



**THAIS OLIVEIRA SILVA**

**ARGININA PARA MATRIZES SUÍNAS HIPERPROLÍFICAS:  
DESEMPENHO E FUNÇÃO VASCULAR**

**LAVRAS – MG**

**2020**

**THAIS OLIVEIRA SILVA**

**ARGININA PARA MATRIZES SUÍNAS HIPERPROLÍFICAS:  
DESEMPENHO E FUNÇÃO VASCULAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes para a obtenção do título de Mestre.

**Orientador:** Dr. Prof. Márvio Lobão Teixeira de Abreu

**Co-orientador:** Dr. Prof. Vinícius de Souza Cantarelli

**Co-orientador:** Dr. Prof. Rony Antônio Ferreira

**LAVRAS – MG**

**2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Silva, Thais Oliveira.

Arginina para matrizes suínas hiperprolíficas: Desempenho e  
função vascular / Thais Oliveira Silva. - 2020.

59 p.

Orientador(a): Márvio Lobão Teixeira de Abreu.

Coorientador(a): Vinícius de Souza Cantarelli, Rony Antônio  
Ferreira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Glândula mamária de matrizes suínas. 2. Arginina para  
fêmeas suínas em lactação. 3. Arginina e função vascular da  
glândula mamária. I. Abreu, Márvio Lobão Teixeira de. II.  
Cantarelli, Vinícius de Souza. III. Ferreira, Rony Antônio.

**THAIS OLIVEIRA SILVA**

**ARGININA PARA MATRIZES SUÍNAS HIPERPROLÍFICAS:  
DESEMPENHO E FUNÇÃO VASCULAR**

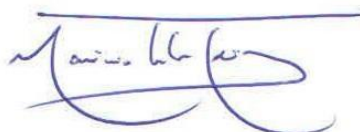
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de julho de 2020.

Dr. Prof. Rony Antônio Ferreira - UFLA

Dr. Prof. Letícia Gomes de Moraes Amaral - IFSULDEMINAS - Campus Machado

Dr. Prof. Nikolas de Oliveira Amaral - IFSULDEMINAS - Campus Machado



---

Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu

Orientador

**LAVRAS – MG**

**2020**

## **DEDICO**

*Ao meu filho João Paulo, que é o meu porto seguro e que me fez ser uma mulher mais forte para suportar todas as batalhas da vida, dedico também a ele todas as conquistas que virão.*

*A minha mãe, meu pai e meu irmão, que cuidaram tão bem do meu menino, com amor, carinho e dedicação para que eu pudesse realizar mais essa etapa.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus por estar sempre ao meu lado, abençoando cada passo da minha vida.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade e cursar o mestrado. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao grupo de Nutrição Funcional de Matrizes Suínas, o qual eu me sinto honrada em participar e tenho aprendido cada dia mais e a todos os integrantes do Núcleo de Estudos em Suinocultura – NESUI, pela receptividade, amizade, auxílio e aprendizado.

À Fazenda São Paulo pelo apoio ao desenvolvimento científico e parceria no projeto de pesquisa necessário para o término do mestrado, ao Luciano e Melissa pela participação no experimento à campo. Ao Professor Flademir Wouters, Débora Novais e Isaac Filipi pelas sugestões e auxílio às análises histológicas. Ao Pedro Massahiro, Jeferson Gomes, Aline Barbosa, Gizele Fonseca, Andressa Roque, e todos que de alguma forma me auxiliaram no laboratório, agradeço também aos funcionários do LPA-UFLA pelas dicas e orientações.

Aos componentes da banca, Professor Márvio Lobão Teixeira de Abreu, pela orientação, atenção, paciência, ensinamentos e disposição para me auxiliar ao longo de todos esses meses de Mestrado. Ao Professor Nikolas de Oliveira Amaral e Professora Letícia Gomes de Moraes Amaral por terem me ensinado e encorajado a seguir esse caminho e ao Professor Rony Antônio Ferreira, por ser esse profissional atencioso e prestativo em todos os momentos.

A toda a minha família, em especial aos meus avôs que não estão mais aqui, mas me ensinaram ser uma pessoa melhor. Ao meu avô, que com seus 94 anos tem demonstrado que mesmo diante das dificuldades, devemos ser fortes. Aos meus primos, tios, em especial à tia “Zina” que sempre me colocou em suas orações. Ao meus pais, Cirineu Pedro da Silva e Nailda D. de Oliveira Silva pelo amor, compreensão, paciência e apoio nas minhas decisões, ao meu irmão Carlos Eduardo por estar sempre comigo, minha afilhada Heloísa e ao meu filho João que vieram ao mundo para iluminar minha família.

A todos os meus amigos que estiveram comigo durante essa fase, em especial à Melissa Mendes pelo companheirismo, paciência, disponibilidade e tutoria, a Cátia Fernandes e a Caroline Beatriz por todo o apoio, e pelas noites de conversas e estudos e a Isabela Leon, que mesmo distante me encorajou por vários momentos.

Às minhas amigas-irmãs Thamires Allue e Elaine Batista que durante o mestrado me permitiram ter um local ao qual eu pudesse chamar de “lar” e também pela amizade, paciência, apoio, compreensão e tantos ensinamentos.

**MUITO OBRIGADA, SEM VOCÊS EU NÃO TERIA CONSEGUIDO!**

*"Dificuldades são como montanhas.  
Só se aplainam quando avançamos sobre elas."  
Emile Zola.*

## RESUMO

Devido ao melhoramento genético e à elevada exigência nutricional das fêmeas suínas atuais, estratégias nutricionais estão sendo estudadas e desenvolvidas com o intuito de melhorar a eficiência produtiva dessas fêmeas. Dentre os nutrientes que participam de funções metabólicas importantes, destaca-se a arginina, um aminoácido funcional capaz de participar como substrato principalmente para a síntese proteica e formação de óxido nítrico. A arginina contribui para o desenvolvimento da glândula mamária, a qual passa por um período de incremento metabólico e por isso tem uma elevada exigência aminoacídica. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros modulados pela suplementação dietética de arginina em porcas lactantes. Foram utilizadas 24 matrizes suínas de mesma linhagem genética em uma granja comercial, localizada no município de Oliveira, MG. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com uma dieta controle (CON) e uma dieta suplementada com 1,0% de arginina (ARG), o aminoácido foi suplementado de forma *on top*, por um período experimental de 23 dias. Foram avaliados parâmetros de desempenho da fêmea suína e dos leitões, composição do leite, perfil bioquímico sanguíneo e também o desenvolvimento mamário. A suplementação de arginina na ração de lactação não influenciou o consumo de ração médio diário, as variáveis de condição corporal, o desempenho da leitegada e o perfil nutricional do leite dessas fêmeas ( $P > 0,05$ ). Houve efeito da suplementação de arginina na concentração plasmática de ureia ( $P < 0,05$ ), porém não houve efeito dessa suplementação ( $P > 0,05$ ) para as outras variáveis bioquímicas. As matrizes alimentadas com ARG também apresentaram um aumento no número de capilares sanguíneos por  $\text{mm}^2$  ( $P < 0,05$ ). A posição glândular também influenciou no número de capilares sanguíneos, no qual foi observado um menor número de capilares por  $\text{mm}^2$  nas glândulas inguinais ( $P < 0,05$ ) entretanto, não foi encontrado efeito da suplementação do aminoácido no número de alvéolos, área alveolar e na relação capilar/alvéolo ( $P > 0,05$ ). A suplementação da ração com 1,0% arginina aumenta o número de capilares sanguíneos, em fêmeas suínas lactantes, mas não interfere no desempenho das matrizes e de suas leitegadas e, as glândulas torácicas e abdominais apresentam uma maior quantidade de capilares sanguíneos do que as glândulas inguinais.

**Palavras-chave:** Aminoácido funcional. Lactogênese. Nutrição. Vasculogênese.



## ABSTRACT

Due to the genetic improvement and the high nutritional demand of the current swine females, nutritional strategies are being studied and developed in order to improve the productive efficiency of these females. Among the nutrients that participate in important metabolic functions, arginine stands out, a functional amino acid capable of participating as a substrate mainly for protein synthesis and formation of nitric oxide. Arginine contributes to the development of the mammary gland, which undergoes a period of metabolic increase and therefore has a high amino acid requirement. Thus, the present study aimed to evaluate the parameters modulated by dietary supplementation of arginine in lactating sows. Twenty-four pig breeds of the same genetic lineage were used in a commercial farm located in the municipality of Oliveira, MG. The design used was completely randomized, with a control diet (CON) and a diet supplemented with 1.0% arginine (ARG), the amino acid was supplemented on top, for an experimental period of 23 days. Performance parameters of the female swine and piglets, milk composition, blood biochemical profile and also mammary gland development were evaluated. The supplementation of arginine in the lactation diet did not influence the average daily feed intake, the body condition variables, the litter performance and the nutritional profile of the milk of these females ( $P > 0.05$ ). There was an effect of arginine supplementation on plasma urea concentration ( $P < 0.05$ ), but there was no effect of this supplementation ( $P > 0.05$ ) for the other biochemical variables. Sows fed with ARG also showed an increase in the number of blood capillaries per  $\text{mm}^2$  ( $P < 0.05$ ). The gland position also influenced the number of blood capillaries, in which a smaller number of capillaries per  $\text{mm}^2$  was observed in the inguinal glands ( $P < 0.05$ ). However, there was no effect of amino acid supplementation on the number of alveoli, alveolar area and in the capillary / alveolus ratio ( $P > 0.05$ ). Supplementing the feed with 1.0% arginine increases the number of blood capillaries in lactating sows but does not interfere with the performance of the sows and their litter, and the thoracic and abdominal glands have a greater amount of blood capillaries than the inguinal glands.

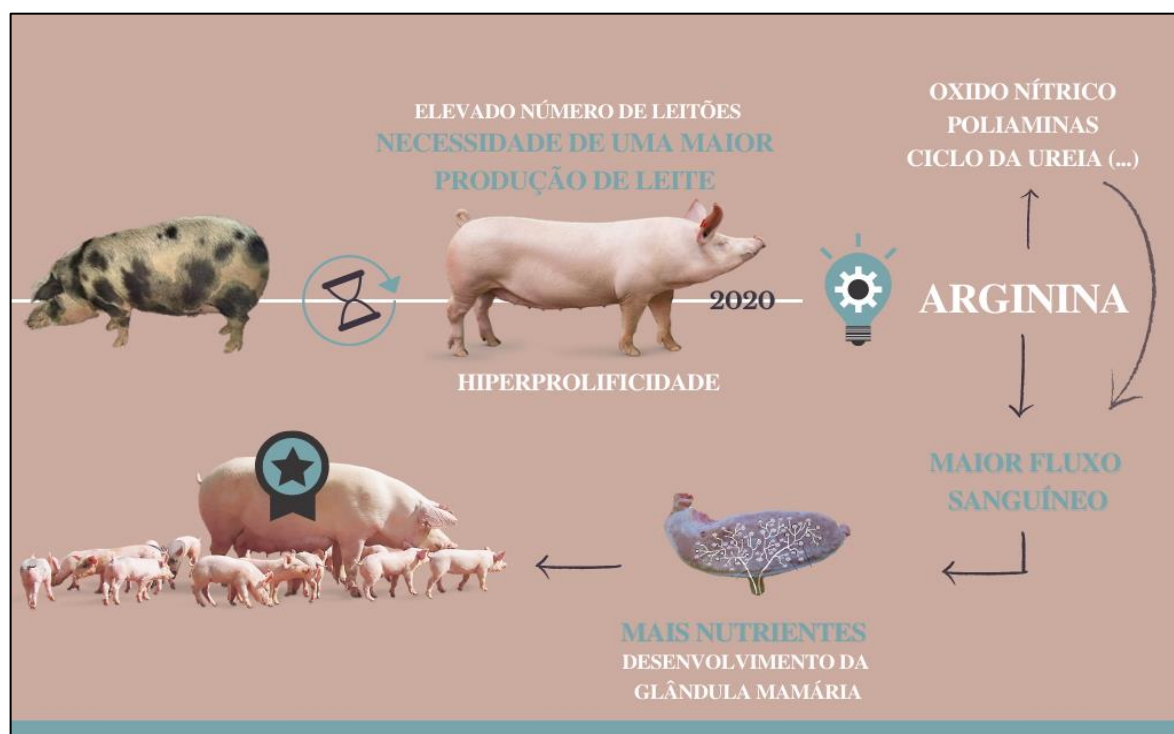
**Keywords:** Functional amino acid. Lactogenesis. Nutrition. Vasculogenesis.

# Template para resumo interpretativo e resumo gráfico das teses e dissertações do PPGZ

Elaborado por **Thais Oliveira Silva** e orientado por **Márvio Lobão Teixeira de Abreu**

A suinocultura trabalha atualmente com matrizes suínas hiperprolíficas, as quais, produzem mais leitões do que a quantidade de glândulas mamárias disponíveis. Em função do aumento da carga metabólica dessas fêmeas, elas se tornaram mais exigentes, nutricionalmente. Em razão disso, alguns problemas podem ser ocasionados, como o comprometimento do desenvolvimento da glândula mamária, redução na produção de leite e conseqüentemente diminuição da qualidade dos leitões. Por isso, faz-se necessário a utilização de dietas que atendam às exigências nutricionais e auxiliem na redução desses problemas. Os aminoácidos tem funções importantes na nutrição das fêmeas em lactação e possuem a capacidade de participar da regulação de vias metabólicas importantes no corpo animal.

Dentre os aminoácidos, destaca-se a arginina, sendo fundamental para funções, como a síntese de proteínas e melhorias no fluxo sanguíneo, além de outros mecanismos essenciais para a fase de lactação. Por esse motivo, objetivou-se investigar os efeitos da suplementação de 1,0% de arginina para fêmeas suínas em lactação, avaliando o desempenho das fêmeas e de sua leitegada, a composição do leite, o perfil bioquímico sanguíneo e o desenvolvimento vascular da glândula mamária. Foi observado nesse estudo, que a suplementação de 1,0% de arginina aumenta o número de capilares sanguíneos, mas não interfere no desempenho das fêmeas e suas leitegadas e também que as glândulas mamárias torácicas e abdominais possuem mais capilares sanguíneos do que as glândulas inguinais. Sugere-se então, que os efeitos positivos da arginina possam contribuir para melhorias no desenvolvimento da glândula mamária de fêmeas suínas em fase de lactação.



Utilização de 1,0% de arginina para fêmeas suínas hiperprolíficas em lactação, seu objetivo geral e seus benefícios, a fim de trazer melhorias para as matrizes suínas e suas leitegadas.

*Dissertação de Mestrado em Zootecnia na UFLA, defendida em 29/07/2020.*

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE .....</b>	<b>11</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Hiperprolifividade e suas conseqüências .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Glândula mamária das matrizes suínas .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.1 Anatomia, circulação sistêmica da glândula mamária suína .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 A arginina na lactação de matrizes suínas .....</b>	<b>17</b>
<b>3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>
<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGO.....</b>	<b>27</b>
<b>Arginina dietética e posição da glândula influenciam a função vascular de matrizes suínas lactantes .....</b>	<b>28</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

### **1. INTRODUÇÃO**

A suinocultura trabalha atualmente com matrizes suínas hiperprolíficas, as quais, comumente produzem mais de 30 leitões desmamados/ano o que pode impactar na capacidade de atendimento das necessidades nutricionais destas fêmeas, principalmente na fase de lactação. Em razão desse aumento da carga metabólica, pode-se ocasionar alguns problemas, como uma elevada produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) que, quando em desequilíbrio, causam estresse oxidativo. Também podem ocorrer problemas no desenvolvimento da glândula mamária, redução na produção de leite e conseqüentemente diminuição da qualidade dos leitões. Por isso, faz-se necessário a utilização de dietas que atendam às exigências nutricionais para reduzir todos esses problemas.

Ajustes nutricionais devem ser implementados e, dentre estes, incluem um melhor aporte de proteína e aminoácidos. Os aminoácidos tem funções importantes na nutrição das fêmeas em lactação e, um aspecto inovador na nutrição é a possibilidade de explorar a capacidade que alguns aminoácidos possuem de participar da regulação de vias metabólicas importantes do corpo animal, de maneira a favorecer aspectos importantes como a funcionalidade da glândula mamária. Dentre estes, destaca-se a arginina como um aminoácido fundamental para muitas funções metabólicas.

A arginina e seus precursores exercem inúmeras funções no corpo, como síntese de proteínas, melhorias no fluxo sanguíneo e capacidade antioxidante, dentre outros mecanismos essenciais para a fase de lactação, demonstrando que a glândula mamária necessita desse nutriente para auxiliar em seu desenvolvimento. Considerando os papéis funcionais da arginina, é possível que o aminoácido possa desempenhar outras funções nos tecidos mamários além da constituição das proteínas do leite, como por exemplo, aumentar o fluxo sanguíneo e melhorar a composição nutricional do leite, esclarecendo melhorias relatadas no desempenho animal. No entanto, algumas respostas fisiológicas promovidas pela arginina em fêmeas na fase de lactação ainda precisam ser esclarecidas. Por esse motivo, objetivou-se investigar os efeitos da suplementação de 1,0% de arginina para fêmeas suínas em lactação, avaliando o desempenho das fêmeas e da leitegada, a composição do leite, o perfil bioquímico sanguíneo e o desenvolvimento vascular da glândula mamária.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Hiperprolificidade e suas consequências

Nas últimas décadas, a seleção genética melhorou o desempenho reprodutivo das fêmeas suínas, com aumento significativo no número de leitões nascidos e desmamados (LAPOINTE, 2013). Segundo Farmer (2018), essas linhagens foram desenvolvidas para que tenham leitegadas de até 20 a 22 leitões. Quando as fêmeas suínas produzem mais leitões do que o número de tetos que possuem, elas são definidas como fêmeas hiperprolíficas.

A hiperprolificidade é uma característica desejável, visto a produção de um maior número de leitões para os sistemas produtivos, no entanto, leitões de baixa viabilidade resultantes da maior lotação intrauterina requerem maior atenção e mão de obra, sendo parte dos problemas advindos das matrizes atuais (FONSECA, 2015). Durante a fase de lactação, o complexo mamário deve se desenvolver para realizar a produção de leite e apoiar o crescimento dos leitões, e é por isso também que as porcas aumentam a carga metabólica durante essa fase (BERCHIERI-RONCHI et al., 2011). Esse aumento catabólico muitas vezes é responsável pela perda de peso da matriz, além da diminuição da produção de leite, podendo afetar o crescimento dos leitões durante a lactação, reduzindo então o peso à desmama (AHMED, 2013). Ressaltando que, o peso dos leitões ao desmame tem um grande impacto sobre o seu desempenho pós-desmame (KLINDT, 2003).

Embora os avanços genéticos tenham tornado as fêmeas mais produtivas, elas são mais exigentes nutricionalmente e menos resistentes aos desafios nutricionais (CABRAL et al., 2016). As fêmeas hiperprolíficas possuem um elevado número de leitões nascidos vivos, são maiores, possuem uma maior capacidade de produção de leite, todavia, possuem um baixo apetite, por isso devemos buscar uma maior ingestão de nutrientes, para o atendimento do elevado número de leitões que essas fêmeas necessitam amamentar (YAGÜE, 2019). O consumo de alimento pela matriz é um dos principais desafios para os nutricionistas, isso devido a essa alta demanda de nutrientes, durante o período de lactação, portanto, há a necessidade de uma dieta balanceada para o estágio de produção específico (MOREIRA, 2014). Segundo Kim, Wu e Baker (2005) quando essas matrizes ingerem uma baixa quantidade de alimento durante a lactação, elas têm uma produção de leite insuficiente, reduzem o desempenho reprodutivo subsequente e também pode ocorrer uma queda no desempenho dos leitões.

Esse desbalanço nutricional, faz com que a matriz mobilize nutrientes de diferentes tecidos corporais, levando à significativa perda de peso, para que a produção de leite possa ser mantida (PAIVA, 2004). Ressaltando que, dentre as causas que afetam a produção de leite, a

disponibilidade de nutrientes é um fator limitante para a sua síntese, o que está diretamente relacionado com a nutrição da fêmea, principalmente durante o período de pré-lactação e lactação (DOURMAD et al., 2000).

O leite da fêmea suína é a principal fonte de nutrientes para os leitões e, levando em consideração o grande tamanho das leitegadas dos genótipos atuais, é imprescindível maximizar o uso de nutrientes pela glândula mamária. A quantidade de nutrientes disponíveis para o tecido mamário depende das concentrações de nutrientes no sangue e da taxa de fluxo para as glândulas lactantes (FARMER; TROTTIER; DOURMAD 2015). Na literatura também encontramos trabalhos que confirmam a relação entre a capacidade produtiva da glândula e o crescimento dos leitões (KIM et al., 2000; NIELSEN et al., 2001). Em vista disso, é importante ter uma melhor compreensão dos mecanismos envolvidos no desenvolvimento da glândula mamária das fêmeas suínas, logo, melhorar a composição e o rendimento do leite e consequentemente, o desempenho dos leitões.

## **2.2 Glândula mamária das matrizes suínas**

A glândula mamária é um dos poucos tecidos dos mamíferos que podem passar repetidamente por ciclos de crescimento, diferenciação funcional e regressão (GORDEN, 2017). Assim como em outros mamíferos o desenvolvimento da glândula mamária suína ocorre em vários períodos na vida da fêmea. Inicia-se enquanto embrião e ocorre principalmente em três fases, no pós natal, fase que antecede e sucede a puberdade, no último terço da gestação e durante a lactação (MESUMECI, 2015).

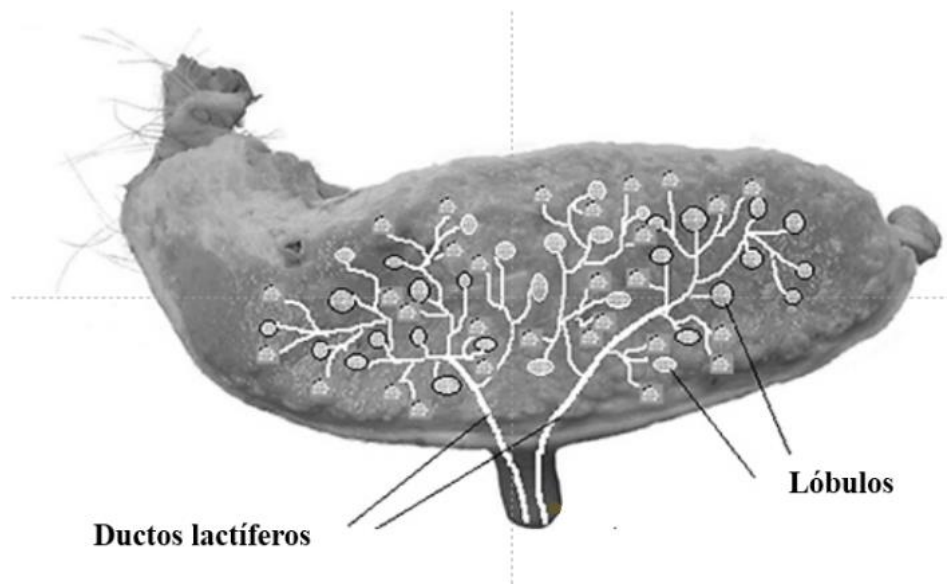
O crescimento mamário na lactação está relacionado a vários fatores, como a posição da glândula no úbere (FARMER, 2018), a intensidade da massagem pós-ejeção do leite (THODBERG E SORENSEN, 2006), o ciclo reprodutivo (BEYER et al., 1993) e também a nutrição (KIM et al., 1999b). O desenvolvimento deste tecido é de extrema importância para o sucesso do desempenho reprodutivo da fêmea, uma vez que este é responsável pela produção de leite, por esse motivo está diretamente relacionada ao desempenho da leitegada (KIM et al., 2000). A regulação de todos os estádios do desenvolvimento é caracterizada por ciclos repetidos de crescimento morfológico e diferenciação funcional, dada por uma série de sinais endócrinos sistêmicos (NEVILLE et al., 2002; MUSUMECI et al., 2015). De acordo com a pesquisa realizada por Hurley (2019), pode ser constatado que o controle endócrino durante esses períodos também pode afetar o desenvolvimento mamário.

### 2.2.1 Anatomia, circulação sistêmica da glândula mamária suína

As glândulas mamárias dos suínos estão localizadas em duas fileiras paralelas ao longo da parede do corpo ventral, da região torácica até a área inguinal. As glândulas (torácicas, abdominais ou inguinais) são fixadas à parede ventral do corpo por tecido adiposo e conjuntivo (FARMER e HURLEY, 2015). A quantidade varia de 6 a 20 glândulas. Cada glândula é separada e distinta das glândulas adjacentes, normalmente possui um teto com dois canais separados (dois ductos galactíferos) (MARTINEAU et al., 2012), uma particularidade da espécie suína (KLOPFENSTEIN et al., 1999).

Cada glândula simples é composta por pequenos alvéolos envoltos em lóbulos, assemelhando-se a um cacho de uva (GORDEN, 2017), como representado na seção transversal de uma glândula mamária real (Figura 1). O leite é sintetizado por células epiteliais que revestem a superfície interior de cada alvéolo (GORDEN, 2017).

**Figura 1.** Secção transversal de uma glândula mamária de fêmea suína, composta por pequenos alvéolos empacotados em lóbulos, assemelhando-se a um cacho de uva.



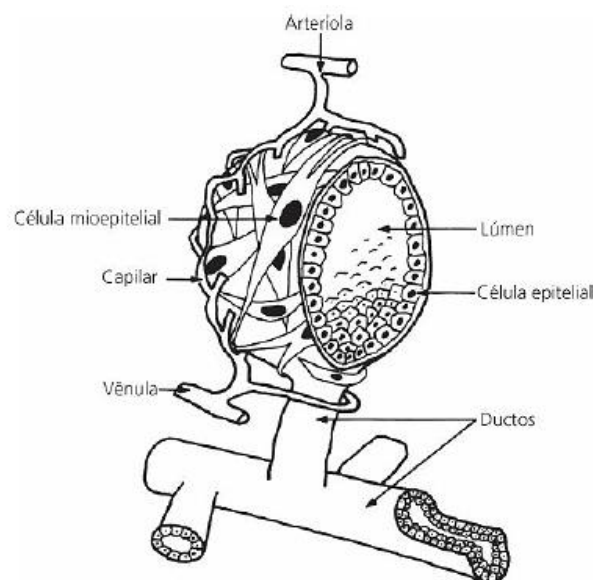
Fonte: Adaptado de Trottier, (2015).

Segundo estudos de Trottier (2015), o tecido mamário (referido como "parênquima mamário") das fêmeas suínas é composto por: 80% de células epiteliais que são responsáveis pela produção de leite e 20% de células estromais, células do tecido conjuntivo e suporte. Ao contrário de outras espécies animais, como a bovina por exemplo, a glândula mamária dos suínos tem uma capacidade de armazenamento de leite muito limitada, porque as cisternas da glândula e do teto são relativamente pequenas (TROTTIER, 2015).

O alvéolo é considerado como a unidade funcional da glândula mamária e está composto por camadas de células epiteliais ou lactócitos que são capazes de extrair nutrientes desde o sangue, sintetizar os componentes do leite e secretar leite para a luz do alvéolo (HURLEY, 2019). Segundo Gorden (2017), vários alvéolos estão agrupados entre os septos de tecido conjuntivo formando unidades conhecidas como lóbulos. A ramificação adicional dos lóbulos forma os lobos. Os alvéolos se desenvolvem na gestação e serão totalmente distendidos pela produção de leite durante a lactação (FENDRICK, 1998).

Faixas de músculo liso conhecidas como células mioepiteliais circundam os ductos lactíferos e os alvéolos, como apresentado na figura (Figura 2).

**Figura 2.** Alvéolo circundado pelos vasos sanguíneos e pelas células mioepiteliais da glândula mamária.



Fonte: Gorden (2017).

As células mioepiteliais são responsáveis por se contraírem (resposta à ocitocina), resultando na liberação do leite e posteriormente sua transferência dos alvéolos até os ductos, processo conhecido como ejeção do leite. Os corpos das células mioepiteliais estão em contato direto com os capilares, os quais são responsáveis por fornecer nutrientes às células alveolares e também a ocitocina para a contração (GORDEN, 2017).

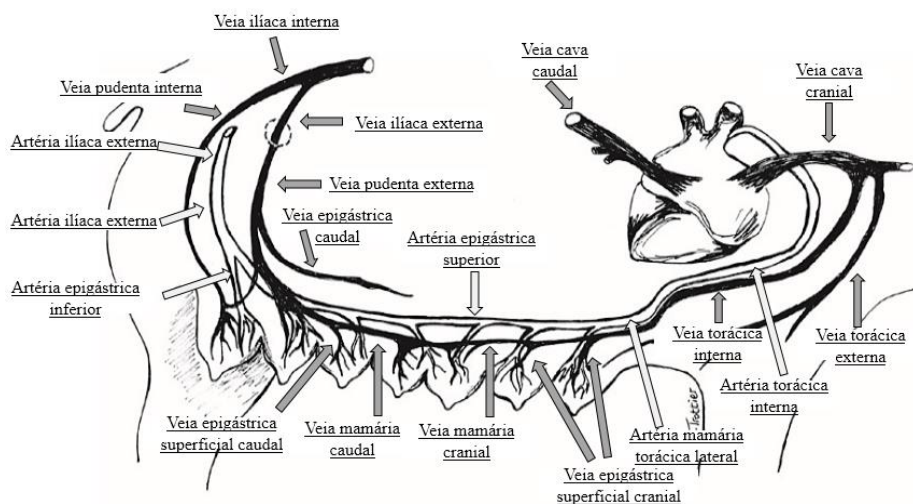
A quantidade de nutrientes disponíveis para o desenvolvimento do tecido mamário depende das concentrações de nutrientes disponíveis no sangue e também da sua taxa de fluxo (circulação sanguínea) para as glândulas (FARMER; TROTTIER; DOURMAD 2015). Os



animais que têm glândulas mamárias em locais diferentes dispõem de trajetos diferentes para a circulação sanguínea.

As circulações arterial, venosa e linfática são fornecidas em ambos os lados da linha média ventral por uma rede que se estende longitudinalmente da região axilar até às inguinais (SCHUMMER et al., 1981), como mostrado na figura 3, várias artérias fornecem sangue para o úbere da porca, diferente dos ruminantes, onde somente uma artéria realiza essa irrigação para ambos os lados do úbere (TROTTIER et al., 1995). A artéria pudenda externa desce através do canal inguinal fornecendo sangue para as glândulas mamárias posteriores, já as glândulas mamárias anteriores são supridas principalmente pela artéria epigástrica craniana originária da artéria torácica interna (TROTTIER et al., 1995).

**Figura 3.** Ilustração do sistema circulatório mamário de porcas em lactação. A linha oval representa o canal inguinal. As artérias estão “vazias” e as veias “preenchidas”.



Fonte: Adaptado de Farmer, (2015).

Em estudos realizados por De Paula (2019), por meio da técnica de radiografia com contraste, podem ser observadas as artérias das glândulas mamárias e o caminho real executado pelas mesmas, a fim de facilitar o entendimento sobre o suprimento sanguíneo para as glândulas mamárias nas regiões torácica, abdominal e inguinal e com isso foi possível comparar os calibres desses vasos, revelando que as artérias epigástricas cranianas superficiais têm diâmetros maiores que os das artérias epigástricas caudais superficiais. Vale ressaltar que, o calibre reduzido dos ramos diretos derivados da superfície das artérias epigástricas caudais corrobora com informações de que as glândulas mamárias caudais são menores e que, como consequência, têm menor produtividade (DE PAULA, 2019).

Em estudos realizados por Skok (2007), foi evidente que a produção de leite diminuiu na direção das glândulas, de anteriores para as posteriores. Os leitões posicionados na parte anterior e média do complexo mamário durante a primeira semana de lactação consumiram, em média, 42% mais leite em comparação com os leitões posicionados na área posterior (SKOK, 2007). Isso pode ser explicado pelo trabalho de Paula (2019), onde foi verificado o calibre das artérias que irrigam as glândulas mamárias. Quando uma maior quantidade de sangue chega até a glândula mamária, a disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento e manutenção da glândula mamária aumenta, assim como quantidade de nutrientes disponíveis para a síntese de leite.

### **2.3 A arginina na lactação de matrizes suínas**

A arginina é considerada um aminoácido não essencial para muitas espécies, incluindo seres humanos. Entretanto, certas condições fisiológicas podem levar a arginina a se tornar um aminoácido condicionalmente essencial (AGARWAL, 2017). Arginina é um aminoácido funcional para fêmeas suínas lactantes (WU et al., 2011), ressaltando que nutrientes funcionais são substâncias capazes de modular reações metabólicas resultando em maior proteção e estímulo à saúde do indivíduo (PACHECO e SGARBIERI, 2001). O aumento da demanda desse aminoácido para reprodução e lactação torna-o dieteticamente essencial para estas funções (WU, 2009), em virtude da sua alta exigência nutricional pelas matrizes (WU e MORRIS, 1998).

A arginina é sintetizada no rim, a partir da citrulina, sendo esta produzida no fígado e no trato gastrointestinal por meio de rotas biossintéticas que se iniciam com o glutamato (SAKOMURA, 2014). Sendo assim, os rins desempenham um papel imprescindível no fornecimento de arginina para a glândula mamária já que a síntese de arginina ocorre nesse órgão e em menor proporção nos enterócitos e hepatócitos. Como mencionado por Sakomura (2014), a arginina é sintetizada nos rins a partir da citrulina produzida pelos enterócitos e, chega nas células, via corrente sanguínea. Cerca de 85% da citrulina liberada na corrente sanguínea é convertida em arginina nos rins (WU, 1997; WINDMUELLER, 1982). Os rins possuem capacidade de sintetizar arginina na mesma proporção que recebem citrulina e a síntese renal corresponde a aproximadamente 60% da arginina produzida em mamíferos (YU et al., 1996).

Considerada como um aminoácido multifuncional, a arginina não é apenas precursora para a síntese de proteínas, mas também regula a expressão gênica e a oxidação celular (MA, 2015), participando também de outras funções metabólicas. A arginina pode desempenhar

funções como desintoxicação de amônia, proliferação celular, secreção hormonal, regulação de apoptose e também atuar na resposta imune e na reparação tecidual (TAN et al., 2010).

Alguns desses acontecimentos podem ser mediados pela ativação do mecanismo alvo da rapamicina (mTOR) (WU, 2013), que é o principal regulador da síntese de proteínas (KIM et al. 2002). Os aminoácidos podem se ligar a células intracelulares e sensores específicos para estimular a mTOR em células animais (CHANTRANUPONG et al. 2016), enquanto isso, inibe a via da ubiquitina-proteassoma (a principal via para a degradação intracelular de proteínas) em associação a ativação do mTOR (CHOTECHUANG et al. 2011).

Os resultados de um estudo realizado com o cultivo de células epiteliais mamárias, *in vitro*, indicaram que as concentrações de arginina reduziram a abundância de ubiquitina e proteassoma nas mesmas, demonstrando que a arginina diminuiu a taxa de degradação de proteínas nessas células epiteliais mamárias e em doses dependentes (MA, 2018). No mesmo estudo (*in vitro*), foi indicado que o aumento das concentrações extracelulares de arginina, também aumentou a proliferação de células epiteliais mamárias suínas (MA, 2018). Também foi evidenciado que a arginina acelera o desenvolvimento das células do trato gastrointestinal e promove melhor desempenho reprodutivo das matrizes suínas (RHOADS et al., 2009; KONG et al., 2012). A fase de lactação das fêmeas suínas é de curta duração, porém expressa elevada demanda nutricional para a produção de leite, excedendo inclusive a demanda de nutrientes da fase de gestação, tornando este período ainda mais crítico (MANZKE, 2016).

Em um trabalho realizado Mateo et al., (2008) foi demonstrado que a dieta suplementada com arginina aumenta o ganho de peso diário em leitões entre os dias 0 e 21 de lactação. Moreira (2018) também observou em seus estudos que a adição de L-arginina à dieta teve um efeito quadrático no peso dos leitões aos 13 e 21 dias e também promoveu um aumento na porcentagem de proteína e gordura do leite.

A arginina é o precursor para a síntese de moléculas biologicamente ativas, incluindo o óxido nítrico (ON), a ornitina, as poliaminas (putrescina, espermidina e espermina), a creatina e a agmatina (WU e MORRIS 1998). Na glândula mamária, a arginina via arginase II, localizada na mitocôndria, pode dar origem à ornitina que por sua vez é utilizada na síntese de poliaminas (LI et al., 2014).

Quando suplementada, a arginina tem grande potencial para aumentar a produção de ON e poliaminas (MATEO et al., 2008), que por sua vez, estimulam a proliferação celular, regulando a lactogênese (OKA e PERRY 1974). As poliaminas também são importantes para a regulação da expressão gênica, tradução de sinais, e síntese de proteínas e DNA (IGARASHI, 2000). O ON e as poliaminas estimulam o desenvolvimento, a remodelação celular, a

angiogênese e a vasodilatação (WU et al. 2009). Quanto mais sangue chegar até a glândula mamária, mais nutrientes serão disponibilizados para o tecido e para a manutenção celular. Ambos também estão relacionados com respostas antioxidantes (FLYNN et al., 2002), fator primordial para o desempenho, longevidade e qualidade do leite de matrizes suínas lactantes.

A participação da arginina na formação de vasos sanguíneos via produção de óxido nítrico, pode influenciar a capacidade de produção de leite da porca em lactação (ABREU, 2013). O aumento do fluxo sanguíneo na glândula mamária, pode disponibilizar mais nutrientes para a síntese do leite (KIM e WU, 2009), bem como a síntese de proteínas nas células epiteliais mamárias (MA et al., 2018). A produção de leite está altamente correlacionada com o crescimento da glândula mamária (TANG et al, 2000). Fator de extrema importância para a suinocultura atual, onde as fêmeas produzem muitos leitões e precisam aumentar a produção de leite. Em um trabalho realizado por Mateo et al., (2008), esses resultados positivos foram observados, pois a suplementação de 0,83% de Arg às dietas de fêmeas primíparas aumentou o ganho de peso dos leitões e a produção de leite dessas fêmeas em 21% na primeira semana de lactação e em 11% durante 21 dias de lactação. Além disso, Laspiur e Trottier (2001), relataram que a suplementação com Arg na dieta de porcas em lactação reduziu a perda de peso e melhorou a eficiência alimentar, particularmente em ambientes quentes, sem afetar as taxas de respiração ou ganho de peso dos leitões.

Ressaltando que, a arginina é considerada um aminoácido essencial para leitões lactentes (FLYNN, & WU, 1996), por esse motivo, é importante que esse aminoácido seja secretado no leite em concentrações adequadas para os leitões. Ao observar, a absorção de arginina pela glândula mamária da fêmea suína próximo ao pico de lactação Li et al (2009) constataram que em uma quantidade de 31g/d de arginina, a saída de arginina no leite foi de apenas 6 g/dia. Desta forma, cerca dos 81% da arginina captada do sangue arterial é degradada localmente por essa regulação. Em estudos de WU et al., (2004), ficou demonstrado que o leite é deficiente em alguns aminoácidos como a arginina, podendo comprometer o desenvolvimento dos leitões. De acordo com estimativas de Wu et al. (2004), o leite das fêmeas suínas supre menos que 40% do total de arginina requerida diariamente por leitões aos sete dias de lactação.

Em estudos anteriores, ao avaliar os efeitos da dieta suplementada com arginina para fêmeas em lactação, foi constatado que as fêmeas não apresentaram diferença significativa, porém os leitões obtiveram diferenças positivas no desempenho (LIMA, 2010; CUI et, 2017). O ganho de peso dos leitões está relacionado à composição do leite e (FARMER et al., 2010) e a captação de arginina pelas glândulas mamárias é superior à sua concentração no leite (MANJARIN et al., 2014). Considerando os papéis funcionais da arginina, é possível que o

aminoácido possa ter outras funções nos tecidos mamários além da constituição das proteínas do leite, por exemplo.

A captação da arginina pela glândula mamária depende de vários fatores que podem ser regulados de várias formas, no entanto, os mecanismos de regulação desses fatores ainda não estão claros. Até agora, vários estudos mostraram que a absorção de nutrientes mamários provavelmente dependem do fluxo sanguíneo (o que podem ser afetados pela temperatura do ambiente, demanda de leite, tamanho da leitegada e possivelmente o status hormonal), concentrações circulantes de nutrientes e transportadores de nutrientes celulares (que podem ser regulados pelas concentrações de nutrientes e hormônios) (FARMER, 2018).

Em uma pesquisa realizada por Krogh (2017), foi levantada a hipótese de que a suplementação de arginina na dieta aumenta o fluxo plasmático mamário e, por sua vez, aumenta a absorção mamária de nutrientes para a produção de colostro e leite. O fluxo plasmático mamário (FPM) é um componente essencial, fator de suprimento, absorção e produção de nutrientes pelas glândulas mamárias (FARMER et al., 2008). Porcas hiperprolíficas em lactação dispõem 75% do consumo total de energia e 90% do consumo total de amino ácido para a produção de leite (DOURMAD et al., 2000). No trabalho de Rezaei (2016), onde se avaliou a relação dos aminoácidos no desenvolvimento da glândula mamária, concluiu-se que os aminoácidos livres no sangue constituem os principais precursores da proteína do leite e de diversas moléculas biologicamente ativas importantes para o funcionamento da glândula mamária e para o desenvolvimento adequado dos leitões.

Para que a arginina seja utilizada pela glândula mamaria além da disponibilidade no sangue é necessário que haja transportadores ativos localizados na membrana plasmática das células epiteliais mamárias, para captação de AA (CHEN, 2018). A disponibilidade intracelular de AAs é controlada pela atividade coordenada dos sistemas de transporte de AA e suas respectivas proteínas transportadoras, localizadas na membrana celular e responsáveis por canalizar AAs do sangue arterial através da membrana celular (HUBER et al., 2016; REZAEI et al., 2016).

Um estudo foi realizado para avaliar mais de 1500 genes expressos na glândula mamária em três diferentes estádios fisiológicos, os resultados indicaram que a maioria dos genes regulados estavam envolvidos no transporte de nutrientes e processos biossintéticos, demonstrando a prioridade do tecido principalmente quando lactante, em captar nutrientes para compor o leite (CHEN et al., 2018).

Um contínuo suprimento de arginina na dieta, pode fornecer um substrato para a síntese de óxido nítrico e poliaminas e por isso, pode estimular a vasodilatação e melhorar o FPM, o

crescimento e a absorção de nutrientes pelas glândulas mamárias (KROGH, 2017). Contudo, pouco se sabe sobre a regulação desse aminoácido em diferentes estádios fisiológicos na fêmea suína (CHEN et al., 2018). E em virtude da participação em vias metabólicas importantes e por ser aproveitada em grandes quantidades pela glândula mamaria suína, a arginina surge como uma estratégia nutricional a ser explorada. (TROTIER et al., 1997). Por esse motivo, evidencia-se a importância de mais estudos referentes a relação entre a arginina e seus efeitos, sendo estes fundamentais para garantir resultados positivos na nutrição funcional de matrizes suínas.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fêmeas suínas estão se tornando cada vez mais exigentes nutricionalmente devido às mudanças genéticas e elevada demanda metabólica. Essas mudanças acarretaram em maior número de leitões nascidos, o que tem exigido das fêmeas uma maior produção de leite e pra isso, melhor desenvolvimento da glândula mamária. A suplementação de arginina na dieta das matrizes suínas lactantes pode surgir como uma alternativa para minimizar esses impasses pelo modo em que esse aminoácido pode atuar, melhorando fatores envolvidos no desenvolvimento da glândula mamária, na produção e composição de leite e conseqüentemente no desempenho da leitegada.

### REFERÊNCIAS

- ABREU, M. L. T. et al. Recentes Avanços e Implicações Práticas do Uso de Aminoácidos Industriais na Nutrição de Porcas Reprodutoras. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 1, p. 31-41, 2013.
- AGARWAL, Umang et al. Supplemental citrulline is more efficient than arginine in increasing systemic arginine availability in mice. **The Journal of nutrition**, v. 147, n. 4, p. 596-602, 2017.
- AHMED, S. T. et al. Effects of resveratrol and essential oils on growth performance, immunity, digestibility and fecal microbial shedding in challenged piglets. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 26, n. 5, p. 683, 2013.
- BERCHIERI-RONCHI, C. B. et al. Oxidative stress status of highly prolific sows during gestation and lactation. **Animal**, v. 5, n. 11, p. 1774-1779, 2011.
- BEYER, M. et al. Energy and nitrogen metabolism of pregnant and lactating sows and suckling piglets. 3. Chemical composition and energy content of the animal body fractions as well as portions of the animal body fractions of empty body of nonpregnant, pregnant and lactating sows. **Archiv fur Tierernahrung**, v. 45, n. 1, p. 13-34, 1993.

CABRAL, N. O. et al. Nutrição de matrizes e marrãs modernas. *Nutritime Revista Eletrônica*, on-line, Viçosa, v.13, n.3, p.4657-4664, maio/jun, 2016.

CHANTRANUPONG, Lynne et al. The CASTOR proteins are arginine sensors for the mTORC1 pathway. *Cell*, v. 165, n. 1, p. 153-164, 2016.

CHEN, Fang et al. Regulation of amino acid transporters in the mammary gland from late pregnancy to peak lactation in the sow. *Journal of animal science and biotechnology*, v. 9, n. 1, p. 35, 2018.

CHOTECHUANG, Nattida et al. Down-regulation of the ubiquitin–proteasome proteolysis system by amino acids and insulin involves the adenosine monophosphate-activated protein kinase and mammalian target of rapamycin pathways in rat hepatocytes. *Amino Acids*, v. 41, n. 2, p. 457-468, 2011.

CUI, Z. H. U. et al. Dietary arginine supplementation in multiparous sows during lactation improves the weight gain of suckling piglets. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 16, n. 3, p. 648-655, 2017.

DE PAULA, Ygor Henrique et al. Irrigation of the mammary glands of sows (*Sus scrofa domesticus* Linnaeus, 1758). *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, v. 6, n. 5, 2019.

DOURMAD, J. Y. et al. Influence du repas sur l'utilisation des nutriments et des vitamines par la mamelle, chez la truie en lactation. *J. Rech. Porcine Fr*, v. 32, p. 265-273, 2000.

FARMER, C.; PALIN, M. F. Feeding flaxseed to sows during late-gestation and lactation affects mammary development but not mammary expression of selected genes in their offspring. *Canadian journal of animal science*, v. 88, n. 4, p. 585-590, 2008.

FARMER, C.; PALIN, M.-F.; HOVEY, R. C. Greater milk yield is related to increased DNA and RNA content but not to mRNA abundance of selected genes in sow mammary tissue. *Canadian journal of animal science*, v. 90, n. 3, p. 379-388, 2010.

FARMER, Chantal. Nutritional impact on mammary development in pigs: a review. *Journal of animal science*, v. 96, n. 9, p. 3748-3756, 2018.

FARMER, Chantal, N. L.; DOURMAD, Jean-Yves. Mammary blood flow and nutrient uptake. In: *The gestating and lactating sow*. Wageningen Academic Publishers, 2015. p. 1102-1111.

FENDRICK, James L.; RAAFAT, Ahmed M.; HASLAM, Sandra Z. Crescimento e desenvolvimento das glândulas mamárias desde o período pós-natal até a pós-menopausa: ontogenia do receptor esteroideal ovariano e regulação no camundongo. *Revista de biologia e neoplasia das glândulas mamárias*, v. 3, n. 1, p. 7-22, 1998.

FLYNN, N. E. et al. The metabolic basis of arginine nutrition and pharmacotherapy. *Biomedicine e Pharmacotherapy*, v. 56, n. 9, p. 427-438, 2002.

FONSECA, L. D. S. (2015). Arginina na nutrição de matrizes suínas gestantes e seus efeitos sobre a progênie.

- GORDEN, P. J.; TIMMS, L. L. Lactação. In: REECE, W. O. Fisiologia dos Animais Domésticos/ DUKES. 13<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. p. 1522-1568.
- HUBER, L. et al. Impact of improving dietary amino acid balance for lactating sows on efficiency of dietary amino acid utilization and transcript abundance of genes encoding lysine transporters in mammary tissue. **Journal of animal science**, v. 94, n. 11, p. 4654-4665, 2016.
- HURLEY, W. L. Mammary gland development in swine: embryo to early lactation. **animal**, v. 13, n. S1, p. s11-s19, 2019.
- HURLEY, W. L. Mammary gland growth in the lactating sow. **Livestock production science**, v. 70, n. 1-2, p. 149-157, 2001.
- IGARASHI, K.; KASHIWAGI, K. Polyamines: mysterious modulators of cellular functions. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, Orlando, v. 271, n. 3, p. 559-564, May 2000.
- JIANG, Qian et al. Alpha-ketoglutarate enhances milk protein synthesis by porcine mammary epithelial cells. **Amino acids**, v. 48, n. 9, p. 2179-2188, 2016.
- KIM, S. W. et al. Changes in tissue composition associated with mammary gland growth during lactation in sows. **Journal of animal science**, v. 77, n. 9, p. 2510-2516, 1999.
- KIM, S. W. et al. Effect of nutrient intake on mammary gland growth in lactating sows. **Journal of animal science**, v. 77, n. 12, p. 3304-3315, 1999. b
- KIM, S. W. et al. Growth of nursing pigs related to the characteristics of nursed mammary glands. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 5, p. 1313-1318, 2000.
- KIM, S. W.; WU, G.; BAKER, D. H. Amino acid nutrition of breeding sows during gestation and lactation. **Pig News and Information**, Farnham Royal, v. 26, n. 1, p. 89-99, Mar. 2005.
- KIM, Sung Woo; WU, Guoyao. Regulatory role for amino acids in mammary gland growth and milk synthesis. **Amino acids**, v. 37, n. 1, p. 89-95, 2009.
- KLINDT, John. Influência do tamanho da leitegada e alimentação por fluência no ganho pré-desmame e influência do crescimento pré-desmame no crescimento para abate em carrinhos de mão. **Journal of animal science**, v. 81, n. 10, p. 2434-2439, 2003.
- KLOPFENSTEIN, C.; FARMER, C.; MARTINEAU, G. P. Diseases of the mammary glands and lactation problems. **Diseases of swine**, v. 8, p. 833-860, 1999.
- KONG, Xiangfeng et al. L-Arginine stimulates the mTOR signaling pathway and protein synthesis in porcine trophectoderm cells. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 23, n. 9, p. 1178-1183, 2012.
- KROGH, U. et al. Captação de nutrientes mamários em porcas multíparas alimentadas com arginina suplementar durante a gestação e lactação. **Jornal de ciência animal**, v. 95, n. 6, p. 2517-2532, 2017.



- LAPOINTE, J. Mitochondria as promising targets for nutritional interventions aiming to improve performance and longevity of sows. **Animal Physiology and Animal Nutrition**, p.1-13, 2013.
- LASPIUR, J. Pérez; TROTTIER, N. L. Effect of dietary arginine supplementation and environmental temperature on sow lactation performance. **Livestock Production Science**, v. 70, n. 1-2, p. 159-165, 2001.
- LI, Peng et al. Lactating porcine mammary tissue catabolizes branched-chain amino acids for glutamine and aspartate synthesis. **The Journal of nutrition**, v. 139, n. 8, p. 1502-1509, 2009.
- LI, Xilong et al. Dietary supplementation with L-arginine between days 14 and 25 of gestation enhances embryonic development and survival in gilts. **Amino Acids**, v. 46, n. 2, p. 375-384, 2014.
- LIMA, D. de. Dietas suplementadas com arginina para fêmeas suínas hiperprolíferas no período final da gestação e na lactação. **Lavras: UFLA**, 2010.
- MA, Qingquan et al. L-Arginine regulates protein turnover in porcine mammary epithelial cells to enhance milk protein synthesis. **Amino acids**, v. 50, n. 5, p. 621-628, 2018.
- MA, Xianyong et al. Dietary L-arginine supplementation affects the skeletal longissimus muscle proteome in finishing pigs. **PLoS One**, v. 10, n. 1, p. e0117294, 2015.
- MANJARIN, Rodrigo et al. Linking our understanding of mammary gland metabolism to amino acid nutrition. **Amino Acids**, v. 46, n. 11, p. 2447-2462, 2014.
- MANZKE, N. E. et al. Fêmeas hiperprolíferas: nutrição e manejo. In: **Embrapa Suínos e Aves- Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO TÉCNICO VITAMIX 2016, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Vitamix Nutrição Animal, 2016. p. 52-56., 2016.
- MARTINEAU, Guy-Pierre et al. Mammary system. **Diseases of swine**, v. 10, p. 270-93, 2012.
- MATEO, R. D. et al. Effects of dietary arginine supplementation during gestation and lactation on the performance of lactating primiparous sows and nursing piglets. **Journal of animal science**, v. 86, n. 4, p. 827-835, 2008.
- MOREIRA, Rennan Herculano Rufino et al. Arginine improves nutritional quality of sow milk and piglet performance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018.
- MOREIRA, R. H. R. Arginina na nutrição de matrizes suínas hiperprolíferas. 2014. 50 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- MUSUMECI, Giuseppe et al. Mammary gland: From embryogenesis to adult life. **Acta histochemica**, v. 117, n. 4-5, p. 379-385, 2015.
- NIELSEN, O. L.; PEDERSEN, Asger Roer; SØRENSEN, Martin Tang. Relationships between piglet growth rate and mammary gland size of the sow. **Livestock Production Science**, v. 67, n. 3, p. 273-279, 2001.

NEVILLE, Margaret C.; MCFADDEN, Thomas B.; FORSYTH, Isabel. Hormonal regulation of mammary differentiation and milk secretion. **Journal of mammary gland biology and neoplasia**, v. 7, n. 1, p. 49-66, 2002.

OKA, Takami; PERRY, John W. Arginase affects lactogenesis through its influence on the biosynthesis of spermidine. **Nature**, v. 250, n. 5468, p. 660, 1974.

PACHECO, Maria Teresa Bertoldo; SGARBIERI, V. C. Alimentos funcionais: conceituação e importância na saúde humana. **Simpósio brasileiro sobre os benefícios da soja para a saúde humana**, v. 1, p. 37-40, 2001.

PAIVA, F. P. **Lisina e energia digestível em rações para fêmeas suínas primíparas em lactação**. 2004. 40 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

RENAUDEAU, D. et al. Measurement of blood flow through the mammary gland in lactating sows: methodological aspects. **Journal of animal science**, v. 80, n. 1, p. 196-201, 2002.

REZAEI, Reza et al. Amino acids and mammary gland development: nutritional implications for milk production and neonatal growth. **Journal of animal science and biotechnology**, v. 7, n. 1, p. 20, 2016

RHOADS, J. Marc; WU, Guoyao. Glutamine, arginine, and leucine signaling in the intestine. **Amino acids**, v. 37, n. 1, p. 111-122, 2009.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, 2014. 678p.

SCHUMMER, A. et al. The anatomy of the domestic animals. Volume 3. The circulatory system, the skin and the cutaneous organs of the domestic mammals. [Translation from German into English]. **The anatomy of the domestic animals. Volume 3. The circulatory system, the skin and the cutaneous organs of the domestic mammals. [Translation from German into English]**., 1981.

SKOK, Janko; BRUS, Maksimiljan; ŠKORJANC, Dejan. Growth of piglets in relation to milk intake and anatomical location of mammary glands. **Acta Agriculturae Scand Section A**, v. 57, n. 3, p. 129-135, 2007.

TAN, Bie et al. L-Arginine stimulates proliferation and prevents endotoxin-induced death of intestinal cells. **Amino acids**, v. 38, n. 4, p. 1227-1235, 2010.

TANG, Jie et al. PRMT1 is the predominant type I protein arginine methyltransferase in mammalian cells. **Journal of Biological Chemistry**, v. 275, n. 11, p. 7723-7730, 2000.

THODBERG, Karen; SØRENSEN, Martin T. Mammary development and milk production in the sow: Effects of udder massage, genotype and feeding in late gestation. **Livestock science**, v. 101, n. 1-3, p. 116-125, 2006.

TROTTIER, N. L. First lactation management. **National Hog Farmer**, 2015. Disponível em: <<https://www.nationalhogfarmer.com/reproduction/first-lactation-management>>. Acesso em: 02/02/2020.

TROTTIER, N. L.; SHIPLEY, C. F.; EASTER, R. A. A technique for the venous cannulation of the mammary gland in the lactating sow. **Journal of animal science**, v. 73, n. 5, p. 1390-1395, 1995.

TROTTIER, N.L.; SHIPLEY, C.F.; EASTER, R.A. Plasma amino acid uptake by the mammary gland of the lactating sow. *J Anim Sci.* 75:1266–78, 1997.

WINDMUELLER, Herbert G. Glutamine utilization by the small intestine. **Adv Enzymol Relat Areas Mol Biol**, v. 53, n. 201, p. 1982-237, 1982.

WU, G. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids.* 37:1–17, 2009.

WU, G. Synthesis of citrulline and arginine from proline in enterocytes of postnatal pigs. **American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology**, v. 272, n. 6, p. G1382-G1390, 1997.

WU, Guoyao; KNABE, Darrell A.; KIM, Sung Woo. Arginine nutrition in neonatal pigs. **The Journal of Nutrition**, v. 134, n. 10, p. 2783S-2790S, 2004.

WU, G.; MORRIS JR., S.M. Arginine metabolism: nitric oxide and beyond, *Biochem. J.* 336, pp. 1-17, 1998.

WU, Guoyao et al. Proline and hydroxyproline metabolism: implications for animal and human nutrition. **Amino acids**, v. 40, n. 4, p. 1053-1063, 2011.

WU, Guoyao. **Amino acids: biochemistry and nutrition**. CRC Press, 2013.

YAGÜE, A, P. Nutrition of hyperprolific sows: Use of hyperprolific sows and implications. Novus International, Inc, 2019. cap.01, p. 11-38.

YU, YONG-MING et al. Quantitative aspects of interorgan relationships among arginine and citrulline metabolism. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 271, n. 6, p. E1098-E1109, 1996.

1 **SEGUNDA PARTE – ARTIGO**

2

3

4

5

6 **NORMAS DA REVISTA**

7

*Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*

8

9

10

11

12 **ARGININA DIETÉTICA E POSIÇÃO DA GLÂNDULA INFLUENCIAM**

13 **A FUNÇÃO VASCULAR DE MATRIZES SUÍNAS LACTANTES**

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26 **Arginina dietética e posição da glândula influenciam a função vascular de matrizes suínas**  
27 **lactantes**

28 **Resumo**

29 Neste estudo objetivou-se avaliar os mecanismos vasculares modulados pela suplementação  
30 dietética de arginina em porcas lactantes. Foram utilizadas 24 matrizes suínas de mesma  
31 linhagem genética em uma granja comercial, localizada no município de Oliveira, MG. O  
32 delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com uma dieta controle (CON) e uma dieta  
33 suplementada com 1,0% de arginina (ARG), o aminoácido foi suplementado de forma *on top*,  
34 por um período experimental de 23 dias. Foram avaliados parâmetros de desempenho da fêmea  
35 suína e dos leitões, composição do leite, perfil bioquímico sanguíneo e também o  
36 desenvolvimento mamário. A suplementação de arginina na ração de lactação não influenciou  
37 o consumo de ração médio diário, as variáveis de condição corporal, o desempenho da leitegada  
38 e o perfil nutricional do leite dessas fêmeas ( $P>0,05$ ). Houve efeito da suplementação de  
39 arginina na concentração plasmática de ureia ( $P<0,05$ ), porém não houve efeito dessa  
40 suplementação ( $P>0,05$ ) para as outras variáveis bioquímicas. As matrizes alimentadas com  
41 ARG também apresentaram um aumento no número de capilares sanguíneos por  $\text{mm}^2$  ( $P<0,05$ ).  
42 A posição glândular também influenciou no número de capilares sanguíneos, no qual foi  
43 observado um menor número de capilares por  $\text{mm}^2$  nas glândulas inguinais ( $P<0,05$ ) entretanto,  
44 não foi encontrado efeito da suplementação do aminoácido no número de alvéolos, área alveolar  
45 e na relação capilar/alvéolo ( $P>0,05$ ). A suplementação da ração com 1,0% de L-arginina  
46 aumenta o número de capilares sanguíneos, em fêmeas suínas lactantes, mas não interfere no  
47 desempenho das matrizes e de suas leitegadas e, as glândulas torácicas e abdominais apresentam  
48 uma maior quantidade de capilares sanguíneos do que as glândulas inguinais.

49  
50 **Palavras-chave:** Aminoácido funcional, fêmea suína, glândula mamária, lactogênese, nutrição,  
51 vasculogênese.

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

## 62 1. Introdução

63 A suinocultura trabalha atualmente com matrizes suínas hiperprolíficas, as quais,  
64 comumente produzem mais de 30 leitões desmamados/ano o que pode impactar na capacidade  
65 de atendimento das necessidades nutricionais destas fêmeas, principalmente na fase de lactação.  
66 Em razão desse aumento da carga metabólica, pode-se ocasionar alguns problemas, como uma  
67 elevada produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) que, quando em desequilíbrio,  
68 causam estresse oxidativo. Também podem ocorrer problemas no desenvolvimento da glândula  
69 mamária, redução na produção de leite e conseqüentemente diminuição da qualidade dos  
70 leitões. Por isso, faz-se necessário a utilização de dietas que atendam às exigências nutricionais  
71 para reduzir todos esses problemas.

72 Ajustes nutricionais devem ser implementados e, dentre estes, incluem um melhor  
73 aporte de proteína e aminoácidos. Os aminoácidos tem funções importantes na nutrição das  
74 fêmeas em lactação e, um aspecto inovador na nutrição é a possibilidade de explorar a  
75 capacidade que alguns aminoácidos possuem de participar da regulação de vias metabólicas  
76 importantes do corpo animal, de maneira a favorecer aspectos importantes como a  
77 funcionalidade da glândula mamária. Dentre estes, destaca-se a arginina como um aminoácido  
78 fundamental para muitas funções metabólicas.

79 A arginina e seus precursores exercem inúmeras funções no corpo, como síntese de  
80 proteínas, melhorias no fluxo sanguíneo e capacidade antioxidante, dentre outros mecanismos  
81 essenciais para a fase de lactação, demonstrando que a glândula mamária necessita desse  
82 nutriente para auxiliar em seu desenvolvimento. Considerando os papéis funcionais da arginina,  
83 é possível que o aminoácido possa desempenhar outras funções nos tecidos mamários além da  
84 constituição das proteínas do leite, como por exemplo, aumentar o fluxo sanguíneo e melhorar  
85 a composição nutricional do leite, esclarecendo melhorias relatadas no desempenho animal. No  
86 entanto, algumas respostas fisiológicas promovidas pela arginina em fêmeas na fase de lactação

87 ainda precisam ser esclarecidas. Por esse motivo, objetivou-se investigar os efeitos da  
88 suplementação de 1,0% de arginina para fêmeas suínas em lactação, avaliando o desempenho  
89 das fêmeas e da leitegada, a composição do leite, o perfil bioquímico sanguíneo e o  
90 desenvolvimento vascular da glândula mamária.

91

## 92 **2. Material e Métodos**

93

### 94 2.1 Animais, local e período pré-experimental

95 O projeto foi aprovado pelo  $\theta$  Comitê de Ética no Uso de Animais - CEUA, da  
96 Universidade Federal de Lavras identificado pelo protocolo 048/2019.

97 O estudo foi conduzido em uma granja comercial, a Fazenda São Paulo, localizada no  
98 município de Oliveira, em Minas Gerais, Brasil. Foram utilizadas 20 matrizes suínas multíparas  
99 de quatro a cinco partos, de linhagem comercial híbrida, em fase de lactação. As matrizes suínas  
100 foram inseminadas com um mesmo lote de doses inseminantes e distribuídas em dois  
101 tratamentos, considerando peso e ordem de parição semelhantes entre os tratamentos.

102 As matrizes foram transferidas e alojadas em salas de maternidade aos 109 dias de  
103 gestação. As salas de maternidade eram providas de celas parideiras, contendo escamoteador  
104 com piso aquecido e lâmpada para manutenção do aquecimento dos leitões, todas as baias eram  
105 compostas por comedouro semiautomático e bebedouro tipo concha. As matrizes ficaram  
106 alojadas na maternidade dos 109 dias de gestação, até o desmame dos leitões, no 23° dia de  
107 lactação. No ambiente interno dos galpões de maternidade haviam termo higrômetros instalados  
108 à meia altura dos animais e através desses equipamentos foi feita mensurações, para o  
109 acompanhamento da temperatura e umidade relativa do ar nas instalações.

110

111

## 112 2.2 Delineamento experimental, tratamentos e dieta experimental

113 O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com dois  
114 tratamentos e 12 repetições por tratamento, sendo a matriz considerada a unidade experimental,  
115 totalizando 24 matrizes.

116 Os tratamentos foram constituídos por: 1) ração de lactação sem suplementação de L-  
117 Arginina (CON); 2) ração de lactação suplementada com arginina (ARG) na forma *on top*, na  
118 quantidade de 1,0% do total de ração diária fornecida.

119 A ração de lactação utilizada (Tabela 1) para a realização do experimento foi a mesma  
120 adotada pela granja e a suplementação do aminoácido foi feita de forma *on top*, sendo fornecido  
121 no momento do arraçoamento das matrizes. Amostras das rações foram coletadas para análise  
122 da concentração dos aminoácidos, conforme a metodologia da AOAC (2006).

123

## 124 2.3 Procedimento experimental

125

126 As rações foram fornecidas na quantidade fixa de 7,5 kg/dia durante o período de 23  
127 dias de lactação. Sendo assim, as fêmeas receberam 75 gramas de arginina por dia, dividida nos  
128 três arraçoamentos, de acordo com o manejo da granja. As sobras de ração foram retiradas dos  
129 comedouros e pesadas na manhã de cada dia. As fêmeas e os leitões lactentes tiveram livre  
130 acesso à água. Os leitões não receberam ração (*creep feeding*) durante a fase de lactação. Cerca  
131 de 12 horas após o parto, foi garantida a ingestão do colostro aos leitões e posteriormente esses  
132 animais foram equalizados com o intuito de se obter ao menos 13 leitões por fêmea.

133

## 134 2.4 Desempenho das matrizes suínas e dos leitões

135



136 As fêmeas foram pesadas antes de entrarem na maternidade, 24 horas após o parto e ao  
137 desmame, para cálculo da perda de peso corporal durante a lactação. Todos os leitões foram  
138 pesados ao nascimento e ao terceiro dia após o parto foram uniformizados entre as porcas do  
139 mesmo tratamento, mantendo cerca de 13 leitões por matriz. As variáveis analisadas para  
140 verificação do desempenho das matrizes suínas foram: ganho de peso na lactação, perda de peso  
141 na lactação, peso da leitegada ao nascimento, peso da leitegada ao desmame e consumo de ração  
142 da fêmea. Os leitões foram pesados individualmente no 3º, 14º e 23º dia de idade e logo após,  
143 no 24º dia foram destinados ao setor de creche.

144

#### 145 2.5 Análises sanguíneas e composição do leite das fêmeas suínas

146

147 No terceiro e no décimo quarto dia pós-parto, pela manhã, foi realizada a colheita de  
148 sangue das porcas com o auxílio de cachimbo, por meio de agulha hipodérmica (Injex® 40x1,6)  
149 a partir da veia cava anterior. Foram colhidos 3 tubos de sangue de cada fêmea suína: 1 tubo  
150 siliconizado sem anticoagulante, 1 tubo contendo heparina e 1 tubo com EDTA.

151 Após a colheita, os tubos contendo anticoagulante foram imediatamente  
152 homogeneizados e acondicionados em isopor com gelo. Dentro de um intervalo máximo de 20  
153 minutos, foram centrifugados (centrífuga Eppendorf® 5702 R), sob rotação de 1800g durante  
154 12 minutos, para obtenção do plasma sanguíneo. O plasma e o soro foram pipetados e  
155 armazenados em um freezer -20 °C para posterior análises.

156 As análises de perfil bioquímico sanguíneo foram realizadas a fim de obter a  
157 composição de: ureia, realizada por um método enzimático com ultravioleta, creatinina pelo  
158 método cinético, colesterol pelo método “cholesterol”, triglicerídeos por trinder enzimático,  
159 proteína total pelo método “biureto”, albumina pela reação com o verde de bromocresol,  
160 globulina e a relação albumina/globulinas por cálculos entre proteínas totais e albuminas,

161 aspartato aminotransferase (TGO) e alanino aminotransferase (TGP) por cinética UV IFCC,  
162 creatina quinase pelo método de IFCC, gama-glutamil transferase pelo método colorimétrico e  
163 fosfatase alcalina por Bowers e Mc Comb, modificado.

164 Na sequência, também foi realizada a colheita manual de aproximadamente 50 mL de  
165 leite em cada fêmea suína, em tubo Falcon, precedida da higienização dos tetos dessas fêmeas  
166 com água corrente e utilização de papel toalha para a retirada do excesso de umidade. Para  
167 tanto, os leitões foram fechados nos escamoteadores, de forma que não tiveram contato com a  
168 mãe durante 30 minutos que antecederam a colheita.

169 Para a colheita do leite, realizou-se a aplicação de 1,5mL de ocitocina por via  
170 intravenosa em um dos ramos (lateral, intermédio ou medial) da veia auricular caudal da matriz.  
171 O leite foi obtido a partir de glândulas torácicas, abdominais e inguinais, separadamente, ou  
172 seja, foi realizado um pool amostral de cada posição glandular e posteriormente foram  
173 armazenadas em freezer -20°C. As análises realizadas para a obtenção dos resultados de  
174 composição do leite das fêmeas suínas foram: Proteína bruta, matéria mineral, nitrogênio e  
175 nitrogênio amoníaco.

176

## 177 2.6 Amostras de tecido mamário e suas variáveis

178

179 Aos 23 dias pós-parto, (1 dia após o desmame) 14 porcas foram insensibilizadas por  
180 eletronarcose e abatidas por meio da secção da artéria cervical e da veia cava cranial. Posterior  
181 à drenagem do sangue, o animal foi lavado com água corrente para obtenção de uma fotografia  
182 do úbere.

183 Após marcação com caneta permanente no extremo cranial do aparelho mamário  
184 realizou-se a secção do mesmo. A seguir, foram realizados cortes de três pares de glândula  
185 mamária, torácicas, abdominais e inguinais com bisturi e o auxílio de régua. A secção da

186 glândula torácica foi realizada a quatro cm caudais do orifício do teto e no sentido mediolateral,  
187 sobre toda a extensão do parênquima glandular. Na sequência foi realizado um segundo corte,  
188 paralelo ao primeiro, distando um cm deste. Em seguida, no fragmento obtido foram feitos dois  
189 cortes transversais ao maior eixo do fragmento, cada um distando 0,5 cm do centro do  
190 parênquima.

191 A partir de cada amostra, foram retirados dois fragmentos de tecido de um cm<sup>3</sup> que  
192 foram imersos em 15mL de formalina a 10%, em um tubo falcon de 50 mL, para posterior  
193 análise histológica. O processo de obtenção das amostras foi repetido para os três pares de  
194 glândulas mamárias, torácicas, abdominais e inguinais. Exceto para o caso de tetos com sua  
195 estrutura funcional improdutiva.

196 A seguir, foram retirados quatro fragmentos de um cm<sup>3</sup> do lobo hepático lateral direito  
197 de todas as fêmeas suínas. Assim como os tecidos de glândula mamária, os tecidos hepáticos  
198 também foram imersos em tubos contendo 15mL de formalina para posterior análise  
199 histológica. O tempo decorrido entre o abate e a obtenção das amostras não foi superior a 45  
200 minutos. Esses tubos foram estocados à temperatura ambiente. Após 72 horas de fixação em  
201 formalina, as amostras foram transferidas para solução de etanol a 70%, até a realização do  
202 processamento.

203

## 204 2.7 Análise histológica do tecido mamário

205

206 Para o processamento, as amostras foram desidratadas em série alcóolica crescente (70,  
207 80, 90 e 100% de álcool), clarificadas em xilol e embebidas na parafina. Em seguida, foram  
208 confeccionados blocos que foram seccionados em micrótomo rotativo (RM 2255, Leica  
209 Biosystems, Nussloch, Alemanha) com espessura de 4µm. Foram confeccionadas 56 lâminas  
210 (duplicatas, 112) histológicas de tecido mamário e hepático. Esses cortes foram corados em

211 solução hematoxilina-eosina (HE) e analisadas com a utilização de um microscópio óptico  
212 equipado com câmera digital. Através da câmera microscópica foram obtidas 1.134 imagens do  
213 tecido da glândula mamária e 210 imagens do tecido hepático. Para análises de capilares foi  
214 utilizado uma ampliação de 40X e para a avaliação de alvéolos, utilizou-se uma ampliação de  
215 10X. Posteriormente à captura das imagens, foi realizada a mensuração das variáveis, pelo  
216 software ImageJ (v.1.50i, National Institutes of Saúde, Bethesda, EUA)

217       As variáveis analisadas para obtenção dos resultados referentes à histologia da glândula  
218 mamária foram, o número de capilares, o número de alvéolos, área dos alvéolos e a relação  
219 capilares/alvéolos. Para avaliação histológica do número de capilares presentes no tecido foi  
220 realizada a contagem dos capilares de quarenta e cinco campos histológicos (7.000  $\mu\text{m}^2$  cada  
221 campo) por animal, sendo 15 campos por glândula. Com o intuito de obter o número de  
222 alvéolos, houve a contagem desses alvéolos em 36 campos (120.000  $\mu\text{m}^2$ ), por animal, ou seja,  
223 12 campos por glândula. Foi mensurada a área de 300 alvéolos por animal, totalizando 100  
224 alvéolos avaliados em cada glândula mamária, através do programa ImageJ, onde foi utilizada  
225 a opção de medição “freehand selections” para que as áreas pudessem ser delimitadas  
226 manualmente de acordo com as suas estruturas.

227

## 228       2.8 Análise estatística

229

230       Os dados foram testados para normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, antes da análise,  
231 e qualquer variável que não seguiu distribuição normal foi transformada através do  
232 procedimento de RANK do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). A instrução PROC RANK com a  
233 opção normal foi utilizada para produzir uma variável transformada normalizada. Os dados  
234 foram analisados por ANOVA one-way. Utilizou-se o procedimento GLM do SAS, e as médias  
235 foram comparadas pelo teste Tukey sendo o  $P < 0,05$  considerado como significativo.

## 236 **Resultados**

237

238 Os valores médios das temperaturas mínima e máxima da sala foram  $15,1 \pm 1,87^{\circ}\text{C}$  e  
239  $28,13 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ , respectivamente; os valores de umidade relativa obtidos foram  $47,9 \pm 4,5\%$ .  
240 Segundo Ferreira (2005), a zona de conforto térmico para fêmeas suínas em lactação, é de 12 a  
241  $15^{\circ}\text{C}$ , e a umidade relativa ótima de 60 a 70%, com isso, pode ser inferido que durante o  
242 período experimental os animais do presente estudo passaram por períodos de estresse térmico.

243 Com relação a dieta fornecida às matrizes suínas durante os 23 dias de lactação, o teor  
244 aminoacídico e valor nutricional da ração experimental (CON), foram demonstrados na tabela  
245 (Tabela 2), de acordo com as análises laboratoriais.

246

### 247 2.9 Desempenho animal

248

249 Os pesos das porcas não variaram no pré-parto, pós-parto ou ao desmame ( $P < 0,05$ ). O  
250 consumo de ração também foi semelhante ( $p = 0,3001$ ) entre os animais que receberam dietas  
251 CON ou ARG (Tabela 3). Não houve influência ( $P > 0,05$ ), da suplementação com o aminoácido  
252 sobre o peso médio dos leitões aos 14 dias e aos 23 dias, também não houve efeito da  
253 suplementação de arginina sobre o ganho de peso médio diário dos leitões ( $P > 0,05$ ). Resultados  
254 apresentados na Tabela 3.

255

### 256 3.2 Variáveis bioquímicas

257

258 A inclusão de arginina na dieta de lactação aumentou ( $P < 0,05$ ) a concentração  
259 hematológica de ureia. Todavia, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) da suplementação do aminoácido  
260 (Tabela 4) sobre concentrações de creatinina, colesterol, triglicérides, proteína total, albumina,

261 globulina, relação albumina/globulina, aspartato aminotransferase, alanino aminotransferase,  
262 creatina quinase, gama-glutamil transferase e fosfatase alcalina.

263

### 264 3.3 Composição do leite

265

266 Para as análises realizadas para a obtenção dos resultados de composição de leite das  
267 fêmeas suínas ao 14° dia de lactação (tabela 5), não houve efeito ( $P>0,05$ ) da suplementação de  
268 arginina sobre a porcentagem de proteína, matéria mineral, nitrogênio e também de nitrogênio  
269 amoníaco no leite.

270

### 271 3.4 Variáveis histológicas da glândula mamária

272

273 Aos 23 dias pós-parto, foi verificado uma porcentagem maior de capilares por área  
274 definida e por  $\text{mm}^2$  ( $p<0,001$ ) em animais suplementados com arginina (tabela 6). Em relação  
275 a posição glandular, as glândulas mamárias inguinais apresentaram um menor número de  
276 capilares sanguíneos por área definida ( $p=0,046$ ) e por  $\text{mm}^2$  ( $p=0,017$ ) do que as glândulas  
277 torácicas e abdominais. Com referência ao número de alvéolos por área definida ( $p=0,733$ ) e  
278 por  $\text{mm}^2$  ( $p=0,733$ ), não foi observado diferença entre os tratamentos e, entre a posição  
279 glandular de ambos ( $p=0,567$ ), também não foi encontrado diferença significativa.

280 Sobre a área alveolar, os dois tratamentos foram semelhantes ( $p=0,733$ ) e a posição da  
281 glândula mamária também não interferiu nesse resultado ( $p=0,563$ ). Para a relação  
282 capilares/alvéolos, foi observada diferença significativa, onde as fêmeas suplementadas com  
283 arginina apresentaram uma maior relação capilares/alvéolos ( $p=0,002$ ). Em nenhuma das  
284 variáveis foi observada interação entre tratamento e posição glandular ( $p>0,05$ ). Na figura 7,  
285 podemos observar os alvéolos e capilares presentes no tecido mamário.

### 286 3. Discussão

287

288 No presente experimento, como apresentado na Tabela 3, não houve influência da  
289 suplementação com o aminoácido arginina sobre o desempenho das fêmeas suínas. Tais  
290 achados estão de acordo com os resultados de Zhu (2017) e Moreira (2018). Ao suplementar  
291 arginina na dieta de fêmeas suínas, Mateo (2008), também verificou que o aminoácido não interferiu  
292 o consumo voluntário de ração e as mudanças no peso das fêmeas. Os resultados encontrados  
293 podem ser justificados por razão da dieta fornecida a esses animais. A arginina pode ter atendido  
294 as exigências nutricionais das fêmeas suínas, e conseqüentemente esses animais atingiram o  
295 máximo potencial produtivo de desempenho. Além disso, as fêmeas utilizadas no experimento,  
296 eram fêmeas que seriam descartadas posteriormente, sendo assim, a exigência nutricional  
297 desses animais também poderia ser menor.

298 Durante a fase de lactação as porcas aumentam a carga metabólica (BERCHIERI-  
299 RONCHI et al., 2011), e esse aumento catabólico é responsável pela perda de peso da matriz  
300 (AHMED, 2013). Em estudos realizados por Hu (2019), foi constatado que porcas que sofrem  
301 excesso de perda de peso durante a lactação podem atrasar o intervalo desmame e têm um  
302 efeito prejudicial sobre o desempenho reprodutivo subsequente, contudo, de acordo com  
303 Hoving et al., (2011), se a perda de peso for menor ou cerca de 13%, ela não afeta o desempenho  
304 reprodutivo futuro das porcas (Hoving et al., 2011).

305 Nesse estudo, as fêmeas perderam menos que 2,3% de peso ao desmame, apontando  
306 uma mobilização muito pequena durante a lactação. Com isso, considera-se que elas ingeriram  
307 a quantidade de alimento necessária para apoiar a lactação. Segundo Moreira (2014), o consumo  
308 de alimento pela matriz lactante é um dos principais desafios para os nutricionistas, entretanto,  
309 nessa pesquisa, o fornecimento de ração diário para as fêmeas foi de 7,5kg/dia e o consumo de  
310 7,3kg/dia, então, pode-se inferir que esses animais.

311 Um fator muito relevante é a dieta, principalmente em relação à lisina:arginina,  
312 ressaltando que a lisina é o principal aminoácido limitante para porcas em fase de lactação. A  
313 lisina pode afetar a produção de leite e também a mobilização corporal (Nunes et al., 2006).  
314 Neste trabalho, a média de ingestão de lisina digestível foi de 66 g/dia. Este nível foi sub-ótimo,  
315 entretanto, possivelmente outros aminoácidos foram fornecidos através do premix e alguns  
316 aditivos utilizados na dieta (Tabela1), sendo assim suas necessidades nutricionais foram  
317 atendidas, seguindo a recomendação de Rostagno (2017), e a relação entre os dois aminoácidos  
318 foi de 130:100. De acordo com Wu e Morris (1998), em condições normais de alimentação, a  
319 proporção de arginina:lisina não deve ser muito elevada, porque esses aminoácidos competem  
320 por substâncias intracelulares de transporte.

321 Nesse estudo a suplementação com arginina também não apresentou influência ( $P>0,05$ )  
322 sobre o peso médio dos leitões e sobre o ganho de peso médio diário aos 11 e aos 20 dias (Tabela  
323 3). Esses resultados obtidos estão de acordo com os resultados de Dallanora (2016), entretanto,  
324 estão em contradição com Mateo (2008), no qual o peso dos leitões até o 7º dia de lactação,  
325 apresentou diferença significativa quando as matrizes foram suplementadas com arginina. Isso  
326 pode ser explicado pelo fato de que as fêmeas utilizadas no trabalho de Mateo (2008), eram  
327 todas primíparas e suas exigências aminoacídicas são maiores comparadas com as exigências  
328 aminoacídicas de múltíparas. Em nosso estudo, é possível que a uniformização dos leitões  
329 promovida pela granja tenha retirado os leitões menores, isso pode ter interferido nos resultados  
330 e, os benefícios que a arginina poderia propiciar a esses animais não pode ser observado.

331 O desempenho dos leitões durante a lactação está altamente correlacionado com a  
332 produção de leite da fêmea suína e a concentração de nutrientes no leite (Kim et al., 1999).  
333 Portanto, o rendimento e a composição do leite das fêmeas afetam a saúde e o crescimento dos  
334 leitões (WU et al. 2014). Na literatura também encontramos trabalhos que confirmam a relação  
335 entre a capacidade produtiva da glândula e o crescimento dos leitões (KIM et al., 2000;



336 NIELSEN et al., 2001). Entretanto, não foi observada diferença significativa entre os  
337 componentes avaliados no leite ao 10º dia de lactação, podendo ser um dos motivos pelo qual  
338 o desempenho da leitegada não apresentou diferença significativa.

339 Como apresentado na Tabela 3, não houve diferença significativa para a concentração  
340 de proteína bruta, matéria mineral, nitrogênio e nitrogênio amoniacal no leite. Os resultados de  
341 proteína bruta obtidos, estão em concordância com Dallanora (2016) e Krogh (2016), onde a  
342 utilização de 1% do aminoácido não alterou a concentração de proteína no leite, embora no  
343 trabalho de Krogh (2016) a quantidade utilizada tenha sido menor (25g/dia) do que a quantidade  
344 média utilizada nesse estudo (73g/d). De acordo com (Trottier, 1997), aminoácidos que  
345 parecem "absorvidos em excesso", podem ser "biologicamente necessários" para a glândula  
346 mamária. Com isso, pode-se concluir que apesar do aumento da oferta de arginina na corrente  
347 sanguínea, o nível de suplementação ainda não tenha sido suficiente para exceder o limiar de  
348 degradação no tecido mamário e posteriormente ser disponibilizado no leite.

349 O aminoácido pode ter sido utilizado para funções fisiológicas, destacando então para  
350 o estudo de KIM et al., (1999 e 2001), onde se concluiu que o DNA glandular total aumenta em  
351 torno de 82% entre o parto e o 21º dia de lactação, demonstrando um grande aumento da  
352 exigência aminoacídica durante essa fase, sendo a arginina um dos principais. A glândula  
353 mamária transfere e retém vários aminoácidos em diferentes níveis e a concentração de  
354 arginina, em diversos trabalhos, foram maiores na glândula mamária do que no leite, indicando  
355 que a glândula mamária pode estar utilizando esses aminoácidos para outros objetivos  
356 (GREINER, 2019).

357 Todavia, os achados de Moreira (2018), demonstraram um resultado quadrático para  
358 proteína bruta, quando avaliaram níveis crescentes de arginina nas rações para matrizes  
359 lactantes. Moreira (2018), também encontrou efeito sobre dias de lactação na porcentagem de  
360 proteínas no leite, sendo que o percentual de proteína caiu do 2º para o 13º dia de lactação em

361 22,92%. No presente estudo, avaliamos a composição do leite no 10° dia de lactação, não sendo  
362 possível a comparação entre os dias lactacionais, porém a quantidade de proteína encontrada  
363 também no 10° dia por Krogh (2016) e Dallanora (2016) foi de 4,6% e 5,2% respectivamente,  
364 nesse estudo foi de 4,8%, demonstrando semelhança entre os resultados.

365 No presente estudo não foi possível a realização de análises de quantificação de gordura  
366 e lactose do leite, entretanto, Zhu et al. (2017) suplementaram a dieta de mães com 1% de L-  
367 arginina e encontraram um aumento na quantidade de gordura no leite, este resultado é  
368 semelhante aos resultados por Moreira, (2018). Segundo Zhang (2018), nos últimos 30 anos, as  
369 concentrações dos principais componentes (proteína, gordura e lactose) no leite parecem  
370 bastante estáveis e apenas pequenas alterações nas concentrações de gordura e lactose foram  
371 observadas, com níveis relativamente altos de gordura (7,5% vs. 6,5%), níveis mais baixos de  
372 lactose (5% vs. 6%) e expressão proteica semelhante.

373 A proteína da dieta materna, em quantidade suficiente pode aumentar a concentração de  
374 proteína e gordura no leite (ZHANG, 2019), contudo, possivelmente a quantidade de arginina  
375 para que ocorresse a síntese desses nutrientes do leite foi suprida na dieta do tratamento  
376 controle, sendo assim a utilização de arginina auxiliou principalmente na funcionalidade da  
377 glândula mamária e em aspectos histológicos.

378 Em estudos de Kirchgessner et al. (1991); Mateo et al. (2008); Zhu et al. (2017) foi  
379 observado que a suplementação com arginina, pode aumentar a produção de leite em  
380 mamíferos, incluindo porcas, entretanto, o desempenho dos leitões não apresentou diferença  
381 significativa. Por esse motivo, compreende-se que a produção de leite também não teve  
382 aumento significativo, porque o ganho de peso dos leitões depende também da produção de  
383 leite. Ressaltando que, dentre as causas que afetam a produção de leite, a disponibilidade de  
384 nutrientes é um fator limitante para a síntese do mesmo (DOURMAD et al., 2000) e sabendo  
385 que a quantidade de nutrientes disponíveis para o tecido mamário depende das concentrações

386 de nutrientes no sangue (FARMER, 2015), análises bioquímicas sanguíneas foram realizadas  
387 para investigar essa relação.

388 Foram mensurados componentes relacionados principalmente ao metabolismo proteico e  
389 ao metabolismo de lipídeos. Os principais testes indicadores de metabolismo proteico em um  
390 perfil metabólico são as proteínas totais, a albumina, a globulina e a ureia (GUYTON E HALL,  
391 2002) e, dentre todos os componentes sanguíneos avaliados, o único que apresentou diferença  
392 significativa foi a concentração de ureia. A concentração de ureia encontrada nesse período  
393 pode ser devido ao maior aporte proteico da dieta (ARG), o que levaria a esses níveis mais altos  
394 por conta da maior degradação proteica. A ureia é sintetizada no fígado a partir da amônia  
395 proveniente do catabolismo de aminoácidos; e seus níveis são indicadores sensíveis da ingestão  
396 de proteína, tendo relação com os níveis de proteína na dieta (GONZÁLEZ E SILVA, 2006).  
397 Sendo assim, as fêmeas suínas responderam fisiologicamente a essa suplementação.

398 Entretanto, esses resultados obtidos estão diferentes dos resultados obtidos por Holanda  
399 (2019), no qual as concentrações de ureia foram semelhantes entre os tratamentos. Segundo  
400 Holanda (2019), os níveis hematológicos de ureia apresentam comportamento variável,  
401 provavelmente devido a outros fatores experimentais que ainda precisam ser esclarecidos.

402 Assim como a ureia, a creatinina é um indicador de catabolismo proteico. A creatinina  
403 pode evidenciar balanço energético negativo, ou seja, níveis elevados sugerem maior  
404 degradação muscular a fim de atender a demanda nutricional para a síntese de leite (SILVA,  
405 2018) e nesse estudo os níveis de creatinina não foram aumentados, indicando que em ambos  
406 os tratamentos as fêmeas suínas não entraram em balanço energético negativo.

407 No presente experimento, houve influência da suplementação de 1% do aminoácido  
408 arginina sobre o número de capilares sanguíneos por mm<sup>2</sup> de tecido glândular mamário. Tais  
409 achados estão de acordo com os resultados de Holanda (2019), o qual demonstrou que a  
410 suplementação desse aminoácido incidiu em maior número e porcentagem de vasos sanguíneos,

411 sugerindo incremento na contagem e no diâmetro dos vasos. Quando suplementada, a arginina  
412 tem grande potencial para aumentar a produção de ON e poliaminas (MATEO et al., 2008), que  
413 por sua vez, estimulam o desenvolvimento, a remodelação celular, a angiogênese e a  
414 vasodilatação (WU et al. 2009), além de desempenhar funções como desintoxicação de amônia,  
415 secreção hormonal e regulação de apoptose (TAN et al.,2010), evidenciando que a arginina  
416 desempenhou seu papel angiogênico no tecido mamário através desses subprodutos e  
417 possivelmente trouxe vantagens metabólicas para as glândulas mamárias.

418 Com referência a posição glandular e o resultado encontrado, para um menor número de  
419 capilares sanguíneos nas glândulas inguinais, alguns autores (Kim et., al 2000; Jeppersen 1982),  
420 chegaram a conclusões que pode ter relação direta com os achados do nosso estudo. Segundo  
421 Kim et., al (2000), leitões preferem as glândulas anteriores, porque estas, naturalmente  
422 produzem mais leite e Jeppersen (1982), explica que os leitões são atraídos pelos grunhidos das  
423 fêmeas, sendo assim, têm preferência por ficarem mais próximos da cabeça da fêmea. Segundo  
424 Devillers et al., (2016), a competição pelas glândulas anteriores, com base na proximidade dos  
425 grunhidos das porcas, tornaria essas tetas mais produtivas devido ao efeito positivo da pós-  
426 massagem. Como observado por King, (2000) e Hurley, (2001) a extensão do desenvolvimento  
427 mamário é dependente do grau da demanda de remoção de leite, também referida como  
428 intensidade de sucção relacionada com o efeito hormonal, pós-massagem.

429 Se os leitões preferem as glândulas anteriores e o desenvolvimento da glândula depende do  
430 grau de sucção desses animais, conseqüentemente glândulas anteriores teriam um melhor  
431 desenvolvimento celular. Um outro achado muito importante encontrado por De Paula (2019),  
432 também pode explicar esses resultados e, segundo o autor, ao comparar os calibres dos vasos  
433 sanguíneos das glândulas mamárias de fêmeas suínas, foi revelado que as artérias epigástricas  
434 cranianas superficiais têm diâmetros maiores que os das artérias epigástricas caudais  
435 superficiais e isso pode ter relação com o número de capilares sanguíneos das glândulas

436 inguinais. Com isso, as glândulas mamárias posteriores, podem receber uma menor quantidade  
437 de sangue e assim, de nutrientes que são responsáveis pelo seu desenvolvimento e produção de  
438 leite. Isso também pode ser afirmado pelo trabalho de Skok (2007), onde foi observado que a  
439 produção de leite diminui na direção das glândulas anteriores para as posteriores.

440 A suplementação com 1% do aminoácido arginina para fêmeas suínas em lactação  
441 promoveu um melhor desenvolvimento vascular, comprovado pelo aumento do número de  
442 capilares sanguíneos, inferindo que as fêmeas suínas suplementadas com o aminoácido tiveram  
443 um aumento na síntese proteica e assim, o desenvolvimento da glândula mamária foi mais  
444 favorável para a manutenção da lactação. Sabendo que o número de capilares sanguíneos foi  
445 aumentado com a suplementação de arginina e que as glândulas mamárias posteriores  
446 apresentam um menor número de capilares sanguíneos, mais estudos podem ser realizados com  
447 o intuito de melhorar a circulação sanguínea nessa área e assim a disponibilidade de nutrientes  
448 para todas as glândulas mamárias suína.

449

## 450 **Conclusão**

451

452 A suplementação de 1,0% de arginina aumenta o número de capilares sanguíneos, mas  
453 não interfere no desempenho das fêmeas e suas leitegadas. Glândulas mamárias torácicas e  
454 abdominais possuem mais capilares sanguíneos do que as glândulas inguinais.

455

## 456 **Agradecimentos**

457 À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES), à Fundação de  
458 Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Instituto Nacional de Ciência  
459 e Tecnologia Animal – CNPq (INCT-CNPq).

460

461 **Referências**

462 AHMED, S. T. et al. Effects of resveratrol and essential oils on growth performance, immunity,  
463 digestibility and fecal microbial shedding in challenged piglets. **Asian-Australasian journal**  
464 **of animal sciences**, v. 26, n. 5, p. 683, 2013.

465 AOAC INTERNATIONAL (AOAC). Official methods of analysis. 2006.

466 BERCHIERI-RONCHI, C. B. et al. Oxidative stress status of highly prolific sows during  
467 gestation and lactation. **Animal**, v. 5, n. 11, p. 1774-1779, 2011.

468 CUI, Z. H. U. et al. Dietary arginine supplementation in multiparous sows during lactation  
469 improves the weight gain of suckling piglets. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 3,  
470 p. 648-655, 2017.

471 DALLANORA, Djane et al. Top-dressing 1% arginine supplementation in the lactation diet of  
472 sows does not affect the litter performance and milk composition. **Ciência Rural**, v. 46, n. 8,  
473 p. 1460-1465, 2016.

474 DE PAULA, Ygor Henrique et al. Irrigation of the mammary glands of sows (*Sus scrofa*  
475 *domesticus* Linnaeus, 1758). **International Journal of Advanced Engineering Research and**  
476 **Science**, v. 6, n. 5, 2019.

477 DEVILLERS, Nicolas; GIRAUD, Delphine; FARMER, Chantal. Neonatal piglets are able to  
478 differentiate more productive from less productive teats. **Applied Animal Behaviour Science**,  
479 v. 174, p. 24-31, 2016.

480 DOURMAD, J. Y. et al. Influence du repas sur l'utilisation des nutriments et des vitamines par  
481 la mamelle, chez la truie en lactation. **J. Rech. Porcine Fr**, v. 32, p. 265-273, 2000.

482 FARMER, C.; HURLEY, W. L. Mammary development. In: **The gestating and lactating sow**.  
483 Wageningen Academic Publishers, 2015. p. 193-216.

- 484 FARMER, Chantal; TROTTIER, N. L.; DOURMAD, Jean-Yves. Mammary blood flow and  
485 nutrient uptake. In: **The gestating and lactating sow**. Wageningen Academic Publishers, 2015.  
486 p. 1102-1111.
- 487 FERREIRA, R. A.. **Maior Produção com Melhor Ambiente para Aves, Suínos e Bovinos**.  
488 1. ed. Viçosa MG.: Editora Aprenda Fácil, 2005. v. 1. 371p
- 489 GONZÁLEZ, F. H. D. Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária. 2aed. **Porto Alegre:**  
490 **UFRGS, 360p**, 2006.
- 491 GONZALEZ, Felix H. Diaz; DA SILVA, Sergio Ceroni. Introdução à bioquímica clínica  
492 veterinária. 2017.
- 493 GREINER, L. Nutrition of hyperprolific sows: Mammary uptake of metabolites and  
494 requirements of energy and amino acids of hyperprolific sows during lactation. Novus  
495 International, Inc, 2019. cap.09, p. 193-206.
- 496 GUYTON, A. C.; HALL, J. E. Tratado De Fisiologia Médica 10. Ed. Rj. 2002.
- 497 HOLANDA, D. M. et al. Dietary L-arginine supplementation increased mammary gland  
498 vascularity of lactating sows. **animal**, v. 13, n. 4, p. 790-798, 2019.
- 499 HOVING, L. L. et al. An increased feed intake during early pregnancy improves sow body  
500 weight recovery and increases litter size in young sows. **Journal of animal science**, v. 89, n.  
501 11, p. 3542-3550, 2011.
- 502 HU, Liang et al. Metabolomic Profiling Reveals the Difference on Reproductive Performance  
503 between High and Low Lactational Weight Loss Sows. **Metabolites**, v. 9, n. 12, p. 295, 2019.
- 504 HURLEY, W. L. Mammary gland growth in the lactating sow. **Livestock production science**,  
505 v. 70, n. 1-2, p. 149-157, 2001.

- 506 JEPPESEN, Lynn E. Teat-order in groups of piglets reared on an artificial sow. I. Formation of  
507 teat-order and influence of milk yield on teat preference. **Applied Animal Ethology**, v. 8, n. 4,  
508 p. 335-345, 1982.
- 509 KIM, S. W. et al. Effect of nutrient intake on mammary gland growth in lactating sows. **Journal**  
510 **of animal science**, v. 77, n. 12, p. 3304-3315, 1999.
- 511 KIM, S. W. et al. Growth of nursing pigs related to the characteristics of nursed mammary  
512 glands. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 5, p. 1313-1318, 2000.
- 513 KIM, S. W. et al. Growth of nursing pigs related to the characteristics of nursed mammary  
514 glands. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 5, p. 1313-1318, 2000.
- 515 KIM, S. W.; BAKER, D. H.; EASTER, R. A. Dynamic ideal protein and limiting amino acids  
516 for lactating sows: the impact of amino acid mobilization. **Journal of animal science**, v. 79, n.  
517 9, p. 2356-2366, 2001.
- 518 KIRCHGESSNER, M.; RÄDER, G.; ROTH-MAIER, Dora A. Influence of an oral arginine  
519 supplementation on lactation performance of sows. **Journal of Animal Physiology and**  
520 **Animal Nutrition (Germany, FR)**, 1991.
- 521 KROGH, U. et al. Colostrum and milk production in multiparous sows fed supplementary  
522 arginine during gestation and lactation. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. suppl\_3, p. 22-  
523 25, 2016.
- 524 MANJARIN, Rodrigo et al. Linking our understanding of mammary gland metabolism to  
525 amino acid nutrition. **Amino Acids**, v. 46, n. 11, p. 2447-2462, 2014.
- 526 MATEO, R. D. et al. Effects of dietary arginine supplementation during gestation and lactation  
527 on the performance of lactating primiparous sows and nursing piglets. **Journal of animal**  
528 **science**, v. 86, n. 4, p. 827-835, 2008.



- 529 MOREIRA, R. H. R. Arginina na nutrição de matrizes suínas hiperprolíficas. 2014. 50 p.  
530 Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- 531 MOREIRA, Rennan Herculano Rufino et al. Arginine improves nutritional quality of sow milk  
532 and piglet performance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018.
- 533 NIELSEN, O. L.; PEDERSEN, Asger Roer; SØRENSEN, Martin Tang. Relationships between  
534 piglet growth rate and mammary gland size of the sow. **Livestock Production Science**, v. 67,  
535 n. 3, p. 273-279, 2001.
- 536 NUNES, Christiane Garcia Vilela et al. Níveis de lisina em rações para fêmeas suínas em  
537 lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1744-1751, 2006.
- 538 ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e  
539 exigências nutricionais. 4a Edição. **Viçosa/Departamento de Zootecnia, UFV, Viçosa, Brazil**,  
540 2017.
- 541 SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide: version 6**. SAS Institute Incorporated, 1990.
- 542 SILVA, M. D. Arginina e valina na nutrição de fêmeas suínas hiperprolíficas, 2018. 77 p. Tese  
543 (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.
- 544 SKOK, Janko; BRUS, Maksimiljan; ŠKORJANC, Dejan. Growth of piglets in relation to milk  
545 intake and anatomical location of mammary glands. **Acta Agriculturae Scand Section A**, v.  
546 57, n. 3, p. 129-135, 2007.
- 547 TAN, Bie et al. L-Arginine stimulates proliferation and prevents endotoxin-induced death of  
548 intestinal cells. **Amino acids**, v. 38, n. 4, p. 1227-1235, 2010.
- 549 TROTTIER, N.L.; SHIPLEY, C.F.; EASTER, R.A. Plasma amino acid uptake by the mammary  
550 gland of the lactating sow. *J Anim Sci.* 75:1266–78, 1997.

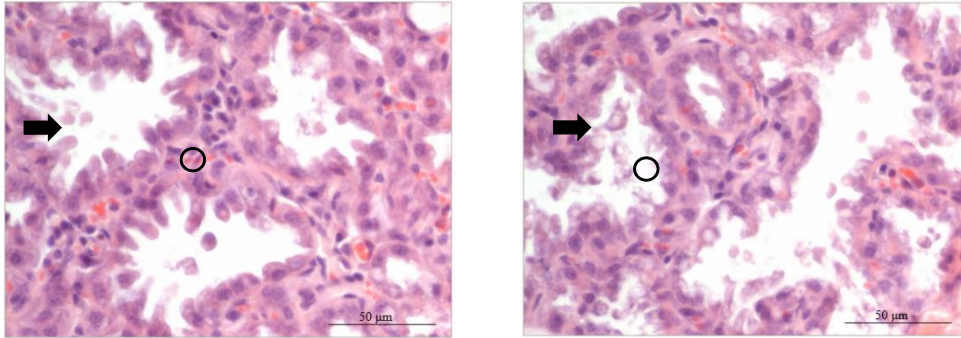
- 551 WU, G. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids*. 37:1–17, 2009.
- 552 WU, G.; MORRIS JR., S.M. Arginine metabolism: nitric oxide and beyond, *Biochem. J.* 336,  
553 pp. 1-17, 1998.
- 554 WU, Guoyao. Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: a paradigm shift  
555 in protein nutrition. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 5, n. 1, p. 34, 2014.
- 556 ZHANG, Shihai et al. Recent progress of porcine milk components and mammary gland  
557 function. **Journal of animal science and biotechnology**, v. 9, n. 1, p. 77, 2018.
- 558 ZHANG, Shihai et al. Role of maternal dietary protein and amino acids on fetal programming,  
559 early neonatal development, and lactation in swine. **Animals**, v. 9, n. 1, p. 19, 2019.
- 560 ZHU, Cui et al. Dietary arginine supplementation in multiparous sows during lactation  
561 improves the weight gain of suckling piglets. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 3,  
562 p. 648-655, 2017.
- 563
- 564
- 565
- 566
- 567
- 568
- 569
- 570
- 571

572

573

574

575 **Figura 4.** Imagens histológicas de glândulas mamárias torácicas suínas. Foto 1: animal  
576 suplementado com arginina (ARG); Foto 2: animal não suplementado com arginina (COM). As  
577 setas apontam para alvéolos e os círculos delimitam capilares. Ampliação de 40X, lâminas  
578 coradas com HE. Escala de 50µm.



579

580

Fonte: Do autor.

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597  
598**Tabela 1.** Composição em ingredientes e nutricional das dietas fornecidas às matrizes durante a lactação.

Ingredientes	Tratamentos	
	CON	ARG
L-Arginina ( <i>On top</i> )	-	1,000
Milho 7,86% PB	56,164	56,164
Farelo de Soja 46% PB	30,000	30,000
Açúcar	5,000	5,000
Óleo de Soja	3,500	3,500
Calcário	1,289	1,289
Fosfato Bicálcico 18,5%	1,250	1,250
Premix <sup>1</sup>	0,778	0,778
Sal Comum	0,500	0,500
Caulim	0,324	0,324
Ácidos orgânicos	0,300	0,300
L-Lisina 78,8%	0,271	0,271
L -Treonina 99%	0,217	0,217
DL - Metionina 99%	0,133	0,133
Availa Cromo <sup>2</sup>	0,075	0,075
Vistacell <sup>3</sup>	0,050	0,050
Biocholine <sup>4</sup>	0,044	0,044
Sulfato De Cobre 25%	0,042	0,042
Vitamina D3	0,020	0,020
Triptofano 98,5%	0,020	0,020
Valina	0,020	0,020
Antioxidante Oxy Nyl Pó <sup>5</sup>	0,010	0,010
Valores Calculados <sup>6</sup>	100%	100%
Energia bruta cal/g	3543,916	3543,916
Proteína bruta %	16,220	16,220
Arginina %	1,151	2,151
Lisina %	0,880	0,880
Cálcio %	0,830	0,830
Valina %	0,780	0,780
Treonina %	0,607	0,607
Fósforo disponível %	0,430	0,430
Cistina %	0,268	0,268
Metionina %	0,250	0,250
Triptofano %	0,205	0,205
Sódio %	0,230	0,230
Relação dos aminoácidos com a lisina		
Arg:Lis	130:100	244:100
Val:Lis	88:100	88:100
Tre:Lis	68:100	68:100
Cis:Lis	30:100	30:100
Met:Lis	28:100	28:100
Tri:Lis	23:100	23:100

599  
600  
601  
602  
603  
604  
605

<sup>1</sup>Conteúdo mínimo por Kg: Ácido Fólico 562,50 mg; Ácido Pantotênico 2.812,50 mg; Biotina 63,28 mg; Carnitina 6.250,00 mg; Cobre 2.109,00 mg; Colina 75,00 g; Cromo 56,25 mg; Ferro 14,06 g; Fitase 70.000,00 U; Iodo 140,63 mg; Manganês 7.031,00 mg; Niacina 4.218,00 mg; Selênio 63,28 mg; Triptofano 40,00 g; Valina 120,00 g; Vitamina A 1.406.250,00 UI; Vitamina B1 210,00 mg; Vitamina B12 4.218,00 mcg; Vitamina B2 703,00 mg; Vitamina B6 421,00 mg; Vitamina D3 281.000,00 U; Vitamina E 7.734,38 U; Vitamina K3 351,56 mg; Zinco 16,88 g.

606	<sup>2</sup> Conteúdo mínimo por Kg: Cálcio 35-40%; Complexo de cromo metionina 1.000ppm.
607	<sup>3</sup> Conteúdo mínimo por g: <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 2.0 x 10 <sup>10</sup> CFU.
608	<sup>4</sup> Conteúdo mínimo por Kg:Fosfatidilcolina: 16mg.
609	<sup>5</sup> Conteúdo mínimo por Kg: Carbonato de cálcio, BHA, etoxiquim, ácido cítrico e ácido
610	fosfórico (fabricante não disponibiliza as concentrações).
611	<sup>6</sup> Valores digestíveis.
612	
613	
614	
615	
616	
617	
618	
619	
620	
621	
622	
623	
624	
625	
626	
627	
628	
629	
630	
631	
632	
633	
634	
635	
636	
637	
638	
639	
640	

641  
642  
643

**Tabela 2.** Teor aminoacídico e valor nutricional da ração experimental (CON) fornecida às matrizes durante os 23 dias de lactação, de acordo com as análises laboratoriais.

Análises	Resultados
Ácido Aspartico	1,97%
Ácido Glutâmico	3,50%
Serina	1,00%
Glicina	0,82%
Histidina	0,54%
Taurina	0,01%
Arginina	1,30%
Treonina	0,98%
Alanina	0,95%
Prolina	1,15%
Tirosina	0,65%
Valina	0,85%
Metionina	0,39%
Cistina	0,45%
Isoleucina	0,90%
Leucina	1,69%
Fenilalanina	1,00%
Lisina	1,36%
Triptofano	0,26%
Soma dos Aminoácidos	19,74%
Proteína Bruta(pb)	18,6%
Extrato Etéreo por Hidrólise	6,44%
Energia Bruta	4125 cal/g

644  
645

Valores obtidos por meio de análise laboratorial.

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655 **Tabela 1.** Condição corporal das fêmeas, desempenho reprodutivo e desempenho  
 656 dos leitões em fase de lactação.

Variável	n	Tratamentos		CV	P-valor
		Controle	Arginina		
<b>Fêmea</b>					
Peso Inicial	20	242,3	236,1	10,321	0,5876
Peso ao desmame	20	241,7	229	9,792	0,2074
Perda de peso na Lac. (Kg)	20	-0,6	-7,1	6,540	0,3397
Perda de peso (%)	20	0,11	-2,82	654,516	0,3008
Consumo de ração (Kg)	20	7,3108	7,212	4,300	0,3001
<b>Leitões</b>					
Número início Lac.	260	13,6	13,3	9,4788	0,6237
Número ao desmame	260	12,9	12,5	11,805	0,5803
Peso início Lac.	260	1,787	1,8771	19,0381	0,5707
Peso aos 11D*	260	4,0396	4,0934	14,969	0,8385
Peso aos 20D*	260	6,4364	6,457	13,081	0,9432
GPD 11D*	260	0,1982	0,1943	16,831	0,7787
GPD 11 a 20D*	260	0,2437	0,2387	22,847	0,8263
Desvio P. Peso início Lac.	260	0,2711	0,2472	28,283	0,4391
CV% Início Lact	260	15,1623	13,1735	20,745	0,1042
Desvio P. peso ao desmame	260	1,1181	1,2937	31,675	0,3742
CV% ao desmame	260	19,2207	21,5404	33,736	0,4429

657 GPD: Ganho de peso diário; CV: coeficiente de variação; Lac: Lactação.

658 D\*: Dias de suplementação com o aminoácido arginina.

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671



672 **Tabela 2.** Perfil bioquímico plasmático das fêmeas no 14º dia de lactação.

Variável mmol/L	n	Tratamentos		P-valor	CV
		Controle	L-arginina		
Ureia	20	32,77	38,36	0,045*	17,62
Creatinina	20	1,48	1,44	0,605	11,42
Colesterol total	19	74,75	77,54	0,565	13,18
Triglicerídeos	19	28,56	34,40	0,329	40,06
Proteína total	21	7,43	7,6	0,351	5,40
Albumina (Alb)	20	3,57	3,64	0,527	6,36
Globulina (Glob)	19	3,89	3,88	0,968	7,44
Relação Alb/Glob	20	0,93	0,92	0,744	12,71
TGO	19	38,89	34,30	0,286	25,02
CK	19	947,13	839,45	0,632	52,64
TGP	19	32,50	34,36	0,494	16,86
GGT	21	52,25	46,83	0,227	19,65
Fosfatase alcalina	20	53,00	54,80	0,878	46,76

673 SEM: erro padrão da média; CV: Coeficiente de variação dos dados; P-valor <0,05: diferença  
674 significativa entre as médias. TGO: aspartato aminotransferase, TGP: alanino aminotransferase, CK:  
675 creatina quinase, GGT: gama-glutamil transferase.  
676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691 **Tabela 3.** Composição do leite coletado no 14° dia de lactação, quanto aos tratamentos e posição das glândulas mamárias.

Variável	Tratamento		Glândulas			P-valor			CV%
	Controle	Arginina	T	A	I	Trat	Gland	TxG	
Proteína Bruta (%)	4,830	4,850	4,810	4,830	4,880	0,875	0,834	0,970	6,949
Matéria Mineral (%)	4,055	3,980	3,930	4,040	4,090	0,503	0,436	0,408	8,242
Nitrogênio (%)	0,770	0,770	0,771	0,772	0,781	0,857	0,880	0,960	6,936
NNH3(%)	5,186	4,930	4,950	5,040	5,200	0,261	0,666	0,813	14,418

692 T:torácica; A:abdominal; I inguinal

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705 **Tabela 4.** Caracterização histológica do tecido mamário quanto aos tratamentos e posição das glândulas mamárias.

Váriável	Tratamento		Posição da glândula			P-valor			CV%
	CON	ARG	T	A	I	Trat.	Posição	TratxP	
Número de capilares <sup>1</sup>	3,02	4,65	4,01ab	4,22a	3,20b	<,0001	0,017*	0,184	34,02
Número de capilares (mm <sup>2</sup> )	431,29	664,29	573,47ab	602,72a	456,46b	<0001	0,046*	0,315	34,02
Número de alvéolos <sup>2</sup>	12,30	12,54	12,58	12,72	11,95	0,733	0,563	0,475	19,87
Número de alvéolos (mm <sup>2</sup> )	102,48	104,46	104,86	106,00	99,55	0,733	0,563	0,475	19,87
Área alveolar	4063,95	3964,31	4325,99	4592,76	3123,65	0,733	0,563	0,475	59,70
Relação Cap/Alvéolo	4,45	6,50	5,63	6,02	4,71	0,002*	0,317	0,998	40,08

706 <sup>1</sup>Área definida para contagem 7000µm<sup>2</sup>; <sup>2</sup>Área definida para contagem 120000µm<sup>2</sup>; T: Torácica; A: Abdominal; I: Inguinal

707

708

709

710

711

712

713

714

715