

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**SUPLEMENTAÇÃO DE L-CARNITINA NA RAÇÃO DE MATRIZES
SUÍNAS NULÍPARAS E PRIMÍPARAS**

Rhuan Filipe Chaves

Belo Horizonte
Escola de Veterinária - UFMG

2017

Rhuan Filipe Chaves

Suplementação de L-carnitina na ração de matrizes suínas nulíparas e primíparas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal

Orientador: Dalton de Oliveira Fontes

Belo Horizonte

Escola de Veterinária - UFMG

2017

C512s Chaves, Rhuan Filipe, 1991-
Suplementação de L-carnitina na ração de matrizes suínas nulíparas e primíparas / Rhuan
Filipe Chaves. – 2017.
40 p. : il.

Orientador: Dalton de Oliveira Fontes
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

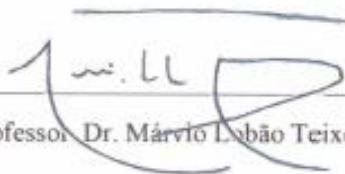
1. Suíno – Alimentação e rações – Teses. 2. Suplemento alimentar – Teses. 3. Dieta em
veterinária – Teses. 4. Alimentos – Aditivos – Teses. 5. Nutrição animal – Teses. I. Fontes,
Dalton de Oliveira. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária.
III. Título.

CDD – 636.408 5

Dissertação defendida e aprovada em 04/09/2017 pela Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros:



Professor. Dr. Dalton de Oliveira Fontes



Professor. Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu



Professora. Dra. Fernanda Radicchi Campos Lobato de Almeida

*A minha família e todos que me ajudaram por essa jornada que agora termina.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus e minha mãe Maria de Fátima pelo dom da vida.

A minha falecida Avó Teresinha, que tenho certeza que compartilha comigo esse momento.

A minha família, que lutou muito para me ver alcançar novas conquistas.

A Universidade Federal de Minas Gerais e ao Departamento de Pós-graduação em Zootecnia pela formação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Dalton de Oliveira Fontes pela oportunidade de realização desse trabalho e amizade nesse período.

Aos professores pelos valiosos ensinamentos, em especial Angêla Maria Lana, Leonardo Boscoli, Walter Motta.

A minha namorada e amiga Maíra Resende, pelo amor, companheirismo e ajuda sem tamanho para que eu pudesse superar cada obstáculo nessa reta final.

Aos amigos que cultivei em Belo Horizonte, Matheus Ferreira, Diogo Inácio, Felipe Norberto, Martolino Jr, Clarice Speridião, Kátiuscia Mota, Ana Paula Brustolini e ao velho amigo Leonardo Francisco, por toda a amizade e aprendizado nesse período.

Aos meus colegas de curso, que em todos os momentos colaboraram em minha formação.

A granja Paraiso e seus funcionários pelo apoio e amizade durante todo o período experimental.

A Agrocerec Multimix, em especial Bruno Oliver, pela oportunidade de realização do projeto.

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até aqui.

SUMÁRIO	
Introdução geral	9
CAPÍTULO 1. REVISÃO DE LITERATURA	
1. Impactos da hiperprolificidade	11
2. L-Carnitina	14
3. L-Carnitina na gestação de matrizes suínas	14
4. L-Carnitina na lactação de matrizes suínas	18
6. Referências bibliográficas	20
CAPÍTULO 2. L-CARNITINA NA NUTRIÇÃO DE MATRIZES SUÍNAS HIPERPROLÍFICAS	
Resumo	27
Abstract	28
1. Introdução	29
2. Materiais e métodos	30
3. Resultados e discussão	33
4. Conclusão	38
5. Referências bibliográficas	38

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Composição e níveis nutricionais das rações de gestação e lactação, usadas no experimento.	31
Tabela 2. Desempenho produtivo de matrizes suínas suplementadas ou não com L-carnitina no período de gestação.	34
Tabela 3. Variáveis relacionadas as matrizes suínas suplementadas ou não com L-carnitina durante o período de lactação.	36
Tabela 4. Variáveis relacionadas a leitegada de matrizes suplementadas ou não com L-carnitina durante o período de lactação.	37

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Graus Celsius
%	Porcentagem
Kg	Quilogramas
Mg	Miligramas
g	Gramas
CMRD	Consumo médio de ração diário
PL	Produção de leite
PMPU	Peso médio pós uniformização
GMPD	Ganho médio de peso diário
PMD	Peso médio ao desmame
PTLD	Peso total da leitegada
CIUR	Crescimento intrauterino retardado

SUPLEMENTAÇÃO DE L-CARNITINA NA RAÇÃO DE MATRIZES SUÍNAS NULÍPARAS E PRIMÍPARAS

Resumo: A utilização de L-carnitina na dieta de fêmeas suínas parece ser uma alternativa viável para a minimização dos efeitos decorrentes da hiperprolificidade. Este trabalho tem como tema principal comparar a utilização ou não de L-carnitina na gestação e/ou lactação sobre o desempenho da matriz suína e sua respectiva leitegada. No capítulo 1 está descrita uma revisão de literatura sobre assuntos relacionados ao tema da pesquisa. O experimento foi dividido em duas etapas, ambas utilizando o delineamento em blocos casualizados. Na primeira etapa foi avaliada a inclusão ou não de 125 mg/dia de L-Carnitina, dos seis dias de gestação até o parto. As matrizes foram distribuídas mantendo em cada tratamento o mesmo número de animais de cada ordem de parto, bem como peso corporal semelhante. Foram utilizadas 34 matrizes por tratamento, sendo a unidade experimental composta pela matriz e suas respectivas leitegadas ao nascimento. Sendo assim na gestação as dietas experimentais foram: Controle e L-carnitina. A segunda etapa foi conduzida na fase de lactação com suplementação de 250 mg/dia L-Carnitina na ração do dia do parto até a desmama com 20 dias de média. As matrizes foram distribuídas de acordo com seu tratamento na gestação. Sendo assim, os tratamentos na lactação foram: Controle na gestação e lactação; L-carnitina na gestação e lactação; Controle na gestação e L-carnitina na lactação; L-carnitina na gestação e controle na lactação. Sendo 17 repetições por tratamento e unidade experimental representada por uma matriz suína e suas respectivas leitegadas. As matrizes foram distribuídas mantendo em cada tratamento o mesmo número de animais de cada ordem de parto, bem como o peso corporal semelhante. As variáveis analisadas para verificação do desempenho das matrizes suínas foram: número de leitões nascidos vivos, natimortos, mumificados, nascidos totais, peso total dos leitões nascidos totais, peso médio individual dos nascidos vivos, coeficiente de variação ao nascimento, peso placentário, eficiência placentária, consumo de ração das matrizes no período de lactação, perda de peso das matrizes na lactação em Kg e %, produção de leite kg/d, peso médio da leitegada ao desmame, ganho de peso médio diário da leitegada. A utilização de L-carnitina no período de gestação e/ou lactação de matrizes suínas nulíparas e primíparas não alterou seu desempenho produtivo e de sua progênie.

Palavras-chave: hiperprolificidade, aditivos, fêmeas, suínos.

L-CARNITINE SUPPLEMENTATION IN FEED OF GILTS AND SOWS

Abstract: The use of L-carnitine in the diet of sows is a viable alternative for the minimization of the effects caused by the hyperprolificity. This work has as main theme to compare the use of L-carnitine in gestation and / or lactation on the performance of the sow and its respective litter. Chapter 1 describes a literature review related to the research topic. The experiment was divided into two steps, both using the randomized block design. In the first stage, the inclusion or not of 125 mg/d of L-Carnitine from the six days of gestation until delivery was evaluated. The sows were distributed maintaining in each treatment the same number of animals from each parity, as well as similar body weight. Thirty four sows per treatment were used, the experimental unit was composed by the sow and its respective litter. The gestation experimental diets were: Control and L-carnitine. The second stage was conducted in the lactation phase with supplementation of 250 mg L-Carnitine in the feed from the day of farrowing until weaning (average of 20 days). The sows were distributed according to their treatment during gestation. Thus, treatments in lactation were: Control in gestation and lactation; L-carnitine in gestation and lactation; Control in gestation and L-carnitine in lactation; L-carnitine in gestation and control in lactation. For the second phase seventeen replicates per treatment were used being the experimental unit represented by a sow and its respective litter. The sows were distributed maintaining in each treatment the same number of animals of each parity, as well as similar body weight. The variables analyzed to verify the performance were: number of liveborn piglets, stillbirths, mummified, total births, total birth weight, mean individual birth weight, coefficient of variation at birth, placental weight, placental efficiency, Feed intake of the sows during the lactation period, weight loss of sows in kg and %, milk yield kg / d, average weight of litter at weaning, average daily weight gain of litter. The use of L-carnitine in the gestation and / or lactation period of sows did not alter the performance.

Key words: Hyperprolificity, additives, sows, pigs.

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente a suinocultura enfrenta grandes desafios em relação a produtividade das fêmeas suínas. Devido ao avanço genético, estas matrizes se tornaram mais exigentes nutricionalmente, pois possuem maior peso corporal, são mais precoces e mais produtivas. Além disso, possuem menor reserva corporal de gordura e, muitas vezes, baixa capacidade de consumo na lactação, não atendendo a demanda nutricional para esta fase. Tais desafios resultam em um maior desgaste corporal, e como consequência ocorrem falhas reprodutivas e redução da produtividade do plantel, com forte tendência a elevada taxa de descarte antes do terceiro parto, comprometendo o rendimento econômico do sistema produtivo.

Outro aspecto importante relacionado a hiperprolificidade é a incidência de leitões com baixa viabilidade, decorrentes do crescimento intrauterino retardado e outros fatores. A ocorrência desse fenômeno está relacionada ao grande número de leitões gerados na gestação, reduzindo o espaço uterino por leitão e fluxo de sangue desigual por placenta (PÈRE; ETIENNE, 2000). A disputa por nutrientes favorece o aparecimento de leitões com baixo peso ao nascimento, logo são deficientes imunologicamente e com baixo potencial de produção, resultando em uma alta taxa de mortalidade pós-natal (QUINIOU; DAGORN; GAUDRÉ, 2002; DEVILLERS et al., 2007; WOLF; ŽÁKOVÁ; GROENEVELD, 2008).

Na tentativa de minimizar os efeitos decorrentes desse acelerado desenvolvimento, a nutrição de fêmeas evoluiu consideravelmente nos últimos anos, fazendo com que os nutricionistas adequassem os programas nutricionais ao potencial genético dessas novas matrizes suínas hiperprolíficas.

A utilização de L-carnitina na dieta de fêmeas suínas parece ser uma alternativa viável na minimização dos impactos da hiperprolificidade. A L-carnitina é um metabólito essencial, pois possui um número de papéis indispensáveis no metabolismo intermediário, como por exemplo, transportar ácidos graxos de cadeia longa do citosol a matriz mitocondrial, para a realização da β -oxidação (McGARRY; BROWN, 1997; RAMSAY; GANDOUR; VAN DER LEIJ, 2001). E como função secundária, armazenar energia na forma de acetilcarnitina (CARTER; ABNEY; LAPP, 1995).

Existem ainda algumas evidências de que a L-carnitina influencia o eixo do fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-1) em fêmeas suínas e conduz a uma maior placenta, que por sua vez melhora a nutrição intrauterina e estimula a oxidação de glicose nos fetos (DOBERENZ et al., 2006; WOODWORTH et al., 2007).

Estudos com a suplementação de L-carnitina durante a gestação e lactação têm apresentado resultados significativos para número e peso de leitões ao nascimento, redução de natimortos e aumento no ganho de peso da leitegada na lactação (RAMANAU et al., 2004; RAMANAU et al., 2008), enquanto outros não encontraram diferença.

Assim, objetivou-se com este trabalho verificar o efeito da utilização de L-carnitina nas dietas gestação e lactação de matrizes suínas hiperprolíficas sobre o seu desempenho produtivo e de sua progênie.

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

1. IMPACTOS DA HIPERPROLIFICIDADE

O melhoramento genético propiciou que matrizes suínas modernas desmamem mais de 30 leitões/ano, e esta característica propiciou elevar o número de leitões para o sistema, possibilitando maior lucratividade. Entretanto, este aumento veio acompanhado de uma maior variabilidade no peso ao nascimento, implicando no surgimento de um maior número de leitões de baixa viabilidade, demandando maior atenção e, muitas das vezes, mão de obra exclusiva para esses animais.

O fluxo sanguíneo uterino aumenta à medida que se aumenta o número de leitões, porém, não na mesma proporção, reduzindo então o volume de nutrientes e oxigênio por feto (PÈRE e ETIENNE, 2000) e, conseqüentemente, reduzindo o peso ao nascimento. Esta correlação foi registrada por Quiniou, Dagorn e Gaudré (2002), que encontraram redução no peso ao nascimento de 1,590 g para 1,260 quando o número de leitões por parto respectivamente passou de 11 leitões para 16, representando uma média de 35 g a menos por leitão nascido. Com o elevado número de fetos muitos embriões se implantam em regiões distantes do ápice uterino. Em um estudo recente Palencia et al. 2017, encontraram que embriões que se implantam na base uterina (oposto do ovário) tem seu desenvolvimento reduzido em comparação com os implantados no ápice (próximo ao ovário).

A hiperprolificidade, como já mencionada, resultou em uma maior variabilidade de peso dentro da leitegada ao nascimento, podendo chegar a 25% (LEENHOUWERS et al., 2002), elevou o número de leitões abaixo de 900 gramas e resultou em uma maior mortalidade pós-natal (DEVILLERS et al., 2007; WOLF; ŽÁKOVÁ; GROENEVELD, 2008).

As altas variabilidades dentro da leitegada e o surgimento de leitões leves está diretamente relacionada com o fornecimento de nutrientes aos conceptos, e esse aporte nutricional varia muito ao longo do comprimento do útero (PÈRE e ETIENNE, 2000) devido às diferenças nas estruturas e capacidade de vascularização (FORD; VONNAHME; WILSON, 2002). É importante ressaltar que deficiências nutricionais durante a gestação, principalmente no terço final, também aumentam a incidência de leitões leves.

Os leitões com baixo peso ao nascimento apresentam menores chances de sobrevivência, pois possuem baixa reserva hepática e muscular de glicogênio, portanto, possuem menor

reserva energética para manter a termorregulação e vitalidade para realizar a primeira mamada (LAY JR et al., 2002; QUINIOU; DAGORN; GAUDRÉ, 2002). Outro aspecto importante relacionado ao peso ao nascer é a baixa capacidade de ingestão de colostro nas primeiras horas de vida, tanto por falta de vigor para disputar por melhores tetos (GONDRET et al., 2006) quanto por limitação física devido seu tamanho. Quiniou, Dagorn e Gaudré (2002) observaram que leitões nascidos com peso inferior a 0,6 quilos (kg) apresentavam mortalidade de 85%, e para a faixa de peso de 0,6 a 0,8 kg, 55% respectivamente.

Outro aspecto relacionado ao baixo peso ao nascimento é seu efeito nas fases subsequentes, creche, crescimento e terminação, denominado efeito multiplicador dos pesos (BEAULIEU et al., 2010). Este fenômeno pode ser explicado pela diferença no desenvolvimento de fibras musculares de leitões leves e pesados. Leitões mais leves apresentam menor número de fibras, comprometendo seu desenvolvimento pós-natal (SILVA et al., 2012).

Quiniou, Dagorn e Gaudré (2002) constataram que leitões que nascem com peso inferior a 0,6 kg demoram três semanas a mais para atingir 25 kg em comparação com nascidos de 2,6 kg e a diferença de peso ao desmame entre o menor e o maior leitão foi de 5,4 kg passando para 11,9 kg aos 63 dias de idade. Este efeito multiplicador de peso reflete na qualidade da carcaça pós abate, com maior deposição de gordura e pior qualidade da carne para leitões com baixo peso ao nascimento (GONDRET et al., 2006).

O aumento da variação e queda de peso dos leitões tem sido associado ao fenômeno de crescimento intrauterino retardado (CIUR), sendo definido como a redução no crescimento e desenvolvimento intrauterino de embriões e fetos dos mamíferos, mais comum em suínos, ou redução nos seus órgãos durante a gestação (WU et al., 2006). Entretanto nem todo leitão de baixo peso é CIUR, porém, todo CIUR tem baixo peso ao nascer.

Wu et al. (2006) apontaram como causa de surgimento do CIUR a nutrição materna, ingestão de substâncias tóxicas, distúrbios nos mecanismos homeostáticos, estresse térmico, entre outros. No entanto, a principal causa relacionada ao retardo no crescimento está ligada a super lotação uterina, efeito resultante da hiperproliferação (VALLET; FREKING; MILES, 2011; PARDO et al., 2013).

Dentre as medidas para se determinar a ocorrência de CIUR, podemos utilizar o peso fetal ou ao nascimento inferior a dois desvios padrão da média de peso para a idade gestacional (WU et al., 2006). Outra forma seria relacionar o peso do cérebro com o peso do fígado, em animais normais essa relação é menor que um (BETARELLI, 2013), pois um animal acometido por CIUR possui órgão menores com exceção do cérebro, fenômeno conhecido como *brain sparing effect*. Existe uma relação de placenta pouco desenvolvidas com a incidência de CIUR, visto

que o fluxo sanguíneo e o peso da placenta estão correlacionados com o peso dos fetos (TOWN et al., 2004).

A capacidade uterina se limita pela disputa dos conceptos por nutrientes e espaço no útero, sendo definida como o número total de fetos que este órgão pode manter vivo até o nascimento (FORD; VONNAHME; WILSON, 2002; VALLET et al., 2003). Sendo assim, devemos nos atentar a uma variável que influencia no desenvolvimento fetal, denominada eficiência placentária, calculada pela relação do peso fetal e o peso de sua placenta (WILSON; FORD, 2001). A elevada eficiência permite que placentas menores fossem capazes de manter o desenvolvimento fetal adequado (WILSON; BIENSEN; FORD, 1999).

A capacidade de transferência de nutrientes da placenta para o feto é o principal responsável pelo crescimento intrauterino (FOWDEN et al., 2006). Tal capacidade depende do tamanho, fluxo sanguíneo, morfologia e capacidade transportadora da placenta. Portanto, qualquer alteração dos fatores mencionados pode afetar o crescimento intrauterino (FOWDEN et al., 2006; JONES; POWELL; JANSSON, 2007).

Um exemplo de alta eficiência placentária são matrizes da raça Meishan, que são consideradas hiperprolíficas e apresentam placentas mais eficientes quando comparadas com raças americanas e europeias. Suas placentas são menores, porém possuem intensa proliferação de vasos sanguíneos na membrana cório-alantoide (BIENSEN; WILSON; FORD, 1998), com isso suas leitegadas ao nascimento são mais numerosas e uniformes (WILSON et al., 1998) e possuem maior taxa de sobrevivência até o desmame (HALEY; LEE; RITCHIE, 1995).

Ao fazerem a avaliação da eficiência placentária com propósito de comparar esta variável com peso ao nascimento e peso de placenta, na tentativa de prever o risco de mortalidade pré-desmame, van Rens et al. (2005) notaram que a eficiência placentária é uma característica complexa de se avaliar, uma vez que seu efeito sobre o risco de mortalidade pré-desmame é altamente dependente de seus constituintes (peso fetal e peso placentário), e na sua decomposição o peso ao nascimento se torna o melhor preditor para o efeito da eficiência placentária na mortalidade pré-desmame (PANZARDI et al., 2007).

2. L-CARNITINA

A biossíntese da L-carnitina se dá a partir da cadeia de carbono derivada da lisina (HORNE; BROQUIST, 1973; TANPHAICHITR; BROQUIST, 1973) juntamente com os grupamentos 4-N-metil originários da metionina (TANPHAICHITR; HORNE; BROQUIST, 1971). Certas proteínas nos mamíferos, contêm resíduos de N⁶-trimetil-lisina (TML) (PAIK; KIM, 1971) e este composto é liberado quando tais proteínas sofrem hidrólise lisossomal, na sua forma livre é o metabolito primário da biossíntese da carnitina (LABADIE; DUNN; ARONSON JR, 1976; DUNN et al., 1984). Após varios processos bioquímicos a TML resulta na formação de 4-N-trimethylamino-butirato (butirotetaina), que por sua vez é hidroxilada pela γ -butirotetaina dioxigenase (BBD), formando com isso a carnitina.

Após ser sintetizada, a L-carnitina é exportada para a circulação, principalmente, na forma de acetilcarnitina pelo fígado (SANDOR et al., 1990), e importada para os tecidos. A alta taxa de síntese de carnitina a partir de precursores exógenos, induz a presunção de que a capacidade de síntese enzimática de carnitina a partir de butirotetaina e TML é muito maior do que normalmente se é sintetizado para utilização endógena, sugerindo então que em certos momentos fisiológicos sua necessidade seja maior que o normal (EDER, 2009).

Fernandez Ortega (1989), ao realizar um experimento com ratas gestantes, constatou que ao final da gestação os níveis de carnitina no fígado aumentam consideravelmente (aproximadamente seis vezes), podendo ser essa uma tentativa de proporcionar uma fonte de carnitina para o recém-nascido, com o propósito de permitir que ele obtenha energia a partir de ácidos graxos da gordura do leite. Este elevado nível de carnitina no fígado é mantido até três dias após o parto, porém reduz abruptamente sua concentração e retorna para valores normais no dia nove pós parto (McGARRY; ROBLES-VALDES; FOSTER, 1975). Neste mesmo trabalho, os autores injetaram butirotetaina marcada em ratos após o parto, demonstrando que a butirotetaina é completamente convertida em carnitina pelo fígado, para então ser disponibilizada no leite para o filhote.

Tecidos altamente dependentes de energia, como coração, músculo, fígado e rins, retiram grande parte dessa energia através da reação de β -oxidação, portanto é essencial que estes tecidos tenham uma quantidade suficiente de carnitina, chegando a conter 20 a 50 vezes mais carnitina do que no plasma (STANLEY, 1987), uma vez que apenas os rins, fígado e cérebro têm o conjunto completo de enzimas para sintetizar a carnitina. Desta forma a maioria dos tecidos depende de captação de carnitina a partir do sangue por meio de transporte ativo.

A queima mitocondrial de ácidos graxos através da β -oxidação ocorre pelo auxílio da L-carnitina (OWEN et al, 1996), mas esta molécula também executa outras funções bioquímicas importantes, entre elas, a sua função como tampão de acetil, em condições de geração de energia anaeróbia a manutenção das concentrações altas de Coenzima-A na mitocôndria, início do ciclo do ácido tricarboxílico e estimula o transporte de ATP a partir da mitocôndria durante a atividade muscular intensa.

A L-carnitina se torna essencial em situações metabólicas onde a sua síntese endógena é baixa, como por exemplo, em animais muito jovens ou neonatos, que demandam altas quantidades de energia para sua sobrevivência no início de vida (BORUM, 1983). Esse aumento na exigência também podem ocorrer em animais de alto desempenho e/ou de reprodução, que são conhecidos por ter uma necessidade energética muito elevada.

3. L-CARNITINA NA GESTAÇÃO DE MATRIZES SUÍNAS

A demanda nutricional, principalmente no terço final da gestação, se torna ainda mais acentuada quando nos referimos as matrizes modernas. O padrão nutricional da dieta deve considerar a formação de estruturas orgânicas nas diferentes fases gestacionais para garantir o adequado desenvolvimento dos fetos (NRC, 2012). Entretanto, a manutenção do escore corporal dessas matrizes deve ser mantido, fazendo com que as dietas, considerando o consumo, em determinado estágio da gestação não atenda 100% dos nutrientes realmente requeridos na fase. Com isso, a utilização de aditivos, como por exemplo a L-carnitina, nas dietas de matrizes suínas vem ganhando espaço, na tentativa de melhorar a qualidade do leitão e da leitegada ao nascimento.

Alguns trabalhos relatam a influência da suplementação de L-carnitina em fêmeas gestantes no peso ao nascimento de leitões (MUSSER et al., 1999a; EDER; RAMANAU; KLUGE, 2001; RAMANAU et al., 2002; RAMANAU et al., 2004; RAMANAU; KLUGE; EDER, 2005; RAMANAU et al., 2008), e a relaciona com a grande oferta de nutrientes que os conceptos recebem durante a gestação. Em doses de 50 mg/kg este efeito é ligeiramente maior do que a uma dose de 25 mg/kg de L-carnitina na ração gestação (RAMANAU et al., 2008). Este efeito favorável L-carnitina no peso ao nascer dos leitões e da leitegada de porcas suplementadas no período de gestação pode ser observado em todas as idades de parição.

Os efeitos favoráveis da utilização de L-carnitina para matrizes suínas gestantes, em relação ao mecanismos bioquímicos envolvidos no peso ao nascer dos leitões e leitegada, não foram completamente esclarecidos. No entanto, existem alguns estudos que indicam que os

efeitos da L-carnitina durante a gestação podem estar relacionados em alterações mediadas pelo fator de crescimento semelhante à insulina (IGF) e melhora na qualidade do oócito e embrião através do aumento da reação de β -oxidação (DUNNING et al., 2011). A melhora na qualidade dos oócitos e embriões foi registrada in vitro por diversos autores (DUNNING et al., 2010; DUNNING et al., 2011; SOMFAI et al., 2011; WU et al., 2011). Há relatos indicando que porcas gestantes quando suplementadas com L-carnitina apresentam concentrações mais elevadas de IGF-1 no sangue (MUSSER et al., 1999a; DOBERENZ et al., 2006; WOODWORTH et al., 2007). As concentrações plasmáticas do hormônio do crescimento foram maiores em porcas gestantes suplementadas com L-carnitina. Este hormônio atuaria como um estímulo para a liberação de IGF-1 e IGF-2 pelas matrizes (DOBERENZ et al., 2006). O IGF-1 atua como um hormônio chave para o desenvolvimento fetal intrauterino promovendo o desenvolvimento das fibras musculares secundárias dos fetos (WIGMORE; STICKLAND, 1983). Musser et al. (2007) constataram que leitões nascidos de porcas suplementadas com L-carnitina apresentaram um maior número de fibras musculares primárias no músculo *semitendinoso*. Essas alterações nas características de fibra muscular podem ocorrer devido às concentrações elevadas do IGF-1 no plasma materno. Brown et al. (2007) ao suplementarem porcas com L-carnitina, encontraram alta concentração de mRNA para IGF-1 e as proteínas 3 e 5 de ligação ao IGF no endométrio nos dias 40, 55 e 70 de gestação.

Outro forte indicio que comprova os efeitos benéficos da L-carnitina nos fetos é que porcas suplementadas durante a gestação apresentam córions maiores (DOBERENZ et al., 2006). Além disso, apresentam uma concentração mais elevada de proteína para transporte da glicose (LAHJOUJI et al., 2004). Portanto, sugere-se que a suplementação de L-carnitina pode proporcionar maior transferência de glicose do sangue materno para os fetos, sendo este nutriente a principal fonte de energia para o crescimento fetal. Assim, é provável que esse aumento de glicose ofertado aos fetos pela placenta contribuiu para o aumento dos pesos ao nascimento relatados em alguns trabalhos.

A suplementação de L-carnitina para porcas gestantes estimula a oxidação de glicose em seus fetos (esse efeito é devido a um aumento da atividade da piruvato desidrogenase) podendo melhorar o metabolismo energético que é crítico para o desenvolvimento embrionário e fetal (XI et al., 2008). A sua suplementação também aumenta também a atividade da carnitina palmitoiltransferase-I no fígado fetal, resposta a um aumento da taxa de β -oxidação (OWEN et al., 1996). Este efeito também pode contribuir para um aumento da produção de energia, apesar da β -oxidação dos ácidos graxos desempenhar um papel menor para a produção de energia no feto em relação à oxidação da glicose.

Outro ponto relevante a ser mencionado é que com a hiperprolificidade, o número de leitões nascidos vivos pode reduzir, devido ao elevado número de nascidos por parto, portanto este se torna um dos critérios de maior importância no desempenho reprodutivo de matrizes suínas hiperprolíficas.

Muitos são os relatos de resultados com utilização de L-carnitina em porcas durante a gestação sobre o número de leitões nascidos vivos. Musser et al. (1999a) suplementaram fêmeas com 100 mg/kg de L-carnitina e não encontraram diferenças significativas para o número de nascidos vivos. Em contra partida, no trabalho realizado por Ramanau et al. (2008), com 2038 fêmeas gestantes, foi encontrado um aumento médio de 0,55 leitões nascidos vivos por leitegada. Apesar dos resultados controversos a maioria dos estudos relata um aumento significativo no número de leitões nascidos vivos. Como consequência de um maior número de nascidos vivos, podemos concluir que a utilização de L-carnitina reduz o número de leitões natimortos ou não viáveis.

No estudo de Musser et al. (1999a), a suplementação de 100 mg/kg de L-carnitina na dieta de gestação reduziu em 35% o número de leitões natimortos por leitegada. Porém, alguns resultados encontrados em outros estudos não se pode notar diferença no número de leitões natimortos em fêmeas recebendo L-carnitina quando comparado com as controle. Por outro lado, o número de leitões não viáveis pesando abaixo de 800 gramas foi significativamente menor em porcas suplementadas (RAMANAU et al., 2004, EDER; RAMANAU; KLUGE, 2001). Apesar dos resultados não significativos dos trabalhos para nascidos vivos, podemos observar um efeito da suplementação no aumento do peso médio do leitão e da leitegada. Os efeitos somatórios da melhora na qualidade do oócito e embrião, do aumento da oferta de glicose para o feto através da placenta e um aumento da eficiência de produção de energia também podem explicar o menor número de leitões natimortos ou não viáveis nascidos de porcas suplementadas com L-carnitina (MUSSEER et al., 1999a, RAMANAU et al., 2002; EDER; RAMANAU; KLUGE, 2001).

Além dos mecanismos anteriormente citados, Woodworth et al. (2007) demonstraram que a L-carnitina possui outros efeitos sobre o metabolismo de porcas prenhas. Esses autores observaram concentrações reduzidas de ácidos graxos não esterificados (NEFA – não saturados ou “livres”) e ureia no plasma de porcas suplementadas com L-carnitina. Estes resultados indicam que a suplementação na dieta com L-carnitina de matrizes gestantes, aumenta a absorção de ácidos graxos em tecidos e sua utilização para a produção de energia e diminui o catabolismo protéico muscular. O motivo relacionado a redução do catabolismo da proteína muscular pode estar ligado ao fato das matrizes dispensarem a utilização de aminoácidos de

cadeia ramificada para a geração de energia, pois o aumento dos níveis de ácidos graxos circulantes possibilitou sua utilização como fonte energética (WOODWORTH et al., 2007). A utilização de L-carnitina também aumentou o peso corporal e a espessura de toucinho em porcas durante a gestação (MUSSER et al., 1999a). Um aumento nas concentrações plasmáticas de leptina em porcas em gestação suplementadas com L-carnitina foi observado por Woodworth et al. (2004), o que sugere sua influência nas vias bioquímicas envolvidas no metabolismo energético em resposta ao aumento da secreção de leptina.

4. L-CARNITINA NO PERÍODO DE LACTAÇÃO DE MATRIZES SUÍNAS

Leitões lactentes, principalmente neonatos, possuem baixa capacidade de síntese endógena de L-carnitina (BALTZELL; BAZER; MIGUEL, 1987; COFFEY et al., 1991). Com isso, a possibilidade do enriquecimento do leite materno com suplementação de L-carnitina se torna uma alternativa viável que pode favorecer o balanço energético dos leitões.

Para comprovar essa possibilidade Musser et al. (1999a), suplementaram dietas de porcas lactantes com 50 mg L-carnitina/kg e encontraram um aumento de 22 e 5% nas concentrações de carnitina livre no plasma e leite, respectivamente, e de 15 e 24 % na L-carnitina total. No estudo de Ramanau et al. (2004), a suplementação diária de 250 mg de L-carnitina para porcas aumentou a concentração de carnitina livre no leite em 50% e de carnitina total, em 35%. Em outro estudo, Birkenfeld et al. (2006) encontraram concentrações mais elevadas de carnitina no plasma e na carcaça de leitões amamentados por porcas suplementadas com L-carnitina na gestação e lactação, um efeito que é devido à concentração superior de L-carnitina no leite.

O ganho de peso da leitegada lactente é um importante índice determinante do peso ao desmame. Vários estudos têm demonstrado que a suplementação de L-carnitina nas fases de gestação e lactação resulta em melhora do ganho de peso dos lactentes. Este efeito é mais evidente em porcas de primeiro e segundo parto, onde a suplementação de L-carnitina durante 21 dias de lactação proporcionou maiores ganhos de peso da leitegada em 28 e 29%, respectivamente, e de 10% em porcas com três ou mais paridades, comparando-se com o controle (RAMANAU et al., 2008).

A produção de leite é essencial para na determinação do ganho de peso dos leitões durante o período de aleitamento (WILLIAMS, 1995). Fêmeas suplementadas com L-carnitina têm demonstrado maior eficiência na capacidade de produção de leite em comparação à porcas não suplementadas (RAMANAU et al., 2004; RAMANAU; KLUGE; EDER, 2005). Analisando a

composição dos nutrientes presentes no leite, Ramanau et al., 2004; Ramanau, Kluge e Eder, 2005; Birkenfeld, Kluge e Eder (2006a) não encontraram diferença com a suplementação de L-carnitina na lactação. No entanto, a qualidade do leite mudou, o nível de nutrientes e energia secretadas com o leite de porcas suplementadas com L- carnitina foi maior (RAMANAU et al., 2004). Isto evidencia de forma clara que a maior quantidade de energia e nutrientes transferida da fêmea para os leitões através do leite aumentou o ganho de peso da leitegada durante o período de amamentação.

Ramanau, Kluge e Eder (2005) observaram que porcas suplementadas com L-carnitina na gestação e lactação foram capazes, mesmo no caso de uma deficiência de energia na dieta, manter uma produção muito elevada de leite. As matrizes suplementadas com L-carnitina foram capazes de mobilizar mais energia a partir de tecido adiposo, suprimindo o déficit energético da dieta. Em primíparas é comum observar um déficit considerável de energia e perda de massa corporal decorrentes de algumas situações práticas de alimentação (ROZEBOOM et al., 1996; VAN DEN BRAND et al., 2000), tornando interessante a suplementação de L-carnitina que poderiam evidenciar ainda mais os resultados.

São vários os fatores que podem influenciar a produção de leite das fêmeas, como a idade das porcas e seu suprimento de energia e nutrientes. Um outro fator importante está relacionado ao comportamento de amamentação dos leitões, como o intervalo de sucção e o vigor de estimulação que os leitões exercem sobre as teta. Ao se amamentarem com maior frequência, se obtêm mais leite, resultando em maior produção de leite (AULDIST; KING, 1995; SPINKA et al., 1997). Birkenfeld, Kluge e Eder (2006b) investigaram o comportamento de amamentação de leitões nascidos de porcas suplementadas com L-carnitina e leitões nascidos de fêmeas sem suplementação, e encontraram que o número de mamadas por dia não foi diferente entre os dois grupos de leitões. No entanto, a duração de uma mamada e tempo total de amamentação por dia eram claramente superiores para os leitões nascidos de porcas suplementadas na gestação. No mesmo estudo o comportamento observado refletiu no ganho de peso corporal das leitegadas durante a lactação, que foi maior nos leitões nascidos de porcas suplementadas com L-carnitina. As leitegadas que mamaram mais tempo por dia, podem ter estimulado mais a matriz e por essa razão obtiveram resultados para a maior produção de leite por porca e um crescimento mais rápido dos leitões durante o período de amamentação. Por outro lado, a suplementação de L-carnitina apenas durante a lactação não teve nenhum efeito sobre o comportamento de amamentação, ganhos de peso diário (BIRKENFELD; KLUGE; EDER, 2006b) e peso ao desmame da leitegada (MUSSER et al., 1999b).

A razão para o melhor comportamento durante a amamentação de leitões provenientes de fêmeas suplementadas apenas na gestação ainda não foi completamente elucidado. Van Kempen e Odle (1993, 1995) e Lösel, Kalbe e Rehfeldt (2009) demonstraram que a L-carnitina aumenta a oxidação dos ácidos graxos em tecidos de leitões recém-nascidos, indicando que leitões provenientes de porcas suplementadas com L-carnitina na gestação são mais eficientes ao iniciar a oxidação de ácidos graxos quando comparados a leitões nascidos de porcas sem a suplementação. Isso se deve ao fato do seu nível corporal de carnitina ser superior (BIRKENFELD et al., 2006), podendo melhorar a sua produção de energética e como consequência possuir mais vigor pós-natal, com isso tem mais energia para amamentar durante os primeiros dias após o nascimento.

Reforçando a justificativa de leitões nascidos de porcas suplementadas na gestação possuírem maior desempenho na lactação, um recente estudo realizado por Tian et al. (2017) ao suplementarem porcas a partir dos 107 dias de gestação até o desmame (28 dias) com 100 mg/kg de L-carnitina encontraram maiores níveis de IgG, IgA e gordura no colostro de porcas suplementadas. Ainda no mesmo estudo, leitões provenientes de porcas que consumiram L-carnitina ganharam mais peso durante a lactação e desmamaram mais pesados em comparação com o grupo controle.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULDIST, D.E.; KING, R.H. **Piglet's role in determining milk production in the sow.** In *Manipulating Pig Production V*, pp. 114–118 [DP Hennessy and PD Cranwell, editors]. Werribee, Vic.: Australian Pig Science Association, 1995.

BALTZELL, J.K.; BAZER, F.W.; MIGUEL, S.G. The neonatal piglet as a model for human neonatal carnitine metabolism. **Journal of Nutrition**, v. 117, p. 754–757, 1987.

BEAULIEU, A.D. et al. Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 8, p. 2767-2778, 2010.

BIENSEN, N.J.; WILSON, M.E.; FORD, S.P. The impact of either a Meishan or Yorkshire uterus on Meishan or Yorkshire fetal and placental development to days 70, 90 and 110 of gestation. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 8, p. 2169-2176, 1998.

BIRKENFELD, C. et al. Effect of L-carnitine supplementation of sows on L-carnitine status, body composition and concentrations of lipids in liver and plasma of their piglets at birth and during suckling period. **Animal Feed Science and Technology**, v. 129, p. 23–38, 2006.

BIRKENFELD, C.; KLUGE, H.; EDER, K. Nutrient composition and concentrations of immunoglobulins in milk of sows supplemented with L-carnitine. **Archives of Animal Nutrition**, v. 60, p. 333–340, 2006a.

BIRKENFELD, C.; KLUGE, H.; EDER, K. L-Carnitine supplementation of sows during pregnancy improves the suckling behaviour of their offspring. **British Journal of Nutrition**, v. 96, p. 334–342, 2006b.

BORUM, P.R. Carnitine. **Annual Review of Nutrition**, v. 3, p. 233-259, 1983.

BROWN, K.R. et al. Growth characteristics, blood metabolites, and insulin-like growth factor system components in maternal tissues of gilts fed L-carnitine through day seventy of gestation. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 1687–1694, 2007.

CARTER, A.L.; ABNEY, T.O.; LAPP, D.F. Biosynthesis and metabolism of carnitine. **Journal of Child Neurology**, v. 10, p. S3-S7, 1995.

COFFEY, M.T. et al. Carnitine status and lipid utilization in neonatal piglets fed diets low in carnitine. **Journal of Nutrition**, v. 121, p. 1047–1053, 1991.

DEVILLERS, N. et al. Variability of colostrum yield and colostrum intake in pigs. **Animal**, v.1, n.7, p. 1033–1041, 2007.

DOBERENZ, J. et al. Effects of L-carnitine supplementation in pregnant sows on plasma concentrations of insulin-like growth factors, various hormones and metabolites and chorion characteristics. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 90, p. 487–499, 2006.

DUNN, W.A. et al. Carnitine biosynthesis from c-butyrobetaine and from exogenous protein-bound 6-N-trimethyl-L-lysine by the perfused guinea pig liver. Effect of ascorbate deficiency on the in situ activity of c-butyrobetaine hydroxylase. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 259, p. 10764-10770, 1984.

DUNNING, K.R. et al. Beta-oxidation is essential for mouse oocyte developmental competence and early embryo development. **Biology of Reproduction**, v. 83, p. 909–918, 2010.

DUNNING, K.R. et al. Increased beta-oxidation and improved oocyte developmental competence in response to L-carnitine during ovarian in vitro follicle development in mice. **Biology of Reproduction**, v. 85, p. 548–555, 2011.

EDER, K. Influence of L-carnitine on metabolism and performance of sows. **British Journal of Nutrition**, v. 102, p. 645–654, 2009.

EDER, K.; RAMANAU, A.; KLUGE, H. Effect of L-carnitine supplementation on performance parameters in gilts and sows. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 85, p. 73–80, 2001.

- FERNANDEZ ORTEGA, M.F. Effect of dietary lysine level and protein restriction on the lipids and carnitine levels in the liver of pregnant rats. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 33, p. 162-169, 1989.
- FORD, S.P.; VONNAHME, K.A.; WILSON, M.E. Uterine capacity in the pig reflects a combination of uterine environment and conceptus genotype effects. *Journal of Animal Science*, v. 80, n. 1, p. 66-73, 2002.
- FOWDEN, A.L. et al. Programming placental nutrient transfer capacity. **Journal of Physiology**, v. 572, p. 5-15, 2006.
- GONDRET, F. et al. Low birth weight is associated with enlarged muscle fiber area and impaired meat tenderness of the longissimus muscle in pigs. **Journal of Animal Science**, v.84, p.93-103, 2006.
- HALEY, C.S.; LEE, G.L.; RITCHIE, M. Comparative farrowing to weaning performance in Meishan and Large White pigs and crosses. **Animal Science**, v. 60, n. 2, p. 259-267, 1995.
- HORNE, D.W.; BROQUIST, H.P. Role of lysine and e-N-trimethyllysine in carnitine biosynthesis. *Studies in Neurospora crassa*. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 248, 2170-2175, 1973.
- JONES, H.N.; POWELL, T.L.; JANSSON, T. Regulation of placental nutrient transport: a review. **Placenta**, v. 28, n. 8/9, p. 763-774, 2007.
- LABADIE, J.; DUNN, W.A.; ARONSON JR, N.N. Hepatic synthesis of carnitine from protein-bound trimethyl-lysine. Lysosomal digestion of methyl-lysine-labelled asialo-fetuin. **Biochemical Journal**, v. 160, p. 85-95, 1976.
- LAHJOUI, K. et al. L-Carnitine transport in human placental brush-border membranes is mediated by the sodium-dependent organic cation transporter OCTN2. **American Journal of Physiology. Cell Physiology**, v. 287, p. C263–C269, 2004.
- LAY JR. et al. Prewaning survival in swine. **Journal of Animal Science**, v.80, p.74- 86, 2002.
- LEENHOUWERS, J.I. et al. Fetal development in the pig in relation to genetic merit etifor piglet survival. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 1759-1770, 2002.
- LÖSEL, D.; KALBE, C.; REHFELDT, C. L-Carnitine supplementation during suckling intensifies the early postnatal skeletal myofiber formation in piglets of low birth weight. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 7, p. 2216-2226, 2009.
- McGARRY, J.D.; BROWN, N.F. The mitochondrial carnitine palmitoyltransferase system. From concept to molecular analysis. **European Journal of Biochemistry**, v. 244, p. 1-14, 1997.
- McGARRY, J.D.; ROBLES-VALDES, C.; FOSTER, D.W. Role of carnitine in hepatic ketogenesis. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 72, n. 11, p. 4385-4388, 1975.

MUSSER, R.E. et al. Effects of L-carnitine fed during gestation and lactation on sow and litter performance. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 3289–3295, 1999a.

MUSSER, R.E. et al. Effects of L-carnitine fed during lactation on sow and litter performance. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 3296–3303, 1999b.

MUSSER, R.E. et al. Effects of L-carnitine in the gestating sow diet on fetal muscle development and carcass characteristics of the offspring. **Journal of Applied Animal Research**, v. 31, p. 105–111, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 11th ed. Washington, D.C.: National Academy, 2012. 400 p.

OWEN, K.Q. et al. Effect of dietary L-carnitine on growth, carcass characteristics, and metabolism of swine. **Swine Day**, p. 103-110, 1996.

PAIK, W.K.; KIM, S. Protein methylation. **Science**, v. 174, p. 114-119, 1971.

PANZARDI, A. et al. Eventos cronológicos da gestação: da deposição dos espermatozoides no trato reprodutivo feminino ao desenvolvimento dos fetos. In: BORTOLOZZO, F.P. et al. **Suinocultura em ação: a fêmea suína gestante**. 4. ed. Porto Alegre: UFRS, 2007. p. 43-71.

PARDO, C.E. et al. Intrauterine crowding impairs formation and growth of secondary myofibers in pigs. **Animal**, v. 7, n. 3, p. 430-438, 2013.

PÉRE, M.C.; ETIENNE, M. Uterine blood flow in sows: effects of pregnancy stage and litter size. **Reproduction Nutrition Development**, v. 40, p. 369-382, 2000.

QUINIOU, N.; DAGORN, J.; GAUDRÉ, D. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. **Livestock Production Science**, v. 78, n. 1, p. 63-70, 2002.

RAMANAU, A. et al. Reproductive performance of sows supplemented with dietary L-carnitine over three reproductive cycles. **Archives of Animal Nutrition**, v. 56, p. 287–296, 2002.

RAMANAU, A. et al. Supplementation of sows with L-carnitine during pregnancy and lactation improves growth of the piglets during the suckling period through increased milk production. **Journal of Nutrition**, v. 134, p. 86–92, 2004.

RAMANAU, A. et al. Effects of dietary carnitine supplementation on the reproductive performance of sows in production stocks. **Livestock Science**, v. 113, p. 34–42, 2008.

RAMANAU, A.; KLUGE, H.; EDER, K. Effects of L-carnitine supplementation on milk production, litter gains and back-fat thickness in sows with a low energy and protein intake during lactation. **British Journal of Nutrition**, v. 93, p. 717–721, 2005.

RAMSAY, R.R.; GANDOUR, R.D.; VAN DER LEIJ, F.R. Molecular enzymology of carnitine transfer and transport. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1546, p. 21-43, 2001.

ROZEBOOM, D.W. et al. Influence of gilt age and body composition at first breeding on sow reproductive performance and longevity. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 138–150, 1996.

SANDOR, A. et al. Surplus acylcarnitines in the plasma of starved rats derive from the liver. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 265, p. 22313-22316, 1990.

SILVA, P.F.N. et al. **Changes in the relationship between porcine fetal size and organ development during pregnancy**. Disponível em: <<http://lib.znate.ru/docs/index-34319.html?page=18>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

SOMFAI, T. et al. Enhancement of lipid metabolism with L-carnitine during in vitro maturation improves nuclear maturation and cleavage ability of follicular porcine oocytes. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 23, p. 912–920, 2011.

SPINKA, M. et al. The role of nursing frequency in milk production in domestic pigs. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 1223–1228, 1997.

STANLEY, C.A. New genetic defects in mitochondrial fatty acid oxidation and carnitine deficiency. **Advances in Pediatrics**, v. 34, p. 59-88, 1987.

TANPHAICHITR, V.; BROQUIST, H.P. Role of lysine and e-N-trimethyllysine in carnitine biosynthesis. Studies in the rat. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 248, p. 2176-2181, 1973.

TANPHAICHITR, V.; HORNE, D.W.; BROQUIST, H.P. Lysine, a precursor of carnitine in the rat. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 246, p. 6364-6366, 1971.

TIAN, M. et al. Effects of dietary L-carnitine and fat type on the performance, milk composition and immunoglobulin in sows, and immunological variables of sows and piglets during late gestation and lactation. **Czech Journal of Animal Science**, v. 62, p. 185–194, 2017.

TOWN S.C. et al. Number of conceptuses in utero affects porcine foetal muscle development. **Reproduction**, v.128, p.443-454, 2004.

VALLET, J.L. et al. The effect of breed and intrauterine crowding on fetal erythropoiesis on day 35 of gestation in swine. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2352- 2356, 2003.

VALLET, J.L.; FREKING, B.A.; MILES, J.R. Effect of empty uterine space on birth intervals and fetal and placental development in pigs. **Animal Reproduction Science**, v. 125, n. 1, p. 158-164, 2011.

VAN DEN BRAND, H. et al. Energy balance of lactating primiparous sows as affected by feeding level and dietary energy source. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 1520–1528, 2000.

- VAN KEMPEN, T.A.; ODLE, J. Medium-chain fatty acid oxidation in colostrum-deprived newborn piglets: stimulative effect of L-carnitine supplementation. **Journal of Nutrition**, v. 123, p. 1531–1537, 1993.
- VAN KEMPEN, T.A.; ODLE, J. Carnitine affects octanoate oxidation to carbon dioxide and dicarboxylic acids in colostrum- deprived piglets: in vivo analysis of mechanisms involved based on CoA- and carnitine-ester profiles. **Journal of Nutrition**, v. 125, p. 238–250, 1995.
- VAN RENS, B.T. Prewaning piglet mortality in relation to placental efficiency. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 1, p. 144-151, 2005.
- WIGMORE, P.M.; STICKLAND, N.C. Muscle development in large and small pig fetuses. **Journal of Anatomy**, v. 137, p. 235–245, 1983.
- WILLIAMS, I.H. Sows' milk as a major nutrient source before weaning. 1995. In: *Manipulating Pig Production V*, pp. 71 [DP Hennessy and PD Cranwell, editors]. Werribee, Vic.: Australian Pig Science Association, 1995.
- WILSON, M.E. et al. Development of Meishan and Yorkshire littermate conceptuses in either a Meishan or Yorkshire uterine environment to day 90 of gestation and to term. **Biology of Reproduction**, v. 58, n. 4, p. 905- 910, 1998.
- WILSON, M.E.; BIENSEN, N.J.; FORD, S.P. Novel insight into the control of litter size in pigs, using placental efficiency as a selection tool. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 7, p. 1654-1658, 1999.
- WILSON, M.E.; FORD, S.P. Comparative aspects of placental efficiency. *Control of Pig Reproduction VI*, **Reproductive**, v. 58, p. 223-232, 2001.
- WOLF, J.; ŽÁKOVÁ, E; GROENEVELD, E. Within-litter variation of birth weight in hyperprolific Czech Large White sows and its relation to litter size traits, stillborn piglets and losses until weaning. **Livestock Science**, v.115, p. 195–205, 2008.
- WOODWORTH, J.C. et al. Dietary L-carnitine increases plasma leptin concentrations of gestating sows fed one meal per day. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 26, p. 1–9, 2004.
- WOODWORTH, J.C. et al. Influence of dietary L-carnitine and chromium picolinate on blood hormones and metabolites of gestating sows fed one meal per day. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 2524–2537, 2007.
- WU, G. et al. Intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 2316-2337, 2006.
- WU, G.Q. L-Carnitine enhances oocyte maturation and development of parthenogenetic embryos in pigs. **Theriogenology**, v. 76, p. 785–793, 2011.
- XI, L. et al. Maternal dietary L-carnitine supplementation influences fetal carnitine status and stimulates carnitine palmitoyltransferase and pyruvate dehydrogenase complex activities in swine. **Journal of Nutrition**, v. 138, p. 2356–2362, 2008.

CAPÍTULO 2

L-CARNITINA NA NUTRIÇÃO DE MATRIZES SUÍNAS HIPERPROLÍFICAS

Resumo: Objetivou-se com este trabalho comparar a utilização ou não de L-carnitina na gestação e/ou lactação sobre o desempenho da matriz suína e sua respectiva leitegada. O experimento foi dividido em duas etapas, ambas utilizando o delineamento em blocos casualizados. Na primeira etapa foi avaliada a inclusão ou não de 125mg/dia de L-Carnitina, dos seis dias de gestação até o parto. As matrizes foram distribuídas mantendo em cada tratamento o mesmo número de animais de cada ordem de parto, bem como peso corporal semelhante. Foram utilizadas 34 matrizes por tratamento, sendo a unidade experimental composta pela matriz e suas respectivas leitegadas ao nascimento. Sendo assim na gestação as dietas experimentais foram: Controle e L-carnitina. A segunda etapa foi conduzida na fase de lactação com suplementação de 250 mg L- Carnitina na ração do dia do parto até a desmama com 20 dias de média. As matrizes foram distribuídas de acordo com seu tratamento na gestação. Sendo assim, os tratamentos na lactação foram: Controle na gestação e lactação; L-carnitina na gestação e lactação; Controle na gestação e L-carnitina na lactação; L-carnitina na gestação e controle na lactação. Sendo 17 repetições por tratamento e unidade experimental representada por uma matriz suína e suas respectivas leitegadas. As matrizes foram distribuídas mantendo em cada tratamento o mesmo número de animais de cada ordem de parto, bem como o peso corporal semelhante. As variáveis analisadas para avaliação do desempenho das matrizes suínas foram: número de leitões nascidos vivos, natimortos, mumificados, nascidos totais, peso total dos leitões nascidos totais, peso médio individual dos nascidos vivos, coeficiente de variação ao nascimento, peso placentário, eficiência placentária, consumo de ração das matrizes no período de lactação, perda de peso das matrizes na lactação em Kg e %, produção de leite kg/d, peso médio da leitegada ao desmame, ganho de peso médio diário da leitegada. A utilização de L-carnitina no período de gestação e/ou lactação de matrizes suínas não alterou seu desempenho produtivo e de sua progênie.

Palavras Chave: hiperprolificidade, aditivos, fêmeas, suínos.

L-CARNITINE IN THE NUTRITION OF HIPERPROLIFIC SOWS

Abstract: The objective of this study was to evaluate the use or not of L-carnitine in gestation and / or lactation feed on the performance of the sows and its respective litter. The experiment was divided into two steps, both using the randomized block design. In the first stage, the inclusion or not of 125 mg/d of L-Carnitine from the sixth days of gestation until delivery was evaluated. The sows were distributed maintaining in each treatment the same number of animals from each parity, as well as similar body weight. Thirty-four sows per treatment were used, the experimental unit was composed by the sow and its respective litter. The experimental diets were: Control and L-carnitine. The second stage was realized in the lactation phase with supplementation of 250 mg L-Carnitine in the feed from the day of farrowing to weaning (average of 20 days). The sows were distributed according to their treatment during pregnancy. Thus, treatments in lactation were: Control in gestation and lactation; L-carnitine in gestation and lactation; Control in gestation and L-carnitine in lactation; L-carnitine in gestation and control in lactation. For the total periodo 17 replicates per treatment were considered and the experimental unit was represented by a sow and its respective litter. The sows were distributed maintaining in each treatment the same number of animals of each parity, as well as similar body weight. The variables analyzed were: number of liveborn piglets, stillbirths, mummified, total births, total birth weight, mean individual birth weight, coefficient of variation at birth, placental weight, placental efficiency , feed intake of the sows during the lactation period, weight loss of sows in kg and percentage, milk yield kg / d, average weight of litter at weaning, average daily weight gain of litter. The use of L-carnitine in the gestation and / or lactation period of sows did not alter the performance.

Key-words: Hyperprolificity, additives, sows, pigs.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao avanço genético as matrizes suínas se tornaram hiperprolíficas e como consequência aumentou a incidência de leitões com baixa viabilidade. Esses animais dificilmente acompanham o lote, pois são deficientes imunologicamente e com baixo potencial de produção, resultando em uma alta taxa de mortalidade pós-natal (DEVILLERS et al., 2007; WOLF et al., 2008). Com isso, a utilização de aditivos, como por exemplo a L-carnitina, vem ganhando espaço, na tentativa de melhorar a qualidade do leitão e da leitegada ao nascimento. Sua utilização na dieta de gestação e lactação de fêmeas suínas parece ser uma alternativa viável na minimização dos impactos da hiperprolificidade.

A L-carnitina se torna essencial em situações metabólicas onde a sua síntese endógena é baixa, como por exemplo em animais muito jovens ou neonatos, que demandam altas quantidades de energia para sua sobrevivência no início de vida (BORUM, 1983). Esse aumento na exigência também podem ocorrer em animais de alto desempenho e/ou de reprodução, que são conhecidos por ter uma necessidade energética muito elevada.

Alguns trabalhos relatam a influência da suplementação de L-carnitina em fêmeas gestantes no peso ao nascimento de leitões (RAMANAU et al., 2002; RAMANAU et al., 2004; RAMANAU; KLUGE; EDER, 2005; RAMANAU et al., 2008), e a relaciona com a grande oferta de nutrientes que os conceptos recebem durante a gestação.

No período de lactação, a suplementação com L-carnitina em porcas estimula um maior consumo e conseqüentemente maior produção de leite (RAMANAU et al., 2004). Esse efeito reflete diretamente no ganho de peso da leitegada, possibilitando desmamar leitões mais pesados. Portanto o objetivo com este trabalho foi avaliar o desempenho de matrizes hiperprolíficas em gestação e lactação suplementadas com L-carnitina nas dietas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Animais, instalações e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em granja comercial, Granja Paraíso Agroceres Multimix[®], localizada no município de Patos de Minas, Minas Gerais, Brasil, no período de dezembro de 2016 a junho de 2017. Foram utilizadas 68 matrizes suínas de primeira e segunda ordem de parto selecionadas após o período de lactação, de linhagem híbrida comercial hiperprolíficas (CAMBRO FERTILIS).

O experimento foi dividido em duas etapas, ambas utilizando o delineamento em blocos casualizados.

Na primeira etapa foi avaliada a inclusão ou não de 125 mg/d de L-Carnitina, dos seis dias de gestação até o parto. As matrizes foram distribuídas mantendo em cada tratamento o mesmo número de animais de cada ordem de parto, bem como peso corporal semelhante. Foram utilizadas 34 matrizes por tratamento, sendo a unidade experimental composta pela matriz e suas respectivas leitegadas ao nascimento. Sendo assim na gestação as dietas experimentais foram: Controle e L-carnitina.

A segunda etapa foi conduzida na fase de lactação com suplementação de 250 mg/dia L-Carnitina na ração do dia do parto até a desmama com 20 dias de média. As matrizes foram distribuídas de acordo com seu tratamento na gestação. Sendo assim, os tratamentos na lactação foram: Controle na gestação e lactação; L-carnitina na gestação e lactação; Controle na gestação e L-carnitina na lactação; L-carnitina na gestação e controle na lactação. Sendo 17 repetições por tratamento e unidade experimental representada por uma matriz suína e suas respectivas leitegadas. As matrizes foram distribuídas mantendo em cada tratamento o mesmo número de animais de cada ordem de parto, bem como o peso corporal semelhante.

2.1 Dietas experimentais

A ração de gestação e lactação utilizada foi a adotada pela granja, formulada para atender ou extrapolar as exigências de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2011) (Tabela 1). A suplementação da L-carnitina foi feita na forma *on top*, sendo a mesma adicionada a ração no momento do fornecimento às matrizes suínas, na quantidade de 125 mg/dia na gestação e 250 mg/dia na lactação.

Tabela 1. Composição e níveis nutricionais das rações experimentais

Ingredientes (%)	Ração de gestação	Ração de lactação
Milho	66,173	25,000
Farelo de soja	15,711	24,000
Açúcar	0,000	5,000
Casca de Soja	12,272	0,000
Fosfato Bicálcico	1,143	0,000
Óleo de Soja Degomado	0,200	3,000
Núcleo Reprodutor	3,000	0,000
Mineral Avant Suínos 1	0,200	2,000
Mineral Avant Suínos 2	0,200	0,000
Promotor Agrocobre Suínos	0,100	0,000
PX Focus	0,000	25,000
PX Suínos Reprodução	0,300	3,000
PIG CASC	0,000	1,000
AGFIX FM ¹	0,200	3,000
AGFIX ZEA3 ¹	0,200	1,000
AGACID RP ¹	0,300	0,000
Energilac	0,000	8,000
Total	100,000	100,000
Níveis nutricionais		
Proteína bruta, %	14,300	18,500
Energia metabolizável, kcal/kg	3000	3400
Sódio, %	0,240	0,220
Cálcio, %	0,950	0,850
Fósforo disponível, %	0,430	0,440
Metionina, %	0,210	0,530
M+C, %	0,420	0,830
Lisina, %	0,600	1,150
Treonina, %	0,450	0,950
Arginina, %	0,820	1,090

Quantidade na dieta gestação/kg: vit. A 150.700UI, vit. D3 37.700 UI, vit. E 115,02mg, vit. K 23,44mg, vit. B12 25,11mg, niacina 33,77mg, ácido pantotênico 13,06mg, ácido fólico 1,81mg, biotina 1,40mg, colina 0,45g, piridoxina 6,39mg, riboflavina 6,40mg, tiamina 5,45mg.

Quantidade na dieta lactação/kg: vit. A 15,07UI, vit. D3 3,77 UI, vit. E 110mg, vit. K 20,87mg, vit. B12 25,11mg, niacina 33,05mg, ácido pantotênico 13,74mg, ácido fólico 1,90mg, biotina 1,25mg, colina 0,53g, piridoxina 2,34mg, riboflavina 4,79mg, tiamina 2,30mg.

Quantidade na dieta gestação/kg: cobre 22,91mg, ferro 376,03mg, flúor 16,96mg, iodo 1,60mg, manganês 59,96mg, selênio 1,45mg, zinco 160,83mg, cromo 0,2mg.

Quantidade na dieta lactação: cobre 100mg, ferro 309,59mg, flúor 17,11mg, iodo 1,60mg, manganês 59,96mg, 0,65selênio mg, zinco 160,83mg, cromo 0,2mg.

¹Adsorvente.

2.2 Variáveis ambientais

Para caracterização do ambiente térmico em que as matrizes foram alojadas, o ambiente interno dos galpões de gestação e de maternidade foram monitorados por meio de *datalogger* modelo DT-172, marca Enequipa, São Paulo, Brasil, que foi instalado a meia altura das matrizes, sendo registradas a temperatura e umidade a cada trinta minutos.

2.3 Alojamento das matrizes

As matrizes suínas foram alojadas em galpão de gestação em gaiolas individuais contendo uma chupeta e comedouro tipo calha. O manejo alimentar adotado na granja foi o fornecimento de 1,8 kg/dia até os 55 dias de gestação, 2,2 kg/dia dos 56 aos 90 dias de gestação e 2,8 kg/dia dos 91 dias de gestação até o parto. A água esteve à vontade durante todo o período experimental.

Aos 112 dias de gestação, as fêmeas foram transferidas para o setor de maternidade, onde foram alojadas em celas parideiras com lâmpada de aquecimento para manutenção da temperatura ideal aos leitões. O manejo alimentar para as matrizes suínas em lactação adotado foi de um fornecimento ad libitum de ração por fêmea.

2.4 Variáveis de desempenho produtivo e reprodutivo das matrizes suínas

Os partos foram assistidos e todos os leitões foram quantificados e classificados como vivos, natimortos e mumificados. As fêmeas foram pesadas 24 horas após o parto e ao desmame para verificação da mobilização corporal.

Durante o parto havia a pesagem dos leitões vivos e natimortos individualmente, além das placentas referentes a cada leitegada para o cálculo da eficiência placentária total (peso da placenta total/peso da leitegada total). Doze horas após o parto, os leitões foram uniformizados entre as porcas do mesmo tratamento, mantendo-se o número de leitões semelhantes por matriz (12 leitões por leitegada), de acordo com o número de tetos viáveis de cada fêmea.

A produção de leite das matrizes foi estimada a partir da equação sugerida por Noblet and Etianne (1989): produção de leite (kg/dia) = $[(0,718 \times \text{ganho de peso diário do leitão (g)} - 4,9) \times \text{número de leitões}] / 0,19$.

A quantidade de ração era previamente pesada antes do fornecimento para cada fêmea, assim como a sobra do dia, sendo possível então por diferença mesurar o consumo diário por matriz.

As variáveis analisadas para verificação do desempenho das matrizes suínas foram: número de leitões nascidos vivos, natimortos, mumificados, nascidos totais, peso total dos leitões nascidos totais, peso médio individual dos nascidos vivos, coeficiente de variação ao nascimento, peso placentário, eficiência placentária, consumo de ração das matrizes no período de lactação, perda de peso das matrizes na lactação em Kg e %, produção de leite kg/d, peso médio da leitegada ao desmame, ganho de peso médio diário da leitegada.

2.5 Análises estatísticas

Foi considerado um modelo misto utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.4), com base no efeito aleatório da semana de entrada dos animais, da ordem de parição e do efeito residual de cada animal nas repetições; os efeitos fixos foram decorrentes dos tratamentos utilizados.

Todas as pressuposições foram testadas (normalidade, homocedasticidade, outliers e valores influentes), para posterior análise de significância ($P < 0.05$). Em caso de variâncias residuais heterogêneas, modelou-se as variâncias distintas para cada tratamento, utilizando a opção GROUP do comando REPEATED.

Gráficos e análises do resíduo mostrou que as considerações do modelo e os teste aplicados foram consideravelmente corretos.

Em caso de significância, as médias foram comparadas usando o teste de tukey e o teste das diferenças mínimas significativas de Fisher (opção DIFF do comando LSMEANS).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as condições ambientais durante a gestação e lactação, a temperatura média observada foi de 24,3°C. Para este período, gestação e lactação, a umidade relativa média do ar foi de 72,6%.

Os valores para temperatura estão de acordo com o sugerido por Nãas (2003), que indica uma faixa de conforto para matrizes gestantes e lactantes entre os 12 a 25°C. Para a umidade relativa, Pandorfi et al. (2007) indicaram que o valor médio deve estar entre 70 e 82%. Baseado

nestas informações, as matrizes em gestação e lactação se mantiveram em situação de conforto térmico durante o período experimental.

Os resultados para leitões nascidos totais, nascidos vivos, mumificados, natimortos, peso total da leitegada, peso médio por leitão, coeficiente de variação, peso placentário e eficiência placentária de matrizes suínas gestantes suplementadas ou não com L-carnitina estão apresentados na Tabela 2. A suplementação da ração gestação com L-carnitina não alterou ($P>0,05$) as variáveis analisadas.

Tabela 2 – Desempenho produtivo de matrizes suínas suplementadas ou não com L-carnitina no período de gestação.

Variáveis	Controle	L-Carnitina	CV (%)	P
	n=33	n=32		
Leitões nascidos totais (n)	15,10	15,85	16,91	0,25
Leitões nascidos vivos (n)	14,12	14,71	18,00	0,36
Leitões mumificados (n)	1,22	1,18	65,26	0,08
Leitões natimortos (n)	1,50	1,80	65,15	0,29
Peso leitegada total (kg)	20,78	20,83	14,60	0,93
Peso médio leitão (kg)	1,41	1,43	14,99	0,83
CV nascimento (%)	20,76	20,72	22,79	0,97
Peso placentário (kg)	3,74	3,78	39,90	0,87
Eficiência placentária	5,26	5,74	35,85	0,11

CV: coeficiente de variação; P: probabilidade ($P<0,05$); n: número de observações.

A L-carnitina é um metabólito que desempenha inúmeras funções no metabolismo animal, como principal auxilia na queima metabólica de ácidos graxos facilitando sua passagem para o interior da mitocôndria (OWEN et al, 1996).

A utilização de L-carnitina em porcas gestantes aumenta os níveis de IGF-1 no sangue (MUSSER et al., 1999a; DOBERENZ et al., 2006; WOODWORTH et al., 2007), resultado de uma maior concentração plasmática do hormônio do crescimento em fêmeas suplementadas (DOBERENZ et al., 2006). O IGF-1 atua como um hormônio chave que pode aumentar o número de fibras primárias (MUSSER et al., 2007) e promover o desenvolvimento da fibra muscular secundária dos fetos (WIGMORE e STICKLAND, 1983), melhorando o desenvolvimento fetal intrauterino. Associado a isso, porcas suplementadas durante a gestação com L-carnitina apresentam córions maiores (DOBERENZ et al., 2006) e concentrações mais elevada de proteína para transporte da glicose (LAHJOUJI et al., 2004).

A associação dos benefícios fisiológicos promovido pela utilização de L-carnitina em matrizes gestantes pode melhorar seus parâmetros reprodutivos. Entretanto, não foi possível

detectar diferença ($P > 0,05$) para as variáveis analisadas (Tabela 2). Esses resultados vão de encontro aos encontrados por Musser et al. (1999a) e Musser et al. (2007), que ao avaliarem a adição de 100mg e 50mg de L-carnitina respectivamente, na dieta de matrizes gestantes, não observaram diferença para o número de nascidos vivos. Ramanau et al. (2002) também não encontraram diferença no número de nascidos vivos ao utilizarem 125 mg de L-carnitina na dieta gestação de matrizes suínas. Em contrapartida, Ramanau et al., (2004) e Ramanau et al., (2008) encontraram melhoras significativas para o número de nascidos vivos de fêmeas suplementadas com L-carnitina no período de gestação.

Os efeitos favoráveis da utilização de L-carnitina no período de gestação de matrizes suínas, em relação ao mecanismos bioquímicos envolvidos no peso ao nascer dos leitões e leitegada, não foram completamente esclarecidos. Porém este efeito pode estar relacionado com a grande oferta de nutrientes que os conceptos recebem durante a gestação. Não foi possível observar efeito da suplementação de L-carnitina na gestação sobre o peso médio ao nascimento e peso total da leitegada ao nascimento (Tabela 2). Resultados semelhantes para peso ao nascimento foram encontrados por Ramanau et al. (2004) e Tian et al. (2017) e peso total da leitegada por Mosser et al. (2007). Em outros estudos foi observada a influência positiva da utilização de L-carnitina no peso total da leitegada (MUSSEER et al., 1999a; RAMANAU et al., 2002; RAMANAU et al., 2004; RAMANAU et al., 2008) e no peso ao nascimento (RAMANAU et al., 2002; RAMANAU et al., 2008; MUSSEER et al., 1999a; MUSSEER et al., 2007).

Estudos *in vitro* demonstram que a qualidade dos oócitos e embriões cultivados em meio contendo L-carnitina foi superior quando comparado ao meio de cultura controle (DUNNING et al., 2010; DUNNING et al., 2011; SOMFAI et al., 2011; WU et al., 2011). É possível que devido a este fato o número de nascidos totais seja superior para porcas suplementadas, visto que a suplementação de L-carnitina aumenta os níveis de carnitina no plasma das matrizes (MUSSEER et al. 1999a). Corroborando com esta teoria, Ramanau et al. (2004) e Birkenfeld et al. (2005) encontraram diferenças significativas no número total de nascidos. Não foram observadas diferenças para número total de nascidos (Tabela 1). Resultados semelhantes para número total de nascidos em porcas suplementadas ou não com L-carnitina são relatados em varios estudos (REAL et al., 2007; BROWN et al., 2008; RAMANAU et al., 2002; RAMANAU et al., 2008).

A capacidade uterina se limita pela disputa dos conceptos por nutrientes e espaço no útero, sendo definida como o número total de fetos que este órgão pode manter vivo até o nascimento (FORD et al., 2002; VALLET et al., 2003). Sendo assim, devemos nos atentar a uma variável

que influência no desenvolvimento fetal, denominada eficiência placentária, calculada pela relação do peso fetal e o peso de sua placenta (WILSON e FORD, 2001). A elevada eficiência permite que placentas menores sejam capazes de manter o desenvolvimento fetal adequado (BIENSEN et al., 1998; WILSON et al., 1999). Na variável eficiência placentária não foi encontrado significância ($P>0,05$) para os grupos tratados (Tabela 1). Este resultado possivelmente se justifica pelo fato dos componentes constituintes para formação da eficiência placentária não apresentarem diferenças significativas.

Os resultados para consumo médio de ração diário (CMRD), dias em lactação, produção de leite kg/dia (PL), perda de em Kg e % de matrizes suínas no período de lactação suplementadas ou não com L-carnitina estão apresentados na Tabela 3. A suplementação da ração lactação com L-carnitina não alterou ($P>0,05$) as variáveis analisadas.

Tabela 3 – Variáveis relacionadas as matrizes suínas suplementadas ou não com L-carnitina durante o período de lactação.

Variáveis	G	Controle	L-Carnitina	Controle	L-Carnitina	CV (%)	P
	L	Controle	L-Carnitina	L-carnitina	Controle		
		n=14	n= 15	n=15	n=16		
CMRD		5,79	5,32	5,52	5,89	16,91	0,16
Dias em lactação		20,67	20,51	20,17	20,72	4,01	0,12
PL (kg/d)		10,60	9,82	10,32	10,71	12,73	0,25
Perda de peso (kg)		19,18	22,13	22,12	19,83	47,80	0,78
Perda de peso (%)		7,61	8,64	8,89	8,08	46,02	0,81

CV: coeficiente de variação; P: probabilidade ($P< 0,05$); n: número de observações; CMRD: consumo médio de ração diário; PL: produção de leite; G: gestação e L: lactação.

A produção de leite é essencial para na determinação do ganho de peso dos leitões durante o período de aleitamento (WILLIAMS, 1995). Fêmeas suplementadas com L-carnitina tem demonstrado maior eficiência na capacidade de produção de leite em comparação à porcas não suplementadas (RAMANAU et al., 2004; RAMANAU et al., 2005). Esse efeito está associado ao maior consumo de matrizes suínas suplementadas com L-carnitina (RAMANAU et al., 2004). Não foi encontrada diferença significativa para consumo de ração diário e produção de leite (Tabela 3). Resultados não significativos para consumo de ração na lactação, quando se suplementou matrizes com L-carnitina, foram encontrados por Birkenfeld et al. (2006). A equação utilizada para estimar produção de leite das matrizes foi a sugerida por Noblet and Etianne (1989): produção de leite (kg/dia) = $[(0,718 \times \text{ganho de peso diário do leitão (g)} - 4,9) \times \text{número de leitões}] / 0,19$. Podemos observar que para compor a equação utilizou-se o ganho de peso diário dos leitões e o número de leitões por fêmea, portanto pode-se justificar os

resultados não significativos de produção de leite a resposta de não significância do ganho de peso diário dos leitões (Tabela 4) e devido o número de leitões por fêmea ter sido padronizado.

Os resultados para peso médio da leitegada pós uniformização (PMPU), ganho de peso médio diário (GMPD), peso médio ao desmame (PMD) e peso total da leitegada ao desmame (PTLD) de matrizes suínas no período de lactação suplementadas ou não com L-carnitina estão apresentados na Tabela 4. A suplementação da ração lactação com L-carnitina não alterou ($P>0,05$) as variáveis analisadas.

Tabela 4- Variáveis relacionadas a leitegada de matrizes suplementadas ou não com L-carnitina durante o período de lactação.

Variáveis	G	L-Carnitina	Controle	L-Carnitina	CV (%)	P
	L	L	L	L		
	n=14	n= 15	n=15	n=16		
PMPU (kg)	1,66	1,58	1,58	1,55	13,85	0,26
GMPD (kg)	0,25	0,24	0,26	0,25	11,30	0,71
PMD (kg)	6,88	6,56	6,86	7,03	9,34	0,25
PTLD (kg)	77,42	73,82	77,02	79,21	10,72	0,24

CV: coeficiente de variação; P: probabilidade ($P< 0,05$); n: número de observações; PMPU: peso médio do leitão após uniformização; GMPD: ganho de peso diário; PMD: peso médio ao desmame; PTLD: peso total da leitegada; G: gestação e L: lactação.

Muitos são os fatores que podem influenciar no ganho de peso da leitegada, dentre eles a produção e a qualidade do leite são os mais impactantes, pois nesta fase, na maioria dos casos, é a única fonte de alimento para o lactente. Vários estudos têm demonstrado que a suplementação de L-carnitina nas fases de gestação e lactação resulta em melhora do ganho de peso, peso individual e total da leitegada ao desmame (TIAN et al., 2017; RAMANAU et al., 2008; RAMANAU et al., 2004., RAMANAU et al., 2002). Este efeito é mais evidente em porcas de primeiro e segundo parto, onde a suplementação de L-carnitina durante 21 dias de lactação proporcionou maiores ganhos de peso da leitegada em 28 e 29%, respectivamente, e de 10% em porcas com três ou mais paridades, comparando-se com o controle (RAMANAU et al., 2008). Não foi encontrado diferença ($P>0,05$) para as variáveis ganho de peso, peso individual e total da leitegada ao desmame (Tabela 4). Em um estudo similar, Birkenfeld et al. (2006) avaliou o ganho de peso da leitegada em 28 dias de lactação, seguindo o mesmo esquema de tratamento na lactação, onde também não detectou diferenças para a variável analisada.

Em outro estudo, Eder et al. (2001), ao avaliarem o ganho e peso total da leitegada ao desmame. não observaram diferença entre o grupo tratado com L-carnitina e o grupo controle. Birkenfeld et al. (2006b) ao suplementarem fêmeas suínas na gestação com L-carnitina,

avaliaram seu efeito no peso ao desmame dos leitões e não foi possível detectar diferença entre os grupos testados. Semelhante a este estudo, quando se suplementou L-carnitina apenas durante a lactação alguns autores não encontraram efeito sobre o ganho de peso diário dos leitões (BIRKENFELD et al., 2006b) e peso ao desmame da leitegada (MUSSER et al., 1999b).

Comparando as dietas dos principais trabalhos, onde observou-se efeito positivo da utilização de L-carnitina, podemos observar que os níveis de energia metabolizável para gestação e lactação eram em média 14,03 e 7,94 % menores respectivamente aos utilizados neste estudo, visto que a concentração de L-carnitina era semelhante entre as dietas. Com isso podemos inferir que possivelmente a suplementação de L-carnitina seja mais recomendada em dietas menos complexas ou com valores energéticos inferiores.

4 CONCLUSÃO

A utilização de L-carnitina no período de gestação e/ou lactação não alterou o desempenho produtivo de matrizes suínas núlparas e primiparas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIENSEN, N.J.; WILSON, M.E.; FORD, S.P. The impact of either a Meishan or Yorkshire uterus on Meishan or Yorkshire fetal and placental development to days 70, 90 and 110 of gestation. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 8, p. 2169-2176, 1998.

BIRKENFELD, C. et al. Effect of dietary L-carnitine supplementation on growth performance of piglets from control sows or sows treated with L-carnitine during pregnancy and lactation. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 89, p. 277-283, 2005.

BIRKENFELD, C.; KLUGE, H.; EDER, K. L-Carnitine supplementation of sows during pregnancy improves the suckling behaviour of their offspring. **British Journal of Nutrition**, v. 96, p. 334-342, 2006b.

BORUM, P.R. Carnitine. **Annual Review of Nutrition**, v. 3, p. 233-259, 1983.

BROWN, K.R. et al. Effects of feeding L-carnitine to gilts through day 70 of gestation on litter traits and the expression of insulin-like growth factor system components and L-carnitine concentration in foetal tissues. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 92, p. 660-667, 2008.

DEVILLERS, N. et al. Variability of colostrum yield and colostrum intake in pigs. **Animal**, v.1, n.7, p. 1033-1041, 2007.

DOBERENZ, J. et al. Effects of L-carnitine supplementation in pregnant sows on plasma concentrations of insulin-like growth factors, various hormones and metabolites and chorion characteristics. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 90, p. 487–499, 2006.

DUNNING, K.R. et al. Beta-oxidation is essential for mouse oocyte developmental competence and early embryo development. **Biology of Reproduction**, v. 83, p. 909–918, 2010.

DUNNING, K.R. et al. Increased beta-oxidation and improved oocyte developmental competence in response to L-carnitine during ovarian in vitro follicle development in mice. **Biology of Reproduction**, v. 85, p. 548–555, 2011.

EDER, K.; RAMANAU, A.; KLUGE, H. Effect of L-carnitine supplementation on performance parameters in gilts and sows. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 85, p. 73–80, 2001.

FORD, S.P.; VONNAHME, K.A.; WILSON, M.E. Uterine capacity in the pig reflects a combination of uterine environment and conceptus genotype effects. *Journal of Animal Science*, v. 80, n. 1, p. 66-73, 2002.

GUIMARÃES, G.C. et al. Vascularization of broad ligament of uterus and its relationship with fetal and placental development in gilts. **Theriogenology**, v. 82, p. 1–6, 2014.

HORNE, D.W.; BROQUIST, H.P. Role of lysine and e-N-trimethyllysine in carnitine biosynthesis. *Studies in Neurospora crassa*. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 248, 2170-2175, 1973.

LAHJOUI, K. et al. L-Carnitine transport in human placental brush-border membranes is mediated by the sodium-dependent organic cation transporter OCTN2. **American Journal of Physiology. Cell Physiology**, v. 287, p. C263–C269, 2004.

MUSSER, R.E. et al. Effects of L-carnitine fed during gestation and lactation on sow and litter performance. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 3289–3295, 1999a.

MUSSER, R.E. et al. Effects of L-carnitine fed during lactation on sow and litter performance. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 3296–3303, 1999b.

MUSSER, R.E. et al. Effects of L-carnitine in the gestating sow diet on fetal muscle development and carcass characteristics of the offspring. **Journal of Applied Animal Research**, v. 31, p. 105–111, 2007.

NÄÄS, I.A. O ambiente e a resposta reprodutiva de fêmeas suínas. **Revista Suínos & Cia**, v. 1, p. 8-13, 2003.

NOBLET, J.; ETIENNE, M. Estimation of sow milk nutrient output. **Journal of Animal Science**, v.67, n.12, p.3352-3359, 1989.

OWEN, K.Q. et al. Effect of dietary L-carnitine on growth, carcass characteristics, and metabolism of swine. **Swine Day**, p. 103-110, 1996.

PALENCIA, J.Y.P. et al. Swine foetal myogenesis in different gestation periods. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 00, p. 1–7, 2017.

PANDORFI, H. et al. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. *Engenharia Agrícola*, v. 27, p. 83-92, 2007.

RAMANAU, A. et al. Effects of dietary carnitine supplementation on the reproductive performance of sows in production stocks. *Livestock Science*, v. 113, p. 34–42, 2008.

RAMANAU, A. et al. Reproductive performance of sows supplemented with dietary L-carnitine over three reproductive cycles. *Archives of Animal Nutrition*, v. 56, p. 287–296, 2002.

RAMANAU, A. et al. Supplementation of sows with L-carnitine during pregnancy and lactation improves growth of the piglets during the suckling period through increased milk production. *Journal of Nutrition*, v. 134, p. 86–92, 2004.

RAMANAU, A.; KLUGE, H.; EDER, K. Effects of L-carnitine supplementation on milk production, litter gains and back-fat thickness in sows with a low energy and protein intake during lactation. **British Journal of Nutrition**, v. 93, p. 717–721, 2005.

ROSTAGNO, H.S. et al. 2011. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 252 p.

REAL, D.E. et al. Additive effects of L-carnitine and chromium picolinate on sow reproductive performance. **Livestock science**, v. 116, p. 63-69, 2008.

SOMFAI, T. et al. Enhancement of lipid metabolism with L-carnitine during in vitro maturation improves nuclear maturation and cleavage ability of follicular porcine oocytes. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 23, p. 912–920, 2011.

TANPHAICHITR, V.; HORNE, D.W.; BROQUIST, H.P. Lysine, a precursor of carnitine in the rat. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 246, p. 6364-6366, 1971.

TIAN, M. et al. Effects of dietary L-carnitine and fat type on the performance, milk composition and immunoglobulin in sows, and immunological variables of sows and piglets during late gestation and lactation. **Czech Journal of Animal Science**, v. 62, p. 185–194, 2017.

VALLET, J.L. et al. The effect of breed and intrauterine crowding on fetal erythropoiesis on day 35 of gestation in swine. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2352- 2356, 2003.

WIGMORE, P.M.; STICKLAND, N.C. Muscle development in large and small pig fetuses. **Journal of Anatomy**, v. 137, p. 235–245, 1983.

WILLIAMS, I.H. **Sows' milk as a major nutrient source before weaning.** 1995. In: *Manipulating Pig Production V*, pp. 71 [DP Hennessy and PD Cranwell, editors]. Werribee, Vic.: Australian Pig Science Association, 1995.

WILSON, M.E.; BIENSEN, N.J.; FORD, S.P. Novel insight into the control of litter size in pigs, using placental efficiency as a selection tool. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 7, p. 1654-1658, 1999.

WILSON, M.E.; FORD, S.P. Comparative aspects of placental efficiency. *Control of Pig Reproduction VI*, **Reproductive**, v. 58, p. 223-232, 2001.

WOLF, J.; ŽÁKOVÁ, E; GROENEVELD, E. Within-litter variation of birth weight in hyperprolific Czech Large White sows and its relation to litter size traits, stillborn piglets and losses until weaning. **Livestock Science**, v.115, p. 195–205, 2008.

WOODWORTH, J.C. et al. Influence of dietary L-carnitine and chromium picolinate on blood hormones and metabolites of gestating sows fed one meal per day. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 2524–2537, 2007.

WU, G.Q. L-Carnitine enhances oocyte maturation and development of parthenogenetic embryos in pigs. **Theriogenology**, v. 76, p. 785–793, 2011.