pela baixa ingestão alimentar e aumento do estresse. Depois do desmame as concentrações de  $\alpha$ -tocoferol diminuem consideravelmente (LAURIDSEN et al., 2002; LAURIDSEN; JENSEN, 2005), levando a um aumento do estado oxidativo e maior susceptibilidade a doenças (AMAZAN et al., 2012).

Pesquisas mostram os efeitos benéficos da vitamina E sobre o sistema imunológico de leitões (BAILEY et al., 1992; De La FUENTE; VICTOR, 2000; FRAGOU et al., 2004; LAURIDSEN; JENSEN, 2005; NEMEC et al., 1994; WATTRANG et al., 1998). Pinelli-Saavedra (2003) ratificaram a ação da vitamina E na melhora da resposta imune para porcas e leitões. Enquanto, Pharazyn et al. (1990) sugeriram que a suplementação de vitamina E tenha potencial como um método para conferir resistência à doenças entéricas no leitão, como *Escherichia coli*.

A adição de 250 UI de vitamina E /kg na dieta de fêmeas no final da gestação até o desmame afetou significativamente a composição e os níveis de imunoglobulina do colostro e leite e também aumentou a função imune humoral e a atividade antioxidante em porcas e leitões (WANG et al. 2017).

Na reprodução atua como um antioxidante com outros sistemas enzimáticos como a glutathione peroxidase, a fim de proteger o sistema reprodutivo da célula. Enquanto a vitamina E absorve radicais dentro da fase da membrana, a glutathione peroxidase bloqueia o início da peroxidação lipídica dentro da fase solúvel da célula (PINELLI-SAAVEDRA, 2003).

Em relação à administração de vitamina E para porcas e seu efeito na progênie, Umensiobi (2009) afirma que dietas para porcas na gestação e lactação devem ser complementadas com pelo menos 70 UI/kg de vitamina E (acetato de  $\alpha$ -tocoferol), de modo a

aumentar o tamanho da leitegada e o desenvolvimento corporal subsequente dos leitões. Resultados semelhantes foram encontrados por Wang et al. (2017), que ao suplementarem 250 UI/kg de vitamina E na dieta de fêmeas durante a última semana de gestação e lactação, observaram maiores pesos dos leitões no desmame e no ganho médio diário.

Pesquisas relataram uma relação positiva entre a administração de níveis elevados de vitamina E na alimentação de suínos e alguns atributos de qualidade da carne, especialmente a capacidade de retardar a oxidação lipídica na carne suína (ASGHAR et al., 1991; BUCKLEY et al., 1995; DUNSHEA et al., 2005; GUO et al., 2006; JENSEN et al., 1998; KINGSTON et al., 1998; LAHUCKY et al., 2005; MORRISSEY et al., 1998; PETTIGREW; ESNAOLA, 2001; WANG et al., 2012).

A oxidação lipídica é um dos principais processos de deterioração da qualidade da carne e dos produtos à base de carne (JENSEN et al., 1998) e a vitamina E neutraliza os radicais livres, interrompendo a cadeia de reações oxidativas, protegendo cada célula e reduzindo os danos aos tecidos (RADCLIFFE, 2004).

De acordo com Dunshea et al. (2005), um valor de 0,50 mg de equivalentes de malonaldeído/kg seria a concentração limite para a detecção da rancidez e *off-flavors* por provadores treinados. Ao suplementar a dieta de suínos com 10 mg/kg de vitamina E, o nível limite para o TBARS é alcançado após seis dias de estocagem (ASGHAR et al., 1991; MONAHAN et al., 1994). Suplementando a dieta com 200 mg/kg de vitamina, Dirinck et al. (1996), observaram um valor de 0,16 equivalentes de malonaldeído/kg para o mesmo tempo de estocagem.

Segundo Gray et al. (1996), para manter a cor da carne aceitável em períodos prolongados de tempo é necessário atrasar a oxidação do pigmento e / ou aumentar a redução da mioglobina oxidada. Ashgar et al. (1991) e Monahan et al. (1992) demonstraram que a suplementação com vitamina E, além de diminuir a oxidação lipídica, diminui também a perda de gotejamento e melhora a cor da carne suína. Essa diminuição na perda de água ocorre possivelmente pela preservação da integridade da membrana das células musculares devido à função antioxidante da vitamina E (SILVA et al., 2013).

Rowe et al. (2004) e Warner (2005) demonstraram que a vitamina E pode também melhorar a maciez da carne por evitar a oxidação das proteínas sarcoplasmáticas. As principais enzimas responsáveis pela resolução do *rigor mortis* são a  $\mu$ -calpaína e a m-calpaína, que possuem um resíduo de cisteína que pode ser oxidado, tornando-as menos ativas. Ao evitar a oxidação das calpaínas, a vitamina E contribui para uma maior proteólise durante a maturação da carne, tornando-a mais macia.

Para suínos em fases reprodutivas, Rostagno et al. (2017) indicam 58,5 UI de vitamina E/kg na ração; para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30 kg, a recomendação é 73,8, 65,6 e 53,7 UI de vitamina E/kg de ração, respectivamente. Para os animais em fases de crescimento e terminação as recomendações para aqueles com peso vivo entre 30 a 50 kg, 43,6 UI/kg; entre 50 a 70 kg, 36,1 UI/kg; 70 a 100 kg, 30,0 UI/kg e 100 a 125 kg, 25,2 UI de vitamina E/kg de ração.

### 2.1.2 Vitaminas Hidrossolúveis

As vitaminas hidrossolúveis (solúveis em água) constituem as vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina, biotina, colina, ácido fólico, ácido pantotênico, piridoxina, e cobalamina) e vitamina C (ácido ascórbico).

É um grupo estruturalmente dissimilar de compostos orgânicos que compartilham as características comuns de serem essenciais para funções celulares, para o crescimento e o desenvolvimento (SAID, 2011). Não estão associadas às gorduras e as alterações na absorção de gordura não afetam a sua absorção. Por serem solúveis em água, estão presentes no plasma, citoplasma e organelas celulares (ISABEL et al., 2012).

Com exceção da vitamina B12, as vitaminas hidrossolúveis normalmente não são armazenadas em quantidades significativas no organismo, e os excessos são rapidamente excretados, o que leva muitas vezes à necessidade de um suprimento diário dessas vitaminas (McDOWELL, 2000). Embora existam quantidades mínimas na dieta, elas desempenham papéis importantes na manutenção do metabolismo normal, energia, diferenciação e estado de crescimento das células (SAID, 2011).

De acordo com Cho et al. (2017), vitaminas do complexo B são necessárias para o crescimento e acúmulo de carne magra em suínos, enquanto desempenham um papel importante no metabolismo de energia, carboidratos e gorduras.

A suplementação dietética de vitaminas B combinadas foi relatada para aumentar o desempenho de crescimento de leitões após o desmame (MAHAN et al., 2007; STAHLY et al., 2007), mas há desacordo sobre os níveis ótimos para o desempenho máximo de crescimento. Stahly et al. (2007) demonstraram que altas concentrações de uma ou mais entre cinco vitaminas do complexo B (niacina, ácido pantotênico, riboflavina, cianocobalamina e ácido fólico), são necessárias para otimizar o desempenho das linhagens com alta deposição de carne em comparação com uma linhagem de crescimento moderado. Indicando que as necessidades para algumas vitaminas podem variar de acordo com a

genética do animal, uma vez que estes diferem na capacidade de crescimento de tecido proteico.

#### 2.1.2.1 Tiamina (Vitamina B1)

Em 1920 determinou-se que a vitamina B continha dois fatores essenciais, um dos quais era mais estável ao calor que o outro. O fator menos estável foi rotulado como vitamina F (B1 ou tiamina) e o fator estável ao calor vitamina G (B2 ou riboflavina). A tiamina (vitamina B1) foi à primeira vitamina a ser descoberta, considerada a mais antiga, e a doença beribéri provavelmente foi o primeiro distúrbio de deficiência documentado. Em 1936 foi determinada a sua estrutura química e sua capacidade de sintetização (McDOWELL, 2000).

A vitamina é formada por uma molécula de pirimidina e uma de tiazol ligada por um metil. A presença de um grupo hidroxil (OH) numa extremidade permite formar ligações éster com o ácido fosfórico, produzindo mono, di ou trifosfato de tiamina. A maior parte da vitamina B1 em tecidos animais está na forma de difosfato de tiamina, também conhecido como pirofosfato de tiamina (TPP) ou cocarboxilase (ISABEL et al., 2012).

Embora o mecanismo de absorção não seja conhecido em detalhe, à tiamina é altamente biodisponível, sendo absorvida principalmente no duodeno, tanto por processo ativo (principalmente quando encontrada em baixas concentrações) como por difusão passiva. Foi demonstrado que a fosforilação ocorre na maioria dos tecidos, embora o tecido hepático pareça ser o mais importante, sob a ação de adenosina trifosfato (ATP) para formar a enzima metabolicamente ativa, pirofosfato (TPP ou tiamina difosfato ou cocarboxilase). Da tiamina total no organismo, cerca de 80% é TPP, cerca de 10% é tiamina trifosfato (TTP), e o restante é tiamina monofosfato (TMP) e tiamina livre (ISABEL et al., 2012; McDOWELL, 2000).

Na maioria das espécies a tiamina não é armazenada em tecidos e as reservas são esgotadas em poucos dias, sendo necessário um fornecimento contínuo (ISABEL et al., 2012).

O conteúdo de tiamina nos órgãos varia consideravelmente. Durante uma condição de deficiência, a tiamina é retida em maiores quantidades em órgãos como o coração, cérebro, fígado e rins, sendo os dois últimos os principais órgãos de armazenamento. No entanto, aproximadamente metade da tiamina total está presente nos músculos. Os mamíferos podem esgotar suas reservas corporais dentro de uma ou duas semanas (ENSMINGER et al., 1983; McDOWELL, 2000).

No entanto, a concentração nos tecidos dos suínos é muito elevada. Estudos realizados mostraram que, os suínos que receberam alimentos que não continham tiamina poderia viver pelo menos dois meses sem mostrar sinais de deficiência (ISABEL et al., 2012).

Essencial para o metabolismo de carboidratos e proteínas, a tiamina é indispensável na dieta de suínos devido ao alto teor de carboidratos (BERTECHINI, 2006). Segundo Stahly e Cook (1997), esta suplementação é necessária para que os carboidratos, gorduras e proteínas sejam metabolizados e dirigidos para a subsequente produção de energia para o desenvolvimento dos tecidos. Por esta razão, as recomendações de tiamina aumentam quando a fonte de energia principal fornecida pela alimentação é baseada em carboidratos (LUTZ et al. 1999; WOODWORTH et al., 2000).

Em mamíferos, a tiamina é essencial em duas reações de descarboxilação oxidativa, no ciclo do ácido cítrico que ocorre nas mitocôndrias das células e uma reação no citoplasma. Reações essenciais para a utilização de carboidratos para fornecimento de energia (McDOWELL, 2000).

Como na maioria dos casos, os sintomas de deficiência são bastante inespecíficos e incluem perda de apetite (que pode se tornar extrema dependendo do grau de deficiência envolvida), retardo do crescimento, baixa temperatura corporal, fraqueza muscular, disfunção progressiva do sistema nervoso e, ocasionalmente vômitos, distúrbios respiratórios e morte súbita por insuficiência cardíaca (ISABEL et al., 2012).

Os animais deficientes em tiamina têm concentrações plasmáticas elevadas de piruvato (MILLER et al., 1955), uma vez que com a deficiência da vitamina existe um acúmulo de intermediários do metabolismo dos hidratos de carbono (McDOWELL, 2000). A inativação do ácido pirúvico descarboxilado conduz a um acúmulo de ácido láctico e a uma queda no pH intracelular. Como a acetil coenzima A é um metabólito importante na síntese de ácidos graxos, a deficiência reduz a lipogênese ou a síntese de gordura (ISABEL et al., 2012).

Como a tiamina é encontrada em quase todos os alimentos, especialmente nos grãos de cereais, é improvável que suínos sofram deficiência em condições práticas. Para suínos em fases reprodutivas, Rostagno et al. (2017) indicam 1,30 mg de vitamina B1/kg de ração; para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30 kg, a recomendação é 1,805, 1,603 e 1,312 mg de vitamina B1/kg de ração, respectivamente. Para os animais em fases de crescimento e terminação as recomendações para aqueles com peso vivo compreendido entre 30 a 50 kg, 1,066 mg/kg; entre 50 a 70 kg, 0,883 mg/kg; 70 a 100 kg, 0,734 mg/kg e 100 a 125 kg, 0,616 mg de vitamina B1/kg de ração.

Utilizando diferentes níveis de tiamina (entre 200% e 720% em relação ao nível recomendado pelo NRC, 1998) na alimentação de leitões com peso entre 10 e 27 kg (STAHLY; COOK, 1997) e Woodworth et al. (2000), adicionando 2,8 e 5,5 mg/kg para leitões entre 21 e 53 de idade, não observaram efeito significativo no desempenho de crescimento em relação a dieta sem adição de tiamina..

Há pouca informação sobre a exigência de tiamina para a gestação e lactação (NRC, 2012). De acordo com Andriquetto et al., (1986), a deficiência de tiamina causa inibição do desenvolvimento dos testículos em animais jovens, atrofia dos ovários, nascimento de leitegadas prematuras e grande número de natimortos.

#### 2.1.2.2 Riboflavina (Vitamina B2)

A vitamina B2 ou riboflavina foi à segunda vitamina a ser identificada. As duas formas biologicamente ativas são flavina mononucleotídeo (FMN) e flavina adenina dinucleotídeo (FAD), funcionando como uma coenzima em diversas reações enzimáticas (GOLBACH et al., 2014). Estas coenzimas fazem parte de um grupo de flavoproteínas que estão envolvidas na utilização metabólica de hidratos de carbono, especificamente em etapas intermédias para reações biológicas de oxi-redução (ISABEL et al., 2012; McDOWELL, 2000).

Encontrada nos alimentos como FAD, FMN e riboflavina livre, as formas fosforiladas (FAD, FMN) da riboflavina são hidrolisadas por fosfatases no trato gastrointestinal (intestino delgado proximal) superior para liberar a vitamina para absorção (McDOWELL, 2000; POWERS, 2003).

Na forma livre a riboflavina é absorvida de maneira eficiente por todo o intestino delgado do suíno. Quando encontrada em baixa concentração na alimentação, a absorção ocorre ativamente e envolve o consumo de energia, enquanto se a concentração estiver alta ela é absorvida pela difusão passiva. Dentro da membrana da mucosa intestinal a riboflavina fosforila para FMN, em seguida, passa para o plasma onde é transportada e ligada à albumina, podendo ser convertida em FAD no fígado. Nos animais há pouco acúmulo de vitamina B2, a maior parte ocorre no fígado (ISABEL et al., 2012; MAHAN; VALLET, 1997).

A riboflavina ajuda a regular o metabolismo celular e está envolvida no metabolismo de carboidratos, participando também dos processos de oxidação de

aminoácidos e ácidos graxos. É necessária uma flavoproteína FMN tanto para a degradação como para a síntese de ácidos graxos (McDOWELL, 2000).

O metabolismo da riboflavina está intimamente relacionado com outras vitaminas do complexo B, como niacina e piridoxina, sendo um cofator enzimático (uma hidroxilase dependente de FAD) envolvido na conversão de triptofano em niacina (MATTE; LAURIDSEN, 2013).

Sinais de falta de vitamina B2 em suínos geralmente envolvem os tecidos e funções que são mais dependentes da energia de carboidratos: tecido epitelial e nervoso e funções relacionadas com a reprodução. Os sinais geralmente incluem perda de apetite, retardo do crescimento, piora na conversão alimentar, vômitos, dermatite e inflamação da mucosa anal (ISABEL et al., 2012).

A deficiência de riboflavina tem um efeito negativo na reprodução. Segundo Pettigrew et al. (1996) sua deficiência leva à morte embrionária, reabsorção, nascimento de leitões fracos que morrem nas primeiras 48 horas, edema nos leitões e ao parto prematuro (até duas semanas).

Com base no desempenho reprodutivo, Pettigrew et al. (1996) constataram um aumento no número de leitões ao nascimento quando utilizaram uma dose de 60 mg/dia de riboflavina em relação a 10 mg/dia. Alejandro e Cabán (2014), que também usaram 60 mg/dia para marrãs durante todo o período de gestação, observaram aumento no número de leitões ao nascimento e ao desmame. Possivelmente, a suplementação com riboflavina poderia aumentar a quantidade transferida para o feto, aumentando a sobrevivência embrionária (MAHAN; VALLET, 1997).

Para suínos em fases reprodutivas, Rostagno et al. (2017) indicam 5,20 mg de vitamina B2/kg de ração; para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30 kg, a recomendação é 6,726, 5,975 e 4,892 mg de vitamina B2/kg de ração, respectivamente. Para os animais em fases de crescimento e terminação as recomendações para aqueles com peso vivo compreendido entre 30 a 50 kg, 3,974 mg/kg; entre 50 a 70 kg, 3,290 mg/kg; 70 a 100 kg, 2,736 mg/kg e 100 a 125 kg, 2,296 mg de vitamina B2/kg de ração.

Pesquisas que tinham como base o NRC (1998) demonstraram que o uso de níveis de riboflavina em associação com niacina, ácido pantotênico e vitamina B12, 100% mais elevados do que os recomendados, produziram melhora no desenvolvimento de suínos nas fases de crescimento, sugerindo a possibilidade de reduzir os níveis de inclusão de riboflavina no período de 85 a 120 kg de peso vivo (MAHAN et al., 2007). Segundo Lutz e Stahly (1998), a necessidade de riboflavina biodisponível é um mínimo de 3 a 3,8 vezes maior

que as estimativas do NRC para leitões de 10 a 20 kg. De acordo com esses autores a necessidade de riboflavina para deposição de proteína é seis vezes maior do que para a deposição de gordura, esta conclusão justificaria o aumento de requisitos de riboflavina para suínos em crescimento.

Ao avaliar a suplementação de riboflavina em até 18 mg/kg de ração, Gaudré e Granier (2009) não observaram efeito no desempenho e qualidade da carne de suínos (entre 25 a 115 kg de peso vivo), mas concluíram que 4,6 mg por kg de alimento de riboflavina é suficiente para satisfazer a exigência de suínos na fase de engorda.

### 2.1.2.3 Niacina (Vitamina B3)

A Niacina, terceira vitamina no complexo B, se apresenta em duas formas: ácido nicotínico e nicotinamida. Ambas as formas possuem a mesma atividade vitamínica, são partes funcionais das coenzimas dinucleotídeo adenina nicotinamida (NAD) e fosfato dinucleotídeo de adenina nicotinamida (NADP), envolvidas em processos de respiração celular. Estas coenzimas são ligações importantes em uma série de reações associadas com carboidratos, proteínas e metabolismo lipídico (BLODGET et al., 2002; COMBS; McCLUNG, 2017).

Ácido nicotínico e nicotinamida são absorvidos sem dificuldade no estômago e intestino delgado. Quando é absorvido pode converter para a forma amida (nicotinamida), que é a forma ativa da vitamina, na mucosa intestinal. Posteriormente é transportada pela circulação, atingindo assim vários tecidos, onde é incorporada nas coenzimas correspondentes. A nicotinamida é libertada a partir de NAD no fígado e intestinos por glicohidrolases para ser transportada aos tecidos que sintetizam NAD conforme necessário (ISABEL et al., 2012; McDOWELL, 2000; STEIN et al., 1994).

Embora as coenzimas sejam amplamente distribuídas no corpo, o fígado contém a maior concentração de niacina, mas a quantidade armazenada não é grande. A niacina e seus metabólitos são excretados na urina, onde o ácido nicotínico e a nicotinamida podem ser encontrados (COMBS; McCLUNG, 2017; McDOWELL, 2000).

O triptofano é um precursor da síntese de niacina no organismo. Uma nutrição limitada em niacina aumentaria a exigência de triptofano (McDOWELL, 2000; MARIA; MOREIRA, 2011). De acordo com Jacob (2006), uma parte do triptofano pode ser convertida biologicamente à niacina. Cabe ressaltar que a niacina é a única vitamina que tem um aminoácido como seu precursor (MARIA; MOREIRA, 2011). Calcula-se que

aproximadamente 50 mg de triptofano são equivalentes a 1 mg de niacina para suínos (FIRTH; JOHNSON, 1956).

Em leitões após o desmame foi demonstrado que a suplementação de 0,05% de triptofano aumentou a concentração de nicotinamida plasmática em mais de 45% (MATTE et al., 2004; MATTE et al., 2007).

Real et al. (2002) relataram melhora no desempenho de suínos em terminação com suplementação de 13-55 mg/kg, para maximizar o ganho diário e a eficiência alimentar, no entanto, a melhora na qualidade da carne somente foi observada quando os níveis de niacina foram de 110 e 550 mg/kg. Lutz e Stahly (1999) observaram que a inclusão de niacina na dieta de leitões em uma concentração até três vezes mais elevada do que os níveis recomendado pelo NRC (1998) não tem nenhuma efeito positivo sobre o desempenho.

Para suínos em fases reprodutivas, Rostagno et al. (2017) indicam 32,5 mg de vitamina B3/kg de ração; para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30kg, a recomendação é 53,3, 47,4 e 38,8 mg/kg, respectivamente. Para os animais em fases de crescimento e terminação as recomendações para aqueles com peso vivo compreendido entre 30 a 50 kg, 31,5 mg/kg; entre 50 a 70 kg, 26,1 mg/kg; 70 a 100 kg, 21,7 mg/kg e 100 a 125 kg, 18,2 mg de vitamina B3/kg de ração.

#### 2.1.2.4 Ácido Pantotênico (Vitamina B5)

Durante a década de 1930, a pesquisa para identificar o ácido pantotênico foi associada também com estudos de vitamina B6 (piridoxina). Ambas as vitaminas foram frações do complexo "vitamina B2" encontradas associadas em materiais biológicos (McDOWELL, 2000).

O ácido pantotênico é encontrado nos alimentos principalmente nas formas de coenzimas ligada e ativa (CoA e proteína carreadora do grupo acila), que estão envolvidas em muitas reações no metabolismo de carboidratos, gorduras e proteínas, portanto, importante na manutenção e reparação de todas as células e tecidos. Embora esta vitamina ocorra em praticamente todos os alimentos, a quantidade presente é geralmente insuficiente para o desempenho ótimo de animais monogástricos (COMBS; McCLUNG, 2017; ISABEL et al., 2012; McDOWELL, 2000).

O ácido pantotênico é ativo em reações de oxidação e acetilação, ciclo do ácido cítrico, síntese de ácidos graxos e síntese de colesterol sob a forma de coenzima A e

proteína portadora de acilo. Esses processos são essenciais para maximizar o ganho e eficiência do peso corporal (GROESBECK et al., 2007).

Normalmente a vitamina, na ração para suínos, é encontrado na forma ligada (principalmente como CoA), devendo, portanto, ser liberada para ser absorvida (ISABEL et al., 2012). A utilização da vitamina em alimentos depende da digestão hidrolítica dos complexos proteicos para liberar a vitamina livre. A coenzima A e outras formas ligadas são hidrolisadas no lúmen intestinal para liberar a 4-fosfopantoteína. Esta forma é desfosforilada para produzir pantotenato, que é rapidamente convertido pela enzima intestinal pantoteinase para ácido pantotênico (McDOWELL, 2000; RUCKER; BAUERLY, 2007).

O ácido pantotênico é absorvido por um processo sódio dependente, principalmente no jejuno. Após a absorção, o ácido pantotênico é transportado para vários tecidos no plasma, a partir do qual é captado pela maioria das células através de outro processo de transporte ativo envolvendo cotransporte de pantotenato e sódio numa proporção de 1:1 (McDOWELL, 2000).

Tal como as outras vitaminas do complexo B, o acúmulo de ácido pantotênico é muito limitado, sendo encontrado principalmente no fígado (ISABEL et al., 2012). A excreção urinária representa a principal via de perda corporal desta vitamina (McDOWELL, 2000).

Devido ao seu envolvimento em múltiplos processos bioquímicos, a ingestão inadequada de ácido pantotênico provoca uma série de sinais e sintomas não específicos que incluem retardo do crescimento, diminuição do apetite, diarreia, pele seca e escamosa e pelos finos e perda de capacidade de resposta imunológica (ISABEL et al., 2012; SOBESTIANSKY et al., 1998).

Sob uma condição de deficiência tem sido observado, atrofia dos ovários e redução da síntese de estrogênio e progesterona, levando a atrofia uterina em matrizes suínas gestantes. Mesmo com deficiência moderada, a fertilidade diminui e o desenvolvimento embrionário é comprometido (ISABEL et al., 2012).

Estudos realizados na última década mostram que a administração de níveis elevados de ácido pantotênico, com base nos recomendados pelo NRC (1998), melhorariam as características da carcaça de suínos. Stahly e Lutz (2001), Radcliffe et al. (2003), Lutz et al. (2004), Lo Fiego et al. (2009) e Minelli et al. (2013) observaram que ao elevar os níveis de ácido pantotênico na dieta de suínos (30 mg/kg, 30 mg/kg, 45 mg/kg, 110 mg/kg e 60 mg/kg, respectivamente) obtiveram um aumento na porcentagem de carne na carcaça e carcaças com maior incidência de cortes magros, sendo um efetivo modificador da composição corporal em

suínos. Entretanto, Groesbeck et al (2007), ao adicionarem até 90 mg /kg de ácido pantotênico na ração de suínos em crescimento e terminação não proporcionou nenhuma vantagem para o desempenho e características da carcaça.

No entanto, segundo Stahly e Lutz (2001) quando se baseiam nas necessidades de ácido pantotênico para a maximização do tecido proteico e para a minimização do tecido adiposo na carcaça de suínos, é necessário um maior nível de ingestão dietética. O ácido pantotênico serviria para redirecionar a energia para a produção de carne magra, desenvolvendo um papel importante em todo o metabolismo energético dos suínos.

Para suínos em fases reprodutivas, Rostagno et al. (2017) indicam 20,8 mg de vitamina B5/kg de ração; para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30 kg, a recomendação é 27,1, 24,0 e 19,7 mg/kg, respectivamente. Para os animais em fases de crescimento e terminação as recomendações para aqueles com peso vivo compreendido entre 30 a 50 kg, 16,0 mg/kg; entre 50 a 70 kg, 13,2 mg/kg; 70 a 100 kg, 11,0 mg/kg e 100 a 125 kg, 9,2 mg de vitamina B5/kg de ração.

#### 2.1.2.5 Piridoxina (Vitamina B6)

O termo vitamina B6 refere-se a um grupo de três compostos que ocorrem nos alimentos que correspondem a derivados de álcool (piridoxol ou piridoxina), aldeído (piridoxal) e amina (piridoxamina), dependendo do metabolismo de cada um para uma forma comum de coenzima, fosfato de piridoxal (ISABEL et al., 2012; COMBS; McCLUNG, 2017).

Atua como um componente de muitas enzimas que estão envolvidas no metabolismo de gorduras, carboidratos e particularmente envolvida em vários aspectos do metabolismo das proteínas (McDOWELL, 2000).

A vitamina B6 participa como uma coenzima em quase todas as reações relacionadas com o metabolismo de aminoácidos, incluindo a absorção, transaminação, descarboxilação, desaminação e síntese (NRC, 1998; DREWKE; LEITNER, 2001; SONNET et al., 2008).

Os três compostos com atividade de vitamina B6 são absorvidos em forma desfosforilada no intestino delgado, sendo levados ao fígado por circulação enterohepática, onde se convertem principalmente em fosfato de piridoxal (DALTO; MATTE, 2017; ISABEL et al., 2012).

A vitamina B6 é absorvida principalmente no jejuno e no íleo por difusão passiva. A absorção do cólon é insignificante, embora a microflora do cólon sintetize a

vitamina (McDOWELL, 2000). Pequenas quantidades são armazenadas no corpo, sendo amplamente distribuída em vários tecidos. O ácido piridoxico é a principal via para a eliminação da vitamina B6, além disso, pequenas quantidades de piridoxina, piridoxal e piridoxamina, bem como os seus derivados fosforilados, são excretados na urina (ISABEL et al., 2012; McDOWELL, 2000; DAKSHINAMURTI; DAKSHINAMURTI, 2007).

O metabolismo da vitamina B6 está intimamente relacionado com outras vitaminas do complexo B, em particular a riboflavina (B2). Os metabólitos biologicamente ativos de B2, (FMN e FAD), estão envolvidos na conversão de B6 em seus vitâmeros (pré-vitaminas, ou seja, aquilo que ainda será transformado em vitamina dentro do organismo) biologicamente ativos, fosfato de piridoxal e sua forma excretora, ácido 4-piridoxico (MATTE et al., 2005).

Como parte do seu papel no metabolismo de aminoácidos, a vitamina B6 participa na conversão do triptofano em niacina. Mosnier et al. (2009) avaliando o metabolismo do triptofano em relação ao estado de niacina e vitamina B6 das fêmeas após o parto, observaram que a vitamina B6 pode ser limitante para a síntese de niacina, pelo aumento progressivo de sua concentração e diminuição da niacina a partir do quarto dia após o parto, enquanto a concentração plasmática de quinurenina, que é o precursor do triptofano, foi elevada durante este período, sugerindo que sua utilização foi muito elevada após o parto, impedindo seu acúmulo no plasma, período no qual a exigência de energia da fêmea é alta para a produção de leite.

De acordo com Matte et al. (2007), uma ingestão sub-ótima de vitamina B6 poderia limitar a ação metabólica do triptofano e, conseqüentemente, seu efeito sobre o desempenho de crescimento e/ou o desenvolvimento. Em contrapartida, Castilha et al. (2016) observaram que a suplementação de vitamina B6 (5 mg/kg) não alterou o requisito de triptofano para suínos de 70 a 100 kg.

Devido sua função predominante no metabolismo de aminoácidos, a deficiência nessa vitamina está associada a uma menor capacidade de utilização de proteína. Com uma queda na retenção de nitrogênio, a proteína da alimentação não é bem utilizada e a excreção de nitrogênio é excessiva (ISABEL et al., 2012; McDOWELL, 2000). Na prática, problemas de deficiência de vitamina B6 são incomuns, devido à sua abundância na maioria dos ingredientes utilizados na nutrição suína (ISABEL et al., 2012).

Nos leitões, o período de desmame induz mudanças drásticas na quantidade e biodisponibilidade das vitaminas dietéticas solúveis em água, e no caso da vitamina B6, as informações são limitadas. Sabe-se que o leite da matriz é uma fonte pobre de B6, cerca de

0,4 mg/mL (BENEDIKT et al., 1996), conseqüentemente, a concentração desta vitamina nos leitões é reduzida.

Em sua pesquisa, Matte et al. (2001) descreveram que a administração de 7,7 mg/kg de vitamina B6 aos leitões desmamados é suficiente para prevenir os sintomas de deficiência. Estes autores também sugerem que uma oferta diária de 15 mg de vitamina B6 disponível otimizará o *status* no soro e eritrócitos dessa vitamina, enquanto um nível diário de 30 mg poderia ter efeitos prejudiciais em alguns aspectos do crescimento e do metabolismo de proteínas especialmente em animais com ingestão restrita e taxa de crescimento prejudicada.

Segundo Woodworth et al. (2000), suplementar a dieta com 3,3 mg/kg de vitamina B6 de leitões desmamados melhoraria o ganho médio diário e a ingestão média diária de 0 a 14 dias após o desmame. Castilha et al. (2016) relataram efeito positivo sobre o rendimento de carcaça quente e fria quando a dieta possuía 5 mg/kg de vitamina B6 (piridoxina).

Para suínos em fases reprodutivas, Rostagno et al. (2017) indicam 1,95 mg de vitamina B6/kg de ração; para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30 kg, a recomendação é 3,609, 3,206 e 2,625 mg de vitamina B6/kg de ração, respectivamente. Para os animais em fases de crescimento e terminação as recomendações para aqueles com peso vivo compreendido entre 30 a 50 kg, 2,133 mg/kg; entre 50 a 70 kg, 1,765 mg/kg; 70 a 100 kg, 1,468 mg/kg e 100 a 125 kg, 1,232 mg de vitamina B6/kg de ração.

#### 2.1.2.6 Biotina

A biotina foi o nome dado a uma substância isolada da gema do ovo por Kögl e Tönnis em 1936, necessária para o crescimento de levedura. Durante muitos anos acreditou-se que a biotina suplementar não era necessária nas dietas de aves e suínos devido à sua ampla distribuição nos alimentos e devido à conhecida síntese de biotina pela microflora intestinal (McDOWELL, 2000).

Nos mamíferos a biotina funciona como um cofator necessário para quatro carboxilases, que estão envolvidas em uma variedade de reações metabólicas incluindo a biossíntese de ácidos graxos, a gluconeogênese e o catabolismo de certos aminoácidos e ácidos graxos (SAID, 2011). Das quatro carboxilases dependentes de biotina, três são mitocondriais (piruvato carboxilase, metilcrotonil-coenzima A [CoA] carboxilase e propionil-CoA carboxilase), enquanto que a quarta (acetil-CoA carboxilase) é encontrada tanto na mitocôndria como no citosol. Uma forma inativa de acetil-CoA carboxilase foi postulada para servir de armazenamento para a biotina nas mitocôndrias (McDOWELL, 2000; COMBS; McCLUNG, 2017).

A biotina é uma vitamina essencial na nutrição de suínos, sendo um cofator para diversas enzimas, importante na gluconeogênese e no ciclo do ácido cítrico (NRC, 2012). Desempenha um papel essencial no metabolismo de lipídios, carboidratos, proteínas e ácidos nucleicos. Participa na síntese de aminoácidos não essenciais a partir de carboidratos, mas também no reverso (gluconeogênese) e tem um papel fundamental na síntese de ácidos graxos, porque participa do processo inicial de combinação de um grupo carboxila com acetil CoA, gerando malonil CoA. Também ligada ao metabolismo dos ácidos graxos participa no alongamento e na dessaturação do ácido linoleico no ácido araquidônico (mas não nos ácidos graxos essenciais n-3) (ISABEL et al., 2012; MOCK, 2007).

Também desempenha um papel importante na manutenção dos níveis normais de glicose no sangue a partir do metabolismo de proteínas e gorduras quando a ingestão dietética de carboidratos é baixa (McDOWELL, 2000). Participa na produção de energia a partir de carboidratos devido à sua intervenção no ciclo de Krebs, participando na conversão de ácido málico em ácido pirúvico e na carboxilação de ácido pirúvico, entre outros. Todas as enzimas com a qual a biotina está envolvida requerem ATP e magnésio para ativação (COMBS; McCLUNG, 2017; ISABEL et al., 2012).

Devido à multiplicidade de processos metabólicos em que a biotina está envolvida, a deficiência desta vitamina pode expressar-se em vários sintomas dependendo de qual atividade é mais exigente em determinada fase de produção de suínos. A deficiência é acompanhada por uma série de sintomas não específicos que incluem uma redução da taxa de crescimento, má conversão alimentar e redução da eficiência reprodutiva (ISABEL et al., 2012).

Provavelmente o sintoma mais característico nos suínos é a dermatite (pele escamosa e seca, com uma cor opaca) que pode ser acompanhada de alopecia e distúrbios do casco, mas muitas vezes começando nas orelhas, pescoço, cauda e eventualmente se espalhando por todo o corpo. Em fases mais avançadas, aparecem crostas e fissuras na face e nas extremidades (ISABEL et al., 2012; McDOWELL, 2000).

O efeito mais conhecido da biotina suplementar na dieta suína está relacionado ao seu papel na manutenção da integridade do casco e ao aumento da resistência às lesões (MATTE, 2006; MATTE; LAURIDSEN, 2013).

As recomendações dietéticas são variáveis ao longo dos anos. Kopinsky e Liebholz (1989), para determinar as necessidades dos suínos até a idade de abate, sugeriram níveis mais elevados (0,05 a 0,1 mg/kg) para a prevenção eficaz das lesões em cascos.

Partridge e McDonald (1990) mostram melhoria na conversão alimentar em suínos recebendo um adicional 0,5 mg/kg, entre 15 e 88 kg de peso corporal.

Sobre sua influência na carcaça e a qualidade da carne, alguns resultados foram positivos. Bonomi et al. (1996; 1997) relataram uma melhoria de rendimento de carcaça e do presunto, bem como uma digestibilidade superior e maciez da carne quando microcápsulas de biotina em mais de 0,2 mg/kg foram adicionadas a dietas de suínos pesados (160 kg de peso corporal). Martelli et al. (2005) observaram que ao fornecer uma suplementação de biotina (0,15 a 0,3 mg/kg) houve uma melhora na taxa de crescimento dos suínos durante a fase final (160 kg de peso corporal), na qualidade da carne e nas propriedades tecnológicas e sensoriais de presuntos curados.

Os suplementos dietéticos de biotina alteram os perfis de ácidos graxos em suínos (MARTELLI et al., 2005), aumentando a gordura saturada. Assim, sugere-se que a quantidade e/ou tipo de ácidos graxos depositados na carcaça está ligado com o *status* de biotina em animais (MATTE, 2006).

Em relação à necessidade de biotina na reprodução de fêmeas suínas, os resultados e os níveis divergem. Investigando a necessidade de biotina para porcas durante a gestação e lactação, Lewis et al. (1991) relataram que a adição de 0,33 mg de biotina / kg na dieta aumentou o número de leitões desmamados, mas não melhorou a saúde dos cascos. Em contrapartida, Watkins et al. (1991) relataram que a suplementação de 0,44 mg de biotina/kg de ração durante a gestação e lactação não resultou em melhora no desempenho reprodutivo e na saúde dos cascos, no desenvolvimento da progênie e seu desempenho no desmame. Castillo et al. (2006) não observaram efeito no desempenho reprodutivo de marrãs ao oferecer 10 e 28 mg/kg de ração.

Para suínos em fases reprodutivas, Rostagno et al., (2017) indicam 0,325 mg de biotina/kg de ração; para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30kg, a recomendação é 0,180, 0,160 e 0,131 mg de biotina/kg de ração, respectivamente. Para os animais em fases de crescimento e terminação as recomendações para aqueles com peso vivo compreendido entre 30 a 50 kg, 0,107 mg/kg; entre 50 a 70 kg, 0,088 mg/kg; 70 a 100 kg, 0,073 mg/kg e 100 a 125 kg, 0,062 mg de biotina/kg de ração.

#### 2.1.2.7 Ácido fólico (Vitamina B9)

Isolado e identificado quanto a sua estrutura na década de 1940, o ácido fólico também é conhecido como vitamina B9 (BAILEY, 2007). Folacina e folato são termos

genéricos utilizados para descrever o ácido fólico e compostos relacionados que exibem a atividade biológica do ácido fólico (McDOWELL, 2000). Segundo Mashiyama et al. (2004), designa-se folato, o grupo de vitaminas que inclui o ácido fólico, dihidrofolato (DHF) e várias formas de tetrahydrofolato (THF).

O ácido fólico é uma molécula constituída por três componentes: pteridina; ácido para-aminobenzóico (PABA); e uma ou várias moléculas do aminoácido ácido glutâmico (ISABEL et al., 2012; NRC, 1998). O ácido fólico é a forma mais estável de folato, e embora não seja encontrado naturalmente em tecidos vivos, ele precisa ser reduzido, resultando em dihidrofolato (DHF) e tetrahydrofolato (THF) pela adição de átomos de hidrogênio no anel de pteridina (SOARES, 2002). Concluiu-se que existem mais formas biologicamente ativas de folacina do que qualquer outra vitamina conhecida (McDOWELL, 2000).

As células animais não conseguem sintetizar PABA, um dos componentes do ácido fólico, nem podem ligar o ácido glutâmico ao ácido pteróico. Uma deficiência de folacina provoca uma perturbação no metabolismo de compostos de carbono único, incluindo a síntese de grupos metilo, serina, purinas e timina (NRC, 1998).

O ciclo do folato desempenha um papel central no metabolismo celular. Entre suas funções importantes estão a entrega de unidades de um carbono, o que é fundamental para a via de remetilização (ciclo da metionina) e a síntese de pirimidinas e purinas (MATTE; LAURIDSEN, 2013; NIJHOUT et al., 2004). O folato é utilizado para sintetizar, reparar e metilar o ácido desoxirribonucleico (DNA) e na conversão de homocisteína em metionina e replicação celular (LIEW, 2016; WEINSTEIN et al., 2003).

O ácido fólico é absorvido e reduzido a tetrahydrofolato e também pode ser metilado. A absorção é via transporte ativo, pela célula intestinal, no duodeno e jejuno, atuando como uma coenzima na transferência de grupos de carbono único. É liberado na corrente sanguínea e está envolvido nas reações de transferência do grupo metil, como a síntese de metionina e serina (EWAN, 1996; NIJHOUT et al., 2004).

O ácido fólico é essencial no crescimento celular e na síntese de proteínas (ISABEL et al., 2012), podendo influenciar na deposição de proteínas e na síntese de novos tecidos (MATTE et al., 2006). Uma deficiência levaria à diminuição da divisão celular e às alterações da síntese protéica, principalmente observadas em tecidos de crescimento rápido (MATTE et al., 2006; McDOWELL, 2000).

A folacina é amplamente distribuída nos tecidos e armazenada principalmente no fígado (50%) e secretada na urina e na bile sob formas ativas e inativas,

onde a circulação êntero-hepática reabsorverá e reutilizará esse folato, diminuindo as perdas orgânicas (BAILEY, 2007; McDOWELL, 2000).

Os papéis metabólicos desempenhados pelo ácido fólico estão intimamente relacionados aos da vitamina B12. Na via de remetilação da homocisteína para metionina o ácido fólico é um precursor que fornece o grupo metil e a vitamina B12 é o cofator enzimático, agindo no controle dos níveis de homocisteína no organismo (MATTE; LAURIDSEN, 2013).

Um quadro de deficiência de vitamina B12 demonstrou levar à deficiência de folato, mesmo quando a ingestão e absorção de folacina são normais. Na deficiência de vitamina B12 existem defeitos na conversão de pteroil monoglutamatos em formas de poliglutamato, que levam a uma diminuição da capacidade do tecido de reter folacina intracelular (McDOWELL, 2000).

Alguns autores relatam sobre a interação da vitamina B12 e B9 em relação à idade das fêmeas. Fêmeas nulíparas apresentam cerca de duas vezes menos vitamina B12 que porcas multíparas, podendo ser um fator limitante para a ação da vitamina B9 no útero e no metabolismo do embrião durante a primeira gestação. Essa interação metabólica e a deficiência dessas vitaminas podem prejudicar o desenvolvimento do embrião (GUAY et al., 2002a; MATTE et al., 2006).

De acordo com Isabel et al. (2012), os sintomas de deficiência são incomuns, uma vez que esta vitamina pode ser sintetizada por microrganismos no trato digestório dos suínos, embora atenção especial deva ser dada aos animais jovens, nos quais a flora intestinal ainda não esta completamente desenvolvida, ou quando substâncias com ação antimicrobiana são administradas na ração.

Várias pesquisas mostram a ação do ácido fólico durante a gestação em relação às respostas embrionárias, desenvolvimento fetal e secreções uterinas (DUQUETTE et al., 1997; GUAY et al., 2002ab; 2004ab; GIGUERE et al., 2000; LINDEMANN, 1993; MATTE et al., 1996; WILSON et al., 2002)

Ao suplementar a dieta de porcas na gestação com ácido fólico, Barkow et al. (2001) observaram o aumento no teor do leite e colostro. Segundo Lindemann (1993), o aumento do tamanho da leitegada parece ser resultado da melhoria da sobrevivência do embrião ou do feto e não do aumento da ovulação, atribuindo a suplementação de ácido fólico um efeito positivo na sobrevivência do embrião em fêmeas suínas.

Para suínos em fases reprodutivos, Rostagno et al. (2017) indicam 1,30 mg de vitamina B9/kg de ração; para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30 kg, a

recomendação é 0,574, 0,510 e 0,418 mg de vitamina B9/kg de ração, respectivamente. Para os animais em fases de crescimento e terminação as recomendações para aqueles com peso vivo compreendido entre 30 a 50 kg, 0,339 mg/kg; entre 50 a 70 kg, 0,281 mg/kg; 70 a 100 kg, 0,234 mg/kg e 100 a 125 kg, 0,196 mg de vitamina B9/kg de ração.

#### 2.1.2.8 Cianocobalamina (Vitamina B12)

A vitamina B12 foi à última vitamina a ser identificada, ocorrendo no final da década de 1940 (SIMARD et al., 2007). A vitamina B12 é o descritor genérico para todos os corrinóides, compostos que contém o núcleo de corrina com um átomo de cobalto no centro. Quando existe um grupo cianeto ligado ao cobalto, é referido como cianocobalamina (COMBS; McCLUNG, 2017; ISABEL et al., 2012). O cianeto pode ser substituído por outros grupos, incluindo OH (hidroxicobalamina), H<sub>2</sub>O (aquacobalamina), NO<sub>2</sub> (nitrocobalamina) e CH<sub>3</sub> (metilcobalamina), referidos como cobalaminas (McDOWELL, 2000).

A vitamina B12 na dieta está ligada a proteínas alimentares, principalmente por enzimas no suco gástrico, auxiliadas pelo baixo pH do estômago. É absorvida no íleo por um mecanismo que requer a liberação da vitamina (efeito combinado de ácido gástrico e proteases digestivas) que é então vinculada a um complexo fator-cobalamina não intrínseca (GREEN; MILLER, 2007; ISABEL et al., 2012; McDOWELL, 2000).

A excreção da vitamina B12 absorvida é através de rotas urinárias, biliares e fecais. A maioria da cobalamina excretada na bile é reabsorvida; pelo menos 65 a 75% é reabsorvido no íleo por meio do fator intrínseco, mecanismo de transporte ativo (McDOWELL, 2000).

A vitamina B12 está envolvida em muitas funções que incluem a síntese de purina e pirimidina (intervindo ativamente no metabolismo dos ácidos nucleicos), a transferência de grupos metilo (intervindo na formação de metionina, ácido fólico), síntese proteica de aminoácidos e metabolismo de gorduras e carboidratos (BLODGET et al., 2002; ISABEL et al., 2012). Particularmente a vitamina é importante em tecidos com altas taxas de rotação celular (McDOWELL, 2000; SIMARD et al., 2007).

Sua função metabólica está intimamente relacionada ao do ácido fólico como foi descrito anteriormente. De acordo com McDowell (2000), uma deficiência de folacina ou B12 leva a distúrbios da divisão celular e alterações da síntese proteica.

Os problemas de deficiência de vitamina B12 são mais frequentes em animais jovens, cuja flora intestinal pode sintetizar uma parte importante dos requisitos no

duodeno e no jejuno antes da absorção no íleo (ISABEL et al., 2012). Os sinais gerais em suínos são comparáveis aos observados em outras espécies, principalmente perda de apetite, consumo variável de ração e declínio no crescimento (MCDOWELL, 2000).

Algumas pesquisas relatam a importância da vitamina B12 na reprodução. Guay et al. (2002a) e Matte et al. (2006) relatam sobre a interação da vitamina B12 e B9 em relação à idade das fêmeas. Fêmeas nulíparas apresentam cerca de duas vezes menos vitamina B12 que porcas multíparas, podendo ser um fator limitante para a ação da vitamina B9 no útero e no metabolismo do embrião durante a primeira gestação. Simard et al. (2007), observaram melhorias no total de leitões nascidos e desmamados quando foram oferecidos níveis mais altos de vitamina B12 (cianocobalamina) para fêmeas na gestação (0,1 mg/kg) e um aumento no teor de vitamina B12 no colostro e leite.

Para suínos em fases reprodutivas, Rostagno et al. (2017) indicam 0,026 mg de vitamina B12/kg de ração; para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30kg, a recomendação é 0,037, 0,033 e 0,027 mg de vitamina B12/kg de ração, respectivamente. Para os animais em fases de crescimento e terminação as recomendações para aqueles com peso vivo compreendido entre 30 a 50 kg, 0,022 mg/kg; entre 50 a 70 kg, 0,018 mg/kg; 70 a 100 kg, 0,015 mg/kg e 100 a 125 kg, 0,013 mg de vitamina B12/kg de ração.

#### 2.1.2.9 Colina

A colina foi isolada da bile de suínos em 1849. Seu papel na nutrição só foi conhecido na década de 1930, quando em 1932 descobriu-se que era o componente ativo da lecitina pura previamente demonstrada para prevenir fígados gordurosos ("efeito lipotrópico") em ratos (McDOWELL, 2000).

Ao contrário das vitaminas do complexo B, a colina pode ser biossintetizada, mas existem circunstâncias em que essa síntese pode não ser suficiente para funções fisiológicas ótimas, tornando-a condicionalmente essencial (COMBS; McCLUNG, 2017). É requerida no corpo em maiores quantidades, e aparentemente funciona como um constituinte estrutural e não como uma coenzima. Além disso, a existência de colina em constituintes corporais essenciais foi reconhecida muito antes da descoberta da primeira vitamina (McDOWELL, 2000).

A colina é liberada a partir de lecitina por hidrólise no lúmen intestinal, através da ação das fosfolipases produzidas pelo pâncreas e células da mucosa intestinal (COMBS; McCLUNG, 2017). Absorvida pelo jejuno e pelo íleo principalmente por um

mecanismo de suporte dependente de energia e sódio (McDOWELL, 2000), é transportada para a circulação linfática principalmente na forma de lecitina ligada à quilomícrom, e para os tecidos predominantemente como fosfolípidos associados às lipoproteínas plasmáticas (COMBS; McCLUNG, 2017; GARROW, 2007; McDOWELL, 2000).

Em doses elevadas, a maior parte não absorvida passa para o intestino final, onde é catabolizada pela microbiota intestinal para o produto final, trimetilamina, e grande parte é excretada na urina. Os tecidos placentários acumulam grandes quantidades de acetilcolina, presumivelmente para atender às necessidades do feto (COMBS; McCLUNG, 2017).

A atividade de síntese de colina ocorre em muitos tecidos, sendo maior no fígado, onde pode representar até 40% do conteúdo, sendo regulado positivamente em condições de deficiência dietética de colina (COMBS; McCLUNG, 2017; McDOWELL, 2000).

A colina é um fator lipotrópico para o fígado (BRIZ; PÉREZ, 2012) devido à sua função de atuar sobre o metabolismo da gordura ao acelerar a remoção ou diminuir sua deposição no fígado. Devido à sua função básica na estrutura da membrana, a falta de colina se manifesta em uma variedade de funções relacionadas com fosfolípidos, como fígado gordo, lesões do rim e comprometimento do metabolismo das lipoproteínas (McDOWELL, 2000).

Como componente de fosfolípidos e de acetilcolina, ela desempenha um papel essencial no metabolismo, servindo como doador de grupo metila, aumentando a disponibilidade de metionina para a síntese protéica (CASALS; CALSAMIGLIA, 2012). Uma vez que a colina contém grupos metila biologicamente ativos, a metionina pode ser parcialmente poupada por colina (McDOWELL, 2000).

No entanto, para a maioria dos processos metabólicos, a quantidade e a taxa de síntese são insuficientes para cobrir os requisitos, sobretudo quando o fornecimento de precursores, como metionina, vitamina B12 ou folacina, é limitado (BARROETA et al., 2012).

Uma pesquisa avaliando as formas de colina no colostro e leite de fêmeas de 12 horas pré-parto a 28 dias pós-parto, observaram que uma grande quantidade (75-85%) dos teores de colina estão ligados a fosfolípidos, estando provavelmente altamente disponível para o leitão (DONOVAN et al., 1997). Para leitões do nascimento ao desmame, com 140 mg/dia, 280 mg/d e 560 mg/d, respectivamente, Côté-Robitaille et al. (2015) não observaram influência no ganho médio diário e no peso corporal ao suplementar rações com colina. Em termos de desempenho zootécnico e de qualidade da carne, não houve efeito significativo ao

suplementar com 200 mg/kg de ração de cloreto de colina a dieta de suínos na engorda (KUHN et al., 1998).

Para suínos em fases reprodutivas, Rostagno et al. (2017) indicam 780 mg de colina/kg de ração; para leitões entre 5,5 a 9 kg, 9 a 15 kg e 15 a 30kg, a recomendação é 360,9, 320,6 e 262,5 mg de colina/kg de ração, respectivamente. Para os animais em fases de crescimento e terminação as recomendações para aqueles com peso vivo compreendido entre 30 a 50 kg, 213,3 mg/kg; entre 50 a 70 kg, 176,5 mg/kg; 70 a 100 kg, 146,8 mg/kg e 100 a 125 kg, 123,2 mg de colina/kg de ração.

#### 2.1.2.10 Ácido ascórbico (Vitamina C)

A vitamina C existe sob duas formas: ácido L-ascórbico (forma reduzida) e ácido L-dehidroascórbico (forma oxidada) (ISABEL et al., 2012). Em pH fisiológico, a molécula existe como um íon monovalente (ascorbato). Como redutor, libera dois hidrogênios: inicialmente um elétron é perdido, formando o radical ascorbil, relativamente estável; a liberação de um segundo elétron produz ácido dehidroascórbico (BLANCO; BLANCO, 2017; COMBS; McCLUNG, 2017).

Ao contrário de outras espécies os suínos são capazes de sintetizar o ácido ascórbico da glicose no fígado (ISABEL et al., 2012), com exceção dos leitões recém-nascidos. No entanto, durante situações estressantes, como o desmame, a síntese de vitamina C pode ser baixa (CHING et al., 2001a). A maioria dos mamíferos não primatas possui um mecanismo de retorno através do qual o fígado aumenta a síntese de ácido ascórbico em resposta a um “*stress*” fisiológico (ROSA et al., 2007).

A vitamina C é absorvida no intestino delgado, sendo que algumas estimativas sugerem que a disponibilidade seja de cerca de 80%. No seu metabolismo o ácido ascórbico converte-se em ácido dehidroascórbico e, posteriormente, é reduzido no citoplasma celular, que de forma reversível, permite que uma de suas substâncias possa sempre ser transformada na outra, desempenhando um papel essencial no fenômeno da transferência de elétrons (oxi-redução). A partir daí, é distribuída para todos os tecidos (BARCIA et al., 2010; ISABEL et al., 2012; McDOWELL, 2000).

A função da vitamina C, além de estar relacionada às suas características reversíveis de oxidação e redução, envolvem ações bioquímicas e fisiológicas (McDOWELL, 2000).

A vitamina C é essencial para a síntese de colágeno (para manter a estrutura normal das fibras, essencial para o crescimento da cartilagem e do osso), síntese de hormônios (envolvida na síntese de catecolaminas e serotonina), absorção de ferro (grande parte do ferro que atinge o intestino é oxidado para a forma férrica ( $\text{Fe}^{3+}$ ) e deve ser reduzida a forma ferrosa ( $\text{Fe}^{2+}$ ) para ser absorvido), síntese de carnitina (a partir de lisina e metionina e é dependente de duas hidroxilases contendo ferro para as quais o ácido ascórbico é um cofator), e para a hidroxilação da prolina e da lisina, que são componentes integrantes do colágeno (BLANCO; BLANCO, 2017; MAHAN et al., 2004; McDOWELL, 2000).

Como antioxidante, a vitamina C desempenha um papel fundamental na função celular imune. A proteção contra os radicais livres extracelulares aumenta a integridade estrutural das células e tecidos, protegendo da peroxidação lipídica e aumentando a fluidez das membranas celulares, e assim, aumentando a resposta imune (BENDICH, 1993). Nos macrófagos, a vitamina C aumenta a fagocitose, a adesão celular e a formação de anticorpos, todas importantes na função das células imunes (DEL RIO et al., 1998), podendo também estimular a produção de interferons, proteínas que protegem as células contra ataques virais e bacterianos estimulando a defesa (McDOWELL, 2000).

Segundo Mahan et al. (2004), o ácido ascórbico extracelular pode ser importante na estimulação imune ao proteger as membranas leucocitárias do dano oxidativo. Os leucócitos têm uma concentração muito alta de ácido ascórbico e podem ser responsáveis pelo seu transporte para tecido danificado ou para o local de uma infecção onde sua capacidade de redução pode ser usada.

No estudo de Zhao et al. (2002), os níveis plasmáticos de IgG nos leitões desmamados mostraram um aumento linear quando suplementaram a dieta com vitamina C (até 300 mg/ kg de alimento). Enquanto Schwager e Schulze (1998) observaram aumento da imunidade celular e humoral em suínos com uma suplementação acima de 100 mg/dia, Lauridsen e Jensen (2005) concluíram que ao adicionar 500 mg de vitamina C /kg na dieta de leitões desmamados aumentou a concentração de IgM, indicando que a vitamina C exerce uma influência positiva sobre as funções imunológicas.

A interação entre vitaminas E e C é particularmente relevante. O antioxidante lipossolúvel nas membranas celulares é o  $\alpha$ -tocoferol que após a peroxidação é convertido em tocoferol quinona, em seguida sofre uma nova conversão para a sua forma ativa pela doação de elétrons a partir de ascorbato ou glutathiona (MAHAN et al., 2004). Também permite a redução de radicais de tocoferol que são formados a partir da estabilização de radicais peroxil

de ácidos graxos, auxiliando na manutenção da concentração de vitamina E e seu papel fisiológico na célula (em particular, na membrana celular) (ISABEL et al., 2012).

Algumas pesquisas sugerem um feito sinérgico entre as duas vitaminas. O ácido ascórbico permite a regeneração do  $\alpha$ -tocoferol, permitindo que ele continue a exercer sua função antioxidante, uma ação de regeneração da vitamina C em relação vitamina E (GEBERT et al., 2006; HALPNER et al., 1998; HAMILTON et al., 2000; LAURIDSEN; JENSEN, 2005; PINELLI-SAAVEDRA; SCAIFE, 2005).

O aumento dos níveis de  $\alpha$ -tocoferol em células imunitárias, tecido hepático e muscular em leitões desmamados foi observado quando, após a suplementação de vitamina E, foi adicionado 500 mg de vitamina C / kg para a dieta leitão desmamado (LAURIDSEN; JENSEN, 2005). Hamilton et al. (2000) observaram um aumento no estado de  $\alpha$ -tocoferol no fígado após a suplementação com vitamina C, podendo ser uma estratégia para melhorar os níveis de vitamina E dos leitões após o desmame (LAURIDSEN; JENSEN, 2005).

Matrizes gestantes e lactantes que receberam rações suplementadas com maiores níveis dietéticos de vitaminas E e C associadas (500 mg e 10 mg/kg de ração respectivamente) tiveram leitões com maior concentração de anticorpos séricos (IgA e IgG) ao 21 dias de idade (PINELLI-SAAVEDRA et al., 2008).

Ao suplementar a dieta de fêmeas no final gestação com vitamina E (200 mg/kg) juntamente com vitamina C (500 mg/kg) e durante a lactação, Sosnowska et al., (2011) observaram um aumento de 22% na concentração sérica de vitamina E, mostrando que a vitamina C pode ter protegido a vitamina E da oxidação ou aumentado sua regeneração.

Utilizando estas mesmas vitaminas (0,4mg de vitamina E e 01 mg de vitamina C, kg de ração), Silva et al. (2013) observaram que suínos em fase de terminação que receberam esta suplementação apresentaram tendência de melhora para as características peso e rendimento de carcaça e resultados significativos para a oxidação lipídica da carne em relação à dieta controle.

De acordo com Ching et al. (2001a), o ácido ascórbico está mais presente nos tecidos fetais de leitões no terço final da gestação. A proporção elevada desta vitamina durante o final da gestação sugere que o ácido ascórbico é ativamente transportado através da placenta, sendo uma fonte importante dessa vitamina, juntamente com o leite e colostro para os leitões que não são capazes de sintetizar a vitamina C durante os primeiros dias após o nascimento (CHING et al., 2001b; HIDIROGLOU; BATRA, 1995; PINELLI-SAAVEDRA; SCAIFE, 2005; SOSNOWSKA et al., 2011).

Em relação ao desempenho dos leitões, Mahan et al. (1994) relataram uma resposta de crescimento durante as duas semanas do pós-desmame. Em contrapartida, Pinelli-Saavedra e Scaife (2005) não observaram nenhum efeito da suplementação de vitamina C (até 10 g/d) no desempenho reprodutivo da fêmea e no desempenho do crescimento do leitão. Rodas et al. (1998) concluíram que a suplementação de 75 mg/kg de vitamina C durante o período de pós-desmame fornece pelo menos 25% das demandas de ácido ascórbico e melhora o desempenho e o estado do ferro sérico.

## 2.2 CONCEITO DE NUTRIÇÃO ÓTIMA DE VITAMINA - OPTIMUM VITAMIN NUTRITION - OVN®

A maioria das pesquisas voltadas para a determinação das exigências de vitaminas para suínos foi realizada nas décadas de 40 e 50 e dirigida para evitar quadros de deficiência (GAUDRÉ; QUINIOU, 2009). Entretanto, os animais de produção evoluíram tanto em genética quanto em produtividade e os sistemas sob os quais foram mantidos se modernizaram visando uma maior eficiência.

Nos suínos, os avanços foram alcançados ao longo de décadas através da seleção genética, acelerando as taxas de crescimento e favorecendo certos genótipos para aumentar a produção de carne magra. Tais mudanças alteraram as necessidades nutricionais desses animais (HERNÁNDEZ et al., 2012).

Esses avanços também proporcionaram uma melhora do índice de conversão alimentar por meio de uma combinação de ações, uma das quais de forma indireta reduziu a ingestão voluntária ao longo das últimas décadas. Contudo, estas alterações não afetam os suínos durante todas as fases produtivas com a mesma intensidade e tampouco os efeitos são iguais entre os sexos (ISABEL et al., 2012). O impacto dessas mudanças nas exigências das vitaminas pode não guardar a mesma tendência, haja vista poucas pesquisas realizadas sobre esse tema em relação às necessidades dos genótipos modernos.

Das questões abordadas, devem ser considerados que outros fatores e não apenas os estritamente relacionados às deficiências ou a otimização dos índices de desempenho são importantes. As respostas imunológicas, a viabilidade dos leitões neonatais, a adaptação ao estresse, os parâmetros de reprodutivos, a qualidade da carne, entre outras características, merecem cada vez mais atenção no segmento suinícola (ISABEL et al., 2012). Estes fatores, de forma isolada e interativa, norteiam as necessidades nutricionais dos animais

em condições comerciais. Assim, qualquer incremento na oferta dietética de vitaminas pode representar uma melhoria substancial das respostas produtivas.

Os níveis mais elevados da suplementação vitamínica nas rações despontam como condutas dietéticas modernas em relação a estes nutrientes, cujo objetivo é atender as crescentes demandas da espécie, acima das exigências estabelecidas pelas tabelas clássicas de nutrição (ROSTAGNO et al., 2011; 2017; NRC, 2012, FEDNA, 2013), estabelecendo novos níveis de exigência e preservando os custos de produção (HERNANDEZ et al., 2012).

Diante deste cenário, o conceito “Optimum Vitamin Nutrition” (OVN®) visa fornecer aos animais vitaminas de alta qualidade nas proporções adequadas ao seu estágio de vida e condições de crescimento. Essa ingestão ótima compensaria os fatores negativos que influenciam a saúde e o desempenho animal, permitindo um melhor aproveitamento do potencial de desempenho que os animais detêm (DSM, 2018).

### 2.3 APORTE DE VITAMINAS PARA MATRIZES SUÍNAS E POSSÍVEIS EFEITOS NA PROGÊNIE

A nutrição de fêmeas suínas tem evoluído nos últimos anos, principalmente pela necessidade de adequar os programas nutricionais ao seu potencial genético e ao nível da produção atual.

As fêmeas reprodutoras foram selecionadas para produzir leitegadas com um maior número de leitões saudáveis e viáveis durante toda a sua vida produtiva (HERNANDEZ et al., 2012). Entretanto, essas características, oriundas primariamente do melhoramento genético, predispõem as fêmeas a frequentes estágios de catabolismo, requerendo alta demanda por nutrientes, principalmente para a produção de leite (MULLAN; WILLIAMS, 1990).

Os avanços do melhoramento genético dos suínos têm proporcionado um incremento dos resultados reprodutivos e produtivos, o que demanda um adequado plano nutricional para cada fase de vida da matriz, podendo garantir efeitos positivos no desempenho nas fases subsequentes (ZANGERONIMO et al., 2013). Durante a gestação, a alimentação das fêmeas deve atender as exigências para que obtenha os nutrientes necessários e mantenha um estado nutricional adequado para assegurar a sobrevivência dos embriões e um maior consumo de alimento e reservas corporais durante a lactação (FLORES et al., 2007).

Quanto às demandas nutricionais, em especial das vitaminas, claramente sua participação é decisiva na promoção do desempenho produtivo e reprodutivo (ISABEL et al., 2012), sendo demonstrado que sob níveis acima das recomendações praticadas regularmente (Optimum Vitamin Nutrition - OVN), tem se obtido respostas positivas tanto para matrizes quanto para sua progênie.

Pesquisas têm relacionado o efeito positivo de algumas vitaminas com a fisiologia reprodutiva e o desenvolvimento fetal, como por exemplo, o uso da vitamina A (LINDEMANN et al., 2008; MARANTIDIS et al., 2016; ROTHSCCHILD et al., 2000; TERMAN et al., 2007; WELLYCK et al., 1997); vitamina D (WEBER et al., 2014); vitamina E (PINELLI-SAAVEDRA, 2003); riboflavina (ALEJANDRO; CABÁN, 2014; PETTIGREW et al., 1996); e ácido fólico (DUQUETTE et al., 1997; GUAY et al., 2002ab; 2004ab; GIGUERE et al., 2000; LINDEMANN, 1993; MATTE et al., 1996).

Em estudo desenvolvido por Weber et al. (2014), foi observado que o peso total da leitegada e o peso ao nascer por leitão aumentaram significativamente nas porcas suplementadas com 50 µg/kg de vitamina D na forma 25(OH)D<sub>3</sub> na ração, quando comparadas com o grupo controle (isenta desta suplementação). Coffey et al. (2012), Hines et al. (2013) e Zhou et al. (2016) demonstraram existir uma associação positiva entre a suplementação de vitamina D na forma de 25(OH)D<sub>3</sub> (HyD) durante a gestação e o desenvolvimento muscular da progênie, mostrando melhorias no status materno desta vitamina ao substituir uma porcentagem de vitamina D<sub>3</sub> na dieta pela forma 25(OH)D<sub>3</sub> (HyD).

Lindemann (1993) trabalhando com a suplementação de ácido fólico, observou um efeito positivo na sobrevivência do embrião em fêmeas suínas, resultando conseqüentemente num aumento no tamanho da leitegada. Simard et al. (2007) observaram melhorias no total de leitões nascidos e desmamados quando foi oferecido níveis mais altos de vitamina B<sub>12</sub> (0,1 mg/kg). para fêmeas na gestação

Outro aspecto importante é que as linhagens atuais têm maior capacidade de produção de leite que genéticas antigas (VINSKY et al., 2006) e para manter essa maior produção o grau de mobilização das reservas corporais deve ser maior, uma vez que o consumo de nutrientes ainda é limitado (WHITTEMORE, 1996).

Diante disso, alguns trabalhos demonstraram uma relação positiva entre a suplementação de vitaminas para as fêmeas na gestação e o efeito na progênie. Ao suplementarem com vitamina E (LAURIDSEN; JENSEN, 2005; PINELLI-SAAVEDRA; SCAIFE, 2005; UMENSIOSI, 2009; WANG et al., 2017); ácido fólico (BARKOW et al.,

2001), vitamina B12 (SIMARD et al., 2007); e vitamina E e C de forma associada (SOSNOWSKA et al., 2011) estes autores encontraram melhorias no desenvolvimento subsequente dos leitões. Paralelamente, foram verificados um incremento dos níveis destas vitaminas no colostro e no leite das fêmeas que receberam suplementação.

O leite normalmente é a única fonte de nutrientes disponível para o leitão durante a lactação e, portanto, qualquer evento que comprometa sua produção pode ter reflexos diretos sobre o ganho de peso dos mesmos (JONES; STAHLY, 1999).

Leitões com baixo peso ao nascimento possuem menores níveis de reservas energéticas corporais, maior sensibilidade ao frio, demoram mais tempo para atingir o complexo mamário (HERPIN et al., 1996; LAY JÚNIOR et al., 2002), levando a uma menor ingestão de colostro e leite, cujas repercussões são a redução da imunidade passiva, gerando um quadro de subnutrição, o que resulta em maior mortalidade pós-natal e comprometimento do desenvolvimento (LE DIVIDICH; NOBLET, 1981; QUINIOU et al., 2002).

Como antioxidantes, as vitaminas A, E e C desempenham um papel fundamental na função celular imune. Lauridsen e Jensen (2005), Schwager e Schulze (1998) e Zhao et al. (2002), relataram que a vitamina C exerce uma influência positiva sobre as funções imunológicas. Pinelli-Saavedra (2003) ratificaram a ação da vitamina E na melhora da resposta imune para porcas e leitões.

Algumas pesquisas sugerem um efeito sinérgico entre a vitamina E e a vitamina C, sugerindo uma ação de regeneração da vitamina C em relação a vitamina E. O ácido ascórbico permite a regeneração do  $\alpha$ -tocoferol permitindo que ele continue a exercer sua função (GEBERT et al., 2006; HALPNER et al., 1998; HAMILTON et al., 2000; LAURIDSEN; JENSEN, 2005; PINELLI-SAVEDRA; SCAIFE, 2005).

Matrizes gestantes e lactantes que receberam rações suplementadas com maiores níveis dietéticos de vitaminas E e C associadas tiveram leitões com maior concentração de anticorpos séricos (PINELLI-SAAVEDRA et al., 2008). Sosnowska et al. (2011) observaram um aumento de 22% na concentração sérica de vitamina E, mostrando que a vitamina C pode ter protegido a vitamina E da oxidação ou aumentado sua regeneração.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, K. L.; BAZER, F. W.; ROBERTS, R. M. Progesterone-induced secretion of a retinol-binding protein in the pig uterus. **Journals of Reproduction and Fertility**, n. 62, v. 1, p.39-47, May 1981.
- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, J. S. et al. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos**. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1986. 395p.
- ALEJANDRO, N. R.; CABÁN, E. J. Reproductive performance of gestating gilts supplemented with riboflavin. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 98, n. 2, p. 119-128, October 2014.
- ALLEN, R. E.; RANKIN, L. L. Rankin. Regulation of satellite cells during skeletal muscle growth and development. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 194, n. 2, p. 81–86, June 1990.
- AMAZAN, D.; REY, A. I.; FERNÁNDEZ, E.; LÓPEZ-BOTE, C. J. Natural vitamin E (D- $\alpha$ -tocopherol) supplementation in drinking water prevents oxidative stress in weaned piglets. **Livestock Science**, v. 145, n. 1-3, p. 55–62, May 2012.
- ANDERSON, L. E. Sr.; MYER, R. O.; BRENDEMUHL, J. H.; McDOWELL, L. R. The Effect of Excessive Dietary Vitamin A on Performance and Vitamin E Status in Swine Fed Diets Varying in Dietary Vitamin E. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 4, p. 1093-1098, April 1995.
- ASGHAR, A.; GRAY, J. I.; BOOREN, A. M. et al. Effects of supranutritional dietary vitamin E Levels on subcellular deposition of a-tocopherol in the muscle and on pork quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 57, p. 31–41, January, 1991.
- BAILEY, M.; CLARKE, M. J.; WILSON, A. D. et al. Depressed potential for interleukin-2 production following early weaning of piglets. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 34, p. 197–207, November 1992.
- BALL, G. **Bioavailability and analysis of vitamins in foods**. London: Chapman & Hall; 1998. 569 p.
- BAILEY, L. B. Folic Acid. In: ZEMPLINI, J.; RUCKER, R. B.; McCORMICK, D. B.; SUUTIE, J. W. **Handbook of Vitamins**. 4 ed. Broken Sound Parkway NW: Taylor & Francis Group, 2007. p. 385-412.
- BAR, A.; RAZAPHKOVSKY, V.; VAX, E.; PLAVNIK, I. Performance and bone development in broiler chickens given 25-hydroxycholecalciferol. **British Poultry Science**, v. 44, n. 2, p. 224–233, May 2003.
- BARCIA, M. T.; JACQUES, A. C.; PERTUZATTI.; ZAMBIAZI, R. C. Determinação de ácido ascórbico e tocoferóis em frutas por CLAE. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 381-390, abr./jun. 2010.
- BARKOW, B. ; MATTE, J. J. ; BOÈHME, H. ; FLACHOWSKY, G. Influence of folic acid supplements on the carry-over of folates from the sow to the piglet. **British Journal of**

**Nutrition**, v. 85, n. 2, p. 179-184, February 2001.

BARROETA, A. C., GONZALEZ, G.; SANZ, J.; BRIZ, C. R. Optimum vitamin nutrition in poultry breeders. In: **Optimum vitamin nutrition**. Sheffield, UK: 5M Publishing. 2012. p. 41-88.

BENDICH, A. Physiological Role of Antioxidants In the Immune System. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 9, p. 2789-94, September 1993.

BENEDIKT, J.; ROTH-MAIER, D. A.; KIRCHGESSNER, M. Influence of dietary vitamin B6 supply during gravidity and lactation on total vitamin B6 concentration in blood and milk. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v. 66, p. 146-150, 1996.

BENTLEY, R.; MEGANATHAN, R. Biosynthesis of vitamin K (menaquinone) in bacteria. **Microbiology Reviews**, v. 46, n. 3, p. 241-80, September 1982.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301 p.

BLANCO, A.; BLANCO, G. **Medical Biochemistry**. United Kingdom: Academic Press, Elsevier, 2017. 805p.

BLODGET, S. S.; MILLER, P. S.; LEWIS, A.; FISCHER, R. Niacin and Vitamin B12 Requirements of Weanling Pigs. **Nebraska Swine Reports**, Paper 71, 2002.

BLOMHOFF, R.; BLOMHOFF, H. K. Overview of retinoid metabolism and function. **Journal of Neurobiology**, v. 66, n. 7, p. 606–630, June 2006.

BLOMHOFF, R. Overview of vitamin A metabolism and function. In: **Vitamin A in Health and Disease**. New York: Marcel Dekker, 1994. p. 1–35.

BLOMHOFF, R.; SMELAND, E. B. Role of retinoids in normal hematopoiesis and the immune system. In: **Vitamin A in Health and Disease**. New York: Marcel Dekker, 1994. p. 451–485.

BRIZ, R. C.; PÉREZ, A. B. Optimum vitamin nutrition in broilers and turkeys. In: **Optimum vitamin nutrition**. Sheffield, UK: 5M Publishing. 2012. p. 139-242.

BONOMI, A.; QUARANTELLI, A.; SABBIONI, B. M. L'integrazione dei mangimi per suini all'ingrasso con biotina: effetti sui prosciutti stagionati (contributo sperimentale). *Ann. Fac. Med. Vet.* vol. XVII. **Universita degli Studi di Parma**. Accesso em: 10 novembre 2017. Disponivel em: <http://www.unipr.it/arpa/facvet/annali/1997>

BONOMI, A.; QUARANTELLI, A.; SABBIONI, A. et al. L'impiego della biotina, in qualità di integratore, nell'alimentazione dei suini all'ingrasso. **Rivista di Scienza dell'Alimentazione**, v. 25, p. 399–411, 1996.

BOYD, R. D.; WILLIAMS, N. H.; ALLEE, G. L. Segregated parity structure in sow farms to capture nutrition, management and health opportunities. In: **Swine Nutrition Conference Proceedings**. Indianapolis, Indiana, Usa, p. 44-50, 2008.

BUCKLEY, D. J.; MORISSEY, P. A.; GRAY, J. I. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 10, p. 3122–3130, October 1995.

CAMPBELL, M. K. **Bioquímica**. Porto Alegre: Artmed, 2000. 751 p.

CAÑETE, A.; CANO, E.; MUÑOZ-CHÁPULI, R.; CARMONA, R. Role of Vitamin A/Retinoic Acid in Regulation of Embryonic and Adult Hematopoiesis. **Nutrients**, v. 9, n. 2, p. 1-18, February 2017.

CASALS, R.; CALSAMIGLIA, R. Optimum vitamin nutrition in beef cattle. In: **Optimum vitamin nutrition**. Sheffield, UK: 5M Publishing, 2012. p. 309-334.

CASTILHA, L. D.; HUEPA, L. M. D.; FACHINELLO, M. R. et al. SID tryptophan levels and B6 vitamin supplementation do not change blood parameters, organ weights, carcass traits, and meat quality of barrows (70 – 100 kg). **Meat Science**, v. 118, p. 66 –70, 2016.

CASTILLA, R. F. G.; PITOL, J. L. J.; REZA, R. M. et al. Adición de altos niveles de biotina em dietas para cerdas puberes y gestantes. **Agronomia Mesoamericanas**, v. 17, n. 1, p. 01-05, 2006.

CHEW, B. P. Effects of supplemental b-carotene and vitamin A on reproduction in swine. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 1, p. 247–252, January 1993.

CHING, S.; MAHAN, D. C.; WISEMAN, T. G.; FASTINGER, N. D. Evaluating the antioxidant status of weanling pigs fed dietary vitamins A and E. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 9, p. 2396-2401, September 2002.

CHING, S.; MAHAN, D. C.; OTTOBRE, J. S.; DABROWSKI, K. Ascorbic acid synthesis in fetal and neonatal pigs and in pregnant and postpartum sows. **Journal of Nutrition**, v. 131, n. 7, p. 1997–2001, July 2001a.

CHING, S.; MAHAN, D. C.; DABROWSKI, K. Liver L-Gulonolactone Oxidase Activity and Tissue Ascorbic Acid Concentrations in Nursing Pigs and the Effect of Various Weaning Ages, **Journal of Nutrition**, v. 131, n. 7, p. 2002-2006, July 2001b.

CHO, J. H.; LUA, N.; LINDEMANN, M. D. Effects of vitamin supplementation on growth performance and carcass characteristics in pigs. **Livestock Science**, v. 204, p. 25–32, October 2017.

CLAGETT-DAME, M.; KNUTSON, D. Vitamin A in reproduction and development. **Nutrients**, v. 3, n. 4, p. 385–428, April 2011.

CLAGETT-DAME, M.; DeLUCA, H. F. The role of vitamin A in mammalian reproduction and embryonic development. **Annual Review of Nutrition**, v. 22, p. 347–381. July 2002.

CLOSE, W. H.; COLE, D. J. A. Nutrition of Sows and Boars. Nottingham: Nottingham University Press, 377p, 2001.

COFFEY, J. D.; HINES, E. A.; STARKEY, J. D. et al. Feeding 25-hydroxycholecalciferol improves gilt reproductive performance and fetal vitamin D status. **Journal of Animal**

**Science**, v. 90, n. 11, p. 3783–3788, November 2012.

COFFEY, M. T.; BRITT, J. H. Enhancement of Sow Reproductive Performance by  $\beta$ -Caroteneor Vitamin A. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 5, p. 1198-202, May 1993.

COMBS, G. F.; McCLUNG, J. P. **The Vitamins – Fundamental Aspects in Nutrition and Health**. 5 eds. United Kingdom: Elsevier, 2017. 612 p.

CONAWAY, H. H.; HENNING, P.; LERNER, U. H. Vitamin a metabolism, action and role in skeletal homeostasis. **Endocrine Reviews**, v. 34, n. 6, p. 766-797, December 2013.

CÔTÉ-ROBITAILLE, M. E.; GIRARD, C. L.; GUAY, F.; MATTE, J. J. Oral supplementations of betaine, choline, creatine and vitamin B6 and their influence on the development of homocysteinaemia in neonatal piglets. **Journal of Nutritional Science**, v. 4, n. 3, p. 1-7, 2015.

DAKSHINAMURTI, S.; DAKSHINAMURTI, K. Vitamin B6. In: ZEMPLIENI, J.; RUCKER, R. B.; McCORMICK, D. B.; SUUTIE, J. W. **Handbook of Vitamins**. 4 ed. Broken Sound Parkway NW: Taylor & Francis Group, 2007. p. 361-384.

DALTO, D. B.; MATTE, J. J. Pyridoxine (Vitamin B6) and the Glutathione Peroxidase System; a Link between One-Carbon Metabolism and Antioxidation. **Nutrients**, v. 9, n. 3, p. 1-13, 2017.

DEBIER, C.; LARONDELLE, Y. Vitamins A and E: metabolism, roles and transfer to offspring. **British Journal of Nutrition**, v. 93, n. 2, p. 153–174, February 2005.

De LA FUENTE, M.; VICTOR, M. Anti-oxidants as modulators of the immune system. **Immunology & Cell Biology**, v. 78, n. 1, p. 49–54, February 2000.

DEL RIO, M.; RUEDAS, G.; MEDINA, S. Improvements by several antioxidants of macrophage function in vitro. **Life Sciences**, v. 63, n. 10, p. 871–881, 1998.

DIRINCK, P.; DE WINNE, A.; CASTEELS, M.; FRIGG, M. Studies on Vitamin E and Meat Quality. 1. Effect of Feeding High Vitamin E Levels on Time-Related Pork Quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 65-68, 1996.

DITTMER, K. E.; THOMPSON, K. G. Vitamin D Metabolism and Rickets in Domestic Animals: A Review. **Veterinary Pathology**, v. 48, n. 2, p. 389-407, March 2011.

DONOVAN, S. M.; MAR, M. H.; ZEISEL, S. H. Choline and choline ester concentrations in porcine milk throughout lactation. **Nutritional Biochemistry**, v. 8, p. 603–607, 1997.

DORES, S. M. C.; PAIVA, S. A. R.; CAPANA, A. O. Vitamina K: metabolismo e nutrição. **Revista de Nutrição**, v. 14, n. 3, p. 207-18, set./dez. 2001.

DREWKE, C.; LEISTNER, E. Biosynthesis of vitamin B6 and structurally related derivatives. **Vitamins and Hormones**, v. 61, p. 121–155, 2001.

DSM. OVN® - Optimum Vitamin Nutrition. Disponível em: <

[https://www.dsm.com/products/tortuga/pt\\_BR/technologies/ovn.html](https://www.dsm.com/products/tortuga/pt_BR/technologies/ovn.html)>. Acesso: 03 de abril de 2018.

DUNCAN, K. R.; SUZUKI, Y. Vitamin E Nicotinate. **Antioxidants**, v. 6, n. 20, p. 1-14, 2017.

DUNSHEA, F. R.; D'SOUZA, D. N.; PETHICK, D. W. et al. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. **Meat Science**, v. 71, n. 1, p. 8-38, September 2005.

DUQUETTE, J.; MATTE, J. J.; FARMER, C. et al. Pre-and post-mating dietary supplements of folic acid and uterine secretory activity in gilts. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 77, p. 415-420, 1997.

DUSSO, A. S.; BROWN, A. J.; SLATOPOLSKY, E. Vitamin D. **American Journal of Physiology**, v. 289, n. 1, p. F8-F28, July 2005.

ENSMINGER, A. H.; ENSMINGER, M. E.; KONLANDE, J. E.; ROBSON, J. R. K. **Foods and Nutrition Encyclopedia**. 1 ed. California: Pegus Press, 1983. 1.208p.

EWAN, R. C. Vitaminas. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes - fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p.456-469.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo. Vitaminas**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0f.htm>>. Acesso em: 08 outubro 2017.

FEDNA. FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL. **Necesidades Nutricionales para Ganado Porcino**. 4 eds. Madrid: FEDN, 2013. 114p. 2013.

FIRTH, J.; JOHNSON, B. C. Quantitative relationship of tryptophan and nicotinic acid in the baby pig. **Journal of Nutrition**, v. 59, n. 2, p. 223-234, June 1956.

FLOHR, J. R.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S. et al. An evaluation of the effects of added vitamin D3 in maternal diets on sow and pig performance. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 2, p. 594-603, February 2014.

FLORES, J. A. R.; IBARGÜENGOYTIA, J. A. C.; MEJÍA-GUADARRAMA, C. A. Manejo y alimentación de la cerda en lactación. In: MEJÍA-GUADARRAMA C. A.; IBARGÜENGOYTIA J. A. C.; FLORES J. A. R.; VARELA D. B.; LANDIN G. M. E ROSALES S. G. **Alimentación del trato reproductivo porcino**. Coyoacán: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2007. p.91-117.

FONTES, D. O.; ABREU, M. L. T.; FERNANDES, I. S. Exigência de vitaminas para suínos. In: SAKAMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal, SP: Funep. p. 426 - 442, 2014.

FRAGOU, S.; FEGEROS, K.; XYLOURI, E. et al. Effect of vitamin E supplementation on various functional properties of macrophages and neutrophils obtained from weaned piglets.

**Journal of Veterinary Medicine**, v. 51, n. 4, p. 178–183, May 2004.

GARROW, T. A. Choline. In: ZEMPLINI, J.; RUCKER, R. B.; McCORMICK, D. B.; SUUTIE, J. W. **Handbook of Vitamins**. 4 ed. Broken Sound Parkway NW: Taylor & Francis Group, 2007. p. 459-488.

GAUDRÉ, D.; GRANIER, R. Incidence de la riboflavine sur les performances des porcs en engraissement. **Journées Recherche Porcine**, v. 41, p. 139-140, 2009.

GAUDRÉ, D.; QUINIOU, N. What mineral and vitamin levels to recommend in swine diets? **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.190-200, July 2009.

GEBERT, S.; EICHENBERGER, B.; PFIRTER, H. P.; WENK, C. Influence of different dietary vitamin C levels on vitamin E and C content and oxidative stability in various tissues and stored *m. longissimus dorsi* of growing pigs. **Meat Science**, v. 73, n. 2, p. 362–367, June 2006.

GOLBACH, J. L.; RICKE, S. C.; O'BRYAN, C. A.; CRANDALL, P. G. Riboflavin in Nutrition, Food Processing, and Analysis - A Review. **Journal of Food Research**, v. 3, n. 6, p. 1-13, 2014.

GOMES, M. M.; SAUNDERS, C.; ACCIOLY, E. Papel da vitamina A na prevenção do estresse oxidativo em recém-nascidos. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 5, n. 3, p. 275-282, jul. / set., 2005.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative Quality and Shelf Life of Meats. **Meat Science**, v. 43, p. 111-123, 1996.

GREEN, R.; MILLER, J. W. Vitamin B12. In: ZEMPLINI, J.; RUCKER, R. B.; McCORMICK, D. B.; SUUTIE, J. W. **Handbook of Vitamins**. 4 ed. Broken Sound Parkway NW: Taylor & Francis Group, 2007. p. 413-458.

GROESBECK, C. N.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D. et al. Effects of pantothenic acid on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets with or without ractopamine hydrochloride. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 10, p. 2492–2497, October 2007.

GUAY F.; MATTE J. J.; GIRARD C. L. et al. Effects of folic acid supplement on uterine prostaglandin metabolism and interleukin-2 expression on day 15 of gestation in white breed and crossbred Meishan sows. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 84, n. 1, p. 63-72, 2004a

GUAY F.; MATTE J. J.; GIRARD C. L. et al. Effect of folic acid plus glycine supplement on uterine prostaglandin and endometrial granulocyte-macrophage colony-stimulating factor expression during early pregnancy in pigs. **Theriogenology**, v. 61, n. 2-3, p. 485-498, January 2004b.

GUAY F.; MATTE J. J.; GIRARD C. L. et al. Effect of folic acid and vitamin B12 supplements on folate and homocysteine metabolism in pigs during early pregnancy. **British Journal of Nutrition**, v. 88, n. 3, p. 253-263, September 2002a.

GUAY F.; MATTE J. J.; GIRARD C. L. et al. Effect of folic acid and glycine supplementation on embryo development and folate metabolism during early pregnancy in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 8. p. 2134–2143, August 2002b.

GUIGUERE, A.; GIRARD, C. L.; LAMBERT, R. et al. Reproductive performance and uterine prostaglandin secretion in gilts conditioned with dead semen and receiving dietary supplements of folic acid. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 80, p. 467–472, 2000.

GUO, Q.; RICHERT, B. T.; BURGESS, J. R. et al. Effects of dietary vitamin E and fat supplementation on pork quality. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 11, p. 3089–3099, November 2006.

HALPNER, A. D.; HANNDELMAN, G. J.; BELMONT, C. A. et al. Protection by vitamin C of oxidant-induced loss of vitamin E in rat hepatocytes. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 9, p. 355-359, 1998.

HAMILTON, I. M. J.; GILMORE, W. S.; BENZIE, F. F. et al. Interactions between vitamins C and E in human subjects. **British Journal of Nutrition**, v. 84, p. 261-267, 2000.

HERNÁNDEZ, J. M.; WEBER, G.; SOTO-SALANOVA, M. F. The importance of optimum vitamin nutrition for the food chain. In: **Optimum vitamin nutrition**. Sheffield, UK: 5M Publishing. 2012. p. 11-40.

HERPIN, P.; Le DIVIDICH, J.; HULIN, J. C.; FILLAUT, M.; De MARCO F.; BERLIN, R. Effects of the level of asphyxia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2067–2075, 1996.

HIDIROGLOU, M.; BATRA, T. R. Concentrations of vitamin G in milk of sows and in plasma of Piglets. **Canadian journal of animal science**, 1995.

HINES, E. A.; COFFEY, J. D.; STARKEY, C. W. et al. Improvement of maternal vitamin D status with 25-hydroxycholecalciferol positively impacts porcine fetal skeletal muscle development and myoblast activity. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 9, p. 4116–4122, September 2013.

HOLICK, M. F. Resurrection of vitamin D deficiency and rickets. **Journal of Clinical Investigation**, v. 116, n. 8, p. 2062-2072, August 2006.

HUTTON, K. C.; VAUGHN, M. A.; LITTA, G. et al. Effect of vitamin D status improvement with 25-hydroxycholecalciferol on skeletal muscle growth characteristics and satellite cell activity in broiler chickens. **Journal Animal Science**, v. 92, n. 8, p. 3291–3299, October 2014.

ISABEL, B; REY, A. I.; LÓPEZ BOTE, C. Optimum vitamin nutrition in pigs. In: **Optimum vitamin nutrition**. Sheffield, UK: 5 M Publishing. 2012. p.243-308.

JACKSON, M. J. Assessment of the bioavailability of micronutrients. **European Journal of Clinical Nutrition**. v. 51, n. 1, p.1-2, 1997.

JACOB, R. A. Niacin. In: BOWMAN, B. A.; RUSSEL, R. M. **Present Knowledge in Nutrition**. 9 ed. Washington, DC: International Life Sciences, 2006. p. 260-268.

JANG, Y. D.; LINDEMANN, M. D.; MONEGUE, H. J.; STUART, R. L. The Effects of Fat-soluble Vitamin Administration on Plasma Vitamin Status of Nursing Pigs Differ When Provided by Oral Administration or Injection. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n. 5, p. 674-682, May 2014.

JENSEN, C.; LAURIDSEN, C.; BERTELSEN, G. Dietary vitamin E: quality and storage stability of pork and poultry. **Trends in Food Science and Technology**, v. 9, n. 2, p. 62–72, February 1998.

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, 1999.

KINGSTON, E. R.; MONAHAN, F. J.; BUCKLEY, D. J.; LYNCH, P. B. Lipid oxidation in cooked pork as affected by vitamin E, cooking and storage conditions. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 386–389, 1998.

KLACK, K.; CARVALHO, J. F. Vitamina K: Metabolismo, Fontes e Interação com o Anticoagulante Varfarina. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 46, n.6, p. 398-406, nov/dez, 2006.

KONOWALCHUK, J. D.; RIEGER, A. M.; KIEMELE, MOIRA D. et al. Modulation of weanling pig cellular immunity in response to diet supplementation with 25-hydroxyvitamin D3. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 155, n. 1-2, p. 57–66, September 2013.

KOPINSKI, J. S.; LEIBHOLZ, J. Biotin studies in pigs: 2. The biotin requirement of the growing pig. **British Journal of Nutrition**, v. 62, p. 761–766, 1989.

KUBENA, K. S.; McMURRAY, D. N. Nutrition and the immune system: a review of nutrient–nutrient interactions. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 96, n. 11, p. 1156-64, November 1996.

KUHN, M.; FROHMANN, B.; PETERSEN, A. et al. Utilization of crude soybean lecithin as a native choline source in feed rations of fattening pigs. **Fett/Lipid**, v. 100, n. 3, p. 78–84, 1998.

LAHUCKY, R.; BAHNELKA, I.; KUECHENMEISTER, U. Effects of dietary supplementation of vitamins D3 and E on quality characteristics of pigs and longissimus muscle antioxidative capacity. **Meat Science**, v. 77, n. 2, p. 264–268, October 2007.

LAHUCKY, R.; BAHNELKA, I.; NOVOTNA, K.; VASICKOVA, K. Effects of dietary vitamin E and vitamin C supplementation on the level of  $\alpha$ -tocopherol and L-ascorbic acid in muscle and on the antioxidative status and meat quality of pigs. **Czech Journal of Animal Science**, v. 50, n. 4, p. 175–184, April 2005.

LAURIDSEN, C. TRIENNIAL GROWTH SYMPOSIUM-Establishment of the 2012 vitamin

D requirements in swine with focus on dietary forms and levels of vitamin D. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 3, p. 910–916, March 2014.

LAURIDSEN, C.; HALEKOH, U.; LARSEN, T.; JENSEN, S. K. Reproductive performance and bone status markers of gilts and lactating sows supplemented with two different forms of vitamin D. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 1, p. 202–213, January 2010.

LAURIDSEN, C.; JENSEN, S. K. Influence of supplementation of all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate preweaning and vitamin C postweaning on  $\alpha$ -tocopherol and immune responses of piglets. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 6, p. 1274–1286, June 2005.

LAURIDSEN, C.; ENGEL, H.; JENSEN, S. K. et al. Lactating sows and suckling piglets preferentially incorporate RRR- over all-rac- $\alpha$ -tocophol into milk, plasma and tissues. **Journal of Nutrition**, v. 132, n. 6, p. 1258–1264, June 2002.

LAY JÚNIOR, D. C.; MATTERI, R. L.; CARROLL, J. A. et al. Preweaning survival in swine. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 74–86, 2002.

LE DIVIDICH, J.; NOBLET, J. Colostrum Intake and thermoregulation in the neonatal pig relation to environmental temperature. **Biology of the Neonate**, v. 40, p. 167-174, 1981.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principles of Biochemistry**. 2.ed. New York: Worth Publishers, 1995.

LEWIS, A. J.; CROMWELL, G. L., PETTIGREW, J. E. Effects of supplemental biotin during gestation and lactation on reproductive performance of sows: a cooperative study. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 1, p. 207-214, January 1991.

LIEW, S. C. Folic acid and diseases – supplement it or not? **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 62, n. 1, p. 90-100, 2016.

LIMA, A. S.; WEIGEL, A.; MORGADO, A. A. Parenteral administration of vitamins A, D and E on the oxidative metabolism and function of polymorphonuclear leukocytes in swine. **Pesquisa Veterinaria Brasileira**. Rio de Janeiro, v. 32, n. 8, p. 727-734, August 2012.

LINDEMANN, M. D.; BRENDEMUHL, J. H.; CHIBA, L. I. et al. A regional evaluation of injections of high levels of vitamin A on reproductive performance of sows. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 2, p. 333-338, February 2008.

LINDEMANN, M. D. Supplemental folic acid: A requirement for optimizing swine reproduction. **Journal of Animal Science** v. 71, n. 1, p. 239–246, January 1993.

LIPS, P. Vitamin D physiology. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 92, n. 1, p. 4 – 8, September 2006.

LO FIEGO, D. P.; MACCHIONI, MINELLI, P. et al. Effect of pantothenic acid level in the diet of the finishing heavy pig on carcass and meat quality traits. **Italian Journal of Animal Science**, v. 8, n. 2, p.504-506, 2009.

LOHAKARE, J. D.; LEE, S. H.. CHAE, B. J. Effect of Dietary Fat-soluble Vitamins on

Growth Performance and Nutrient Digestibility in Growing Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 19, n. 4, p. 563-567, 2006.

LÜDKE, H.; SCHÖNE, F.; HENNIG, A.; SEFFNER, V.; STEINBACH, G. Vitamin A requirements of growing pigs. 3. Effect of vitamin A supply on the state of health of piglets and fattening swine. **Archivo für Tierernährung**, v. 35, n. 2, p.97-108, 1985.

LUTZ, T. R.; AUTREY, B. A.; STAHLY, T. S. Efficacy of Pantothenic Acid as a Modifier of Body Composition in Pigs. **Animal Industry Report**, 2004.

LUTZ, T. R.; STAHLY, T. S.; COOK, D. R.; EWAN, R. C. Effects of dietary thiamin, folacin or niacin regimen on growth in high lean pigs. **Journal of Animal Science**, v.77, suppl.1, p.189, 1999.

LUTZ, T. R.; STAHLY, T. S. Dietary Niacin Needs of High Lean Pigs. **Swine Research Report**. Paper 12, 1999.

LUTZ, T. R.; STAHLY, T. S. Dietary riboflavin needs for body maintenance and body protein and fat accretion in pigs. **Swine Research Report**. Paper 7, 1998.

MAHAN, D. C.; CARTER, S. D.; CLINE, T. R. et al. Evaluating the effects of supplemental B vitamins in practical swine diets during the starter and grower-finisher periods—A regional study. **Journal of Animal Science**, n. 85, p. 2190–2197, April 2007.

MAHAN, D. C.; CHING, S.; DABROWSKI, K. Developmental aspects and factors influencing the synthesis and status of ascorbic Acid in the pig. **Annual Review of Nutrition**, v. 24, p. 79–103, 2004.

MAHAN, D. C.; KIM, Y. Y.; STUART, R. L. Effect of vitamin sources (RRR- or-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate) and levels on sow reproductive performance, plasma, tissue and milk  $\alpha$ -tocopherol contents over a five parity period, and the effects on the progeny. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 1, p. 110–119, January 2000.

MAHAN, D. C.; VALLET, J. L. Vitamin and mineral transfer during fetal development and the early postnatal period in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 10, p. 2731–2738, October 1997.

MAHAN, D. C.; LEPINE, A. J.; DABROWSKI, K. Efficacy of magnesium-L-ascorbyl-2-phosphate as a vitamin C source for weanling and growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 9, p. 2354–2361, September 1994.

MARANTIDIS, A.; LALLOTIS, G. P.; AVDI, M. Association of RBP4 Genotype with Phenotypic Reproductive Traits of Sows. **Genetics Research International**, v. 2016, p. 1-5, 2016.

MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A. A intrigante bioquímica da niacina – Uma revisão crítica. **Química Nova**, v. 34, n. 10, p. 1739-1752, 2011.

MARTELLI, G.; SARDELLI, L.; PARISHINI, P. et al. The effects of a dietary supplement of biotin on Italian heavy pigs' (160 kg) growth slaughtering parameters, meat quality and the

sensory properties of cured hams. **Livestock Production Science**, v. 93, n. 2, p. 117–124, 2005.

MASHIYAMA, S. T.; COURTEMANCHE, C.; ELSON-SCHWAB, I. et al. Uracil in DNA, determined by an improved assay, is increased when deoxynucleosides are added to folate-deficient cultured human lymphocytes. **Analytical Biochemistry**, v. 330, p. 58–69, 2004.

MATTE, J. J.; LAURIDSEN, C. Vitamins and Vitamin Utilization in Swine. In: CHIBA, L. I. **Sustainable Swine Nutrition**. 1. ed. Iowa: Wiley-Blackwell, 2013. p. 139-172.

MATTE, J. J.; LeFLOCH, N.; GIGUERE, A. et al. La vitamine B6 (pyridoxine) et son effet régulateur sur les réponses métabolique et zootechnique à un supplément de tryptophane aux porcelets en sevrage hatif. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v. 39, p. 119-124, 2007.

MATTE, J. J. L'importance de certaines vitamines du complexe B chez le porc. **Journées Recherche Porcine**, v. 38, p. 303-312, 2006.

MATTE J. J.; GUAY F.; GIRARD C. L. Folic acid and vitamin B12 in reproducing sows: new concepts. **Canadian Journal of Animal Science**, n. 86, p. 197-205, 2006.

MATTE, J. J.; GIGUERE, A.; GIRARD, C. Some aspects of the pyridoxine (vitamin B6) requirement in weanling piglets. **British Journal of Nutrition**, v. 93, p. 723–730, 2005.

MATTE, J. J.; LeFLOCH, N.; RELANDEAU, C. et al. Is vitamin B6 a modulator of the effect of supplementary tryptophan on tryptophan metabolism and growth responses in weanling pigs? **Journal of Animal Science**, v. 82 (Suppl.1), p. 19-20, 2004.

MATTE, J. J.; GIRARD, C. L.; SÈVE, B. Effects of long-term parenteral administration of vitamin B6 on B6 status and some aspects of the glucose and protein metabolism of early weaned piglets. **British Journal of Nutrition**, v. 85, p. 11–21, 2001.

MATTE, J. J.; FARMER, C.; GIRARD, C. L.; LAFOREST, J. P. Dietary folic acid, uterine function and early embryonic development in sows. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 76, p. 427–433, 1996.

McDOWELL, L. R. Vitamins in animal and human nutrition. 2. ed. Ames, IA: Iowa State University Press. 2000. 793 p.

MILLER, E. R.; SCHMIDT, D. A.; HOEFER, J. A.; LUECKE, R. W. The thiamine requirement of the baby pig. **Journal of Nutrition**, v. 56, n. 3, p. 423-430, 1955.

MINELLI, G.; MACCHIONI, P.; IELO, M. C. et al. Effects of Dietary Level of Pantothenic Acid and Sex on Carcass, Meat Quality Traits and Fatty Acid Composition of thigh Subcutaneous Adipose Tissue in Italian Heavy Pigs. **Italian Journal of Animal Science**, v. 12, n. 2, p. 329-336, 2013.

MOCK, D. M. Biotin. In: ZEMPLINI, J.; RUCKER, R. B.; McCORMICK, D. B.; SUUTIE, J. W. **Handbook of Vitamins**. 4 ed. Broken Sound Parkway NW: Taylor & Francis Group, 2007. p. 361-384.

MONAHAN, F. J.; ASGHAR, A.; GRAY, J. I.; BUCKLEY, D. J. Effect of Oxidized Dietary Lipid and Vitamin E on the Colour Stability of Pork Chops. **Meat Science**, v. 37, n. 2, p. 205-215, 1994.

MONAHAN, F. J.; GRAY, J. I. ASGHAR, A. et al. Influence of dietary treatment on lipid and cholesterol oxidation in pork. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n. 8, p. 1310-1315, August 1992.

MOREIRA, R. O.; BALDUÍNO, A.; MARTINS, H. et al. Ribavirin, but not interferon-a, is associated with impaired osteoblast proliferation and differentiation in vitro. **Calcified Tissue International**, v.75, n.2, p.160-168, August 2004.

MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P. J. A.; GALVIN, K. et al. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**,. v. 49, n. suppl 1, p. 73–86, 1998.

MOSNIER, E.; MATTE, J. J.; ETIENNE, M. et al. Tryptophan metabolism and related B vitamins in the multiparous sow fed ad libitum after farrowing. **Archives of Animal Nutrition**, v. 63, n. 6, p. 467-478, 2009.

MOURÃO, D. M.; SALES, N. S.; COELHO, S. B.; PINHEIRO-SANTANA, H. M. Biodisponibilidade de vitaminas lipossolúveis. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 529-539, jul./ago., 2005.

MULLAN, B. P.; WILLIAMS, I. H. The chemical composition of sows during their first lactation. **Animal Production**, v. 51, p. 375-387, 1990.

NAPOLI, J. L. Retinoic acid: its biosynthesis and metabolism. **Progress in Nucleic Acid Research and Molecular Biology**, v. 63, p. 139–88, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 10 eds. Washington, DC: National Academy Press, 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Swine: Eleventh Revised Edition**. 11 eds. Models for Estimating Nutrient Requirements of Pigs - Case studies. National Academy of Sciences. 2012.

NEMEC, M.; BUTLER, G.; HIDIROGLOU, M. et al. Effect of supplementing gilts' diets with different levels of vitamin E and different fats on the humoral and cellular immunity of gilts and their progeny. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 3, p. 665–676, March 1994.

NIJHOUT, F. H.; REED, M. C.; BUDU, P.; ULRICH, C. M. A mathematical model of the folate cycle. **The Journal of biological Chemistry**, v. 279, p. 55008-55016, 2004.

NORMAN, A. W.; HENRY, H. L. Vitamin D. In: ZEMPLINI, J.; RUCKER, R. B.; McCORMICK, D. B.; SUUTIE, J. W. **Handbook of Vitamins**. 4 ed. Broken Sound Parkway NW: Taylor & Francis Group, 2007. p. 41-109.

PAIK, J.; VOGEL, S.; QUADRO, L. et al. Vitamin A: overlapping delivery pathways to tissues from the circulation. **Journal of Nutrition**, v. 134, n. 1, p. 276–280, January 2004.

PARTRIGE, I. G.; MCDONALD, M. S. A note on the response of growing pigs to supplemental biotin. **Animal Production**, v. 50, p. 195-197, 1990.

PETTIGREW, J. E.; ESNAOLA, M. A. Swine nutrition and pork quality: A review. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 316-342, October 2001.

PETTIGREW, J. E.; EL-KANDELGY, S. M.; JOHNSTON, L. J.; SHURSON, G. C. Riboflavin nutrition of sows. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2226-2230, October 1996.

PHARAZYN, A.; DEN HARTOG, L. A.; AHERNE, F. X. Vitamin E and its Role in the Nutrition of the Gilt and Sow: A Review. **Livestock Production Science**, v. 24, n. 1-13, 1990.

PINELLI-SAAVEDRA, A.; CALDERO de la BARCA, A. M.; HERNANDEZ, J. et al. Effect of supplementing sows' feed with  $\alpha$ -tocopherol acetate and vitamin C on transfer of  $\alpha$ -tocopherol to piglet tissues, colostrum, and milk: Aspects of immune status of piglets. **Research in Veterinary Science**, n. 85, n. 1, p. 92-100, August 2008.

PINELLI-SAAVEDRA, A.; SCAIFE, J. Pre-and postnatal transfer of vitamins E and C to piglets in sows supplemented with vitamin E and vitamin C. **Livestock Production Science**, v. 97, n. 2-3, p. 231-240, November 2005.

PINELLI-SAAVEDRA, A. Vitamin E in immunity and reproductive performance in pig. **Reproduction Nutrition Development**. v. 43, n. 5, p. 397-408, 2003.

POWERS, H. J. Riboflavin (vitamin B-2) and health. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, n. 6, p. 1352-1360, June 2003.

QUINIQU, N.; DAGORN, J.; GAUDRÉ, D. Variation of piglet's birth weight and consequences on subsequent performance. **Livestock Production Science**, v. 78, p. 63-70, 2002.

RADCLIFFE, J. S., RICHERT, B. T., PEDDIREDDI, L., TRAPP, S. A. Effects of supplemental pantothenic acid during all or part of the growing-finishing period on growth performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**, v. 20, p. 353-359, 2003.

RADCLIFFE, J. S. A importância dos modificadores de carcaça suína para a qualidade da carne. **Porkworld**, São Paulo, v. 1, n. 22, p. 50-54, 2004.

REAL, D. E.; NELSEN, J. L.; UNRUH, J. A. Effects of increasing dietary niacin on growth performance and meat quality in finishing pigs reared in two different environments. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 12, p. 3203-3210, December 2002.

RODAS, B. Z.; MAXWELL, C. W.; DAVIS, M. E. et al. L-ascorbyl-2-polyphosphate as a vitamin C source for segregated and conventionally weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 1636-1643, 1998.

ROSA, J. S.; GODOY, R. L. O.; NETO, J. O. et al. Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão

iônica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 837-846, 2007.

ROSS, A. C.; CHEN, Q.; MA, Y. Vitamin A and retinoic acid in the regulation of B-cell development and antibody production. **Vitamins and Hormones**, v. 86, p. 103–126, 2011.

ROSS, C.; Gardner, E. M. The function of vitamin A in cellular growth and differentiation, and its roles during pregnancy and lactation. In: ALLEN, L.; KING J.; LONNERDAL, B. eds. **Nutrient Regulation during Pregnancy, Lactation, and Infant Growth**. New York: Plenum Press, 1994. p. 187-200.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; et al., 2017. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4 eds. Viçosa:UFV. 488p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; et al., 2011. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 eds. Viçosa: UFV, 252p.

ROTHSCHILD, M. F.; MESSER, L.; DAY, A. et al. Investigation of the retinol-binding protein 4 (RBP4) gene as a candidate gene for increased litter size in pigs. **Mammalian Genome**, v. 11, n 1, p. 75–77, January 2000.

ROWE, L. J.; MADDOCK, K. R.; LONERGAN, S. M.; HUFF-LONERGAN, E. Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of  $\mu$ -calpain. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3254–3266, 2004.

RUCKER, R. B.; BAUERLY, K. Pantothenic Acid. In: ZEMPLIENI, J.; RUCKER, R. B.; McCORMICK, D. B.; SUUTIE, J. W. **Handbook of Vitamins**. 4 ed. Broken Sound Parkway NW: Taylor & Francis Group, 2007. p. 289-314.

SAID, H. M. Intestinal absorption of water-soluble vitamins in health and disease. **Biochemical Journal**, n. 437, v. 3, p. 357–372, August 2011.

SCHMID, A.; WALTHER, B. Natural Vitamin D Content in Animal Products. **Advances in Nutrition**, v. 4, p. 453–462, July 2013.

SCHMENKE, D. C.; BEHR, S. R. Vitamin E combined with selenium inhibits atherosclerosis in hypercholesterolemic rabbits independent of effects on plasma cholesterol concentrations. **Circulation Research**, v. 8, p. 366-371, 1998.

SCHWAGER, J.; SCHULZE, J. Modulation of interleukin production by ascorbic acid. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 64, n. 45-57, 1998.

SEMBA, R. D. The Discovery of the Vitamins. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v. 82, n. 5, p. 310-315, October 2012.

SEMBA, R. D. The role of vitamin A and related retinoids in immune function. **Nutrition Reviews**, v. 56, p. 38–48, January 1998.

SILVA, R. A. M.; PACHECO, G. D.; AGOSTINI, P. S. et al. Desempenho, qualidade de

carcaça e carne de suínos alimentados com dietas contendo antioxidantes e ractopamina. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3971-3982, 2013.

SILVEIRA, P. R. S.; FERNANDES, L. C. O.; JÚNIOR, W. B.; MORAES FILHO, J. C. **Efeito da injeção de vitamina A no desempenho reprodutivo de porcas**. Comunicado Técnico, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1997. p. 1-2.

SIMARD, F.; GUAY, F.; GIRARD, C. L. et al. Effects of concentrations of cyanocobalamin in the gestation diet on some criteria of vitamin B12 metabolism in first-parity sows. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 12, p. 3294-3302, December 2007.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, 15, n. 1, p. 71-81, jan./abr., 2002.

SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S.; SESTI, L. A. C. **Suinocultura Intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Brasília: Embrapa Serviço de produção de Informação, 1998. 388p.

SONNET, P. E.; MASCAVAGE, L. M.; DALTON, D. R. The fist steps. The attack on the carbonyl carbon of pyridoxal cofactor in pyridoxal-dependent enzymes. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v. 18, p. 744-748, 2008.

SOSNOWSKA, A.; KAWĘCKA, M.; JACYNO, E.; KOŁODZIEJ-SKALSKA, A. et al. Effect of dietary vitamins E and C supplementation on performance of sows and piglets. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 61, n.4, p.196-203, 2011.

STAHLY, T. S.; COOK, D. R. Dietary Thamin Needs of High Lean Growth Pigs. **Swine Research Report**, Paper 9, 1997.

STAHLY, T. S.; LUTZ, T. R. Role of Pantothenic Acid as a Modifir of Body Composition in Pigs. Iowa State University. **Swine Research Report**, Paper 2, 2001.

STAHLY, T. S.; WILLIAMS, N.; LUTZ, T. R. et al. Dietary B vitamin needs of strains of pigs with high and moderate lean growth. **Journal of Animal Science**, v. 85, p.188-195, 2007.

STARKEY, J. D. TRIENNIAL GROWTH SYMPOSIUM-A role for vitamin D in skeletal muscle development and growth. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 3, p. 887-892, March 2014.

STEIN, J.; DANIEL, H.; WHANG, E. et al. Rapid Postabsorptive Metabolism of Nicotinic Acid in Rat Small Intestine May Affect Transport by Metabolic Trapping. **Journal of Nutrition**, v. 124, n. 1, p. 61-66, January 1994.

STENDER, D.; IRVIN, R.; BASS, T. J. Effct of Beta-carotene on Reproductive Performance in Swine. **Swine Research**, 1999.

SUN, T.; SURLES, R. L.; TANUMIHARDJO, S. A. Vitamin A Concentrations in Piglet Extrahepatic Tissues Respond Differently Ten Days after Vitamin A Treatment. **Journal of Nutrition**, v. 138, n. 6, p. 1101-1106, June 2008.

SUTTIE, J. W. Vitamin K. In: ZEMPLINI, J.; RUCKER, R. B.; McCORMICK, D. B.; SUUTIE, J. W. **Handbook of Vitamins**. 4 ed. Broken Sound Parkway NW: Taylor & Francis Group, 2007. p. 111-152.

SUTTIE, J. W. Vitamin K and human nutrition. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 92, n. 5, p. 585-590, May 1992.

TERMAN, A.; KMIEĆ, M.; POLASIK, D. PRADZIADOWICZ K. Retinol binding protein 4 gene and reproductive traits in pigs. **Archiv Tierzucht**, v. 50, p. 181–185, 2007.

TRABER, M. G. Vitamin E. In: ZEMPLINI, J.; RUCKER, R. B.; McCORMICK, D. B.; SUUTIE, J. W. **Handbook of Vitamins**. 4 ed. Broken Sound Parkway NW: Taylor & Francis Group, 2007. p. 153-174.

TRINDADE NETO, M. A.; BERTO, D. A.; MIGUEL, W. C.; SOTO, W. C. Nutrição de reprodutoras de genótipo moderno. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 15 (Supl. 1), p. 171-17, 2007.

TROUT, W. E.; McDONNELL, J. J.; KRAMER, K. K. et al. G. A. The retinol-binding protein of the expanding pig blastocyst: molecular cloning and expression in trophectoderm and embryonic disc. **Molecular Endocrinology**, v. 5, n. 10, p. 1533–1540, October 1991.

UMESIOBI, D. O. 2009. Vitamin E Supplementation to Sows and Effects on Fertility Rate and Subsequent Body Development of their Weanling Piglets. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**. v. 110, n. 2, p.155–168, 2009.

VINSKY, M.D.; NOVAK, S.; DIXTON, W.T. et al. Nutritional restriction in lactating primiparous sows selectively affects female embryo survival and overall litter development. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 18, p. 347-355, 2006.

WARNER, K. Effects on the flavor and oxidative stability of stripped soybean and sunflower oils with added pure tocopherols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 9906-9910, 2005.

WANG, H.; WANG, L. S.; SHI, B. M.; SHAN, A. Effects of dietary corn dried distillers grains with solubles and vitamin E on growth performance, meat quality, fatty acid profiles, and pork shelf life of finishing pigs. **Livestock Science**, v. 149, n. 1-2, p. 155-166, November 2012.

WANG, L.; XU, X.; SU, G.; SHI, B.; SHAN, A. High concentration of vitamin E supplementation in sow diet during the last week of gestation and lactation affects the immunological variables and antioxidative parameters in piglets. **Journal of Dairy Research**, v. 84, n. 1, p. 8–13, February 2017.

WATKINS, K. L.; SOUTHERN, L. L.; MILLER, J. E. Effects of dietary biotin supplementation on sow reproductive performance and soundness and pig growth and mortality. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 201–206, 1991.

WATTRANG, E.; WALLGREN, P. LINDBERG, A., FOSSUM, C. Signs of infections and

reduced immune functions at weaning in conventionally reared and specific pathogen free pigs. **Zentralbl Veterinarmed B**, v. 45, n. 1, p. 7–17, February 1998.

WEBER, G. M.; WITSCHI, A. K. M.; WENK, C.; MARTENS, H. TRIENNIAL GROWTH SYMPOSIUM - Effects of dietary 25-hydroxycholecalciferol and cholecalciferol on blood vitamin D and mineral status, bone turnover, milk composition, and reproductive performance of sows. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 899–909, 2014.

WEINSTEIN, S. J.; HARTMAN, T. J.; STOLZENBERG-SOLOMON, R. et al. Null Association between Prostate Cancer and Serum Folate, Vitamin B6, Vitamin B12, and Homocysteine. **Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention**, v. 12, p. 1271–1272, November 2003.

WELICK, D. M.; NORBACK, D. H.; DeLUCA, H. F. Retinol is specifically required during mid-gestation for neonatal survival. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 272, n. 1, p. 25–29, January 1997.

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

WIEGAND, B. R., SPARKS, J. C.; BEITZ, D. C. Short-term feeding of vitamin D3 improves color but does not change tenderness of pork-loin chops. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 8, p. 2116-21, August 2002.

WILBORN, B. S.; KERTH, C. R.; OWSLEY, W. F. et al. Improving pork quality by feeding supranutritional concentrations of vitamin D3. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 1, p. 218–224 January 2004.

WILSON, M. E.; FAHRENKRUG, S. C.; SMITH, T. P. et al. Differential expression of cyclooxygenase-2 around the time of elongation in the pig conceptus. **Animal Reproduction Science**, v. 71, p. 229–237, 2002.

WOODWORTH, J. C.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L. et al. Added dietary pyridoxine, but not thiamin, improves weanling pig growth performance. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 1, p. 88-93, January 2000.

ZANGERONIMO, M. G.; OBERLENDER, G.; MURGAS, L. D. S. Efeito da nutrição na reprodução em marrãs – Revisão de Literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**. v. 20, n. 1, p. 1-20, 2013.

ZARDO, A. O.; LIMA, G. J. M. M. **Alimentos para suínos**. Boletim Informativo de Pesquisa-Embrapa Suínos e Aves e Extensão-EMATER/RS. Ano 8, BIPERS, n. 12, 1999.

ZHAO, J.; LI, D.; PIAO, X. et al. Effects of Vitamin C Supplementation on Performance, Iron Status and Immune Function of Weaned Piglets. **Archiv für Tierernaehrung**, v. 56, n. 1, p. 33-40, 2002.

ZHAO, Z. R.; ROSS, A. C. Retinoic acid repletion restores the number of leukocytes and their subsets and stimulates natural cytotoxicity in vitamin A-deficient rats. **Journal of Nutrition**, v. 125, n. 8, p. 2064-2073, August 1995.

ZHOU, H.; CHEN, Y.; LV, G. et al. Improving maternal vitamin D status promotes prenatal and postnatal skeletal muscle development of pig offspring. **Nutrition**, v. 32, n. 10, p. 1144–1152, October 2016.

ZITTERMANN, A. Vitamin D in preventive medicine: are we ignoring the evidence? **British Journal of Nutrition**, v. 89, n. 5, p. 552–572, May 2003.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de um maior aporte vitamínico dietético para matrizes suínas em fase de gestação e lactação e seu efeito no desempenho reprodutivo e condição corporal e um possível efeito nas progênes visando verificar o desempenho zootécnico e as interações destas ações sobre as características de carcaça, qualidade da carne, perfil imunológico, contagem de fibras musculares e a qualidade de um produto curado produzido a partir da carne destes animais.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar um maior aporte vitamínico dietético para matrizes suínas nas fases de gestação e lactação e seu efeito no desempenho reprodutivo e condição corporal;
- Avaliar um maior aporte vitamínico dietético para matrizes suínas nas fases de gestação e lactação e a influência desta ação sobre o desempenho zootécnico, qualidade da carcaça, carne e imunidade da progênie;
- Avaliar um maior aporte vitamínico dietético em leitões destinados ao abate sobre o desempenho zootécnico, qualidade da carcaça, carne, perfil imunológico e contagem das células musculares;
- Avaliar os efeitos de um maior aporte vitamínico dos leitões destinados ao abate sobre a preservação oxidativa e a qualidade de um produto cárneo curado produzido a partir da carne destes animais

4 ARTIGO A

---

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO VITAMÍNICA OVN® (*Optimum Vitamin Nutrition*)  
PARA MATRIZES SUÍNAS E PARA SUA PROGÊNIE NO DESEMPENHO  
REPRODUTIVO E PRODUTIVO**

**RESUMO**

Objetivou-se avaliar o efeito da administração de uma suplementação vitamínica para matrizes suínas em fase de gestação e lactação, somada a uma suplementação também à progênie, sobre o desempenho reprodutivo e condição corporal das matrizes, e sobre o desempenho e o perfil imunológico da progênie até o abate. O experimento foi dividido em duas fases. Na primeira fase foram utilizadas 104 porcas, distribuídas em blocos de acordo com o ciclo gestacional, submetidas até os 21 dias de lactação a dois tratamentos: T1 - Dieta LV (*Low Vitamin Nutrition*), com níveis vitamínicos baseados nas referências da literatura; T2 – Dieta OVN® (*Optimum Vitamin Nutrition*), com níveis vitamínicos acima das referências de literatura. Cada matriz e sua respectiva leitegada foram consideradas uma unidade experimental. As matrizes foram submetidas às avaliações de escore corporal e espessura de toucinho e para avaliação do desempenho reprodutivo foram computados: número de leitões nascidos totais; número de leitões nascidos vivos; número de leitões natimortos; número de leitões mumificados; peso médio e total ao nascimento; taxa de mortalidade na maternidade; número de leitões desmamados e peso médio e total ao desmame (21 dias). Na segunda fase, 120 leitões desmamados, 60 machos castrados e 60 fêmeas, com 21 dias de idade e peso médio inicial de  $5,33 \pm 1,5$  kg, foram avaliados até o abate aos 164 dias de idade. O desenho experimental foi em blocos casualizados, de acordo com o peso e o sexo dos animais, em um modelo fatorial 2 x 2 (dois níveis de vitaminas para porcas e dois níveis de vitaminas para os leitões), com 10 repetições/tratamento (representada pela baia com três animais do mesmo sexo). Os tratamentos corresponderam aos mesmos adotados na primeira fase experimental. Os leitões foram avaliados de acordo com cada fase de desenvolvimento e durante todo o período experimental, sendo considerado: ganho de peso diário, consumo diário de ração, conversão alimentar e porcentagem de mortalidade. Aos 70 dias de idade foi feita a coleta de sangue em 80 animais para verificar a resposta imune humoral à vacinação contra o micoplasma e o circovirus. A suplementação vitamínica OVN® não apresentou efeitos positivos para os parâmetros reprodutivos e para a composição corporal das matrizes suínas, no entanto, se mostrou positiva no desempenho da progênie no início da fase de creche, mas não determinou efeitos superiores nas respostas imunes à vacinação contra circovirose e micoplasma.

**Palavras-chave:** Imunidade. Leitões. Produção de suínos. Suinocultura. Vitaminas.

## **EFFECT OF OVN® (OPTIMUM VITAMIN NUTRITION) VITAMIN SUPPLEMENTATION FOR SOWS AND ITS LITTER IN REPRODUCTIVE AND PRODUCTIVE PERFORMANCE**

### **ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the effect of the administration of a vitamin supplementation to gestation and lactation sow and their progeny, on the reproductive performance and body status of the sows and on the performance and immunological profile of the progeny until slaughter. The experiment was divided into two phases. In the first phase, 104 sows were distributed in blocks according to the gestational cycle, submitted to the 21 days of lactation to two treatments: T1 - LV (*Low Vitamin Nutrition*) Diet, with vitamin levels based on references in the literature; T2 - OVN® (*Optimum Vitamin Nutrition*) diet, with vitamin levels according to literature references. Each sow and its respective litter were considered as an experimental unit or replicate. The sows were submitted to the body score, fat back evaluations and for the evaluation of the reproductive performance were analysed: total of piglets born; number of piglets born alive; number of stillborn piglets; number of mummified piglets; average and total weight at birth; mortality rate; number of piglets weaned and mean and total weight at weaning (21 days). In the second trial, 120 weaned piglets (litter), 60 castrated males and 60 females, with 21 days of average age and initial mean weight of  $5.33 \pm 1.5$  kg, were evaluated until slaughter at 164 days of age. The experimental design was randomized blocks, according to the weight and sex of the animals, in a 2 x 2 factorial model (two levels of vitamins for sows and two levels of vitamins for piglets), with 10 replicates/treatment (represented by the pen with three animals of the same sex). The treatments corresponded to the same ones adopted in the first experimental phase. The pigs were evaluated according to each stage of development and throughout the experimental period, considering: daily weight gain, daily feed intake, feed conversion and percentage of mortality. At 70 days old, blood was collected in 80 animals to verify the humoral immune response to vaccination against mycoplasma and circovirus. Vitamin supplementation OVN® did not show positive effects on the reproductive parameters and body composition of the sows, however, it was positive in the progeny performance at the beginning of the day care phase, but did not determine superior effects in immune responses to vaccination against circovirus and mycoplasma.

**Keywords:** Immunity. Piglets. Pig production. Swine. Vitamins.

## Introdução

A nutrição de fêmeas suínas tem evoluído nos últimos anos, principalmente pela necessidade de adequar os programas nutricionais ao seu potencial genético e ao nível da produção atual. As matrizes comerciais modernas são mais precoces e produtivas, possuindo maior peso corporal e uma maior exigência nutricional.

A seleção segue priorizando a longevidade das matrizes, a produção de grandes leitegadas e um elevado número de leitões viáveis (HERNANDEZ et al., 2012). Entretanto, essas características têm predisposto as fêmeas a processos catabólicos mais intensos na fase de lactação dada à maior demanda nutricional que detêm para a produção de leite (MULLAN; WILLIAMS, 1990). Desvios nas condutas alimentares e nutricionais das matrizes na fase de gestação, associado ao baixo consumo na fase de lactação, podem incrementar o número de leitões com baixo peso ao nascimento, comprometendo as taxas de sobrevivência e o desempenho até o abate (PANZARDI et al., 2009).

Neste sentido, Zangeronimo et al. (2013) destacam que associado à qualidade genética dos animais é necessário atender aos requerimentos de conforto ambiental e nutricional das matrizes a fim de garantir resultados positivos em todos os ciclos reprodutivos subsequentes.

Quanto às demandas nutricionais, em especial das vitaminas, claramente sua participação é decisiva na promoção do desempenho produtivo e reprodutivo (ISABEL et al., 2012), sendo demonstrado que sob níveis acima das recomendações praticadas regularmente (*Optimum Vitamin Nutrition - OVN*), com destaque ao ácido fólico, biotina, riboflavina, vitamina A e/ou  $\beta$ -caroteno e vitamina E, promovem melhorias nos índices reprodutivos das fêmeas, com redução na taxa de mortalidade embrionária e de abortos, aumento no número de leitões nascidos vivos e desmamados, diminuição do intervalo entre desmame e estro e melhora do estado imunológico (CLOSE; COLE, 2001; TRINDADE NETO et al., 2007).

Quando se avalia o efeito da suplementação direta de vitaminas para leitões nas fases que sucedem o desmame, também há vários resultados positivos nos índices de desempenho (MAHAN et al., 2007; STAHLY et al., 2007; WANG et al. 2017). Lohakare et al. (2006) sugerem que suínos nas fases de crescimento e terminação apresentam melhores resultados de consumo e conversão alimentar quando suplementados com níveis mais elevados de vitaminas em relação às recomendações do NRC de 1998.

Embora o conceito de aumento dos níveis vitamínicos dietéticos seja válido para animais de todas as fases e idades (ISABEL et al., 2012), numa visão mais ampla, os

efeitos desta conduta para as matrizes suínas gestantes e lactantes visando repercussões positivas sobre a performance da progênie são ainda mais escassas (BOYD et al., 2008).

Diante desse quadro e das informações ainda limitadas em relação às necessidades vitamínicas e considerando que muitas condutas comerciais adotam níveis vitamínicos dietéticos acima dos valores sugeridos pelas tabelas nutricionais (ROSTAGNO et al., 2011; NRC, 2012), objetivou-se com este trabalho avaliar a suplementação de um maior aporte vitamínico para matrizes suínas em fase de gestação e lactação, somada à suplementação vitamínica direta para a progênie, sobre parâmetros reprodutivos e produtivos da progênie.

## **Material e Métodos**

Todos os procedimentos adotados nesta pesquisa foram previamente aprovados pela Comissão de Ética de Uso de Animais da Universidade Estadual de Londrina (CEUA 1717.2015.82).

O experimento foi dividido em duas fases. A primeira fase que correspondeu à gestação e lactação e foi desenvolvida em granja comercial de ciclo completo, localizada no município de Carambeí, Paraná, com capacidade de 270 matrizes.

A unidade de gestação detinha gaiolas individuais, com piso compacto e sistema de alimentação automática com *drops*. A maternidade com celas parideiras, possuindo abrigo escamoteador e um protetor lateral, constituído de uma barra de ferro, para evitar esmagamento dos leitões.

Foram utilizadas 104 fêmeas gestantes, da génetica Agrocere PIC, cruzadas com machos Agrocere PIC, entre zero a sete ordens de parto, divididas em dois grupos experimentais, seguintes critérios para a inclusão dos animais nos tratamentos: identificação individual, preservado o histórico reprodutivo adequado; livre de doença clínica aparente e bom estado geral. Cada matriz e sua respectiva leitegada foram consideradas uma unidade experimental.

Os grupos experimentais foram blocados de acordo com o ciclo gestacional, dividindo-os em: um e dois, três e quatro e cinco a sete ordens de parição, sendo as matrizes selecionadas distribuídas ao acaso nos tratamentos em um período de seis semanas para a formação dos grupos. O efeito da ordem de parição foi desconsiderado pelo fato de não ter sido constatado diferenças entre estes.

A utilização das vitaminas nas dietas foi realizada de duas formas: T1 - Grupo controle (LV): *Low Vitamin* ou baixo nível de vitamina, de acordo com a recomendação de Rostagno et al. (2011); T2 – Grupo OVN®: *Optimum Vitamin Nutrition* ou ótima nutrição de vitamina, de acordo com a recomendação da DSM Produtos Nutricionais (2012).

As fêmeas iniciaram o experimento logo após a cobertura, recebendo as rações referentes aos tratamentos propostos. As dietas foram fornecidas atendendo as exigências de cada fase de produção, exceto para as vitaminas que estão sendo avaliadas. Para as fêmeas gestantes foi oferecida alimentação restrita, sendo 2 kg até aos 90 dias de gestação e 2,6 kg dos 90 dias de gestação até a data do parto. Para as matrizes em lactação a alimentação foi à vontade. Para os leitões lactentes foi oferecida, independente dos tratamentos de suas matrizes, a mesma ração comercial, sendo esta à vontade a partir do 8º dia de idade até o desmame.

As matrizes foram submetidas às avaliações de escore corporal, realizado por meio de avaliação visual e apalpamento dos ossos pélvicos e espessura de toucinho. Na data de cobertura aos 80 dias de gestação, logo após o parto e ao desmame dos leitões (aos 21 dias). A mensuração da espessura de toucinho foi realizada com auxílio de aparelho de ultrassom, modelo Renco Lean Meater S12, no ponto P2, na última costela, a cerca de cinco cm da linha média no lado direito, conforme a metodologia citada por Augenstein et al. (1994).

Os parâmetros avaliados foram: número de leitões nascidos totais; número de leitões nascidos vivos; número de leitões natimortos; número de leitões mumificados; peso médio e total ao nascimento; taxa de mortalidade na maternidade; número de leitões desmamados e peso médio e total ao desmame aos 21 dias.

A segunda fase do experimento, correspondente a creche, crescimento e terminação, foi desenvolvida na unidade experimental de crescimento e terminação do Setor de Suinocultura da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, localizada no município de Londrina, Paraná.

A unidade era composta de 40 baias de alvenaria, com piso compacto, com 3 m<sup>2</sup> de área, dotada de comedouros metálicos semi-automáticos e bebedouros tipo *nipple*. Nas primeiras quatro semanas do pós-desmame foram utilizados comedouros tipo calha e as baias estavam providas de aquecimento por meio de lâmpadas de infra-vermelho de 200W.

Foram utilizados 120 leitões da genética PIC (60 machos castrados e 60 fêmeas), desmamados aos 21 dias de idade, com peso médio inicial de  $5,33 \pm 1,5$  kg,

submetidos à avaliação durante 143 dias (21 aos 164 dias de idade). Os leitões eram provenientes das leitegadas da primeira parte do experimento, sendo selecionados de acordo com o peso médio da ninhada no momento do desmame e distribuídos em quadro grupos. A distribuição se deu da seguinte forma: 60 leitões do grupo de matrizes LV foram selecionados e distribuídos em dois grupos, 30 leitões passaram a receber a dieta com suplementação vitamínica e 30 leitões permaneceram recebendo a dieta controle. Sendo feita a mesma distribuição para os 60 leitões selecionados no grupo de matrizes OVN, seguindo os mesmos tratamentos até o abate.

Os leitões foram distribuídos em blocos casualizados, de acordo com o peso e o sexo dos animais, em um modelo fatorial 2 x 2 (dois níveis de vitaminas para porcas e dois níveis de vitaminas para os leitões), com 10 repetições/tratamento (três leitões do mesmo sexo/baia corresponderam à repetição). Todo o manejo alimentar e de água foi *ad libitum* durante todo o período experimental.

Os leitões foram avaliados de acordo com cada fase de desenvolvimento e durante todo o período experimental, sendo considerados os seguintes parâmetros: ganho de peso diário, consumo diário de ração, conversão alimentar e porcentagem de mortalidade. A fase de creche foi subdividida em três fases (Pré-inicial I, de 21 a 35 dias; Pré-inicial II, de 35 a 49 dias; e Inicial, de 49 a 63 dias de idade) e as fases de crescimento e terminação ficaram compreendidas entre os intervalos de 63 a 105 dias e de 105 a 164 dias de idade, respectivamente.

Aos 70 dias de idade foram selecionados, de forma aleatória, 80 leitões, 20 animais de cada grupo experimental. Neste momento os animais foram submetidos à coleta de sangue por punção dos vasos da região do pescoço para verificação da resposta imune humoral ao micoplasma e ao circovírus. Os animais receberam uma vacina (Circumvent PCVM®, MSD) contra os agentes aos 21 e 42 dias de idade. Amostras de soro foram então armazenadas a - 80°C até o processamento. As análises sorológicas para *Mycoplasma hyopneumoniae* e para circovírus suíno tipo2 (PCV-2) foram realizadas por ELISA indireto através de kit comercial (Biochek UK Ltd. Co., Houslow, UK), de acordo com as recomendações do fabricante.

As rações experimentais (Tabela 1, 2 e 3), tanto para porcas quanto para leitões, seguiram as recomendações de Rostagno et al. (2011) para as diferentes fases dentro das referidas categorias, excetuando os níveis de vitaminas, que para o grupo OVN® seguiram a recomendação da DSM Produtos Nutricionais (2012).

Tabela 1 – Composição percentual, valores nutricionais calculados e valores de vitaminas previstos nas rações de gestação e lactação de acordo com os tratamentos experimentais: LV - *Low Vitamin Nutrition* e OVN® - *Optimum Vitamin Nutrition*.

Ingredientes	Unidade	Fase de Gestação		Fase de Lactação	
		LV	OVN®	LV	OVN®
Milho	%	80	80	66	66
Soja, farelo	%	16	16	28	28
Óleo de soja	%			2	2
Núcleo <sup>1</sup>	%	4	4		
Núcleo <sup>2</sup>	%			4	4
Valores Nutricionais Calculados					
Energia Metabolizável	kcal/kg	3176,64	3176,64	3259,04	3259,04
Proteína	%	13,86	13,86	18,24	18,24
Fibra Bruta	%	2,25	2,25	2,66	2,66
Lisina digestível	%	0,64	0,64	1,03	1,03
Metionina digestível	%	0,24	0,24	0,29	0,29
Treonina digestível	%	0,54	0,54	0,71	0,71
Cálcio	%	0,71	0,71	0,57	0,57
Fósforo	%	0,39	0,39	0,41	0,41
Sódio	%	0,18	0,18	0,18	0,18
Valores Vitamínico		LV		OVN®	
Vit A	UI/kg	8000		12500	
Vit D3	UI/kg	1200		1750	
HyD	mg/kg	-		0,05	
Vit E	mg/kg	45		125	
Vit K3	mg/kg	2		4,75	
Vit B1	mg/kg	1		2,25	
Vit B2	mg/kg	4		8	
Vit B6	mg/kg	1,5		4,25	
Vit B12	mg/kg	0,02		0,04	
Niacina	mg/kg	25		35	
Pantotênico	mg/kg	16		32,5	
Fólico	mg/kg	1		4,25	
Biotina	mg/kg	0,25		0,65	
Vit C	mg/kg	-		250	
Colina	mg/kg	600		650	

\*As rações foram calculadas com base nas recomendações de Rostagno et al. (2011).

<sup>1</sup>Conteúdo/kg de produto (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): cloro: 0,29 %; cobre: 32,76 mg/kg; ferro: 180,08 mg/kg; manganês: 50,50 mg/kg; selênio: 0,13 mg/kg; zinco: 127,14 mg/kg; cobalto: 2,00 mg/kg; iodo: 6,32 mg/kg; manganês orgânico: 20,00 mg/kg; ferro orgânico: 50,00 mg/kg; cobre orgânico: 10,00 mg/kg; cromo orgânico: 400,00 mg/kg; fitase hiphos M: 2000,00 FYT.

<sup>2</sup>Conteúdo/kg de produto (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): cloro: 0,29 %; cobre: 28,03 mg/kg; ferro: 195,22 mg/kg; manganês: 53,72 mg/kg; selênio: 0,57 mg/kg; zinco: 131,30 mg/kg; cobalto: 1,00 mg/kg; iodo: 1,03 mg/kg; manganês orgânico: 20,00 mg/kg; ferro orgânico: 2,00 mg/kg; cobre orgânico: 0,40 mg/kg; cromo orgânico: 16,00 mg/kg; fitase hiphos M: 2000,00 FYT

Tabela 2 – Valores nutricionais calculados e valores de vitaminas previstos nas rações de creche (Pré-I e II e Inicial) de acordo com tratamentos experimentais: LV - *Low Vitamin Nutrition* e OVN® - *Optimum Vitamin Nutrition*.

Nutrientes	Unidade	Pré-I		Pré-II		Inicial	
		LV	OVN®	LV	OVN®	LV	OVN®
Milho	%	45	45	55	55	65	65
Farelo de soja	%	15	15	25	25	30	30
Núcleo pré 400 <sup>1</sup>	%	40	40				
Núcleo pre 200 <sup>2</sup>	%			20	20		
Núcleo inicial 50 <sup>3</sup>	%					5	5
Valores Nutricionais Calculados							
Energia Metabolizável	kcal/kg	3400	3400	3375	3375	3315	3315
Proteína	%	20,04	20,04	19,03	19,03	18,71	18,71
Fibra Bruta	%	1,59	1,59	2,30	2,30	2,80	2,80
Lactose	%	12,01	12,01	7,33	7,33	-	-
Lisina digestível	%	1,45	1,45	1,35	1,35	1,08	1,08
Metionina digestível	%	0,40	0,40	0,41	0,41	0,35	0,35
Treonina digestível	%	0,91	0,91	0,92	0,92	0,78	0,78
Triptofano digestível	%	0,26	0,26	0,26	0,26	0,23	0,23
Cálcio	%	0,80	0,80	0,71	0,71	0,60	0,60
Fósforo	%	0,50	0,50	0,44	0,44	0,38	0,38
Sódio	%	0,28	0,28	0,20	0,20	0,20	0,20
Vitaminas							
Vit A	UI/kg	6875	12500	6875	12500	6875	12500
Vit D3	UI/kg	1500	1900	1500	1900	1500	1900
HyD	mg/kg	-	0,05	-	0,05	-	0,05
Vit E	mg/kg	40	125	40	125	40	125
Vit K3	mg/kg	3	5,5	3	5,5	3	5,5
Vit B1	mg/kg	-	1	-	1	-	1
Vit B2	mg/kg	3,13	12,5	3,13	12,5	3,13	12,5
Vit B6	mg/kg	2	7	2	7	2	7
Vit B12	mg/kg	0,02	0,05	0,02	0,05	0,02	0,05
Niacina	mg/kg	30	42,5	30	42,5	30	42,5
Pantotênico	mg/kg	15	32,5	15	32,5	15	32,5
Fólico	mg/kg	0,3	2	0,3	2	0,3	2
Biotina	mg/kg	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3
Vit C	mg/kg	-	150	-	150	-	150
Colina	mg/kg	200	325	200	325	200	325

\*As rações foram calculadas com base nas recomendações de Rostagno et al. (2011).

<sup>1</sup>Conteúdo/kg de produto (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): cloro: 0,63 %; ferro: 39,04 mg/kg; zinco: 2500,00 mg/kg; cobalto: 1,00 mg/kg.

<sup>2</sup>Conteúdo/kg de produto: (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): ferro: 35,73 mg/kg; zinco: 2500,00 mg/kg; Zn: 105,00 mg/kg.

<sup>3</sup>Conteúdo/kg de produto: (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): ferro: 120,00 mg/kg; zinco: 105,00 mg/kg; cobre: 250,00 mg/kg; manganês: 40,60 mg/kg; iodo: 1,04 mg/kg; Cu: 20,00 mg/kg; cobre: 250,00 mg/kg; Zn: 105,00 mg/kg.

Tabela 3 – Composição percentual, valores nutricionais calculados e valores de vitaminas previstos nas rações de crescimento e terminação de acordo com os tratamentos experimentais: LV - *Low Vitamin Nutrition* e OVN® - *Optimum Vitamin Nutrition*.

Ingredientes	Unidade	Crescimento		Terminação	
		LV	OVN®	LV	OVN®
Milho	%	74,5	74,5	82	82
Soja	%	22,5	22,5	15	15
Núcleo <sup>1</sup>	%	3	3		
Núcleo <sup>2</sup>	%			3	3
Valores Nutricionais Calculados					
Energia Metabolizável	kcal/kg	3214,89	3214,89	3228,14	3228,14
Proteína	%	16,68	16,68	13,90	13,90
Fibra Bruta	%	2,51	2,51	2,23	2,23
Lisina digestível	%	0,93	0,93	0,76	0,76
Metionina digestível	%	0,28	0,28	0,23	0,23
Treonina digestível	%	0,61	0,61	0,51	0,51
Triptofano digestível	%	0,17	0,17	0,13	0,13
Met+Cistina digestível	%	0,50	0,50	0,44	0,44
Cálcio	%	0,68	0,68	0,48	0,48
Fósforo	%	0,40	0,40	0,40	0,40
Sódio	%	0,18	0,18	0,16	0,16
Vitaminas					
Vit A	UI/kg	5500	8500	4125	6500
Vit D3	UI/kg	1200	1750	900	1250
HyD	mg/kg	-	0,05	-	0,05
Vit E	mg/kg	32	80	24	80
Vit K3	mg/kg	2,4	3	1,8	3
Vit B1	mg/kg	2,5	4	1,5	3
Vit B2	mg/kg	2,5	8,5	1,88	8
Vit B6	mg/kg	1,6	3,25	1,2	2,75
Vit B12	mg/kg	0,016	0,04	0,012	0,04
Niacina	mg/kg	24	30	18	32,5
Pantotênico	mg/kg	12	32,5	9	32,5
Fólico	mg/kg	0,24	1,25	0,18	0,75
Biotina	mg/kg	0,1	0,225	0,06	0,15
Vit C	mg/kg	-	-	-	-
Colina	mg/kg	160	175	120	150

\*As rações foram calculadas com base nas recomendações de Rostagno et al. (2011).

<sup>1</sup>Conteúdo/kg de produto (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): ferro: 187,46 mg/kg; zinco: 129,85 mg/kg; cobre: 26,71 mg/kg; manganês: 51,73 mg/kg; iodo: 1,04 mg/kg; selênio: 0,55 mg/kg.

<sup>2</sup>Conteúdo/kg de produto (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): ferro: 178,91 mg/kg; zinco: 127,84 mg/kg; cobre: 25,41 mg/kg; manganês: 49,73 mg/kg; iodo: 1,04 mg/kg; selênio: 0,52 mg/kg.

Os dados paramétricos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Os dados não paramétricos foram submetidos ao teste de Qui-quadrado. Para as análises foi utilizado o programa estatístico SAEG (2007).

## Resultados e Discussão

Não houve diferença entre os tratamentos para os parâmetros reprodutivos (Tabela 4), indicando a limitação dos procedimentos nutricionais para a melhoria destes índices. Estes resultados estão de acordo com os descritos por Quiniou e Calvar (2005), que ao utilizarem níveis mais elevados de várias vitaminas associadas não obtiveram melhoria na produtividade.

Trabalhos que avaliam níveis elevados de vitaminas de maneira associada sobre o desempenho reprodutivo de fêmeas são escassos, no entanto, pesquisas que avaliam de forma individual ou quando combinadas poucas vitaminas são mais comuns, embora ainda com resultados contraditórios. Avaliando o efeito da suplementação de vitaminas E e C durante a gestação, Pinelli-Saavedra e Scaife (2005) e Sosnowska et al. (2011) relataram que o desempenho reprodutivo das fêmeas e o desempenho dos leitões ao desmame não foram afetados; Lauridsen et al. (2010), ao avaliarem o efeito de doses elevadas de vitamina D para matrizes também não verificaram efeito positivo sobre a performance reprodutiva.

Em contrapartida, Umensiobi (2009) afirma que dietas para porcas na gestação e lactação devem ser complementadas com pelo menos 70 UI/kg de vitamina E (acetato de  $\alpha$ -tocoferol), repercutindo em aumento no tamanho da leitegada e no desenvolvimento dos leitões. Simard et al. (2007) observaram melhorias no número de leitões nascidos e desmamados quando foram oferecidos níveis mais altos de vitamina B12 (cianocobalamina) para fêmeas em gestação (0,1 mg/kg). Neste trabalho o nível utilizado de vitamina E (125 mg/kg gestação e lactação) e vitamina B12 (0,02 e 0,04 mg/kg gestação e lactação, respectivamente) foram superiores aos citados por Umensiobi (2009) e inferiores aos recomendados por Simard et al. (2007), no entanto não foram verificados efeitos positivos em nenhum dos parâmetros avaliados.

A inconsistência nos resultados pode ser justificada pela diferença nos níveis vitamínicos utilizados ou decorrentes do tempo de oferta da suplementação. Pesquisas mostram a ação de algumas vitaminas no desempenho reprodutivo no início da gestação. A vitamina A está envolvida na preparação da mucosa uterina (ISABEL et al., 2012), no aumento da proteína de ligação ao retinol (RBP) importante no desenvolvimento embrionário (ADAMS et al., 1981; TROUT et al., 1991) e uma possível influência no tamanho da leitegada (MARANTIDIS et al., 2016; ROTHSCHILD et al., 2000; TERMAN et al., 2007).

A vitamina E, por sua vez, apresenta ação antioxidante, protegendo o sistema reprodutivo das células (PINELLI-SAAVEDRA, 2003) e o ácido fólico é relacionado

a um efeito positivo na sobrevivência embrionária (LINDEMANN, 1993). As funções atribuídas a essas vitaminas poderia justificar a ausência de efeitos no desempenho reprodutivo, uma vez que a suplementação vitamínica foi ofertada para as fêmeas após a cobertura, possivelmente um tempo insuficiente para ação efetiva na preparação uterina e um aumento no desenvolvimento embrionário. Desta forma, sugere-se o acompanhamento de mais um ciclo gestacional a fim de verificar a ação em longo prazo.

Quanto às medidas de escore corporal e de espessura de toucinho (Tabela 4), não houve diferença entre os tratamentos para todos os períodos de avaliação ( $P>0,05$ ). Os parâmetros escore corporal e espessura de toucinho, independente dos tratamentos, se modificaram de acordo com as etapas reprodutivas, identificando-se com os resultados encontrados por Quiniou e Calvar (2005), que não observaram diferença na espessura de toucinho ao utilizarem níveis elevados de vitaminas de maneira associada durante a lactação; por Simard et al. (2004), ao fornecerem um aporte maior de vitamina B12 e por Lauridsen et al. (2010), que incrementaram o aporte dietético de vitamina D durante gestação e lactação.

A condição corporal é um dos fatores mais importantes para a definição de um programa nutricional. A espessura de toucinho e o escore corporal das matrizes no início da pesquisa estavam identificados com as recomendações da genética, indicando plena adequação nutricional. Possivelmente, este quadro possa explicar a ausência de um resultado positivo para estes parâmetros entre os tratamentos dirigidos.

Tabela 4 - Médias dos valores de desempenho reprodutivos, escore corporal (EC) e espessura de toucinho (ET) de porcas submetidas aos tratamentos experimentais: LV - *Low Vitamin Nutrition* e OVN® - *Optimum Vitamin Nutrition*.

Parâmetros	Tratamentos		CV (%)	Valor de P
	LV	OVN®		
Nascidos totais	15,00	15,37		0,72*
Nascidos vivos	13,59	13,55		0,57*
Natimortos	0,51	0,79		0,48*
Mumificados	0,89	1,03		0,56*
Peso médio nascimento (kg)	1,44	1,43	12,54	0,22**
Peso nascer leitegada (kg)	19,39	19,06	22,29	0,68**
Numero de desmamados	12,24	11,66		0,70**
Peso médio desmame (kg)	5,37	5,19	13,82	0,94**
Peso total desmame (kg)	65,60	60,77	18,98	0,94**
Intervalo desmame-cio (dias)	5,05	5,27		0,56**
ET cobertura (mm)	13,04	12,44	15,39	0,21**
ET 80d gestação (mm)	14,20	13,83	16,96	0,44**
ET início lactação (mm)	16,32	15,46	15,70	0,14**
ET 21d lactação (mm)	13,93	14,09	19,57	0,78**
EC cobertura	2,77	2,73	21,65	0,24*
EC 80d gestação	2,94	2,89	18,71	0,36*
EC início lactação	3,08	3,04	17,01	0,72*
EC 21d lactação	2,54	2,68	24,64	0,29*

CV: coeficiente de variação; \*Valores submetidos ao Teste de Qui-quadrado; \*\*Valores submetidos ao Teste de F.

Na segunda fase do experimento (Tabela 5) os leitões iniciaram a avaliação com pesos ao desmame diferentes ( $P < 0,05$ ), sendo que os provenientes de matrizes que receberam a suplementação vitamínica OVN® apresentaram maiores pesos em relação ao grupo controle (5,43 kg vs 5,23 kg, respectivamente). Essa diferença pode ser justificada porque os leitões da segunda fase do experimento foram selecionados de acordo com o peso médio da leitegada no momento do desmame.

Tabela 5 – Ganho de peso diário (GPD), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) de suínos no período de 21 a 164 dias de idade provenientes de matrizes e leitões submetidos aos tratamentos LV (*Low Vitamin Nutrition*) e OVN® (*Optimum Vitamin Nutrition*).

	Matriz		Progênie		Matriz	Progênie	Interação	CV (%)
	LV	OVN®	LV	OVN®				
Creche Fase I (21 a 35 dias)								
P21 (kg)	5,23b	5,43a	5,34	5,32	0,005	0,38	0,04	4,005
P35 (kg)	7,51	7,59	7,55	7,55	0,81	0,99	0,82	7,231
GPD (kg)	0,16	0,15	0,16	0,16	0,44	0,91	0,70	20,876
CDR (kg)	0,25	0,24	0,25	0,25	0,48	0,77	0,99	17,050
CA	1,56	1,61	1,62	1,55	0,44	0,23	0,24	11,226
Creche Fase II (35 a 49 dias)								
P49 (kg)	12,32	12,31	12,26	12,37	0,98	0,83	0,52	10,362
GPD (kg)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,55	0,63	0,81	14,343
CDR (kg)	0,56	0,55	0,55	0,57	0,66	0,61	0,52	13,119
CA	1,64	1,67	1,65	1,66	0,51	0,85	0,69	7,478
Creche Fase III (49 a 63 dias)								
P63 (kg)	19,63	19,74	19,59	19,78	0,90	0,84	0,46	11,309
GPD (kg)	0,51	0,52	0,52	0,51	0,64	0,53	0,04	13,277
CDR (kg)	0,90	0,93	0,91	0,93	0,49	0,64	0,39	11,885
CA	1,78	1,79	1,74	1,83	0,65	0,57	0,08	8,011
Crescimento (63 a 105 dias)								
P105 (kg)	47,51	49,05	48,08	48,49	0,44	0,84	0,34	11,860
GPD (kg)	0,66	0,70	0,68	0,68	0,91	0,80	0,49	15,356
CDR (kg)	1,49	1,52	1,50	1,51	0,77	0,92	0,30	15,866
CA	1,24	1,17	2,22	2,19	0,94	0,58	0,89	7,597
Terminação (105 a 164 dias)								
P164 (kg)	119,13	119,89	118,5	120,48	0,80	0,53	0,41	7,485
			5					
GPD (kg)	1,25	1,25	1,24	1,25	0,91	0,23	0,55	4,773
CDR (kg)	3,28	3,32	3,26	3,34	0,85	0,51	0,43	11,452
CA	2,62	2,67	2,63	2,65	0,64	0,89	0,76	13,243
Total (21 a 164 dias)								
GPD (kg)	0,794	0,798	0,789	0,803	0,844	0,217	0,403	7,784
CDR (kg)	1,963	1,989	1,957	1,995	0,714	0,593	0,428	11,395
CA	2,468	2,488	2,418	2,482	0,702	0,883	0,699	6,586

P21: peso aos 21 dias de idade; P35: peso aos 35 dias de idade; P49: peso aos 49 dias de idade; P63: peso aos 63 dias de idade; P105: peso aos 105 dias de idade; P164: peso aos 164 dias de idade; CV: coeficiente de variação; Letras diferentes na mesma linha indicam diferença para o teste de Tukey 5%.

Foi observado efeito de interação para o peso aos 21 dias de idade (Fase Pré-inicial I) e ganho diário de peso no início da fase de creche III, sendo que os melhores resultados foram verificados para as progênies oriundas de matrizes que receberam suplementação OVN® e leitões tratados com LV.

Os resultados positivos no início e no final da fase de creche, de progênies oriundas de matrizes que receberam a suplementação vitamínica OVN®, apontam que o

maior aporte vitamínico durante a gestação pode melhorar o desempenho dos leitões na fase de desmame. Esse favorecimento para o peso no início da fase de creche pode ser decorrente de uma melhora nos níveis de vitaminas no colostro e no leite. Estando em sintonia com outras pesquisas que, ao fornecerem uma suplementação vitamínica para porcas em gestação, apresentaram resultados positivos, com incremento dos níveis destes elementos no leite e no colostro, destacando o ácido fólico (BARKOW et al., 2001), a vitamina B12 (SIMARD et al., 2007), a vitamina E (LAURIDSEN; JENSEN, 2005; PINELLI-SAAVEDRA; SCAIFE, 2005; WANG et al., 2017) e as vitaminas E e C associadas (SOSNOWSKA et al., 2011).

No entanto, estes efeitos foram restritos à fase, não perdurando nas etapas subsequentes do desenvolvimento dos animais. Possivelmente, os efeitos da suplementação vitamínica oriundos da dieta de matrizes suplementadas são presumivelmente diluídos com o desenvolvimento dos leitões e sua utilização ou deposição em vários tecidos. Leitões desmamados apresentam alta taxa de crescimento, desenvolvimento intenso dos músculos e aumento da atividade metabólica. Além disso, os leitões são expostos a várias fontes de estresse durante esta fase, incluindo dieta, mudança de temperatura, interação social e manejo. A necessidade nutritiva e metabólica de vitaminas, principalmente vitaminas antioxidantes é, portanto mais elevada nesta fase (LIMA et al., 2012).

A ação antioxidante das vitaminas A, E e C neste caso merece destaque, em especial pela atuação no sistema de defesa, protegendo as células ao estresse oxidativo, melhorando o estado imunológico e conseqüentemente o desempenho (RODRIGUEZ et al., 2002; ZAIDI E BANU, 2004). Segundo Wang et al. (2017), a combinação destas vitaminas estimulam a atividade de enzimas antioxidantes em porcas que receberam essa suplementação. Uma vez que os leitões nascem com níveis baixos destas vitaminas, o colostro e o leite são as únicas alternativas para a ingestão destas vitaminas. Este cenário pode explicar os resultados obtidos na fase inicial, onde, sob este conceito, a suplementação dessas vitaminas pode contribuir tanto no nascimento quanto no desempenho dos leitões ao desmame.

Considerando o desempenho da progênie em todo período experimental (Tabela 5), observa-se que não houve interação dos fatores ou efeito isolado destes sobre os parâmetros avaliados ( $P > 0,05$ ). Os resultados corroboram os obtidos por Gaudré e Vautier (2006) e Zhang et al. (2013), que ao trabalharem com níveis elevados de vitaminas para suínos em fase de engorda não identificaram diferença entre os tratamentos. Por outro lado, Lohakare et al. (2006), ao avaliarem a suplementação dietética de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis acima das recomendações do NRC (1998) sobre o desempenho de suínos em

fase de engorda, observaram que sob uma condição de incremento conjunto destas houve melhoria do ganho de peso e da conversão alimentar, mostrando que a associação e o incremento vitamínico possuem efeito positivo.

Os resultados dos títulos de anticorpos séricos para micoplasma e circovírus (Tabela 6) demonstram que não houve interação dos fatores ou efeito dos tratamentos ( $P>0,05$ ) sobre estes. Destaca-se para este parâmetro o alto coeficiente de variação observado, o que denota a grande diferença individual nas respostas imunes dos animais, independente dos tratamentos. Isto sinaliza que um processo de imunização, independente dos tratamentos experimentais, tem respostas distintas e que a utilização de animais de diferentes leitegadas pode explicar esta variação (RODRIGUES, 2016).

Tabela 6 – Títulos de anticorpos séricos para circovírus e para o micoplasma de leitões aos 70 dias de idade provenientes de matrizes e leitões submetidos aos tratamentos LV (*Low Vitamin Nutrition*) e OVN® (*Optimum Vitamin Nutrition*).

	Matriz		Progênie		Matriz	Progênie	Interação	CV
	LV	OVN®	LV	OVN®				
Circovírus	3843,03	4257,20	4028,91	4069,95	0,24	0,74	0,71	37,07
Micoplasma	1889,41	1615,37	1553,48	1925,10	0,71	0,60	0,56	155,76

CV: coeficiente de variação

O papel das vitaminas sobre a saúde animal é reconhecido, entretanto as abordagens desta relação consideravam principalmente esta interação nos casos de deficiência vitamínica, como descreveram Wuryastuti et al. (1993) e Blair e Newsome (1995) para a vitamina E e para as vitaminas hidrossolúveis, respectivamente.

No entanto, a ausência da melhor resposta imune para os leitões provenientes de porcas que receberam a suplementação vitamínica superior na gestação e na lactação não se identifica com o trabalho de Babinszky et al. (1991), que ao submeteram porcas a uma dieta com níveis mais elevados de vitamina E, observaram maior concentração de anticorpos séricos na progênie à idade de 35 dias, suportando um efeito sobre as imunidades passiva e ativa. Da mesma forma, Pinelli-Saavedra et al. (2008) e Konowalchuk et al. (2013) observaram, respectivamente, que matrizes gestantes e lactantes que receberam rações suplementadas com maiores níveis dietéticos de vitaminas E e C associadas (500 mg e 10 mg/kg de ração respectivamente), ao contrário destas isoladas; e a vitamina D3 (3500

UI/kg) para fêmeas lactantes, tiveram leitões com maior concentração de anticorpos séricos ao desmame (21 dias de idade).

Os animais utilizados nos trabalhos supracitados detinham menor idade que em nossa avaliação, sendo os níveis de vitamina também superiores aos usados nesta pesquisa (125 mg/kg de vitamina E e 1750 UI/kg de vitamina D3). Outro aspecto que deve ser considerado é o baixo desafio sanitário a que esses animais foram submetidos. Após o desmame os leitões foram transferidos de uma granja comercial que possuía um bom *status* sanitário para instalações experimentais que apresentavam uma baixa pressão de desafio.

As respostas imunes similares entre os tratamentos para leitões submetidos às vacinações contra circovirose e micoplasma (Tabela 6) se identificaram com os estudos desenvolvidos por Pinelli-Saavedra (2003), para a vitamina E injetável, e Lima et al. (2012), quando avaliaram a combinação das vitaminas A, D e E injetável (135000 UI vitamina A, 40000 UI vitamina D e 40 mg vitamina E/ animal) para leitões aos 20 e 40 dias de idade.

Em contraste, os resultados não corresponderam aos observados por Chew et al. (1996), que apontaram a importância das vitaminas A, E e C sobre o incremento das respostas imunes em animais domésticos, incluindo os suínos; por Konowalchuk et al. (2013), que observaram que a suplementação de vitamina D3 promoveu em leitões com idade compreendida entre 21 e 69 dias de idade melhora da imunidade celular e humoral, sendo as respostas todas significativas; e por Pinelli-Saavedra (2003), que ratificaram a ação da vitamina E na melhora da resposta imune para porcas e leitões.

Os resultados sobre a promoção da imunidade humoral através do maior aporte vitamínico dietético reforçam a complexidade do tema, na qual mais uma vez os resultados sinalizam que a saúde depende de vários fatores, como os níveis das vitaminas utilizadas e o período de inclusão destas nas dietas e a idade dos animais, entre outros (CHAE et al., 2000ab; PINELLI-SAAVEDRA, 2003). Devido à discrepância dos dados disponíveis, mais estudos são necessários para elucidar o tema e adequar os planos nutricionais existentes.

## Conclusão

O maior aporte vitamínico (OVN®) se mostrou positivo para os leitões no início da fase de creche e para o efeito matriz em relação ao desempenho da progênie no mesmo período. No entanto, não determinou efeitos superiores nas respostas imunes à vacinação contra circovirose e micoplasma e no desempenho dos leitões na fase de crescimento e terminação. Nas fases de gestação e lactação não apresentou efeito positivo para os parâmetros reprodutivos e condição corporal de matrizes suínas, indicando limitação desse plano nutricional para a melhora desses parâmetros.

## Referências

ADAMS, K. L.; BAZER, F. W.; ROBERTS, R. M. Progesterone-induced secretion of a retinol-binding protein in the pig uterus. **Journals of Reproduction and Fertility**, n. 62, v. 1, p.39-47, May 1981.

AUGENSTEIN, M. L.; JOHNSTON, L. J.; SHURSON, G. C. **Formulating farm-specific swine diets**. Minnesota: University of Minnesota, 1994. 21p. (boletim técnico).

BABINSZKY, L.; LANGHOUT, D. J.; VERSTEGEN, M. W. et al. Effect of vitamin E and fat source in sows diets on immune response of suckling and weaned piglets. **Journal of Animal Science**, v. 69, v.5, p.1833-42, 1991.

BARKOW, B.; MATTE, J. J.; BOÈHME, H.; FLACHOWSKY, G. Influence of folic acid supplements on the carry-over of folates from the sow to the piglet. **British Journal of Nutrition**, 85, 179-184, 2001.

BLAIR, R.; NEWSOME, R. Involvement of water-soluble vitamin in diseases of swine. **Journal of Animal Science**, v. 60, p. 1508-1517, 1991.

BOYD, R. D.; WILLIAMS, N. H.; ALLEE, G. L. Segregated parity structure in sow farms to capture nutrition, management and health opportunities. In: **Swine Nutrition Conference Proceedings**, Indianapolis, Indiana, Usa, 2008. p. 44-50.

CHAE, B. J.; CHOI, S. C.; CHO, W. T. et al. Effects of inclusion levels of dietary vitamins and trace minerals on growth performance and nutrient digestibility in growing pig. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.13:1440-1444, 2000a.

CHAE, B. J.; CHOI, S. C.; CHO, W. T. et al. Effects of inclusion levels of dietary vitamins and trace minerals on growth performance and pork stability in finishing pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 13, p.1445-1449, 2000b.

CHEW, B. P. Importance of antioxidant vitamins in immunity and health in animals. **Animal Feed Science and Technology**. v. 59, n. 1-3, p.103-114, 1996.

CLOSE, W. H.; COLE, D. J. A. Nutrition of Sows and Boars. Nottingham: **Nottingham University Press**, 2001. 377p.

GAUDRÉ, D.; VAUTIER, A. Incidence zootechnique d'un taux de complémentation vitaminique élevé en engraissement. **Techniporc**, v.29, n.2, p.19-26, 2006.

HERNÁNDEZ, J. M.; WEBER, G.; SOTO-SALANOVA, M. F. The importance of optimum vitamin nutrition for the food chain. In: **Optimum vitamin nutrition**. Sheffield, UK: 5 M Publishing. 2012. p. 11-38.

ISABEL, B; REY, A. I.; LÓPEZ BOTE, C. Optimum vitamin nutrition in pigs. In: **Optimum vitamin nutrition**. Sheffield, UK: 5 M Publishing. 2012. p.243-308.

KONOWALCHUK, J. D.; RIEGER, A. M.; KIEMELE, M. D. Modulation of weanling pig cellular immunity in response to diet supplementation with 25-hydroxyvitamin D3. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.155, n.1-2, p.57-66, 2013.

LAURIDSEN, C.; JENSEN, S. K. Influence of supplementation of all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate preweaning and vitamin C postweaning on  $\alpha$ -tocopherol and immune responses of piglets. **Journal Animal Science**, v. 83, p. 1274–1286, 2005.

LAURIDSEN, C.; HALEKON, U.; LARSEN, T.; JENSEN, S. K. Reproductive performance and bone status markers of gilts and lactating sows supplemented with two different forms of vitamin D. **Journal Animal Science**, v. 88, p. 202–213, 2010.

LIMA, A. S.; WEIGEL, R. A.; MORGADO, A. A. et al. Parenteral administration of vitamins A, D and E on the oxidative metabolism and function of polymorphonuclear leukocytes in swine. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n.8, p.727-734, 2012.

LINDEMANN, M. D. Supplemental folic acid: A requirement for optimizing swine reproduction. *Journal of Animal Science* v. 71, n. 1, p. 239–246, January 1993.

LOHAKARE, J. D.; LEE, S. H.; CHAE, B. J. Effect of Dietary Fat-soluble Vitamins on Growth Performance and Nutrient Digestibility in Growing Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 19, n. 4, p. 563-567, 2006.

MAHAN, D. C. ; CARTER, S. D. ; CLINE, T. R. et al. Evaluating the effects of supplemental B vitamins in practical swine diets during the starter and grower-finisher periods –a regional study. **Journal of Animal Sciences**, v. 85, p. 2190 –2197, 2007.

MARANTIDIS, A.; LALLOTIS, G. P.; AVDI, M. Association of RBP4 Genotype with Phenotypic Reproductive Traits of Sows. **Genetics Research International**, v. 2016, p. 1-5, 2016.

MULLAN, B. P.; WILLIAMS, I. H. The chemical composition of sows during their first lactation. **Animal Production**, v.51, p. 375-387, 1990.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Swine: Eleventh Revised Edition**. 11 eds. Models for Estimating Nutrient Requirements of Pigs - Case studies. National Academy of Sciences. 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 10 eds. Washington, DC: National Academy Press, 1998.

PANZARDI, A.; MARQUES, B. M. F. P. P.; HEIM, G. et al. Fatores que influenciam o peso do leitão ao nascimento. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 37 (Supl 1), p. 49-60, 2009.

PINELLI-SAAVEDRA, A. Vitamin E in immunity and reproductive performance in pig. **Reproduction Nutrition Development**, v. 43, n.5, p.397-408, 2003.

PINELLI-SAAVEDRA, A.; SCAIFE, J. Pre- and postnatal transfer of vitamins E and C to piglets in sows supplemented with vitamin E and vitamin C. **Livestock Production Science**, v. 97, p. 2-3, p. 231–240, 2005.

PINELLI-SAAVEDRA, A.; CALDERO DE LA BARCA, A. M.; HERNANDEZ, J. et al. Effect of supplementing sows' feed with a-tocopherol acetate and vitamin C on transfer of a-tocopherol to piglet tissues, colostrum, and milk: Aspects of immune status of piglets. **Research in Veterinary Science**, v. 85 p. 92–100, 2008.

QUINIQU, N.; CALVAR, C. Est-ce que la truie hyperprolifique valorise un apport en vitamines supérieur aux recommandations ? **Techni Porc**, v. 28, n.5, 2005.

RODRIGUES, O. **Monitoria sorológica em matrizes de corte e postura comercial**. In: V Congresso e Feira Brasil Sul de Avicultura, Suinocultura e Laticíneos, AVISULAT 2016.

RODRIGUEZ, M. P.; LEMAN, L. O.; HOLMES Jr., D. R. et al. Chronic antioxidant supplementation attenuates nuclear factor-kB activation and preserves endothelial function in hypercholesterolemic pigs. **Cardiovascular Research**, v. 53, p. 1010–1018, 2002.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; et al., 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 eds. Viçosa: UFV, 252p.

ROTHSCHILD, M. F.; MESSER, L.; DAY, A. et al. Investigation of the retinol-binding protein 4 (RBP4) gene as a candidate gene for increased litter size in pigs. **Mammalian Genome**, v. 11, n 1, p. 75–77, January 2000.

SAEG – **SISTEMA DE ANÁLISES ESTATÍSTICAS E GENÉTICAS**. Versão 7.1. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa- UFV. 2007.

SIMARD, F.; GUAY, F.; GIRARD, C. L. et al. Effects of concentrations of cyanocobalamin in the gestation diet on some criteria of vitamin B12 metabolism in first-parity sows. **Journal Animal Science**, 85:3294–3302, 2007.

SIMARD, F.; GUAY, F.; GIRARD, C. L. et al. La vitamine B12 chez la truie gravid: faut-il en actualiser le besoin? **Journées Recherche Porcine**, v. 36, p. 229-234, 2004.

SOSNOWSKA, A.; KAWĘCKA, M.; JACYNO, E. et al. Effect of dietary vitamins E and C supplementation on performance of sows and piglets, **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 61, n.4, p.196-203, 2011.

STAHLY, T. S.; WILLIAMS, N.; LUTZ, T. R. et al. Dietary B vitamin needs of strains of pigs with high and moderate lean growth. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 188–195, 2007.

TERMAN, A.; KMIEĆ, M.; POLASIK, D. PRADZIADOWICZ K. Retinol binding protein 4 gene and reproductive traits in pigs. **Archiv Tierzucht**, v. 50, p. 181–185, 2007.

TRINDADE NETO, M. A.; BERTO, D. A.; MIGUEL, W. C.; SOTO, W. C. Nutrição de reprodutoras de genótipo moderno. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 15 (Supl. 1), p. 171-17, 2007.

TROUT, W. E.; McDONNELL, J. J.; KRAMER, K. K. et al. G. A. The retinol-binding protein of the expanding pig blastocyst: molecular cloning and expression in trophectoderm and embryonic disc. **Molecular Endocrinology**, v. 5, n. 10, p. 1533–1540, 1991.

UMESIOBI, D. O. Vitamin E Supplementation to Sows and Effects on Fertility Rate and Subsequent Body Development of their Weanling Piglets. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, v. 110, n. 2, p. 155–168, 2009.

WANG, L.; XU, X.; SU, G. et al. High concentration of vitamin E supplementation in sow diet during the last week of gestation and lactation affects the immunological variables and antioxidative parameters in piglets. **Journal of Dairy Research**, v. 84, p. 8–13, 2017.

WURYASTUTI, H.; STOWE, H. D.; BULL, R. W.; MILLER, E. R. Effects of vitamin E and selenium on immune responses of peripheral blood, colostrum and milk leukocytes in sows. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 2464-2472, 1993.

ZAIDI, S. M. K. R.; BANHU, N. Antioxidant potential of vitamins A, E and C in modulating oxidative stress in rat brain. **Clinica Chimica Acta**, v. 340, p. 229–233, 2004.

ZANGERONIMO, M. G.; OBERLENDER, G.; MURGAS, L. D. S. Efeito da nutrição na reprodução em marrãs – Revisão de Literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n. 20, 2013.

ZHANG, Z. F; LI, J.; PARK, J. C.; KIM, I. H. Effect of Vitamin Levels and Different Stocking Densities on Performance, Nutrient Digestibility, and Blood Characteristics of Growing Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 26, n. 2, p. 241 -246, 2013.

**5 ARTIGO B**

---

## **AVALIAÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO VITAMÍNICA OVN® PARA MATRIZES E SUA PROGÊNIE SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE CARNE**

### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar o efeito da administração de uma suplementação vitamínica para matrizes suínas em fase de gestação e lactação, somada a uma suplementação também à progênie, sobre as características de carcaça, qualidade de carne e a qualidade de um produto cárneo curado. Foram utilizados 120 leitões da genética PIC, desmamados, 60 machos castrados e 60 fêmeas, com 21 dias de idade média e peso médio inicial de  $5,33 \pm 1,5$  kg, até o abate aos 164 dias de idade. O desenho experimental foi em blocos casualizados, de acordo com o peso e o sexo dos animais, em um modelo fatorial 2 x 2 (dois níveis de vitaminas para porcas e dois níveis de vitaminas para os leitões), com 10 repetições/tratamento (representada pela baia com três animais do mesmo sexo). Os tratamentos corresponderam a: T1 - Grupo controle (LV - *Low Vitamin Nutrition*) e T2 – Grupo OVN® (*Optimum Vitamin Nutrition*). As dietas experimentais foram isonutrientes e isoenergéticas excetuando os níveis de vitaminas. Aos 164 dias de idade foram abatidos e mensurados: peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, espessura de toucinho, profundidade de músculo, área de olho de lombo, rendimento de carcaça, pH (inicial e final), cor da carne, marmoreio, capacidade de retenção de água, perda de água por descongelamento e cocção, maciez, oxidação lipídica, análise centesimal e contagem das fibras musculares. Foi elaborado um produto cárneo curado e posteriormente sua avaliação quanto à oxidação lipídica. Foi observada uma maior profundidade de músculo (66,09 vs 63,23 mm) e área de olho de lombo (59,64 vs 57,05 cm<sup>2</sup>) e maior porcentagem de proteína na carne (22,23 vs 21,75 %) para os leitões que receberam o maior aporte vitamínico. Melhorando também o tempo de estocagem da carne, retardando a oxidação lipídica para o grupo que recebeu suplementação vitamínica (0,337 vs 0,199 MDA eq./kg de amostra). Em relação às demais variáveis avaliadas não foi observado efeito da suplementação vitamínica. O maior aporte vitamínico (OVN®) melhorou os alguns parâmetros quantitativos relacionados com a deposição de carne na carcaça e se mostrou positivo em relação à melhora da qualidade da carne *in natura*, com o retardamento da oxidação lipídica.

**Palavras-chave:** Leitões. *Longissimus dorsi*. Produção de suínos. Suinocultura. Vitaminas.

## EVALUATION OF OVN® VITAMIN SUPPLEMENTATION FOR MATRICES AND ITS PROGENY ON CARCASS FEATURES AND MEAT QUALITY

### ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of the administration of a higher vitamin supplementation to gestating and lactating sows and their litter on the carcass characteristics, meat quality and the production of a processed meat product. For this purpose, 120 pigs (PIC genetics; 60 castrated males and 60 females) were used from at weaning, 21 days of mean age and initial mean weight of  $5.33 \pm 1.5$  kg, until slaughter at 164 days of age. The experimental design was randomized blocks, according to the weight and sex of the animals, in a 2 x 2 factorial model (two levels of vitamins for sows and two levels of vitamins for piglets), with 10 replicates / treatment (represented by the pen, with three animals of the same sex). The treatments corresponded to: T1 - Control Group (Low Vitamin Nutrition) and T2 - Group OVN (Optimum Vitamin Nutrition). Experimentais diets were isonutrient and isoenergetic except for vitamin levels. At 164 days of age were slaughtered and measured: warm carcass weight, cold carcass weight, backfat, muscle depth, loin eye area, carcass yield, pH (initial and final), meat color, marbling, water retention capacity, water loss by thawing and cooking, softness, lipid oxidation, centesimal analysis and muscle fiber counting. A cured meat product was elaborated and its evaluation for lipid oxidation was performed. A greater depth of muscle (66.09 vs 63.23 mm) and loin eye area (59.64 vs 57.05 cm<sup>2</sup>) and a higher percentage of protein in the meat (22.23 vs 21.75%) were observed for the piglets that received the highest vitamin intake. Also improving the meat storage time, delaying the lipid oxidation for the group that received vitamin supplementation (0.337 vs 0.199 MDA eq./kg of sample). Regarding the other variables assessed there was no effect of vitamin supplementation. The higher vitamin content (OVN®) improved some quantitative parameters related to the meat deposition in the carcass and was positive in relation to the improvement of the quality of the meat in natura, with the retardation of the lipid oxidation.

**Key words:** *Longissimus dorsi*. Piglets. Production of pigs. Vitamins.

## Introdução

A maioria das pesquisas voltadas para a determinação das exigências de vitaminas para suínos foi realizada nas décadas de 40 e 50 e dirigida para evitar quadros de deficiência (GAUDRÉ; QUINIOU, 2009), sendo comumente avaliadas isoladamente (MINELLI et al., 2013), não considerando interações com as demais vitaminas e/ou nutrientes (ISABEL et al., 2012; FONTES et al., 2014), fornecendo, por vezes, resultados inconclusivos e não condizentes com o atendimento das exigências das genéticas atuais (ISABEL et al., 2012).

Quanto ao papel da suplementação vitamínica sobre as características de carcaça e de qualidade de carne, os mesmos conceitos são válidos, sendo também igualmente escassas as informações dos efeitos consequentes desta suplementação para matrizes suínas gestantes e lactantes sobre a progênie (BOYD et al., 2008).

Neste sentido, alguns poucos trabalhos foram conduzidos com estes objetivos, como por Gey (1998), que demonstrou que as vitaminas C e E interagem metabolicamente inibindo a peroxidação dos lipídios da membrana e na proteção do DNA. A vitamina C melhora a atividade antioxidante da vitamina E por reduzir os radicais de tocoferila para a forma ativa da vitamina E (JACOB, 1995) ou por poupar a vitamina E disponível (RETSKY; FREI, 1995).

Utilizando estas mesmas vitaminas (0,4 mg de vitamina E e 0,1 mg de vitamina C/ kg de ração), Silva et al. (2013) observaram que suínos em fase de terminação que receberam esta suplementação apresentaram melhora para as características peso e rendimento de carcaça e resultados significativos para a oxidação lipídica da carne, em relação à dieta controle.

Rowe et al. (2004) e Warner (2005) demonstraram que a vitamina E pode também melhorar a maciez da carne por evitar a oxidação das proteínas sarcoplasmáticas. As principais enzimas responsáveis pela resolução do *rigor mortis* são a  $\mu$ -calpaína e a m-calpaína, que possuem um resíduo de cisteína que pode ser oxidado, tornando-as menos ativas. Ao evitar a oxidação das calpaínas, a vitamina E contribui para uma maior proteólise durante a maturação da carne, tornando-a mais macia.

A maciez da carne também pode ser melhorada com a inclusão dietética de vitamina D, que aumenta a absorção intestinal e a reabsorção óssea de cálcio, elevando os níveis deste no plasma e, conseqüentemente, do cálcio intracelular, um ativador das calpaínas, enzimas cálcio dependentes responsáveis pela maciez da carne.

Nesta linha, Swigert et al. (2004) avaliaram a qualidade de carne de suínos submetidos à dietas com a combinação das vitaminas E e D, mais magnésio, mas verificaram resultados contraditórios para o pH final, marmoreio, cor, *drip loss* e características sensoriais.

Reconhecidas as tendências do incremento dos níveis de vitaminas nas dietas de todas as categorias de animais na suinocultura, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de uma suplementação vitamínica baseada no conceito de um aporte superior ao praticado comercialmente (OVN® - *Optimum Vitamin Nutrition*), para matrizes suínas em fase de gestação e lactação e para suas progênies, visando verificar as possíveis interações destas sobre as características de carcaça e de qualidade da carne da progênie.

## **Material e Métodos**

Todos os procedimentos adotados nesta pesquisa foram previamente aprovados pela Comissão de Ética de Uso de Animais da Universidade Estadual de Londrina (CEUA 1717.2015.82).

Foram utilizados 120 leitões da genética agrocercos PIC (60 machos castrados e 60 fêmeas), desmamados aos 21 dias de idade, com peso médio inicial de  $5,33 \pm 1,5$  kg, submetidos à avaliação durante 143 dias (21 aos 164 dias de idade). Os leitões eram oriundos de leitegadas de 52 matrizes (cada tratamento) submetidas às dietas de gestação e lactação cujos requerimentos vitamínicos corresponderam às recomendações de Rostagno et al. (2011), sendo denominado *Low Vitamin (LV)* ou baixo nível de vitamina, e *Optimum Vitamin Nutrition (OVN®)* ou ótima nutrição de vitamina, conceito orientado pela DSM Produtos Nutricionais (2012).

Os leitões foram selecionados de acordo com o peso médio da ninhada no momento do desmame e distribuídos em quadro grupos. A distribuição se deu da seguinte forma: 60 leitões do grupo de matrizes LV foram selecionados e distribuídos em dois grupos, 30 leitões passaram a receber a dieta com suplementação vitamínica e 30 leitões permaneceram recebendo a dieta controle. Sendo feita a mesma distribuição para os 60 leitões selecionados no grupo de matrizes OVN, seguindo os mesmos tratamentos até o abate.

Foram distribuídos em blocos casualizados de acordo com o peso e o sexo dos animais, em um modelo fatorial 2 x 2 (dois níveis de vitaminas para porcas e dois níveis de vitaminas para os leitões), com 10 repetições/tratamento (três leitões do mesmo sexo/baia

corresponderam à repetição). Os tratamentos corresponderam a: T1 - Grupo controle (LV - *Low Vitamin Nutrition*) e T2 – Grupo OVN® (*Optimum Vitamin Nutrition*).

A unidade era composta de 40 baias de alvenaria, com piso compacto, com 3 m<sup>2</sup> de área, dotada de comedouros metálicos semi-automáticos e bebedouros tipo *nipple*. Nas primeiras quatro semanas do pós-desmame foram utilizados comedouros tipo calha e provido aquecimento por meio de lâmpadas de infra-vermelho de 200W.

As rações experimentais (Tabela 1, 2 e 3), tanto para porcas quanto para leitões, seguiram as recomendações de Rostagno et al. (2011) para as diferentes fases dentro das referidas categorias, excetuando os níveis de vitaminas, que para o grupo OVN® seguiram a recomendação da DSM Produtos Nutricionais (2012).

O abate foi realizado aos 164 dias de idade (peso vivo médio de 120 kg ± 2,5) em um frigorífico comercial com Inspeção Federal, conforme Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (DECRETO Nº 9.013, DE 29 DE MARÇO DE 2017). Após o abate, escaldagem e evisceração, as carcaças foram divididas ao meio longitudinalmente e resfriadas à temperatura de 2 ± 1 °C, por 24 horas, na câmara de resfriamento.

Seguindo as orientações da ABCS (1973), foram mensurados: peso da carcaça quente (PCQ), peso da carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça (RC), espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo *Longissimus dorsi* (PM), área de olho de lombo (AOL) e pH (inicial 45 minutos e final 24 horas após o abate). A espessura de toucinho e a profundidade do músculo *Longissimus dorsi* foram medidas na altura da última costela a 6 cm da linha média do corte. A partir dos valores dessas medidas, foi estimado o rendimento e a quantidade de carne na carcaça (RCC e QCC), de acordo com a metodologia estabelecida por Guidoni (2000), onde:  $RCC (\%) = 60 (ET \times 0,58) + (PM \times 0,10)$  e  $QCC (\%) = (PCQ \times RC)$ .

Vinte e quatro horas após o abate foram retiradas amostras do músculo *Longissimus dorsi*, das meias-carcaças esquerdas a partir da altura da última costela, em direção à porção cranial do animal, identificadas e armazenadas a -18°C. Subamostras deste músculo (bifes de aproximadamente três cm de espessura, respeitando-se a ordem dos cortes) foram utilizados para as avaliações subsequentes.

A capacidade de retenção de água das amostras foi realizada pela técnica descrita por Barbut (1996), onde se pesou dois gramas da amostra em balança semi analítica Mettler Toledo modelo AB204. A amostra foi colocada entre dois papéis filtro e prensada entre duas placas de acrílico, com um peso de 10 kg, por cinco minutos. Após a prensagem a amostra foi pesada novamente para ser calculada a perda de água da amostra.

A cor foi analisada utilizando-se o colorímetro portátil Minolta® CR10. Os componentes L\* (luminosidade), a\* (intensidade vermelho-verde) e b\* (intensidade amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB (MINOLTA, 1998).

A avaliação subjetiva do grau de marmoreio foi realizada utilizando-se padrões fotográficos (AMSA, 2001) e atribuindo-se notas de 1 a 5 (1 = traços de marmoreio e 5 = marmoreio abundante).

Para avaliação da maciez da carne, utilizaram-se amostras das análises de perda de líquido por descongelamento e cocção. As amostras foram pesadas congeladas e pesadas novamente após 24 horas em geladeira em balança semi-analítica Shimadzu modelo BL3200H, obtendo a perda de líquido por descongelamento. Posteriormente foram preparadas em forno elétrico, Fischer Master modelo 1323-10774, pré-aquecido a 180°C até atingirem a temperatura interna de 72°C, em seguida pesadas, obtendo o valor de perda de líquido na cocção.

Depois da cocção as amostras foram armazenadas por 24 horas a  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ , foram retiradas de cada amostra seis sub-amostras cilíndricas de 2,5 cm de comprimento e 1,27 cm de diâmetro, utilizando-se um amostrador de aço da forma cilíndrica, medida perpendicularmente à orientação das fibras musculares, com a lâmina Warner-Bratzler adaptada no texturômetro StableMycro Systems TA-XT2i (WHIPPLE et al., 1990). As velocidades utilizadas foram de 5 mm/s no pré e pós-teste e de 2 mm/s no teste.

Para a determinação da composição centesimal, pesou-se aproximadamente 5 g de amostra triturada e homogeneizada de carne em balança analítica. Após determinação da umidade as amostras foram utilizadas para determinação dos teores de proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral para a determinação do teor de umidade, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), pelos métodos descritos por Silva e Queiroz (2002).

Para a produção do produto cárneo curado foi feito um *pool* das amostras do músculo *Longissimus dorsi*, totalizando 60 amostras (30 de cada tratamento) e para cada peça foram utilizadas três amostras, obtendo assim dez peças por tratamento. O *Longissimus dorsi* foi moído em moedor com disco três mm. Em seguida, padronizou-se o peso das amostras em 620 g. Para a formulação da salmoura, foram utilizados: sal de cura (formulado com sal, 98% e aromas naturais 2%): 1,24 g; condimento (formulado com sal refinado, conservantes nitrito de sódio e nitrato de sódio): 4,34 g; açúcar: 1,86 g; sal: 9,3 g; e água gelada: 155 mL. Todos os ingredientes foram pesados em balança analítica e diluídos em água gelada em recipiente plástico para completa dissolução e, posteriormente, esta mistura foi acrescentada à carne. As

amostras identificadas e homogeneizadas foram embaladas e mantidas em processo de cura na câmara de refrigeração durante 24 horas. Posteriormente, o processamento térmico (cocção) das peças foi realizado em 80°C por 50 minutos. Após o cozimento, as peças foram submetidas a um choque térmico a 1°C durante cinco minutos. Em seguida, ainda nas formas de alumínio, foram transferidos para câmara de resfriamento por cinco minutos a -18°C. Por fim, foi realizado o envase a vácuo (3,0 ATM - Atmosfera Modificada). As amostras foram mantidas em refrigeração para análise de oxidação lipídica nos dias um e sete dias de armazenamento.

A oxidação lipídica para a carne *in natura* e o produto cárneo curado foi analisada pelo método Indicativo de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), segundo Tarladgis et al. (1964) modificado por Crackel et al. (1988). Foi determinado espectrofotometricamente a 538 nm o complexo de coloração vermelha formado pela condensação de dois moles de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) com um mol de malonaldeído e/ou outras substâncias que reagirem com o TBA. O espectrofotômetro utilizado foi o Cintra 20 UV-Visible.

Em relação às contagens das células musculares, amostras do músculo *Longissimus dorsi* foram dissecadas e armazenadas por 24 horas em solução Bouin, conservadas em álcool 70% e coradas pela hematoxilina e eosina. Para capturar as imagens utilizou-se uma câmera digital Samsung SDC-415 e um microscópio Motic BA 300 e para determinar o número de células musculares foi utilizado o programa Images Plus 2.0 ML. Foi capturado doze campos (equivalente a 0,8 % da área total do músculo em leitões) para a contagem celular, conforme Dubowitz e Brooke (1973).

Os dados paramétricos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Para as análises foi utilizado o programa estatístico SAEG (2007).

Tabela 1 – Composição percentual, valores nutricionais calculados e valores de vitaminas previstos nas rações de gestação e lactação de acordo com os tratamentos experimentais, *Low Vitamin Nutrition* (LV) e *Optimum Vitamin Nutrition* (OVN®).

Ingredientes	Unidade	Fase de Gestação		Fase de Lactação	
		LV	OVN®	LV	OVN®
Milho	%	80	80	66	66
Soja, farelo	%	16	16	28	28
Óleo de soja	%			2	2
Núcleo <sup>1</sup>	%	4	4		
Núcleo <sup>2</sup>	%			4	4
Valores Nutricionais Calculados					
Energia Metabolizável	kcal/kg	3176,64	3176,64	3259,04	3259,04
Proteína	%	13,86	13,86	18,24	18,24
Fibra Bruta	%	2,25	2,25	2,66	2,66
Lisina digestível	%	0,64	0,64	1,03	1,03
Metionina digestível	%	0,24	0,24	0,29	0,29
Treonina digestível	%	0,54	0,54	0,71	0,71
Cálcio	%	0,71	0,71	0,57	0,57
Fósforo	%	0,39	0,39	0,41	0,41
Sódio	%	0,18	0,18	0,18	0,18
Valores Vitamínico		LV		OVN®	
Vit A	UI/kg	8000		12500	
Vit D3	UI/kg	1200		1750	
HyD	mg/kg	-		0,05	
Vit E	mg/kg	45		125	
Vit K3	mg/kg	2		4,75	
Vit B1	mg/kg	1		2,25	
Vit B2	mg/kg	4		8	
Vit B6	mg/kg	1,5		4,25	
Vit B12	mg/kg	0,02		0,04	
Niacina	mg/kg	25		35	
Pantotênico	mg/kg	16		32,5	
Fólico	mg/kg	1		4,25	
Biotina	mg/kg	0,25		0,65	
Vit C	mg/kg	-		250	
Colina	mg/kg	600		650	

\*As rações foram calculadas com base nas recomendações de Rostagno et al. (2011).

<sup>1</sup>Conteúdo/kg de produto (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): cloro: 0,29 %; cobre: 32,76 mg/kg; ferro: 180,08 mg/kg; manganês: 50,50 mg/kg; selênio: 0,13 mg/kg; zinco: 127,14 mg/kg; cobalto: 2,00 mg/kg; iodo: 6,32 mg/kg; manganês orgânico: 20,00 mg/kg; ferro orgânico: 50,00 mg/kg; cobre orgânico: 10,00 mg/kg; cromo orgânico: 400,00 mg/kg; fitase hiphos M: 2000,00 FYT.

<sup>2</sup>Conteúdo/kg de produto (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): cloro: 0,29 %; cobre: 28,03 mg/kg; ferro: 195,22 mg/kg; manganês: 53,72 mg/kg; selênio: 0,57 mg/kg; zinco: 131,30 mg/kg; cobalto: 1,00 mg/kg; iodo: 1,03 mg/kg; manganês orgânico: 20,00 mg/kg; ferro orgânico: 2,00 mg/kg; cobre orgânico: 0,40 mg/kg; cromo orgânico: 16,00 mg/kg; fitase hiphos M: 2000,00 FYT

Tabela 2 – Valores nutricionais calculados e valores de vitaminas previstos nas rações de creche (Pré-I e II e Inicial) de acordo com tratamentos experimentais, *Low Vitamin Nutrition* (LV) e *Optimum Vitamin Nutrition* (OVN®).

Nutrientes	Unidade	Pré-I		Pré-II		Inicial	
		LV	OVN®	LV	OVN®	LV	OVN®
Milho	%	45	45	55	55	65	65
Farelo de soja	%	15	15	25	25	30	30
Núcleo pré 400 <sup>1</sup>	%	40	40				
Núcleo pré 200 <sup>2</sup>	%			20	20		
Núcleo inicial 50 <sup>3</sup>	%					5	5
Valores Nutricionais Calculados							
Energia Metabolizável	kcal/kg	3400	3400	3375	3375	3315	3315
Proteína	%	20,04	20,04	19,03	19,03	18,71	18,71
Fibra Bruta	%	1,59	1,59	2,30	2,30	2,80	2,80
Lactose	%	12,01	12,01	7,33	7,33	-	-
Lisina digestível	%	1,45	1,45	1,35	1,35	1,08	1,08
Metionina digestível	%	0,40	0,40	0,41	0,41	0,35	0,35
Treonina digestível	%	0,91	0,91	0,92	0,92	0,78	0,78
Triptofano digestível	%	0,26	0,26	0,26	0,26	0,23	0,23
Cálcio	%	0,80	0,80	0,71	0,71	0,60	0,60
Fósforo	%	0,50	0,50	0,44	0,44	0,38	0,38
Sódio	%	0,28	0,28	0,20	0,20	0,20	0,20
Vitaminas							
Vit A	UI/kg	6875	12500	6875	12500	6875	12500
Vit D3	UI/kg	1500	1900	1500	1900	1500	1900
HyD	mg/kg	-	0,05	-	0,05	-	0,05
Vit E	mg/kg	40	125	40	125	40	125
Vit K3	mg/kg	3	5,5	3	5,5	3	5,5
Vit B1	mg/kg	-	1	-	1	-	1
Vit B2	mg/kg	3,13	12,5	3,13	12,5	3,13	12,5
Vit B6	mg/kg	2	7	2	7	2	7
Vit B12	mg/kg	0,02	0,05	0,02	0,05	0,02	0,05
Niacina	mg/kg	30	42,5	30	42,5	30	42,5
Pantotênico	mg/kg	15	32,5	15	32,5	15	32,5
Fólico	mg/kg	0,3	2	0,3	2	0,3	2
Biotina	mg/kg	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3
Vit C	mg/kg	-	150	-	150	-	150
Colina	mg/kg	200	325	200	325	200	325

\*As rações foram calculadas com base nas recomendações de Rostagno et al. (2011).

<sup>1</sup>Conteúdo/kg de produto (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): cloro: 0,63 %; ferro: 39,04 mg/kg; zinco: 2500,00 mg/kg; cobalto: 1,00 mg/kg.

<sup>2</sup>Conteúdo/kg de produto: (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): ferro: 35,73 mg/kg; zinco: 2500,00 mg/kg; Zn: 105,00 mg/kg.

<sup>3</sup>Conteúdo/kg de produto: (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): ferro: 120,00 mg/kg; zinco: 105,00 mg/kg; cobre: 250,00 mg/kg; manganês: 40,60 mg/kg; iodo: 1,04 mg/kg; Cu: 20,00 mg/kg; cobre: 250,00 mg/kg; Zn: 105,00 mg/kg.

Tabela 3 – Composição percentual, valores nutricionais calculados e valores de vitaminas previstos nas rações de crescimento e terminação de acordo com os tratamentos experimentais, *Low Vitamin Nutrition* (LV) e *Optimum Vitamin Nutrition* (OVN®).

Ingredientes	Unidade	Crescimento		Terminação	
		LV	OVN®	LV	OVN®
Milho	%	74,5	74,5	82	82
Soja	%	22,5	22,5	15	15
Núcleo <sup>1</sup>	%	3	3		
Núcleo <sup>2</sup>	%			3	3
Valores Nutricionais Calculados					
Energia Metabolizável	kcal/kg	3214,89	3214,89	3228,14	3228,14
Proteína	%	16,68	16,68	13,90	13,90
Fibra Bruta	%	2,51	2,51	2,23	2,23
Lisina digestível	%	0,93	0,93	0,76	0,76
Metionina digestível	%	0,28	0,28	0,23	0,23
Treonina digestível	%	0,61	0,61	0,51	0,51
Triptofano digestível	%	0,17	0,17	0,13	0,13
Met+Cistina digestível	%	0,50	0,50	0,44	0,44
Cálcio	%	0,68	0,68	0,48	0,48
Fósforo	%	0,40	0,40	0,40	0,40
Sódio	%	0,18	0,18	0,16	0,16
Vitaminas					
Vit A	UI/kg	5500	8500	4125	6500
Vit D3	UI/kg	1200	1750	900	1250
HyD	mg/kg	-	0,05	-	0,05
Vit E	mg/kg	32	80	24	80
Vit K3	mg/kg	2,4	3	1,8	3
Vit B1	mg/kg	2,5	4	1,5	3
Vit B2	mg/kg	2,5	8,5	1,88	8
Vit B6	mg/kg	1,6	3,25	1,2	2,75
Vit B12	mg/kg	0,016	0,04	0,012	0,04
Niacina	mg/kg	24	30	18	32,5
Pantotênico	mg/kg	12	32,5	9	32,5
Fólico	mg/kg	0,24	1,25	0,18	0,75
Biotina	mg/kg	0,1	0,225	0,06	0,15
Vit C	mg/kg	-	-	-	-
Colina	mg/kg	160	175	120	150

\*As rações foram calculadas com base nas recomendações de Rostagno et al. (2011).

<sup>1</sup>Conteúdo/kg de produto (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): ferro: 187,46 mg/kg; zinco: 129,85 mg/kg; cobre: 26,71 mg/kg; manganês: 51,73 mg/kg; iodo: 1,04 mg/kg; selênio: 0,55 mg/kg.

<sup>2</sup>Conteúdo/kg de produto (se diferindo apenas nos níveis de vitaminas avaliadas): ferro: 178,91 mg/kg; zinco: 127,84 mg/kg; cobre: 25,41 mg/kg; manganês: 49,73 mg/kg; iodo: 1,04 mg/kg; selênio: 0,52 mg/kg.

## Resultados e Discussão

Não foi observado nenhum efeito de interação para as características de carcaça (Tabela 4), entretanto verificou-se efeito do fator progênie ( $P < 0,05$ ) para a profundidade do músculo (66,09 vs 63,23 mm) e para a área de olho de lombo (59,64 vs 57,05 cm<sup>2</sup>) a favor do grupo que recebeu o tratamento OVN®. Este resultado aponta um favorecimento do maior aporte vitamínico dietético OVN® sobre a deposição de carne magra na carcaça. Todavia, contrasta com os resultados obtidos por Gaudré e Vautier (2006), que ao utilizarem níveis elevados de vitaminas para suínos em fase de engorda, não observaram melhora destas características.

Trabalhando com a suplementação de cinco vitaminas do complexo B (niacina, riboflavina, folacina, ácido pantotênico e vitamina B12), para leitões em crescimento e terminação, Cho et al. (2017) observaram um aumento na profundidade de músculo, área de olho de lombo e na deposição de carne magra à medida que houve um acréscimo dos níveis destas. Stahly et al. (2007) demonstraram que as concentrações dietéticas mais elevadas desse mesmo grupo de vitaminas são necessárias para otimizar o desempenho das linhagens com alta deposição de carne em comparação com uma linhagem de crescimento moderado, indicando que as necessidades para algumas vitaminas podem variar de acordo com a genética do animal, uma vez que estas diferem quanto a capacidade de crescimento e deposição de tecido proteico.

Efetivamente as experiências com o maior aporte dietético de várias vitaminas simultaneamente sobre as características de carcaça são escassas, porém os resultados da suplementação vitamínica acima dos níveis estabelecidos pelas tabelas de nutrição (NRC, 2012; ROSTAGNO et al., 2017), quando efetuada de maneira específica para uma ou mais vitaminas, têm demonstrado efeitos positivos sobre alguns parâmetros de carcaça.

Neste sentido, Li et al. (2015) observaram aumento na área de olho de lombo ao suplementar 400 mg/kg de vitamina E na dieta de suínos. Castilha et al. (2016) relataram efeito positivo sobre o rendimento de carcaça quente e fria quando a dieta foi suplementada para conter 5 mg/kg vitamina B6 (piridoxina). Stahly e Lutz (2001), Lutz et al. (2004) e Minelli et al. (2013) observaram que ao elevarem os níveis de ácido pantotênico na dieta de suínos (30 mg/kg, 45 mg/kg e 60 mg/kg, respectivamente) houve um aumento na porcentagem de carne na carcaça e carcaças com maior incidência de cortes magros.

Tabela 4 – Peso vivo final (PVF), peso da carcaça quente (PCQ), peso da carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça (RC), perdas no resfriamento (PF), rendimento de carne na carcaça (RCC), quantidade de carne na carcaça (QCC), profundidade de músculo (PM), espessura de gordura (EG) e área de olho de lombo (AOL) e número de fibras musculares (NF) de suínos com 164 dias de idade provenientes de matrizes e leitões submetidos aos tratamentos *Low Vitamin Nutrition* (LV) e *Optimum Vitamin Nutrition* (OVN®).

Fatores	PVF	PCQ	PCF	RC	PF	RCC	QCC	PM	EG	AOL	NF
	kg	kg	kg	%	%	%	kg	mm	mm	cm <sup>2</sup>	
Matriz											
LV	119,23	89,42	86,37	74,92	3,34	61,57	52,47	63,82	11,71	57,35	*
OVN®	120,09	90,68	87,67	75,46	3,24	61,66	53,21	65,45	11,75	59,28	*
Progênie											
LV	118,55	88,89	85,96	74,89	3,33	61,67	52,26	63,23	11,51	57,05	1.244.937
OVN®	120,81	91,25	88,11	75,49	3,24	61,56	53,44	66,09	11,97	59,64	1.309.977
Matriz	0,73	0,54	0,52	0,23	0,27	0,87	0,42	0,19	0,95	0,15	*
Progênie	0,36	0,25	0,29	0,19	0,65	0,84	0,20	0,03	0,54	0,05	*
Matriz	0,33	0,43	0,41	0,65	0,21	0,22	0,67	0,43	0,16	0,35	*
x Progênie											
CV (%)	10,93	11,93	12,16	3,28	13,21	4,82	8,82	10,09	34,91	11,79	21,13

CV: coeficiente de variação; \*não foi avaliado como fatorial

Algumas pesquisas demonstraram também a associação positiva entre a suplementação de vitamina D na forma de 25(OH)D<sub>3</sub> (HyD) durante a gestação e o desenvolvimento muscular da progênie, apontando um incremento da concentração em nível materno quando uma porcentagem de vitamina D<sub>3</sub> foi substituída pela forma 25(OH)D<sub>3</sub> (HyD), resultando em aumento desta em nível fetal (COFFEY et al., 2012; HINES et al., 2013; ZHOU et al., 2016).

Ao suplementar fêmeas durante a gestação com a forma 25(OH)D<sub>3</sub> (HyD), Hines et al. (2013) observaram aumento no número e o prolongamento da proliferação de mioblastos Pax7 de fetos com 90 dias de gestação. Esta conduta pode efetivamente influenciar o potencial de crescimento do músculo e o desenvolvimento fetal neste período gestacional, resultando em aumento da deposição de carne na carcaça na progênie.

Embora a literatura indique que o número de fibras musculares esteja relacionado com o crescimento eficiente (DWYER et al., 1993), este quadro não foi observado na presente pesquisa. Animais que receberam o maior aporte vitamínico OVN®, apesar de apresentarem um favorecimento sobre a deposição de carne magra na carcaça não diferiram quanto ao número de fibras musculares em relação ao grupo controle (LV) o que pode indicar à demanda de maiores concentrações de vitamina D na forma de 25(OH)D<sub>3</sub> ou prolongar o período ofertado as fêmeas para atender este parâmetro. Possivelmente o tempo de oferta e a dose destas vitaminas, mesmo em nível elevado, não tenha sido suficiente para expressar alterações nesta característica. Talvez seja possível que nos ciclos gestacionais subsequentes essa característica possa expressar um efeito positivo.

Baseado nestas observações, os resultados obtidos para a área de olho de lombo e a profundidade de músculo (Tabela 4) podem ser decorrentes da participação do HyD (25(OH)D<sub>3</sub>) na dose empregada de 50 µg/kg de ração, justificando também a maior porcentagem de proteína na carne (Tabela 5) dos leitões que receberam suplementação desta vitamina e para a progênie oriunda de matrizes que também foram suplementadas com esta vitamina.

A vitamina D na forma 25(OH)D<sub>3</sub> é menos hidrofóbica do que a vitamina D<sub>3</sub> convencional e, portanto, é absorvido mais facilmente. Além disso, ela atinge a corrente sanguínea de forma mais rápida e eficiente, por não sofrer hidroxilação no fígado, que atuaria como uma barreira ao aproveitamento de quantidades superiores de vitamina D<sub>3</sub>, sendo assim, distribuída por todo o corpo e absorvido pelo tecido muscular esquelético (HEANEY et al., 2009; ABOUD et al., 2014). De acordo com Lauridsen et al. (2010) e Weber et al. (2014) os níveis circulantes de 25(OH)D<sub>3</sub> são significativamente maiores nas porcas que

recebem vitamina D na forma HyD, quando comparadas às porcas alimentadas com níveis equivalentes de vitamina D3 ao longo do ciclo reprodutivo.

Quanto à composição centesimal dos cortes musculares (Tabela 5), houve um maior valor de proteína para a progênie que recebeu dietas sob o conceito de suplementação OVN®, como também para a interação matriz x progênie para a mesma característica, com melhor resultado para grupo OVN®.

O efeito positivo no teor de proteína ratifica os resultados encontrados para área de olho de lombo e profundidade de músculo, confirmando o favorecimento do maior aporte vitamínico dietético OVN® sobre a deposição de carne magra na carcaça. Este resultado pode ser decorrente do uso da vitamina D na forma de 25(OH)D3 (HyD), como justificado anteriormente.

De acordo com Starkey (2014), a vitamina D desempenha papel significativo no amadurecimento e crescimento hipertrófico do músculo esquelético pós-natal e a suplementação dietética pós-natal é de fato necessário para otimizar a deposição de proteína muscular e, finalmente, aumentar o rendimento muscular.

Para as características qualitativas da carne (Tabela 5), não houve interação dos fatores ou efeito do fator matriz sobre os parâmetros. Para o fator progênie observa-se o grupo que recebeu suplementação vitamínica OVN® diferiu ( $P < 0,05$ ) no parâmetro pH inicial (45 minutos após abate). Possivelmente a suplementação de tiamina nas fases de crescimento e terminação (4 mg/kg e 3 mg/kg, respectivamente) pode ter uma ação nesta diferença do pH inicial, encontrada no grupo que recebeu a suplementação vitamínica.

A tiamina participa na descarboxilação de piruvato em acetato que depois se combina com coenzima A para produzir energia (ISABEL et al., 2012). Pesquisas relatam que animais deficientes em tiamina têm concentrações plasmáticas elevadas de piruvato (MILLER et al., 1955), conduzindo a um acúmulo de ácido láctico e uma queda no pH intracelular (ISABEL et al., 2012). No período *post mortem*, esse acúmulo de ácido láctico no músculo gera um declínio do pH muscular, sendo intensificado em animais que possuem uma proporção maior de fibras brancas, como os suínos. Sendo assim, a tiamina auxilia no funcionamento desse processo evitando concentrações elevadas de piruvato que poderá levar uma queda do pH, influenciando a qualidade da carne, tendo reflexo direto na cor, maciez e sabor, com o surgimento de carne PSE.

O valor mais elevado do pH inicial também foi observado por Olivo et al. (2001) em carne de frangos submetidos a estresse térmico que receberam a suplementação de vitamina E, relatando uma queda mais lenta do pH e a inibição do aparecimento de carne

PSE. A suplementação de vitamina E poderia estabilizar a integridade da membrana mitocondrial e inibir a atividade da fosfolipase A, envolvida na formação da carne PSE (CHEAH et al., 1995; OLIVO et al., 2001; SOARES et al., 2003), pela capacidade das mitocôndrias de armazenarem altas quantidades de vitamina E (ASGHAR et al., 1991).

Essa capacidade de armazenamento da vitamina E e sua função de proteger as membranas celulares, justificaria os resultados encontrados para a oxidação lipídica da carne (Tabela 6). Houve efeito ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos para os animais que receberam o maior aporte vitamínico (OVN®), na qual apresentaram uma menor oxidação da carne após conservação por sete dias a 4°C, aumentando a estabilidade oxidativa da carne armazenada.

A suplementação de vitamina E na dieta de suínos apresenta a capacidade de retardar a oxidação lipídica na carne (ASGHAR et al., 1991; JENSEN et al., 1998; KINGSTON et al., 1998; DUNSHEA et al., 2005; LAHUCKY et al., 2005; GUO et al., 2006; WANG et al., 2012). A oxidação lipídica é um dos principais processos de deterioração da qualidade da carne e dos produtos à base de carne (JENSEN et al., 1998), sendo que a vitamina E inibi a formação dos radicais livres, interrompendo a cadeia de reações oxidativas, protegendo cada célula e reduzindo os danos aos tecidos (RADCLIFFE, 2004).

De acordo com Dunshea et al. (2005), um valor de 0,50 mg de equivalentes de malonaldeído/kg seria a concentração limite para a detecção sensorial da rancidez e de *off-flavors* por painelistas treinados. Ao suplementar a dieta de suínos com 10 mg/kg de vitamina E, o nível limite para o TBARs é alcançando após seis dias de armazenamento (ASGHAR et al., 1991, MONAHAN et al., 1994), mas com a suplementação com 200 mg/kg de vitamina Dirinck et al. (1996) observaram um valor de 0,16 de equivalentes de malonaldeído/kg para o mesmo tempo de armazenamento.

Nesta pesquisa, com a suplementação de 125 mg na fase inicial e de 88 mg de vitamina E/kg de ração nas fases de crescimento e terminação foi atingido um de valor 0,19 equivalentes de malonaldeído/kg de carne, representando uma redução de quase 20% da oxidação em relação ao grupo controle (LV), um valor abaixo do limite de detecção sensorial do odor e sabor por provadores treinados. Estes resultados estão em consonância com os relatos de Jensen et al. (1998), que tratam que o efeito da vitamina E é dose e tempo de oferta dependentes.

Tabela 5 – Valores médios de pH, marmoreio (MM), capacidade de retenção de água (CRA), Perda de líquido por descongelamento (PLD), perda de líquido na cocção (PLC), umidade (UM), proteína Bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), força de cisalhamento (FC) e cor da carne do músculo *Longissimus dorsi* de suínos provenientes de matrizes e leitões submetidos aos tratamentos *Low Vitamin Nutrition* (LV) e *Optimum Vitamin Nutrition* (OVN®).

Fatores	pHi	pHf	CRA (%)	PLD (%)	PLC (%)	UM (%)	PB (%)	EE (%)	MM (%)	FC (kgf)	Cor		
	45 min	24h									L*	a*	b*
Matriz													
LV	6,18	5,51	31,53	*	*	73,55	22,08	2,09	1,42	*	50,52	3,45	11,03
OVN®	6,11	5,53	31,50	*	*	73,37	21,89	2,25	1,54	*	50,20	3,53	10,81
Progênie													
LV	6,08	5,51	31,61	8,41	27,53	73,49	21,75b	2,17	1,53	5,30	50,71	3,39	10,94
OVN®	6,22	5,52	31,41	8,82	27,88	73,44	22,23a	2,17	1,43	5,25	49,99	3,61	10,89
Matriz	0,22	0,45	0,97	*	*	0,35	0,18	0,21	0,31	*	0,50	0,70	0,23
Progênie	0,01	0,92	0,81	*	*	0,78	0,02	0,96	0,38	*	0,13	0,29	0,77
Matriz x Progênie	0,87	0,99	0,70	*	*	0,25	0,05	0,13	0,48	*	0,82	0,57	0,80
CV (%)	5,05	2,32	13,88	32,07	15,84	1,32	5,39	30,96	41,55	22,47	5,02	32,73	9,51

pH 45 - pH medido 45 minutos após o abate; pH 24 - pH medido 24 horas após o abate; Luminosidade (L\*), teor de vermelho (a\*), teor de amarelo (b\*); \*não foi avaliado como fatorial; CV: coeficiente de variação

Tabela 6 - Valores de TBARS encontrados na carne *in natura* e produto cárneo curado, armazenados a 4°C nos tempos, 7 e 1 e 7 dias, respectivamente, provenientes do músculo *Longissimus dorsi* de suínos submetidos aos tratamentos *Low Vitamin Nutrition* (LV) e *Optimum Vitamin Nutrition* (OVN®).

TBARS (mg/kg)	LV	OVN®	CV (%)	Valor de P
<i>L. dorsi</i>				
7 dias	0,237	0,199	47,17	0,05
Produto cárneo				
1 dia	0,3152	0,3212	22,85	0,855
7 dias	0,3246	0,3238	20,67	0,978

TBA: ácido 2-tiobarbitúrico (mg de malonaldeído kg<sup>-1</sup> de amostra); CV: coeficiente de variação

Em relação aos efeitos sobre a prevenção da oxidação do produto cárneo curado, não houve diferença entre os tratamentos para ambos os tempos de avaliação (Tabela 6). Provavelmente, o efeito da vitamina E como antioxidante foi mascarado pelo nitrito presente no condimento utilizado para a produção do embutido, como tratado por Harms et al. (2003) e Guo et al. (2006), ao analisarem o efeito da vitamina E de um embutido suíno. Além disso, o nitrito pode ter atuado como um pró-oxidante, devido à quantidade utilizada. Sendo necessária uma avaliação posterior as que foram feitas nesta pesquisa, avaliando um tempo maior de armazenamento.

## Conclusão

O maior aporte vitamínico (OVN®) se mostrou positivo para profundidade de músculo, área de olho de lombo e porcentagem de proteína na carne, melhorando assim, a deposição de carne na carcaça e apresentou melhora em relação à qualidade da carne *in natura*, com o retardamento da oxidação lipídica.

## Referências

- ABBOUD, M.; GORDON-THOMSON, C.; HOY, A. J. et al. Uptake of 25-hydroxyvitamin D by muscle and fat cells. **The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology**, v. 144, p. 232–236, 2014.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION - AMSA. **Meat evaluation handbook**. Savoy. p.83-116, 2001.
- ASGHAR, A.; GRAY, J. I.; BOOREN, A. M. et al. Effects of supranutritional dietary vitamin E Levels on subcellular deposition of a-tocopherol in the muscle and on pork quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 57, p. 31–41, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS – ABCS. Métodos Brasileiros de classificação de carcaças. 2. ed. Rio Grande do Sul: Estrela, 1973. 17p.
- BARBUT, S. Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 76, p. 455-457, 1996.
- BOYD, R. D.; WILLIAMS, N. H.; ALLEE, G. L. Segregated parity structure in sow farms to capture nutrition, management and health opportunities. In: **Swine Nutrition Conference Proceedings**. Indianapolis, Indiana, Usa, 2008. p. 44-50.
- BRASIL, Decreto 9.013/2017. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm)>. Acesso em 03 março 2018.
- CASTILHA, L. D.; HUEPA, L. M. D.; FACHINELLO, M. R. SID tryptophan levels and B6 vitamin supplementation do not change blood parameters, organ weights, carcass traits, and meat quality of barrows (70 – 100 kg). **Meat Science**, v. 118, p. 66-70, 2016.
- CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M.; KRAUSGRILL, D. I. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. **Meat Science**, v.39, p. 293-300, 1995.
- CHO, J. H.; LUA, N.; LINDEMANN, M. D. Effects of vitamin supplementation on growth performance and carcass characteristics in pigs. **Livestock Science**, v. 204, p. 25–32, 2017.
- COFFEY, J. D.; HINES, E. A.; STARKEY, J. D. et al. Feeding 25-hydroxycholecalciferol improves gilt reproductive performance and fetal vitamin D status. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 3783–3788, 2012.
- CRACKEL, R. L.; GRAY, I. J.; PEARSON, A. M. et al. Some further observations on the TBA test as an index of lipid oxidation in meats. **Food Chemistry**, v. 28, p. 187-196, 1988.
- DIRINCK, P.; DE WINNE, A.; CASTEELS, M.; FRIGG, M. Studies on Vitamin E and Meat Quality. 1. Effect of Feeding High Vitamin E Levels on Time-Related Pork Quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 65–68, 1996.

DWYER, C. M.; FLETCHER, J. M.; STICKLAND, N. C. Muscle cellularity and postnatal growth in the pig. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 33-39, 1993.

DUBOWITZ, V.; BROOKE, M. H. **Histological and biochemical stains and reactions**. In: DUBOWITZ, V. (Ed.). *Muscle biopsy: a modern approach*. London: W.B. Saunders, 1973. p.20-73.

DUNSHEA, F. R.; D'SOUZA, D. N.; PETHICK, D. W. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. **Meat Science**, v. 71, p. 8-38, 2005.

FONTES, D. O.; ABREU, M. L. T.; FERNANDES, I. S. Exigência de vitaminas para suínos. In: SAKAMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal, SP: Funep, 2014. p. 426 – 442.

GAUDRÉ, D.; QUINIOU, N. What mineral and vitamin levels to recommend in swine diets? **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.190-200, 2009.

GAUDRÉ, D.; VAUTIER, A. Incidence zootechnique d'un taux de complémentation vitaminique élevé en engraissement. **Techniporc**, v. 29, n. 2, p. 19-26, 2006.

GEY, K. F. Vitamins E plus C and interacting conutrients required for optimal health. **Biofactors**, v. 7, n. 1-2, p. 113-174, 1998.

GUIDONI, A. L. Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. In: **Conferência internacional virtual sobre qualidade de carne suína**. Concórdia: EMBRAPA-CNSA, 2000. p. 221-234.

GUO, Q.; RICHERT, B. T.; BURGESS, J. R. et al. Effects of dietary vitamin E and fat supplementation on pork quality. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 3089–3099, 2006.

HARMS C.; FUHRMANN H.; NOWAK B. et al. Effect of dietary vitamin E supplementation on the shelf life of cured pork sausage. **Meat Science**, 63, 101–105, 2003.

HEANEY, R. P.; HORST, R. L.; CULLEN, D. M.; ARMAS, L. A. Vitamin D3 Distribution and Status in the Body. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 28, p. 252–256, 2009.

HINES, E. A.; COFFEY, J. D.; STARKEY, C. W. Improvement of maternal vitamin D status with 25-hydroxycholecalciferol positively impacts porcine fetal skeletal muscle development and myoblast activity. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 4116–4122, 2013.

ISABEL, B; REY, A. I.; LÓPEZ BOTE, C. Optimum vitamin nutrition in pigs. In: **Optimum vitamin nutrition**. Sheffield, UK: 5 M Publishing, 2012. p.243-308.

JACOB, R. A. The integrated antioxidant system. **Nutrition Research**, v. 15, p. 755–766, 1995.

JENSEN, C.; LAURIDSEN, C.; BERTELSEN, G. Dietary vitamin E: quality and storage stability of pork and poultry. **Trends in Food Science and Technology**, v. 9, p. 62–72, 1998.

KINGSTON, E. R.; MONAHAN, F. J.; BUCKLEY, D. J.; LYNCH, P. B. Lipid oxidation in cooked pork as affected by vitamin E, cooking and storage conditions. **Journal Food Science**, v. 63, p. 386–389, 1998.

LAHUCKY, R.; BAHTELKA, I.; NOVOTNA, K.; VASICKOVA, K. Effects of dietary vitamin E and vitamin C supplementation on the level of  $\alpha$ -tocopherol and L-ascorbic acid in muscle and on the antioxidative status and meat quality of pigs. **Czech Journal of Animal Science**, v. 50, n. 4, p. 175–184, 2005.

LAURIDSEN, C.; HALEKON, U.; LARSEN, T.; JENSEN, S. K. Reproductive performance and bone status markers of gilts and lactating sows supplemented with two different forms of vitamin D. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 202–213, 2010.

LI, Y. J.; LIA, L. Y.; LI, J. L.; ZHANG, L.; GAO, F.; ZHOU, G. H. Effects of Dietary Supplementation with Ferulic Acid or Vitamin E Individually or in Combination on Meat Quality and Antioxidant Capacity of Finishing Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 28, n. 3, p. 374–381, 2015.

LUTZ, T. R.; AUTREY, B. A.; STAHLY, T. S. Efficacy of Pantothenic Acid as a Modifier of Body Composition in Pigs. **Animal Industry Report**, 2004.

MILLER, E. R.; SCHMIDT, D. A.; HOEFER, J. A.; LUECKE, R. W. The thiamine requirement of the baby pig. **Journal of Nutrition**, v. 56, n. 3, p. 423–430, 1955.

MINELLI, G.; MACCHIONI, P.; IELO, M. C. Effects of Dietary Level of Pantothenic Acid and Sex on Carcass, Meat Quality Traits and Fatty Acid Composition of thigh Subcutaneous Adipose Tissue in Italian Heavy Pigs. **Italian Journal of Animal Science**, v. 12, n. 52, p. 329–336, 2013.

MINOLTA. **Precise color communication - color control from perception to instrumentation**. Japan: Minolta Co., Ltd., 1998. 59p.

MONAHAN, F. J.; ASGHAR, A.; GRAY, J. I.; BUCKLEY, D. J. Effect of Oxidized Dietary Lipid and Vitamin E on the Colour Stability of Pork Chops. **Meat Science**, v. 37, p. 205–215, 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Swine: Eleventh Revised Edition**. 11 eds. Models for Estimating Nutrient Requirements of Pigs - Case studies. National Academy of Sciences. 2012.

OLIVO, R.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. **Journal Food Biochemistry**, v. 25, p. 271–283, 2001.

RADCLIFFE, J. S. A importância dos modificadores de carcaça suína para a qualidade da carne. **Porkworld**, São Paulo, v. 1, n. 22, p. 50–54, 2004.

RETSKY, K. L.; FREI, B. Vitamin C prevents metal iondependent initiation and propagation of lipid peroxidation in human low-density lipoprotein. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1257, n. 3, p. 279–287, 1995.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; et al., 2011. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 eds. Viçosa: UFV, 252p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; et al., 2017. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4 eds. Viçosa:UFV. 488p.

ROWE, L. J.; MADDOCK, K. R.; LONERGAN, S. M.; HUFF-LONERGAN, E. Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of  $\mu$ -calpain. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3254–3266, 2004.

SAEG – **SISTEMA DE ANÁLISES ESTATÍSTICAS E GENÉTICAS**. Versão 7.1. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa- UFV. 2007.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV. 178 p. 2002.

SILVA, R. A. M.; PACHECO, G. D.; AGOSTINI, P. S. et al. Desempenho, qualidade de carcaça e carne de suínos alimentados com dietas contendo antioxidantes e ractopamina. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3971-3982, 2013.

SOARES, A. L.; IDA, E. I.; MIYAMOTO, S. et al. Phospholipase A2 activity in poultry poults, pale, soft, exudative meat. **Journal of Food Biochemistry**, v. 27, p. 309-320, 2003.

STAHLY, T. S.; WILLIAMS, N.; LUTZ, T. R. Dietary B vitamin needs of strains of pigs with high and moderate lean growth. **Journal of Animal Science**, v. 85, p.188–195, 2007.

STAHLY, T. S.; LUTZ, T. R. Role of Pantothenic Acid as a Modifier of Body Composition in Pigs. Iowa State University. **Swine Research Report**, Paper 2, 2001.

STARKEY, J. D. TRIENNIAL GROWTH SYMPOSIUM — A role for vitamin D in skeletal muscle development and growth. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 887–892, 2014.

SWIGERT, K. S.; MCKEITH, F. K.; CARR, T. C. Effects of dietary vitamin D(3), vitamin E, and magnesium supplementation on pork quality. **Meat Science**, v. 67, n. 1, p. 81-86, 2014.

TARLADGIS, B. G.; PEARSON, A. M.; DUGAN L. R. Chemistry of 2- thiobarbituric test for determination of oxidative rancidity in foods. II. Formation of the TBA- malonaldehyde complex without acid-heat treatment. **Journal of Food Science and Agriculture**, v. 5, p. 602-604, 1964.

WANG, H.; WANG, L. S.; SHI, B. M.; SHAN, A. S. Effects of dietary corn dried distillers grains with solubles and vitamin E on growth performance, meat quality, fatty acid profiles, and pork shelf life of finishing pigs. **Livestock Science**, v. 149, p. 155 –166, 2012.

WARNER, K. Effects on the flavor and oxidative stability of stripped soybean and sunflower oils with added pure tocopherols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 9906-9910, 2005.

WEBER, G. M.; WITSCHI, A. K. M.; WENK, C.; MARTENS, H. TRIENNIAL GROWTH SYMPOSIUM - Effects of dietary 25-hydroxycholecalciferol and cholecalciferol on blood vitamin D and mineral status, bone turnover, milk composition, and reproductive performance of sows. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 899–909, 2014.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M. E. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos Taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 2716-2728, 1990.

ZHOU, H.; CHEN, Y.; LV, G. Improving maternal vitamin D status promotes prenatal and postnatal skeletal muscle development of pig offspring. **Nutrition**, v. 32, p. 1144–1152, 2016.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação vitamínica nas fases de gestação e lactação se mostrou positiva para o desempenho dos leitões na fase pré desmame e em alguns parâmetros quantitativos, como profundidade de músculo, área de olho de lombo e porcentagem de proteína, relacionados com a deposição de carne na carcaça. Houve também melhora da qualidade da carne *in natura* com o retardamento da oxidação lipídica.

Embora dependa da interação de todas as fases de produção para se obter um resultado final benéfico, fica evidente que o processo foi positivo. Desta forma, o incremento obtido com a qualidade da carcaça justificaria o uso do produto avaliado. Todavia, sugere-se uma análise para validar sua viabilidade econômica.