

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

GABRIELA MARIÁH MAZZEO OLIVEIRA

ALGAS MARINHAS CALCÁRIAS NA ALIMENTAÇÃO DE FÊMEAS SUÍNAS

Marechal Cândido Rondon

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

GABRIELA MARIÁH MAZZEO OLIVEIRA

ALGAS MARINHAS CALCÁRIAS NA ALIMENTAÇÃO DE FÊMEAS SUÍNAS

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como requisito parcial do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho

Coorientador: Prof. Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira

**Marechal Cândido Rondon
2021**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Ma	<p>MARIÁH MAZZEO OLIVEIRA, GABRIELA ALGAS MARINHAS CALCÁRIAS NA ALIMENTAÇÃO DE FÊMEAS SUÍNAS / GABRIELA MARIÁH MAZZEO OLIVEIRA; orientador Paulo Levi de Oliveira Carvalho ; coorientador Newton Tavares Escocard de Oliveira. -- Marechal Cândido Rondon, 2021. 49 p.</p> <p>Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2021.</p> <p>1. cálcio orgânico . 2. Lithothamnium. 3. gestação e lactação suína. 4. densitometria óssea. I. Levi de Oliveira Carvalho , Paulo, orient. II. Tavares Escocard de Oliveira, Newton, coorient. III. Título.</p>
----	---

GABRIELA MARIÁH MAZZEO OLIVEIRA

Algas marinhas calcárias na alimentação de fêmeas suínas

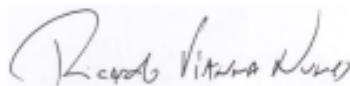
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de "Mestra em Zootecnia", Área de Concentração "Produção e Nutrição Animal", Linha de Pesquisa "Produção e Nutrição de Não-Ruminantes", APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:



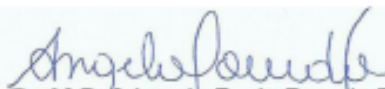
Orientador / Presidente – Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon



Membro – Dr. Jansler Luiz Genova
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon



Membro – Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon



Membro – Prof.^a Dr.^a Ângela Rocio Poveda Parra
Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Marechal Cândido Rondon, 11 de junho de 2021.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho**, declaro como **ORIENTADOR** que presidi os trabalhos de defesa à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Gabriela Mariáh Mazzeo Oliveira**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, a apresentação e a arguição dos membros da Banca Examinadora, **formalizo como Orientador**, para fins de registro, por meio desta declaração, a decisão da Banca Examinadora de que a candidata foi considerada **APROVADA** na banca realizada em 11/06/2021, com o trabalho intitulado "**Algas marinhas calcárias na alimentação de fêmeas suínas**".

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Após a reunião da banca avaliadora, os membros decidiram pela APROVAÇÃO da discente. Entretanto, a versão final da dissertação só será ACEITA pelo orientador, após avaliação e o docente confirmar que todas as considerações foram realizadas.

Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho - ORIENTADOR/PRESIDENTE

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / Campus de Mal. Cândido Rondon

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Gabriela Mariáh Mazzeo Oliveira**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Interno**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada **APROVADA** na banca realizada em 11/06/2021, com o trabalho intitulado **"Algas marinhas calcárias na alimentação de fêmeas suínas"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.^a Dr.^a Angela Rocio Poveda Parra**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Gabriela Mariáh Mazzeo Oliveira**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada **APROVADA** na banca realizada em 11/06/2021, com o trabalho intitulado **"Algas marinhas calcárias na alimentação de fêmeas suínas"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Prof.^a Dr.^a Angela Rocio Poveda Parra,
Universidade Estadual de Londrina (UEL)



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Dr. Jansler Luiz Genova**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Gabriela Mariáh Mazzeo Oliveira**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Interno**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 11/06/2021, com o trabalho intitulado **"Algas marinhas calcárias na alimentação de fêmeas suínas"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Dr. Jansler Luiz Genova

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

AGRADECIMENTOS

Agradeço primordialmente a Deus, pelo dom da vida e à Nossa Senhora, pelas bênçãos diárias.

Agradeço aos meus pais Ligia e Adilson, por nunca desistirem de mim e por serem meu escudo, meu guia, meu exemplo de vida e meu suporte em todos meus dias, com seu amor e sua garra me fizeram o que sou.

À minha irmã Nathalia Mariah, por ser minha companheira fiel, minha cuidadora e melhor amiga. Ela que me aconselha e me faz ser sempre melhor. Agradeço a ela também por me entregar de presente um irmão, André, que me acompanha e me ampara com seu carinho e sensatez. Obrigada meus irmãos por me presentarem com mais dois motivos para seguir em frente, Sarah Mariah e Helena Mariah, minhas meninas, minhas fontes de energia e força diárias.

Agradeço também ao meu orientador, o Professor Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho, pela atenção, sabedoria e aprendizado para a conclusão deste trabalho.

Obrigada turma do GEPS, a cada um de vocês que me ajudaram direta e indiretamente na conclusão deste projeto, seja com comprometimento nas tarefas necessárias ou ainda apenas uma palavra de conforto e estímulo. Principalmente, aos meus amigos de graduação e pós-graduação: Giovana, Guilherme, Keila, Jansller, Josiane, Nathan, Renan, Breno e Mayara, que sempre estiveram ao meu lado.

Agradeço à família Lamb pela acolhida e disposição incansáveis para que este experimento pudesse ser concluído. Ao Seu Teocio, Dona Delci e Jaqueline, meu muito obrigada e que Deus os abençoe sempre.

Gostaria de agradecer também aos meus colegas de vida, aos que me acompanham desde sempre e aos que se tornaram indispensáveis no decorrer desta jornada: Angélica, Maria Fernanda, Carolina, Daiane, Fábio, Fernanda, Camila, Marina, Felipe Henrique, Rafael Simão, Sérgio Ricardo, Aline, Luany, Maria Nathália e Fabíola. Obrigada meus amigos, sem vocês nada seria possível.

Agradeço à banca pela disposição e comprometimento em embarcar na finalização deste projeto.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da conclusão desta jornada, o meu muito obrigada!

*“O correr da vida embrulha tudo.
A vida é assim: esquentada e esfria,
aperta e daí afrouxa,
sossega e depois desinquieta.
O que ela quer da gente é coragem”*

Guimarães Rosa

ALGAS MARINHAS CALCÁRIAS NA ALIMENTAÇÃO DE FÊMEAS SUÍNAS

Resumo: O presente estudo objetivou avaliar a combinação de calcário calcítico (CC), fosfato bicálcico (FB) e Algas Marinhas Calcárias (AMC) em dietas de fêmeas suínas sobre os parâmetros de desempenho produtivo e indicadores sanguíneos, e o efeito sobre o desempenho produtivo, indicadores sanguíneos, biometria de órgãos, microbiologia intestinal e os parâmetros do trato gastrintestinal e ósseo de suas leitegadas. O total de 35 fêmeas suínas (DB-DanBred genética suína) foram alocadas em um delineamento de blocos ao acaso completos dentro de dois tratamentos experimentais, compostos de uma dieta controle (DC) contendo CC + FB ou DC *plus* (adição de AMC na proporção de 0,4%). Os resultados indicaram que houve aumento no peso da leitegada e no número de leitões desmamados para adição de AMC em relação ao grupo controle. Em relação ao rendimento das porcas foram observadas diferenças entre as ordens de parto, e um aumento considerável foi verificado a partir do segundo parto. Para os parâmetros de composição do leite o tratamento com AMC demonstrou valores superiores ao controle para temperatura, densidade, sólidos totais desengordurados, proteína, lactose e cinzas. A contagem de Enterobacteriaceae no conteúdo do ceco de animais alimentados com adição de AMC apresentou valor superior ao controle. Portanto, com base nos critérios de avaliação do presente estudo, a adição de AMC como fonte de cálcio orgânica na alimentação de fêmeas suínas pode ser utilizada como alternativa nas fases de gestação e lactação afetando positivamente os índices produtivos, sem prejudicar a resposta biológica dos leitões.

Palavras-chave: cálcio orgânico, calcário calcítico, *Lithothamnium* sp., gestação suína, lactação suína, densitometria óssea.

CALCAREOUS SEAWEED IN SWINE FEMALES FEED

Abstract: The present study aimed to evaluate the combination of calcitic limestone (CL), dicalcium phosphate (DP) and calcareous seaweed (CS) in swine females' diets on productive performance parameters and blood indicators, as well as the effect on productive performance, indicators blood, organ biometrics, intestinal microbiology and gastrointestinal and bone tracts parameters of their litters. A total of 35 swine (DB-DanBred swine genetics) were allocated in a complete randomized block design within two experimental treatments, composed of a control diet (DC) containing CL + DP or DC *plus* (CS addition in the proportion of 0.4%). The results indicated that there was an increase in litter weight and in the number of piglets weaned for CS addition compared to the control group. In relation to the sows yield differences were observed between the parity orders, where a considerable increase was verified from the second parturition. For milk composition parameters, the treatment with CS showed values higher to the temperature control, density, defatted total solids, protein, lactose and ash. The count of Enterobacteriaceae in the cecum content of animals fed with the CS addition showed a higher value than the control. Therefore, based on the evaluation criteria of the present study, the CS addition as a source of organic calcium in the feeding of swine females can be used as an alternative in the gestation and lactation stages, positively affecting the productive indexes, without harming the biological response of the piglets.

Key-words: organic calcium, calcitic limestone, *Lithothamnium* sp., swine gestation, swine lactation, bone densitometry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Número de leitões nascidos vivos e % de natimortos de porcas lactantes alimentadas com algas marinhas calcárias	40
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Índices zootécnicos de fêmeas suínas no período de gestação alimentadas com dietas contendo algas marinhas calcárias	38
Tabela 2. Índices zootécnicos de fêmeas suínas no período de lactação alimentadas com dietas contendo algas marinhas calcárias	41
Tabela 3. Concentrações médias de glicose, ureia e cálcio (mg/dL) de fêmeas em gestação alimentadas com dietas contendo algas marinhas calcárias	42
Tabela 4. Concentrações médias de glicose, ureia e cálcio (mg/dL) de fêmeas em lactação e de leitões na maternidade alimentados com dietas contendo algas marinhas calcárias	43
Tabela 5. Composição físico-química do leite de matrizes suína no período de lactação alimentadas com dietas contendo algas marinhas calcárias	45
Tabela 6. Efeito adicional dietético das algas marinhas calcárias nas dietas de fêmeas suínas sobre a população microbiana de Enterobacteriaceae e bactérias ácido lácticas em leitões ..	46
Tabela 7. Efeito adicional dietético das algas marinhas calcárias em dietas de fêmeas suínas sobre o pH do conteúdo do trato digestório e o peso relativo de órgãos digestórios e não digestórios de leitões	47
Tabela 8. Efeito adicional dietético das algas marinhas calcárias em dietas de fêmeas suínas sobre a morfometria intestinal de leitões	48
Tabela 9. Efeito adicional dietético das algas marinhas calcárias em dietas de fêmeas suínas sobre a morfologia intestinal de leitões	49
Tabela 10. Efeito adicional dietético das algas marinhas calcárias em dietas de fêmeas suínas sobre a densitometria e resistência óssea de leitões	50

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
2 Revisão de literatura	16
2.1 Cálcio na Nutrição de Suínos	16
2.2 Absorção e Homeostase do Cálcio	18
2.3 Algas Marinhas Calcárias	21
2.4 Importância do uso de Algas Marinhas Calcárias	21
2.5 Referências	23
3 ALGAS MARINHAS CALCÁRIAS NA ALIMENTAÇÃO DE FÊMEAS SUÍNAS	26
3.1 Introdução	28
3.2 Material e Métodos	29
3.3 Resultados e Discussão	37
3.4 Conclusão	50
3.5 Referências	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS	56

1 INTRODUÇÃO

Dentre os nutrientes e minerais essenciais para a manutenção das funções fisiológicas e metabólicas dos seres vivos, o cálcio desempenha papel fundamental na mineralização da matriz óssea, constituindo 98-99% do esqueleto. E, os demais (1 a 2%) estão distribuídos nos tecidos e fluídos corporais atuando em diversos sistemas enzimáticos (ARAÚJO et al., 2008; SUTTLE, 2010).

Estudo com privação de minerais demonstraram que o cálcio é essencial para o crescimento e produção de leite nos animais (SUTTLE, 2010). Esse macromineral não pode ser sintetizado pelo organismo, e, portanto, deve ser fornecido via alimentação como parte da dieta (MAIORKA e MACARI, 2002).

Normalmente, a base da dieta de suínos é a soja e o milho que apresentam alto teor de fósforo orgânico, tornando o cálcio indisponível através da formação de um complexo com ácido fítico (SANTANA et al., 2017). Além disso, o teor e a biodisponibilidade de cálcio podem variar entre os alimentos utilizados na nutrição animal. Alguns ingredientes contêm altos teores de cálcio, porém com baixa biodisponibilidade, ou seja, a quantidade absorvida é inferior em relação ao cálcio presente no alimento (BUZINARO et al., 2006). Outros fatores como a variação das concentrações deste mineral nas diversas fontes utilizadas, potencial genético, sanidade e o manejo (MCDOWELL, 1992), podem afetar diretamente a digestibilidade e absorção do cálcio na dieta de suínos.

As algas marinhas calcárias (*Lithothamnium calcareum*) são fósseis pertencentes ao grupo das algas marinhas vermelhas ou rodofíceas da família das Corallineacea, que quando mortas apresentam coloração cinza azulada. *L. calcareum* possui alto índice de elementos minerais do meio marinho, que variam de acordo com a profundidade, o local e a estação do ano. É uma alga de aspecto calcário que absorve o carbonato de cálcio e magnésio. Apesar de não ser fonte de proteínas, vitaminas, carboidratos e lipídeos é considerada uma fonte de cálcio disponível para a nutrição animal (MELO e MOURA, 2009).

Em alguns países europeus (França, Irlanda e Inglaterra), as algas *L. calcareum* são utilizadas na alimentação animal como suplemento mineral há mais de 200 anos (MELO e MOURA, 2009). As algas marinhas calcárias foram inicialmente utilizadas no Brasil somente na agricultura, porém nos últimos anos têm sido empregadas na composição de dietas para animais, como por exemplo, na suplementação mineral de suínos. Esse crescente interesse por diferentes fontes de Ca na dieta de suínos, nas fases de crescimento e terminação, tem estimulado a busca por importantes informações nutricionais referentes a utilização de algas

marinhas (FIALHO, 1992; MELO et al., 2006; SANTANA et al., 2017). Mais recentemente, estudos com *L. calcareum* nas dietas de leitões demonstrou potencial para substituir o calcário calcítico, como fonte alternativa de cálcio (SANTOS et al., 2021).

Portanto, a utilização de fontes alternativas de cálcio pode desempenhar papel chave para a produção de matrizes gestantes e lactantes. Os macro e microminerais são depositados em maiores quantidades aos fetos no final da gestação, e, é necessário mobilizar as reservas corporais de minerais antes do início da lactação, se as rações das fêmeas suínas não forem compostas de níveis nutricionais adequados (TOUCHETTE et al., 1998; MAHAN et al., 2009). O adequado balanceamento das rações para cálcio e fósforo, de acordo com a categoria da fêmea (marrã ou porca) e o tamanho da leitegada, evita a ocorrência de desmineralização óssea durante a vida reprodutiva (PEREIRA, 2017), visto que as exigências de cálcio e fósforo aumentam durante a gestação e lactação por causa do crescimento fetal e a produção de leite (MAHAN et al., 2009).

Além disso, as concentrações de cálcio no colostro da fêmea após o parto são baixas (VALADARES, 2017) por causa de grande quantidade de cálcio e outros minerais que são transferidos aos fetos, durante o final da gestação (PETERS e MAHAN, 2008). É nesta fase que o feto retém os minerais para a sua vida pós-natal (MAHAN et al., 2009), podendo contribuir em maiores taxas de desmineralização óssea em matrizes de alta produtividade, proporcionando aporte ao desenvolvimento fetal, quando comparada a uma fêmea com menor número de fetos (BARROS, 2015).

Nesse sentido, as algas marinhas calcárias são fontes de cálcio prontamente disponíveis aos animais, portanto, o presente estudo objetivou avaliar a combinação de calcário calcítico, fosfato bicálcico e algas marinhas calcárias (*L. calcareum*) em dietas de fêmeas suínas nas fases de gestação e lactação sobre os parâmetros de desempenho produtivo e indicadores sanguíneos, bem como, o efeito residual sobre o desempenho, indicadores sanguíneos, biometria de órgãos, microbiologia intestinal e os parâmetros do trato gastrointestinal e tecido ósseo das leitegadas.

2 Revisão de literatura

2.1 Cálcio na Nutrição de Suínos

Os minerais comumente utilizados na nutrição de suínos são encontrados na forma inorgânica, associados aos compostos químicos como cloretos, sulfatos, carbonatos e óxidos (KIEFER, 2005). Este estado químico, os torna mais susceptíveis a interações entre si e com outros nutrientes, fazendo com que sua absorção e utilização se torne incompleta, e acarreta menor disponibilidade desses minerais na alimentação (COZZOLINO, 2016).

Desta forma, os minerais inorgânicos apresentam menor capacidade de absorção, pois sofrem o processo de competição iônica, gerando um déficit para as demandas fisiológicas dos tecidos orgânicos. Com isso, uma alternativa eficiente na nutrição de suínos é a suplementação através de minerais quelatados ou orgânicos (SANTANA et al., 2017).

Os minerais quelatados ou orgânicos são conhecidos por suas ligações a agentes quelantes, como os aminoácidos, peptídeos, polissacarídeos complexos e pelo ácido etileno-minotetraacético (EDTA). A ligação do mineral ao agente quelante é realizada em uma troca de elétrons, causando estrutura cíclica por meio de ligações covalentes coordenadas (SANTOS et al., 2018). Com isso, dietas suínas com minerais quelados, permitem maior disponibilidade biológica dos compostos, conseqüentemente, aumento na absorção do mineral pelo intestino com menor excreção (LIU et al., 2014).

O cálcio é um macromineral que quando associados a outros, como fósforo e magnésio, desempenha funções essenciais ao organismo, principalmente na formação de tecido ósseo por intermédio de deposições minerais. O cálcio é encontrado em maior quantidade nos tecidos ósseos (99-98%) de animais em fase de crescimento e no sangue (1-2%) quando adultos (SUTTLE, 2010; VEUM, 2010).

Além da formação óssea, o cálcio é responsável pelo acoplamento de actina e miosina, a partir da entrada e saída destes componentes nos canais rápidos de cálcio gerando a contração e relaxamento muscular, respectivamente. Este macromineral também tem função na vinculação de eventos elétricos e mecânicos no coração, sendo desencadeador das células do marca-passo cardíaco resultando em despolarização. Também auxilia no transporte de substâncias na membrana plasmática por intermédio de ligações a proteínas transportadoras, ajudando na manutenção da estabilidade celular (SUTTLE, 2010; BERTECHINI, 2006).

As principais fontes de cálcio encontradas nas dietas de suínos são as farinhas provenientes de carne e ossos, vísceras de aves, ossos calcinados, ostras e fosfatos

(monocálcico, monobicálcico, bicálcico e tricálcico) (ROSTAGNO et al., 2017). No entanto, há outras fontes de cálcio como as algas marinhas, que são ainda menos utilizadas, mas vêm sendo implementadas cada vez mais na suplementação de suínos (SANTOS et al., 2021).

A maioria dos alimentos/ingredientes contém níveis variados de cálcio e fósforo em suas composições, sendo estes disponíveis, principalmente em ingredientes de origem animal e mineral, já que os cereais e grãos apresentam baixos teores destes minerais em decorrência da formação de complexos com o ácido fítico (SANTANA et al., 2017).

Para determinação da disponibilidade de minerais são utilizados ensaios de crescimento, que são avaliados: parâmetros biológicos, de desempenho zootécnico, de deposição de cálcio nos ossos e leite (no caso das fêmeas); utilizando experimentos específicos para cada resposta, que são precisos, de fácil distinção e execução e relativamente baratos. Outro ponto, é a resposta direta com o método aplicado, ou seja, a escolha do método de pesquisa é dependente das respostas obtidas, não existindo um método único e preciso (SILVA e PASCOAL, 2014). Ainda, a disponibilidade está relacionada com a digestibilidade, mas essa não é necessariamente uma regra, pois a digestibilidade é a capacidade de absorção do mineral pelo animal, enquanto a disponibilidade é a capacidade no mineral de suportar a passagem pelo trato gastrointestinal do animal e ser absorvido (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016).

As variáveis fontes de cálcio comercializadas diferem em quantidade de cálcio elementar, justificado pela quantidade de elemento disponível na fonte, e, em sua biodisponibilidade no organismo animal (OLIVEIRA et al., 2002). Muitas vezes o cálcio elementar pode se encontrar em altas concentrações, gerando até mesmo excesso do mineral no organismo, em contrapartida a sua biodisponibilidade se encontrará abaixo do necessário para devida absorção. Por consequência, isso pode acarretar excesso de Ca, que por sua vez irá agir como antagonista, formando quelatos insolúveis e dificultando a absorção dos outros minerais especialmente do fósforo (MCDONALD e GREENHALGH, 1993).

De acordo com as tabelas brasileiras para aves e suínos, elaboradas por Rostagno et al. (2017), diferentes fontes apresentam diferentes níveis de cálcio em sua composição, sendo que os fosfatos tricálcico e de algumas rochas, o calcário calcítico e as farinhas de ossos calcinada e de ostras apresentam percentual de cálcio acima de 30%.

A suplementação de nutrientes como o cálcio se torna mais eficaz quando associada a substâncias que auxiliem seu equilíbrio, tais como a vitamina D, fósforo e magnésio, entre outros minerais já conhecidos (MUNIZ et al.; 2007; CHANG et al., 2008; SUTTLE, 2010). A escolha de uma fonte eficaz de reposição mineral necessária na nutrição animal pode trazer muitas dúvidas, já que existem variadas fontes no mercado, sendo que sua grande maioria é de

origem inorgânica, advindas de rochas. Entretanto, essas fontes são consideradas não renováveis e sua extração degradam o ambiente. Além disso, atualmente, estudos comprovam que a solubilidade de fontes orgânicas de cálcio é maior, e, portanto, há maior biodisponibilidade e absorção pelo animal (MELO et al., 2006; MELO e MOURA, 2009; SANTANA et al., 2017).

Com esse crescente interesse por diferentes fontes de cálcio nas dietas para suínos, pesquisas voltadas a utilização de fontes renováveis, de fácil extração e custo atrativo têm caminhado de encontro com importantes informações nutricionais, referente a utilização de algas marinhas (FIALHO, 1992; MELO et al., 2006; SANTANA et al., 2017). Mais recentemente, estudos com *L. calcareum* nas dietas de leitões demonstrou potencial para substituir o calcário calcítico como fonte alternativa de Ca (SANTOS et al., 2021).

2.2 Absorção e Homeostase do Cálcio

O cálcio é absorvido no sistema digestório em todo o percurso intestinal, principalmente no intestino delgado, nas porções do duodeno e jejuno (HOENDEROP et al., 2005). Com exceção do sódio, o cálcio é um dos minerais com maior velocidade de absorção no organismo animal, sendo regulado por fatores intrínsecos, como a dieta, idade, pH intestinal, tamanho de partícula, presença ou ausência da vitamina D e a relação Ca:P encontrada na dieta (BERTECHINI, 2006).

O processo de absorção ocorre de maneira conjunta por intermédio de dois mecanismos distintos: o transporte paracelular (passivo) e o transcelular (ativo) (HOENDEROP et al., 2005). Estes mecanismos permitem total absorção sem que haja excessos ou falta do mineral no organismo (BERTECHINI, 2006).

No transporte transcelular de cálcio, o mineral é carregado em direção aos capilares sanguíneos através da borda em escova dos enterócitos. Diferentemente do processo ativo, esse transporte passivo, acontecerá entre as células do epitélio absorptivo intestinal, conforme o gradiente de concentração de cálcio no espaço intraluminal (JOHNSON e KUMAR, 1994; CASTILHO e MAGNONI, 2008). Dessa forma, esse sistema é considerado não saturável, ou seja, a passagem do macromineral pelo epitélio ocorre sem gastos de energia, mas é extremamente dependente de um gradiente eletroquímico e da concentração intestinal, principalmente em jejuno distal e íleo. Neste formato, a absorção ocorre através de espaços intercelulares presentes entre camadas formadoras do epitélio chamadas junções firmes, sendo

a principal forma de absorção do mineral no organismo. Após a absorção no lúmen intestinal, o cálcio é carregado para a corrente sanguínea e se apresenta de forma livre e ionizada (HOENDEROP et al., 2005).

O organismo animal dispõe de uma série de fatores para a manutenção da homeostasia de cálcio, entre eles estão: a absorção intestinal, a reabsorção renal e as trocas ósseas (HOENDEROP et al., 2005). Para que o desenvolvimento esquelético e sua manutenção sejam mantidos há necessidade da presença de receptores de membrana Ca-sensíveis em todos os órgãos envolvidos nos processos absorptivos (CHANG et al., 2008). A absorção ocorre de acordo com as exigências do organismo, para evitar excessos (HAYS et al., 1996).

A difusão passiva do cálcio é inteiramente dependente da quantidade do mineral ingerido na dieta, sendo assim, quanto maior a ingestão, maior sua participação na absorção intestinal (DAWSON-HUGHES et al., 1995). Esse processo passivo é estimulado por componentes dietéticos que aumentam a solubilidade e a osmolaridade do mineral no íleo, tais como as proteínas do leite e a lactose. Entretanto, alguns fatores podem dificultar a absorção passiva do cálcio, como os fosfatos, fitatos e oxalatos, os quais através de mudanças na solubilidade do mineral o torna insolúvel em pH neutro (GUÉGUEN e POINTILLART, 2000).

Nesse sentido, a rápida absorção do cálcio no intestino por este mecanismo depende de uma dieta em níveis adequados, para que ocorra favorecimento do gradiente eletroquímico e otimização do processo (BRONNER, 1998), levando ao aumento significativo do cálcio iônico no sangue e inibição do apetite (LOBAUGH et al., 1981).

Ao contrário do sistema passivo, o transporte ativo é regulado a partir da entrada do mineral no organismo e, é dependente da energia metabólica, de interações hormonais e enzimáticas para que ocorra. Este processo se dá, principalmente em porções de duodeno e jejuno proximal, em que há a presença de sistemas carreadores específicos dependentes da Vitamina D₃ e pH adequado (HOENDEROP et al., 2005).

A vitamina D em sua forma ativa (Vitamina D₃) atuante nos enterócitos, tem papel fundamental na ativação de mecanismos de transporte do cálcio, agindo basicamente na indução da produção do RNAm no DNA celular, para que ocorra codificação de uma proteína específica transportadora de cálcio pela membrana celular, conhecidas por calbindina (CaBP). Essas CaPB são reguladas pelo gradiente de concentração no lúmen, que após a difusão, transporta o cálcio de forma ativa, da célula para o líquido extracelular por intermédio de bombas de cálcio presentes na membrana basolateral. Na forma ativa de absorção do cálcio há autolimitação natural, por ser um processo considerado saturável (GUÉGUEN e POINTILLART, 2000; HOENDEROP et al., 2005; CASTILHO e MAGNONI, 2008).

Para que não ocorra excesso de cálcio no organismo, este dispõe de mecanismos específicos para absorção e excreção do mineral. Estes processos são mediados por enzimas, vitaminas e diversos elementos essenciais a um metabolismo ótimo de cálcio. A CaATPase, por exemplo regula a concentração de cálcio intracelular, e, é estimulada pela fosfatase alcalina intestinal, que por sua vez é regulada pela ação da vitamina D. Além das enzimas, a presença de alguns hormônios como o paratormônio (PTH), a calcitonina e a vitamina D, tornam-se essenciais para o controle da concentração de cálcio no organismo, atuando diretamente na homeostase entre o tecido ósseo e o sangue (BOURDEAU e ATTIE, 1994; BUZINARO et al, 2006; SCHIEFERDECKER et al., 2015).

Sem estes mecanismos enzimáticos e hormonais, não seria possível a manutenção da concentração de cálcio no ambiente intracelular, e com isto, haveria acúmulo ou déficit deste íon (BOURDEAU e ATTIE, 1994; JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004).

O cálcio absorvido pela dieta é o responsável pelo aumento na concentração do mineral na corrente sanguínea, sendo que, se não houvesse uma troca entre o tecido ósseo e o sangue, a concentração deste mineral poderia estar em constante desordem. A manutenção da concentração ideal de cálcio no organismo se deve a esta constante troca, favorecendo a rápida deposição mineral nos ossos, quando em excesso no sangue ou mobilizando o cálcio do tecido ósseo quando em déficit (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004; SCHIEFERDECKER et al., 2015).

Sendo assim, quando as concentrações de cálcio estão baixas na corrente sanguínea, ocorre mobilização do mineral presente nos ossos por intermédio de dois mecanismos básicos. Primeiramente o cálcio é transportado para o líquido intersticial e posteriormente para o sangue, por intermédio de íons dos cristais de hidroxiapatita. Há a ação do PTH no tecido ósseo, promovendo o aumento numérico de osteoclastos e reabsorção da matriz óssea, que vai gerar a liberação de fosfato de cálcio e aumento na concentração de cálcio sanguínea. Além disso, o PTH irá atuar no estímulo para produção de vitamina D ativa nos rins (MCDOWELL, 1992).

Ainda, quando as concentrações sanguíneas de cálcio estão elevadas, outro hormônio se apresenta, inibindo a reabsorção da matriz óssea, ou seja, cessa a mobilização de cálcio dos ossos, impedindo excesso do mineral no organismo. Este hormônio é chamado calcitonina, excretado pela tireoide, e seu estímulo para secreção é dado pela elevada concentração de cálcio no sangue (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004; MAIORKA e MACARI, 2008). Sendo assim, a homeostase do cálcio no organismo se dá por ações combinadas de mecanismos de absorção e excreção encontrados no intestino, rins e ossos (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004; MELO et al., 2006).

2.3 Algas Marinhas Calcárias

As algas marinhas calcárias englobam as várias espécies de algas vermelhas calcárias existentes, sendo elas também conhecidas como rodofíceas já que pertencem ao filo *Rhodophyta*. Tais algas desenvolvem um exoesqueleto após sua morte, extremamente abundante em macro e microminerais, principalmente cálcio e magnésio. A espécie de algas mais utilizada na fabricação de rações e farinhas de algas é a *Lithothamnium calcareum*, por sua elevada concentração de cálcio e magnésio. Justificando o fato desta alga pertencer à família *Corallinaceae*, e sua principal característica é a deposição de cálcio em sua parede celular (LOPES, 2012, ALMEIDA et al., 2012).

A alga marinha *L. calcareum* é uma fonte renovável de macro e micromoléculas, que cresce naturalmente em meio marinho e necessita de luz para tal. Sua constituição principal é de carbonato de cálcio e magnésio, além de conter mais de 20 macro e microminerais em variadas quantidades (DIAS, 2001; CARLOS, 2011).

O calcário produzido pela extração da alga *L. calcareum* é conhecido como biogênico (ou biodentrítico) marinho, e tem sido muito utilizado na correção e fertilização de solos, na nutrição animal e humana, além de ter aplicação na indústria de cosméticos (CARLOS, 2011; ALMEIDA et al., 2012). Apesar de não apresentarem carboidratos, lipídeos, proteínas ou vitaminas em sua composição, seu uso como suplemento mineral vem crescendo nos últimos anos, tornando uma fonte alternativa de Ca nas dietas de suínos (ALMEIDA et al., 2012; SARTORI, 2017).

2.4 Importância do uso de Algas Marinhas Calcárias

A qualidade das fontes de cálcio é determinada por sua solubilidade, visto que essa se apresenta intimamente relacionada à biodisponibilidade e absorção intestinal pelo organismo. Fontes inorgânicas apresentam menor solubilidade quanto comparadas a fontes orgânicas como as farinhas de ostras, de algas e de ovos (SARTORI, 2017).

Sabendo-se que as fontes inorgânicas de cálcio são recursos não renováveis, sua implicação ambiental também se torna um questionamento plausível para novas descobertas de fontes renováveis de cálcio. A base da alimentação de suínos é de origem vegetal, basicamente

grãos, sendo que estes apresentam teores insuficientes de cálcio para suprir a exigência nutricional dos animais em produção (MUNIZ et al., 2007). Além disto, é sabido que minerais como o cálcio, fósforo e alguns elementos como a vitamina D são essenciais ao funcionamento ideal do metabolismo animal, e que estão intimamente ligados entre si no cumprimento de tal tarefa, fazendo com que a carência de qualquer um dos elementos tenha impacto direto no desempenho dos suínos (MACARI e FURLAN, 2002). Com isso, é observado que a biodisponibilidade destes elementos está diretamente ligada ao nível de suplementação da dieta.

A busca por fontes que possam suprir as necessidades fisiológicas e metabólicas dos suínos se torna cada vez mais importante, visto que muitas vezes podem resultar em altos gastos e baixa biodisponibilidade de minerais, tornando-se inviáveis. De acordo com Fassani et al. (2004), a busca por alternativas nutricionais de suprimento mineral pode levar nutricionistas a utilização de altos níveis de cálcio na produção de dietas comerciais, principalmente pela falta de conhecimento das características físico-químicas dos calcários.

As algas marinhas calcárias apresentam elevado índice de elementos minerais em sua composição, retirados diretamente do meio marinho, e as torna excelente alternativa na suplementação de dietas, além de demonstrarem quantidades notórias de nutrientes em sua constituição.

As algas marinhas calcárias são utilizadas tanto em seu formato natural quanto após processamento, que envolverá sua secagem e moagem. Sua disponibilidade de micronutrientes e porosidade elevados fazem com que esta fonte mineral seja facilmente absorvida e assimilada tanto por vegetais quanto por animais, mostrando uma característica única e desejável do produto. A porosidade das algas marinhas calcárias pode chegar a níveis superiores a 40%, gerando maior superfície específica de atuação, fazendo com que o suprimento fisiológico de plantas e animais seja atendido de forma satisfatória (DIAS, 2001).

2.5 Referências

- ALMEIDA, F., SCHIAVO, L.V., VIEIRA, A.D. et al. Gastroprotective and toxicological evaluation of the *Lithothamnion calcareum* algae. **Food and Chemical Toxicology**, v.50, n.5, p.1399-1404, 2012.
- ARAÚJO, J.A.; SILVA, J.H.V.; AMÂNCIO, A.L.L. et al. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinária Brasília**, v.2, n.3, p53-60, 2008.
- BARROS, C.A. **Ferro quelatado em rações para fêmeas suínas nas fases de gestação e maternidade e efeitos sobre a suplementação de ferro de leitões lactentes**. 2015, 43f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- BERTECHINI, A.G. Metabolismo dos minerais. In.: BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA – MG, 2006.
- BOURDEAU, J.E.; ATTIE, M.F. Calcium metabolism. In: MAXWELL & KLEEMAN'S: **Clinical Disorders Fluids and Eletrolites Metabolism**, 5.ed., McGraw Hill, 1994, p.243-306.
- BRONNER, F. Calcium absortion: A paradigm for mineral absortion. **The Journal of Nutrition**, v.128, p.917-920, 1998.
- BUZINARO, E.F.; ALMEIDA, R.N.A.; MAZETO, G.M.F.S. Biodisponibilidade do cálcio dietético. **Arquivos Brasileiros Endocrinologia e Metabologia**, v.50, n.5, p.10, 2006.
- CARLOS, A.C.; SAKOMURA, N.K.; PINHEIRO, S.R.F. et al. 2011. Uso da alga *Lithothamnium calcareum* como fonte alternativa de cálcio nas rações de frangos de corte. **Ciências e Agrotecnologia**, v.35, n.4, p.833-839, 2011.
- CASTILHO, A.C.; MAGNONI, D. **Cálcio e magnésio**. 2008. Disponível em: https://www.amway.com.br/downloads/misc/Calcio_e_Magnesio_IMEN.pdf.
- CHANG, W.; TU, C.; CHEN, T.; et al. The extracellular calcium-sensing receptor (CaSR) is a critical modulator of skeletal development. **Science Signaling**, v.1, n.35, p.1-13, 2008.
- COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 5ed. São Paulo: Editora Manole, 2016.
- DAWSON-HUGHES, B.; HARRIS, S.S.; FINNERAN, S. Calcium Absorption on High and Low Calcium Intakes in Relation to vitamin d Receptor Genotype. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v.80, p.3657-3661, 1995.
- DIAS, G.T.M. Granulados bioclásticos: algas calcárias. **Brazilian Journal of Geophysics**, v.18, n.3, p.1-19, 2001.
- FASSANI, E.J.; BERTECHINI, A.G.; KATO, R.K., et al. Composição e solubilidade in vitro de calcários calcíticos em Minas Gerais. **Ciência e Agroecologia**, v.28, n.4, p.913 - 918, 2004.
- FIALHO, E.T.; BARBOSA, H.P.; BELLAVER, C.; et al. Avaliação nutricional de algumas fontes de suplementação de cálcio para suínos: biodisponibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, p.891- 905, 1992.

- GUÉGUEN, L.; POINTILLART, A. The bioavailability of dietary Calcium. **Journal of the American College of Nutrition**, v.19, p.119S-136S, 2000.
- HAYS, V.W.; SWENSON, M.J. Minerais. In: SWENSON, M. J. e REECE, W. O (Eds.) **DUKES – Fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p. 471-487.
- HOENDEROP, J.G.L.; NILIUS, B.; BINDELS, R.J.M. Calcium absorption across epithelia. **Physiological Reviews**, n.35, p.373-422, 2005.
- JOHNSON, J.A.; KUMAR, R. Renal and intestinal calcium transport: roles of vitamin D and vitamin D-dependent binding proteins. **Seminars on Nephrology**, v.14, p.119- 128, 1994.
- JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. Tecido ósseo. In: __ **Histologia Básica**. 10.ed. Rio de Janeiro: Ganabara Koogan S.A., 2004. p.148 - 149.
- KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n.3, p.206 –225, 2005.
- LIU, Y.; MA, Y.L.; ZHAO, J.M.; et al. Digestibility and retention of zinc, copper, manganese, iron, calcium, and phosphorus in pigs fed diets containing inorganic or organic minerals. **Journal Of Animal Science**, v.92, n.8, p.3407-3415, 2014.
- LOBAUGH, B.; JOSHUA, I.G.; MUZZLER, W.J. Regulation of calcium appetite in broiler chickens. **Journal of Nutrition**, v.111, p.298-306, 1981.
- LOPES, N.M. **Suplementação de vacas leiteiras com farinha de algas (*Lithothamnium calcareum*)**. 2012, 66f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L. e GONZALES, L. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal, SP: FUNEP/UNESP, p. 375, 2002.
- MAHAN D.C.; CROMWELL G.L.; EWAN R.C.; et al. Evaluation of the feeding duration of phase1 nursery diet to three-week-old pigs of two weaning weights. **Journal of Animal Science**, v.76, p.578-583, 2009.
- MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. (Eds.) **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. 2.ed. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2008. p.167-173.
- MCDONALD, P. E.; GREENHALGH, J. F. D. **Nutrición animal**. 4.ed. Zaragoza: Acríbia, 1993. 571p.
- McDOWELL, R. L. Calcium and phosphorus. In: **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992, p.31- 32.
- MELO, T.V.; MOURA, M.A. Utilização da farinha de algas calcáreas na alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.99-107, 2009.
- MELO, T.V.; MENDONÇA, P.P.; MOURA, A.M.A.; et al. Solubilidad in vitro de algunas fuentes de cálcio utilizadas em alimentacion animal. **Archivos de Zootecnia**, v.55, p.297-300, 2006.
- MUNIZ, E.B., ARRUDA, A.M.V.; FASSANI, E.J.; et al. Avaliação de fontes de cálcio para frangos de corte. **Caatinga**, v.20, p.5-14, 2007.

- OLIVEIRA, J.R.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J. et al. Níveis de cálcio em dietas para poedeiras leves e semipesadas no segundo ciclo de produção. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.5, p.1060-1067, 2002.
- PEREIRA, L.P. **Estudo meta-analítico de moduladores nutricionais para porcas gestantes e lactantes**. 2017, 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.
- PETERS, J.C.; MAHAN, D.C. Effects of dietary organic and inorganic trace mineral levels on sow reproductive performances and daily mineral intakes over six parities. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2247-2260, 2008.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. ED. ROSTAGNO, H.S. Viçosa: UFV, 252p. 2017.
- SAKOMURA, N. K.; H. S. ROSTAGNO. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2016.
- SANTANA, A.L.A.; CARVALHO, P.L.O.; OLIVEIRA, N.T.E. et al. Different sources of calcium for starter pig diets. **Livestock Science**, v.206, p.175-181, 2017.
- SANTOS, L.B.D.A.; GENOVA, J.L.; CARVALHO, P. L.O. et al. Calcitic seaweed (*Lithothamnion calcareum*) as an organic source of calcium in piglet feeding. **Animal Production Science**, v.61, n.7, p.662-672, 2021.
- SANTOS, S.; VINDEROLA, G.; SANTOS, L.; et al. Biodisponibilidad de minerales que lados y no que lados: una revisión sistemática. **Revista Chilena de Nutrición**, v.45, n.4, p.381-392, 2018.
- SARTORI, V.A.C. **Abordagem de algas calcárias (*Lithothamnium calcareum*) e o uso de sua farinha como suplementação na nutrição animal**. 2017. 49f. Trabalho de Graduação (Bacharelado Interdisciplinar em Ciências Agrárias) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Unaf.
- SCHIEFERDECKER, M.E.M.; THIEME, R.D.; SCHMEIL, C. Cálcio. In.: SHEMEIL, C.; THIEME, R.D.; SCHIEFERDECKER, M.E.M. **Vitaminas, minerais e eletrólitos: aspectos fisiológicos, nutricionais e dietéticos**. 1.ed. Rio de Janeiro-RJ: Editora Rúbio, 2015, p. 179.
- SILVA, J.H.V.; PASCOAL, L.A.F. Função e Disponibilidade dos Minerais. In: SAKOMURA, N.K.; et al. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014. p.129, 2014.
- SUTTLE, N.F. **Mineral nutrition of livestock**. 4.ed. Cambridge: CABI, 2010. 587p.
- TOUCHETTE, K.J.; ALLEE, G.L.; NEWCOMB, M.D. et al. The lysine requirement of lactating primiparous sows. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1091-1097, 1998.
- VALADARES, W.R. **Perfil bioquímico de porcas na pré-parto e sua relação com o peso dos leitões ao nascimento**. 2017, 33f. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- VEUM, T.L. Phosphorus and calcium nutrition and metabolism. In: VITTI, D.M.S.S.; KEBREAB, E. (Ed.). **Phosphorus and calcium utilization and requirements in farm animals**. London, United Kingdom: CAB International, 2010. p.94-111.

3 ALGAS MARINHAS CALCÁRIAS NA ALIMENTAÇÃO DE FÊMEAS SUÍNAS

Resumo: Diante dos crescentes avanços na nutrição de suínos, o presente estudo teve por objetivo avaliar a combinação de calcário calcítico (CC), fosfato bicálcico (FB) e Algas Marinhas Calcárias (AMC) *Lithothamnium calcareum* em dietas de fêmeas suínas gestante e lactantes e suas leitegadas. Os parâmetros avaliados foram: desempenho produtivo e indicadores sanguíneos para as matrizes, e o desempenho produtivo, indicadores sanguíneos, biometria de órgãos, microbiologia intestinal e os parâmetros do trato gastrintestinal e ósseo dos leitões. Total de 35 fêmeas suínas (DB-DanBred genética suína) foram alocadas em um delineamento de blocos ao acaso completos dentro de dois tratamentos experimentais, compostos de uma dieta controle (DC) contendo CC + FB ou DC *plus* (adição de AMC na proporção de 0,4%). Os resultados indicaram que houve aumento no peso da leitegada e no número de leitões desmamados para adição de AMC em relação ao grupo controle. Em relação ao rendimento das porcas, foram observadas diferenças entre as ordens de parto, e um aumento considerável foi verificado a partir do segundo parto. Para os parâmetros de composição do leite o tratamento com AMC demonstrou valores superiores ao controle para temperatura, densidade, sólidos totais desengordurados, proteína, lactose e cinzas. A contagem de Enterobacteriaceae no conteúdo do ceco de animais alimentados com adição de AMC apresentou valor superior ao controle. Portanto, quando analisados em conjunto os parâmetros, a adição de AMC em dietas de fêmeas suínas é uma opção em substituição ao cálcio inorgânico, levando em conta a necessidade nutricional dos animais. Ao adicionar AMC em dietas de porcas durante a gestação e lactação, é possível melhorar alguns índices produtivos, sem prejudicar o desempenho, biometria de órgãos e os parâmetros do trato gastrointestinal e ósseo de leitões.

Palavras-chave: cálcio orgânico, calcário calcítico, *Lithothamnium* sp., gestação suína, lactação suína, densitometria óssea.

CALCAREOUS SEAWEED IN SWINE FEMALES FEED

Abstract: Given the increasing advances in swine nutrition, the present study aimed to evaluate the combination of calcitic limestone (CL), dicalcium phosphate (DP) and *Lithothamnium calcareum* marine algae (LCMA) in diets of pregnant and lactating swine and their litters. The parameters evaluated were productive performance and blood indicators for the sows, and productive performance, blood indicators, organ biometry, intestinal microbiology and the gastrointestinal and bone tract parameters of their piglets. A total of 35 swine (DB-DanBred swine genetics) were allocated in a complete randomized block design within two experimental treatments, composed of a control diet (CD) containing CL + DP or CD *plus* (LCMA addition in the proportion of 0.4%). The results indicated that there was an increase in litter weight and in the number of piglets weaned for LCMA addition compared to the control group. In relation to the sows yield differences were observed between the parity orders, where a considerable increase was verified from the second parturition. For milk composition parameters, the treatment with LCMA showed values higher to the control for temperature, density, defatted total solids, protein, lactose and ash. The count of Enterobacteriaceae in the cecum content of animals fed with LCMA addition showed a higher value than the control. Therefore, when analyzed together the parameters, the LCMA addition in the diets of female swine is an option to replace inorganic calcium, considering the nutritional needs of the animals. By adding LCMA to sow diets during gestation and lactation, it is possible to improve some production rates, without harming performance, organ biometrics and the gastrointestinal and bone tract parameters of piglets.

Key-words: organic calcium, calcitic limestone, *Lithothamnium* sp., swine gestation, swine lactation, bone densitometry.

3.1 Introdução

Diante dos crescentes avanços na suinocultura, cada vez mais tem se buscado os melhores índices zootécnicos e de aprimoramento do manejo, principalmente em relação a reprodução e nutrição (VERUSSA, 2015). Em vista disso, estudos voltados a suplementação mineral são essenciais para alcançar o melhor desempenho e produtividade da granja.

Em geral, os minerais participam de diversas funções metabólicas, estruturais e fisiológicas, que permitem ao animal crescer e se desenvolver adequadamente (KIEFER, 2005). O cálcio é um macromineral essencial na mineralização óssea, presente em 98-99% da estrutura óssea dos animais. Os demais, a cerca de 1-2% estão presentes nos fluídos corporais. Além de sua função estrutural, o cálcio atua na regulação homeostática e fisiológica do organismo, como por exemplo, na contração muscular e funcionamento de organelas intracelulares (BLAND, 2016; SUTTLE, 2010).

Como esse mineral não pode ser produzido pelos animais, deve ser adquirido na alimentação (MAIORKA e MACARI, 2002). A base da dieta de suínos são os grãos, que contêm altos teores de cálcio, contudo, estão insolubilizados na forma de complexos de ácido fítico (SANTANA et al., 2017), justificando a suplementação mineral na nutrição de suínos.

As fontes de cálcio comumente usadas são de origem inorgânica (rochas), contudo, são recursos não renováveis e sua extração causam a impacto ao ambiente. Nesse sentido, uma alternativa tem sido a utilização de fontes orgânicas, como as farinhas de ossos, conchas e algas marinhas, visto sua abundância em cálcio biodisponível (SÁ et al., 2004; ROSTAGNO et al., 2017).

A *Lithothamnium calcareum* é uma alga marinha calcária pertencente à família das Corallineacea, que possui em sua composição mais de 20 oligoelementos, além do carbonato de cálcio (32-38%) e magnésio (2%). Seu esqueleto estrutural altamente poroso, permite maior solubilidade, e facilita a absorção pelos animais (MELO et al, 2006; MELO e MOURA, 2009).

Atualmente, as algas marinhas calcárias têm sido empregadas em muitos setores, podendo destacar o setor agrícola (correção e fertilização de solos), saúde humana (formulação de cosméticos, produtos dietéticos e implantes para cirurgia óssea) e no setor pecuário como fonte alternativa de cálcio na suplementação mineral de ração (MELO et al., 2006; ALMEIDA et al., 2012; SANTANA et al., 2017). Mais recentemente, estudos voltados a nutrição de suínos, indicam o potencial da alga *L. calcareum* nas dietas de leitões em substituição do calcário calcítico como fonte alternativa de cálcio (GONZÁLEZ-VEJA et al., 2014; SCHLEGEL e GUTZWILLER, 2016; SANTOS et al., 2021).

Assim sendo, o setor suinícola tem voltado a atenção a importância do cálcio na produção de matrizes gestantes e lactantes, visto que, teores adequados de minerais são necessários para prover todo o aporte necessário ao feto durante a gestação e início da lactação (TOUCHETTE et al., 1998; MAHAN et al., 2009). Logo, as exigências de cálcio e fósforo aumentam durante a gestação e lactação pelo crescimento fetal e a produção de leite, sendo necessário seu adequado balanceamento nas rações, sem desconsiderar características como: a categoria da fêmea (marrã ou porca) e o tamanho da leitegada; dessa forma, evitando a ocorrência de desmineralização óssea durante a vida reprodutiva (MAHAN et al., 2009; PEREIRA, 2017).

Nesse sentido, o presente estudo objetivou avaliar a combinação de calcário calcítico, fosfato bicálcico e algas marinhas calcárias (*L. calcareum*) em dietas de fêmeas suínas nas fases de gestação e lactação frente os parâmetros de desempenho produtivo e indicadores sanguíneos, bem como, o efeito residual sobre o desempenho, indicadores sanguíneos, biometria de órgãos, microbiologia intestinal e os parâmetros do trato gastrointestinal e tecido ósseo das leitegadas.

3.2 Material e Métodos

Este estudo foi conduzido em uma unidade comercial produtora de leitões, localizada no município de Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil (-24.5000063, -54.0729281). Todos os procedimentos envolvendo o uso de animais em pesquisa foram aprovados pelo Comitê de ética no uso de animais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) sob o protocolo n. 31/2019.

Delineamento experimental, animais, alojamento e dietas

No início do período experimental foram selecionadas aleatoriamente 52 fêmeas suínas (DB-DanBred genética suína). No dia 21 (pós-inseminação), as fêmeas suínas não prenhes foram removidas do experimento, restando 19 porcas no tratamento sem algas marinhas calcárias (AMC) e 16 fêmeas recebendo dietas à base de AMC, com duração até o dia do desmame dos leitões (141 de 2 dias). O total de 35 fêmeas suínas foram alocadas em um delineamento de blocos ao acaso dentro de dois tratamentos experimentais. O lote no tempo (rodada) foi considerado como fator de blocagem e a porca representou a unidade experimental em cada gaiola.

No início da fase de gestação, os animais foram pesados e identificados com brincos numerados e alojados em um galpão de alvenaria e telhas de cerâmica, equipado de exaustores e aspersores de água, constituído de gaiolas metálicas (2,1m²), com piso de concreto parcialmente ripado, providas de comedouros frontais tipo calha e bebedouros tipo chupeta na parte posterior, dispostas em fileiras, divididas por um corredor central, e permaneceram pelo período de 105 dias. Na fase de lactação, as porcas foram transferidas ao galpão de maternidade, composto por baias individuais de alvenaria e piso ripado de material plástico, com gaiolas metálicas para contenção das porcas e barras laterais para evitar o esmagamento de leitões. As baias tinham escamoteador de alvenaria, com comedouros individuais e bebedouros tipo chupeta para leitões e porcas. Os animais permaneceram até o dia de desmame dos leitões (27 dias de idade).

As rações foram formuladas para atenderem as exigências nutricionais dos animais (Manual DB Genética Suína) de acordo com a fase experimental. Os tratamentos foram compostos de uma dieta controle (DC) formulada com calcário calcítico (CC) e fosfato bicálcico (FB) ou DC *plus* (adição de AMC na proporção de 0,4% por tonelada de dieta) nas fases de gestação e lactação. As fêmeas suínas em gestação foram arraçadas uma vez ao dia no período da manhã (7h) e todas receberam a mesma quantidade de ração (2,5kg/animal/dia) em porções previamente pesadas e armazenadas em sacos plásticos. Na fase de pré-parto e lactação, os animais foram arraçados três vezes ao dia (7kg \cong /animal).

Coleta de amostras, preparo e métodos analíticos

Amostras das dietas experimentais foram coletadas e acondicionadas em recipientes plásticos transparentes e previamente identificadas para posteriores análises físico-químicas, de acordo com Silva e Queiroz (2006).

As fêmeas suínas em gestação foram avaliadas quanto a porcentagem de retorno de cio, de abortos e o escore de condição corporal realizados na pré-cobertura, com 35 e 90 dias de prenhez.

No desempenho zootécnico das fêmeas gestantes foram avaliadas as variáveis: consumo de ração total (CRT), peso corporal inicial (PCI), peso corporal final (PCF), ganho de peso corporal diário (GPCD), taxa de conversão alimentar (TCA), número de leitões nascidos vivos, peso da leitegada e peso do leitão ao nascimento (kg).

No 60º dia de gestação e 15º dia de lactação, as matrizes receberam ração contendo 1% de indicador (Celite™) para análise de digestibilidade do trato total aparente. Após 4 dias

do início da ingestão das rações com indicador, as fezes foram coletadas individualmente em período de 12 horas. As fezes foram acondicionadas em sacos plásticos identificadas por repetição e armazenadas em congelador a -20°C após a coleta.

Para a análise do indicador fecal, a quantidade de 10% das fezes totais coletada/porca foi aleatoriamente amostrada das bandejas para representar a coleta parcial. O peso destas foi contabilizado como parte da produção total de fezes pelo procedimento de coleta total. Para a determinação da amostra seca ao ar das fezes, estas foram descongeladas, homogeneizadas por repetição, pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada (modelo TE 394/2, marca Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil) em temperatura de 55°C por 72 horas. Após a pré-secagem, as amostras foram processadas em moinho tipo bola (modelo TE-350, marca Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil) e armazenados em frascos previamente identificados para que porções fossem utilizadas para realização das análises de matéria seca (MS, %) das fezes e das rações em estufa de ventilação forçada (modelo TE 393/3, marca Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil) a 105°C por 24 horas. A análise de matéria mineral (MM, %) das amostras de fezes e das rações foi realizada com a utilização de mufla (modelo F2 DM monofásico, marca Fornitec, São Paulo, SP, Brasil) de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (1990).

O cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), cálcio e fósforo seguiram a metodologia proposta por Matterson et al. (1965).

Amostragem de sangue

Para avaliar a concentração de indicadores sanguíneos, a coleta de sangue foi realizada no período da manhã (08h00) em todas as matrizes aos 60 e 90 dias de gestação, no dia 12 de lactação das fêmeas e no dia 14 e 27 do período de lactação em leitões (2 animais/baia), usando agulhas de calibre de 1,2 x 40 e 0,7 x 30 mm, respectivamente. O sangue foi coletado utilizando a técnica de colheita pela veia cava cranial anterior, com seringa com capacidade de ± 10 mL de sangue e agulha. Após a colheita, o sangue foi transferido para um vidro estéril a vácuo com anticoagulante (heparina) e outro com fluoreto de sódio. As amostras foram transportadas em caixa térmica com gelo até o Laboratório de Parâmetros Sanguíneos da Unioeste. As amostras foram centrifugadas (centrífuga Centrilab, modelo 80-2B) a 3.000 rpm por 10 minutos. Em seguida, aproximadamente 1,5 mL de plasma de cada tubo foram transferidos para microtubos de polietileno tipo “*ependorf*” em duplicatas previamente identificados e congelados a -20°C para posteriores análises de ureia, glicose e cálcio. As

análises foram realizadas com auxílio de aparelho de espectrofotometria de absorção (modelo SP-22, marca Biospectro, São Paulo, SP, Brasil) e kits específicos Gold Analisa.

Avaliação do escore de condição corporal (ECC)

As aferições do ECC foram conduzidas na pré-cobertura aos 35 e 90 dias de gestação. O ECC foi determinado de acordo com as especificações técnicas contidas no Manual Nutron de Manejo de Gestação e Maternidade (2018), com o auxílio de um equipamento denominado caliper, que consiste em localizar a última costela da fêmea e posteriormente posicionar os apêndices do caliper sobre a pele do animal, sem pressionar os apêndices, de maneira que o centro do caliper fique centralizado com a coluna vertebral do animal e assim a leitura do aparelho é efetiva (SONI et al., 2019). Após a avaliação do ECC dos animais, foi ajustada a quantidade de ração de acordo com o programa de alimentação descrito pela DB Genética Suína.

Manejo na maternidade com os leitões

Os partos das fêmeas suínas foram acompanhados, facilitando o manejo adequado dos leitões. Logo após o nascimento, os animais foram secos com pó secante (Pig Sec, Costavet®) e a leitegada de cada fêmea foi pesada em balança digital (modelo UL-50, marca Digi-tron, Curitiba, PR, Brasil). Após os primeiros manejos pós-nascimento, os leitões foram conduzidos às fêmeas para a ingestão de colostro. Após 3 dias de vida dos leitões foi aplicado ferro dextrano (Ferrodex, Fabiani®), realizado o corte da cauda, a marcação numérica nas orelhas e a vermifugação (Ripercol, Zoetis®) dos animais.

Aos 7 dias de idade, foi fornecida ração seca aos leitões em comedouros coletivos localizados nas laterais das baias metálicas. Os leitões pertencentes ao tratamento com AMC tiveram suas rações proporcionalmente suplementadas com o produto até o desmame.

Avaliação da composição físico-química do leite

Após a aplicação de 1 mL de ocitocina injetável (Ocitovet, Ceva®) via intramuscular no pescoço do animal, aproximadamente 40 mL de leite foram coletados aos 14 dias de lactação. Durante a ordenha manual do *pool* de tetas funcionais de cada fêmea, a amostra coletada foi homogeneizada e armazenada em duplicatas em recipientes estéreis. Logo após as coletas foram

realizadas as análises do conteúdo do leite no Laboratório de Nutrição da UNIOESTE com o auxílio do aparelho analisador de leite de alta velocidade (modelo Milkoscope Expert Automatic, marca Tex Tech, Cataguases, MG, Brasil) para determinação de temperatura da amostra (°C), gordura (%); densidade (kg/m³), lactose (%), extrato seco (%), proteína (%), ponto de congelamento (°C) e sólidos totais (%). Posteriormente, as amostras foram armazenadas em temperatura de -20°C.

Abate dos leitões

Ao final do período experimental, seis leitões de cada tratamento foram abatidos após jejum alimentar de seis horas, seguindo método de abate humanizado (eletroanestesia seguida de exsanguinação, de acordo com o § 1º do art. 14 da Lei nº. 11.794, de 2008) para a coleta de dados e amostras biológicas para as análises de pH do conteúdo do trato digestório, microbiologia intestinal, morfometria do epitélio intestinal e parâmetros ósseos (3ºs metatarsos e metacarpos). Os animais foram escolhidos baseado no peso corporal mais próximo ao peso corporal médio de cada tratamento. O jejum foi realizado para diminuir a presença de resíduos nos órgãos, facilitar o manuseio e evitar danos aos tecidos que foram utilizados para análises morfométricas.

Análise de pH dos conteúdos do trato digestório e pesagem dos órgãos digestórios e não digestórios

Imediatamente após o abate, foi avaliado o pH dos conteúdos dos órgãos digestórios, utilizando medidor de pH digital (modelo TEC-2 mp, marca TECNAL, Piracicaba, SP, Brasil). Posteriormente, o estômago, intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo) e intestino grosso (ceco, cólon e reto) vazios e o fígado, bem como o coração, baço e rins foram pesados em balança digital (modelo MX-111, marca Maxon, China). Os comprimentos dos intestinos delgado e grosso foram mensurados com fita métrica comum. A partir das medidas obtidas foram calculados os pesos de órgãos relativos (POR) pela equação:

$$POR (\%) = \left(\frac{\text{Peso de órgão}}{\text{Peso corporal}} \right) \times 100$$

Análises de morfometria e morfologia intestinal

Amostras de ± 3 cm extraídas a 150 cm da junção íleo-cecal no sentido cranial foram coletadas do jejuno (Guo et al., 2001) dos animais abatidos para mensurar a altura de vilosidades (AV), profundidade de criptas (PC) e relação AV:PC para avaliar as características morfológicas desses tecidos. Os fragmentos coletados foram lavados com solução fisiológica (cloreto de sódio 0,9%) e estocados em recipientes plásticos esterilizados, contendo solução de formol tamponado a 10%. O material foi enviado ao laboratório comercial Mercolab (Cascavel, PR, Brasil), onde foi realizado o processamento em parafina, coloração com hematoxilina e eosina e preparação das lâminas, de acordo com métodos descritos por Prophet et al. (1994) e Kraieski et al. (2017). As análises histológicas foram realizadas por meio de um microscópio óptico (modelo CX31RTSF, marca Olympus, Tóquio, Japão) e sistema computacional ToupView x86. A leitura da altura de 10 vilosidades e as respectivas criptas foram analisadas para calcular o valor médio por animal. Os parâmetros analisados na morfologia do epitélio intestinal foram a presença de infiltrado, hiperemia, descamação, coccidiose, grumos, cistos, muco, células calciformes e necrose tecidual.

Análise microbiológica

Após o abate, foram coletadas amostras dos conteúdos do jejuno, íleo, ceco e cólon, que foram destinadas às contagens de populações de enterobactérias (ágar EMB levine, Kasvi) e bactérias ácido lácticas (ágar MRS, Acumedia). As amostras foram acondicionadas em frascos plásticos estéreis contendo aproximadamente 20mL de amostra por frasco, identificadas, armazenadas em caixa térmica e em seguida transportadas sob refrigeração ao Laboratório de Microbiologia da UNIOESTE. Posteriormente, um grama de amostra dos conteúdos do trato digestório foi transferido para tubos estéreis identificados, sendo submetidas à diluição seriada em solução fisiológica a 0,9%. A diluição 10^{-1} (1 g de amostra com 9 mL de solução fisiológica) foi homogeneizada em vortex (modelo AP 56; marca Phoenix, Araraquara, SP, Brasil) por 30 segundos. As demais diluições (até 10^{-6}) foram homogeneizadas em vortex (modelo AP 56; marca Phoenix, Araraquara, SP, Brasil) por 10 segundos. Uma alíquota de 100 μ L de cada diluição foi semeada por espalhamento em superfície com o auxílio de uma alça de Drigalski nos meios de cultura (placa de Petri de vidro esterilizada) adequados ao seu crescimento (WEEDMAN et al., 2011). Para detectar as populações de enterobactérias, as placas contendo o inóculo foram incubadas em estufas aeróbicas a 37°C por 24 horas. Para detectar as populações de bactérias ácido lácticas as placas contendo o inóculo foram incubadas em estufas anaeróbicas a 37°C por 48 horas. Após, os dados de contagens microbiológicas obtidos foram

transformados para uma escala logarítmica (base dez), para avaliação do logaritmo da contagem total de bactérias.

Resistência e densitometria óssea

Após o abate, as patas dianteiras e traseiras de todos os animais foram coletadas e acondicionadas em sacos identificados. Posteriormente, os ossos foram limpos manualmente e congelados a -20°C . Os terceiros metacarpos e metatarsos dianteiros e traseiros de cada animal foram enviados para análise de densidade óssea no laboratório da UNESP/Jaboticabal utilizando o equipamento Hologic Discovery Wi® software modo small animal e resistência óssea realizado em Máquina Universal de Ensaio Mecânicos (modelo DL 10.000, marca EMIC, com célula carga-EMIC de 200 kgf). Os dados coletados por computador diretamente acoplado à máquina foram expressos em Newton e depois transformados para quilograma-força por centímetro quadrado (kgf/cm^2).

Procedimentos estatísticos

Antes de avaliar o resultado da análise de variância (ANOVA) ou covariância (ANCOVA), foi procedida a análise dos resíduos padronizados de *Student* (*RStudent*), a fim de diagnosticar observações influentes ou *outliers* que pudessem interferir na normalidade dos resíduos. O critério adotado para identificação de *outliers* foi baseado na curva de distribuição normal, ou seja, valores de *RStudent* maiores ou iguais a três desvios-padrão, em valor absoluto, foram considerados como influentes. A normalidade dos erros experimentais e a homogeneidade de variâncias dos erros entre os tratamentos para as diversas variáveis foram avaliadas previamente utilizando os testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente.

Para as características das fases de gestação e lactação o modelo estatístico utilizado foi: $Y_{ijkl} = m + T_i + op_j + \beta (X_{ijkl} - \bar{X}_{...}) + b_l + \varepsilon_{ijkl}$. Os efeitos dos fatores incluídos no modelo foram descritos por: Y_{ijkl} = observação média da variável dependente em cada parcela, medida na i -ésima classe de tratamento; na j -ésima classe de ordem de parição, na k -ésima repetição e no l -ésimo bloco; m = efeito da média geral; T_i = efeito fixo das classes de tratamentos, para $i = (1$ ou $2)$; op_j = efeito aleatório das classes de ordem de parição, para $j = (1, 2, 3, 4$ e $5)$; β = coeficiente de regressão de Y sobre X ; X_{ijkl} = observação média da covariável (peso corporal inicial da porca) em cada parcela, medida na i -ésima classe de dieta; na j -ésima classe de ordem de parição, na k -ésima repetição e no l -ésimo bloco; $\bar{X}_{...}$ = média geral para a covariável X ; b_l

= efeito de bloco, para $l = (1 \text{ e } 2)$; ε_{ijkl} = erro aleatório da parcela associado com cada observação Y_{ijkl} . Para as características de composição físico-química do leite da porca, morfometria intestinal e características de parâmetros ósseos dos leitões, o modelo estatístico utilizado foi o mencionado anteriormente, sem incluir o efeito de ordem de parição e covariável.

Para a análise estatística do número de leitões vivos por porca e porcentagem de natimortos, o *Generalized Linear Model* (GLM) foi ajustado aos dados, utilizando a distribuição Normal e função de ligação *log*. Para a análise estatística de descrição histopatológica no jejuno de hiperemia, grumos bacterianos, bastonetes, muco, células caliciformes, o GLM foi ajustado com a distribuição normal e função de ligação *identity*. Para as características de infiltrado celular, descamação epitelial e necrose tecidual, o GLM foi ajustado com a distribuição inversa gaussiana e função de ligação *log*, gamma e função de ligação *identity* e gamma e função de ligação *identity*, respectivamente.

Para a análise estatística de descrição histopatológica no íleo de infiltrado celular, hiperemia, descamação epitelial, grumos bacterianos, células caliciformes e necrose tecidual, o GLM foi ajustado com a distribuição inversa gaussiana e função de ligação *log*, gamma e função de ligação *identity*, gamma e função de ligação *identity*, normal e função de ligação *log*, normal e função de ligação *log* e Poisson e função de ligação *log*, respectivamente.

O GLM utilizado foi representado pela porção sistemática $\eta = \mu + T_i + b_j$, em que μ foi o efeito associado à média geral; T_i foi o efeito associado a i -ésima classe de tratamento, para $i = (1 \text{ e } 2)$ e b_j foi o efeito associado ao j -ésimo bloco, para $j = (1 \text{ e } 2)$. A significância dos efeitos associados às dietas experimentais foi verificada com a análise do tipo III. O critério para avaliar a qualidade de ajuste do modelo foi verificado pelo Critério de Informação de Akaike (AIC) em conjunto com a análise gráfica de aderência dos resíduos. As comparações de médias foram realizadas usando um teste da diferença entre as *lsmeans*, através da estatística χ^2 .

Os efeitos das classes dos tratamentos experimentais sobre as variáveis dependentes foram verificados por meio da ANOVA ou ANCOVA por meio do teste F. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando dos procedimentos do *software* estatístico “*SAS University Edition*” (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Todos os dados foram apresentados como médias com erro padrão da média.

3.3 Resultados e Discussão

No presente estudo foi investigado o efeito da adição de algas marinhas calcárias (AMC) na alimentação de porcas em gestação e lactação, bem como a resposta biológica de leitões. Para os índices zootécnicos analisados na fase de gestação (Tabela 1), houve efeito ($P < 0,05$) apenas para a variável peso da leitegada ao nascimento, em que comparando as fêmeas suínas do grupo controle, maiores pesos foram obtidos pelas matrizes que receberam o tratamento com AMC (18,33 vs 19,89). Podendo ser explicado pelo maior aporte de cálcio em matrizes gestantes alimentadas com a suplementação de cálcio orgânica, visto que AMC por sua estrutura porosa, apresenta maior solubilidade em comparação ao cálcio inorgânico, e está diretamente relacionado a biodisponibilidade e absorção intestinal desse mineral (MELO et al., 2006).

Barrilli et al. (2017) avaliaram a substituição parcial e total do cálcio inorgânico pelo orgânico (carbo-amino-fosfo-quelato de cálcio) em dietas de porcas e suas leitegadas, e não observaram diferença significativa para o parâmetro peso médio da leitegada, sugerindo a total substituição da fonte de cálcio inorgânica pela orgânica, sem impactar negativamente na produtividade e no desempenho reprodutivo dos animais. Ao observar o peso médio da leitegada utilizando a fonte de cálcio 100% orgânica, os autores supracitados obtiveram valores menores quando comparado com o cálcio orgânico proveniente das AMC (18,2 vs 19,89), sugerindo que a fonte de cálcio influencia na disponibilidade e absorção pelos animais, consequentemente no seu crescimento e produtividade.

Tan et al. (2016) verificaram a influência dos níveis de cálcio (calcário) em dietas de porcas durante a gestação e lactação e não encontraram diferença significativa no número de leitões nascidos vivos para os tratamentos com baixo e alto teor de cálcio na dieta. Entretanto, Peters e Mahan (2008) observaram que dietas com fontes minerais orgânicas (Cu, Fe, Mn, Se e Zn) influenciaram positivamente o desempenho reprodutivo das porcas, particularmente o tamanho da ninhada, que resultou em maior número de leitões nascidos vivos em comparação com porcas alimentadas com minerais inorgânicos (11,3 vs 10,6).

Tabela 1. Índices zootécnicos de fêmeas suínas no período de gestação alimentadas com dietas contendo algas marinhas calcárias.

Parâmetros ¹	Dietas (D) ²		Ordem de parição (OP) ³					EPM ⁴	<i>p-value</i> ⁵		
	Controle	AMC	OP ₁	OP ₂	OP ₃	OP ₄	OP ₅		D	OP	Cov
CRT, kg	220,9	221,4	221,4	220,77	219,52	221,40	230,80	1,611	-	-	-
PCI, kg	173,16	189,44	176,42	178,27	195,80	181,50	188,00	4,000	-	-	-
PCF, kg	222,89	238,5	228,42	227,27	249,20	203,50	248,00	4,729	0,536	0,330	0,000
GPCD, kg	0,48	0,48	0,47	0,49	0,49	0,48	0,55	0,022	0,875	0,966	0,157
TCA, kg:kg	4,46	4,32	4,44	4,38	4,34	4,35	3,85	0,222	0,291	0,968	0,008
Nº de LNT	13,37	13,62	13,08	13,80	15,20	10,50	11,00	0,624	0,886	0,719	0,533
Peso da leitegada ao nascer, kg	18,33 ^b	19,89 ^a	19,83	18,83	18,78	16,65	18,90	0,581	0,024	0,354	0,305
Peso do leitão ao nascer, kg	1,37	1,43	1,46	1,35	1,26	1,56	1,72	0,039	0,131	0,311	0,081

*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si de acordo com o teste F ao nível de 5% de probabilidade.

¹CRT: consumo de ração total; PCI: peso corporal inicial; PCF: peso corporal final; GPCD: ganho de peso corporal diário; TCA: taxa de conversão alimentar, LNT: leitões nascidos totais.

²Dietas experimentais – AMC: algas marinhas calcárias.

³OP: ordem de parição indicando o número de partos por porca.

⁴EPM: erro padrão da média.

⁵Nível de significância; Cov: efeito da covariável peso corporal inicial da porca.

Não houve diferença para os resultados referentes ao número de leitões nascidos totais (LNT) em ambos os tratamentos; contudo, os números observados no experimento foram superiores aos achados de Ribeiro et al. (2008) que encontraram média de 10,40 e Borges et al. (2008), com a média de 11,07 LNT. Os avanços na produtividade do rebanho e no sistema de produção nos últimos anos, associados a fatores ambientais, genéticos, maternos, nutricionais e de manejo, aumentaram a capacidade reprodutiva das matrizes, vigor e sobrevivência dos leitões, justificando a produção de leitegadas maiores em neste estudo (BORGES et al., 2008; ROSA et al., 2014).

Quando os parâmetros foram analisados considerando à ordem de parto (OP) foi observado variações nas fêmeas suínas de acordo com a idade de produção. Embora não foi constatado efeito significativo para OP, a fêmeas de OP 4 e 5 mostraram ligeira redução no NLT, que indica menor prolificidade a partir da OP 4.

É perceptível que a OP influencia no desempenho reprodutivo das porcas. As fêmeas suínas primíparas apresentam menores reservas corporais o que aumenta as exigências energéticas para o primeiro parto, influenciando significativamente no parto subsequente. A partir da OP 2 ocorre aumento nos índices reprodutivos das fêmeas até na OP 6 e 7; entretanto, esses índices podem variar pela capacidade uterina das mães (MELLAGI et al., 2013; ROSA et al., 2014).

Na suinocultura industrial, o período de gestação representa mais de 60% da vida útil da fêmea, sendo possível prever sua eficiência reprodutiva, que está intimamente atrelada a taxa de leitões natimortos na granja (HASHIMOTO et al.; 2004; BORGES et al., 2008). Foram observadas diferenças nas análises quanto ao número de leitões nascidos vivos (LNV) ($P=0,025$) e porcentagem de natimortos ($P=0,037$) (Figura 1). As porcas que receberam dietas com a adição de AMC apresentaram valores superiores para número de LNV e valores inferiores de natimortos quando comparado ao tratamento controle. Dessa forma, a dieta com adição de AMC na alimentação das porcas em gestação apresentou melhor performance de nascimentos na granja. Isso pode ser justificado pela disponibilidade de cálcio proveniente de fonte orgânica como as AMC, visto que durante o período de parto as reservas intramusculares de cálcio são extremamente importantes para a contração uterina e expulsão do feto com o propósito de diminuir o tempo total do parto e a ocorrência de natimortos (BARRILLI et al., 2017).

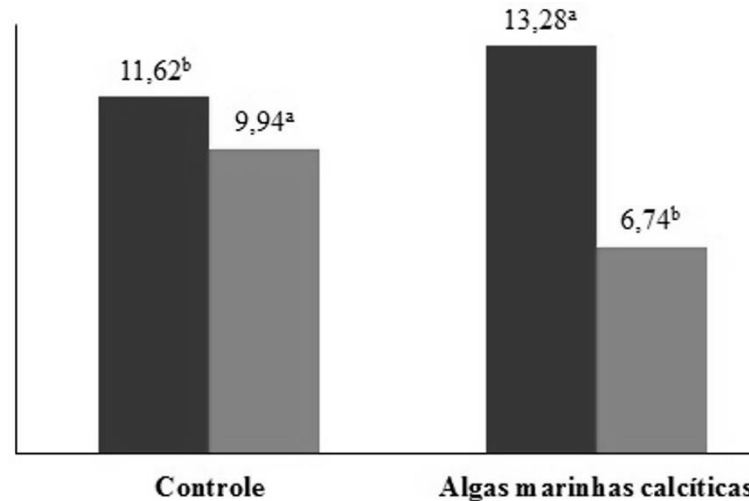


Figura 1. Número de leitões nascidos vivos e % de natimortos de porcas lactantes alimentadas com algas marinhas calcárias.

Preto: média do número de leitões nascidos vivos por porca de acordo com as dietas ($P = 0,025$). Cinza: % de natimortos de acordo com as dietas ($P = 0,037$).

Os parâmetros analisados para as fêmeas suínas e suas leitegadas no período de lactação alimentadas com AMC estão descritos na Tabela 2. Pode ser observado que as matrizes pertencentes ao tratamento com a adição de AMC tiveram maior número de leitões *cross-fostering* ($P=0,026$) quando comparadas ao grupo controle (12,19 vs 11,00). As porcas em OP 5 apresentaram maior perda de peso corporal ($P=0,011$) quando comparadas às fêmeas de OP 4. Em adição, as fêmeas suínas em OP 3 foram mais pesadas ($P=0,000$) do que porcas de OP 1, 2 e 5 ao desmame. A OP influencia diretamente a reserva energética e proteica entre o tecido mamário e os demais tecidos corporais, concomitantemente na perda de peso (MELLAGI et al., 2010), conforme observado em nesta investigação, quando houve diferenças na perda de peso corporal entre as OP.

Uma leitegada maior e mais pesada poderia justificar as perdas observadas nas porcas lactantes, visto que demandam maior aporte de leite e há maior desgaste da fêmea suína em lactação (MARTINS et al., 2008); contudo, o ganho de peso dos leitões e o peso corporal final das leitegadas de ambos os grupos não tiveram diferenças. Esses resultados também foram observados por Barrilli et al. (2017) ao avaliarem o impacto da substituição parcial e total do cálcio inorgânico pelo cálcio orgânico, em que o ganho de peso da ninhada, o tamanho da ninhada e o peso médio dos leitões ao desmame também não foram influenciados pelos tratamentos.

Tabela 2. Índices zootécnicos de fêmeas suínas no período de lactação alimentadas com dietas contendo algas marinhas calcárias.

Parâmetros ¹	Dietas (D) ²		Ordem de parição (OP) ³					EPM ⁴	<i>p-value</i> ⁵		
	Controle	AMC	OP ₁	OP ₂	OP ₃	OP ₄	OP ₅		D	OP	Cov
CRT, kg	153,02	154,57	154,36	151,00	160,21	153,94	145,30	1,547	0,905	0,109	0,060
PCI, kg	222,89	238,50	228,42	227,27	249,20	203,50	248,00	4,729	0,536	0,330	-
PCF, kg	198,28	203,09	189,75 ^c	199,02 ^{bc}	221,00 ^a	208,19 ^{ab}	205,00 ^b	2,863	0,105	0,000	<0,0001
Nº de leitões	11,00 ^b	12,19 ^a	11,50	11,92	11,80	10,20	13,00	0,293	0,026	0,173	0,0306
PCI da leitegada, kg	17,87	20,23	19,43	19,19	18,10	16,72	25,70	0,798	0,098	0,106	0,016
NLC	10,05	10,69	10,00	11,17	10,40	8,60	13,00	0,345	0,294	0,098	0,373
PCF da leitegada, kg	66,38	68,93	65,6	72,16	72,42	53,70	80,40	2,755	0,688	0,171	0,072
GPCD da leitegada, kg	1,83	1,84	1,74	2,01	2,06	1,38	2,03	0,092	0,953	0,295	0,223
PPCD da porca, kg	0,34	0,38	0,35 ^{ab}	0,37 ^{ab}	0,37 ^{ab}	0,27 ^b	0,51 ^a	0,035	0,440	0,011	0,000

*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si de acordo com o teste F ao nível de 5% de probabilidade.

¹CRT: consumo de ração total; PCI: peso corporal inicial; PCF: peso corporal final; NLC: número de leitões (*cross-fostering*); GPCD: ganho de peso corporal diário; PPCD: perda de peso corporal diária.

²Dietas experimentais – AMC: algas marinhas calcárias.

³OP: ordem de parição indicando o número de partos por porca.

⁴EPM: erro padrão da média.

⁵Nível de significância; Cov: efeito da covariável peso corporal inicial da porca.

Em relação às análises de metabólitos sanguíneos, não foram encontradas diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos estudados para nenhum dos parâmetros analisados (Tabela 3). Apesar de não observada diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos experimentais, as concentrações de cálcio encontrados aos 90 dias de gestação decaem devido ao maior aporte necessário no terço final de gestação, para a produção de leite e término de formação dos leitões (MELLAGI et al., 2013). Além disso, a digestibilidade do trato total de cálcio sofre alterações no final de gestação e esse parâmetro interfere diretamente na concentração de cálcio sérico (LAGOS et al., 2019; LEE et al., 2019).

Nesta fase final de gestação, o fornecimento de cálcio é necessário para que os níveis possam ser satisfatórios e sua queda menos acentuada. No presente estudo, a adição com AMC não foi capaz de alterar a concentração de cálcio nas fêmeas suínas, bem como, não foram observadas alterações físicas ou fatores de deficiência evidentes nos animais testados, como abortos ou condições denominadas “porcas deitadas” (TEIXEIRA et al., 2005). Gao et al. (2019) verificaram que em comparação com os padrões de alimentação convencionais, a suplementação materna adicional com cálcio durante o final da gestação e na lactação pode diminuir natimortos e melhorar o desempenho de crescimento de leitões, melhorando as concentrações de cálcio.

Tabela 3. Concentrações médias de glicose, ureia e cálcio (mg/dL) de fêmeas em gestação alimentadas com dietas contendo algas marinhas calcárias.

Variáveis	Dietas ¹		Média ± EPM ²	<i>p-value</i> ³
	Controle	AMC		
Matrizes em gestação – 60 dias				
Glicose	91,19	101,28	95,82±5,11	0,315
Ureia	30,88	31,85	31,32±1,30	0,669
Cálcio	10,09	10,13	10,11±0,17	0,966
Matrizes em gestação – 90 dias				
Glicose	76,51	71,60	74,25±2,42	0,330
Ureia	32,49	31,20	31,90±0,92	0,403
Cálcio	9,48	9,73	9,59±0,20	0,486

*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si de acordo com o teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade.

¹Dietas experimentais – AMC: algas marinhas calcárias.

²EPM: erro padrão da média

³Nível de significância.

No presente estudo, os valores encontrados para cálcio total em fêmeas gestantes foram na média de 10,11 mg/dL, um resultado no intervalo citado por Alexandre (2005), que encontrou de 6,36 a 11,61 mg/dL em matrizes suínas com 60 dias de gestação alimentadas com

fosfato bicálcico na dieta. Tan et al. (2016) observaram que a baixa concentração de cálcio na dieta diminui o cálcio plasmático, demonstrando a influência da dieta na disponibilidade de cálcio para as porcas gestantes.

Durante o período de lactação das porcas não foi observado diferenças ($P>0,05$) para o parâmetro cálcio em ambos os tratamentos. Contudo, leitões alimentados com AMC mostraram valor médio superior ($P=0,022$) na concentração de cálcio aos 14 dias de idade, comparados àqueles do grupo controle (10,93 vs 10,40) (Tabela 4). Corroborando com os resultados desta pesquisa, Tan et al. (2016) verificaram que níveis mais altos de cálcio podem ser observados em leitões neonatais de porcas alimentadas com dieta rica em cálcio no nascimento.

Tabela 4. Concentrações médias de glicose, ureia e cálcio (mg/dL) de fêmeas em lactação e de leitões na maternidade alimentados com dietas contendo algas marinhas calcárias.

Variáveis	Dietas ¹		Média ± EPM ²	p-value ³
	Controle	AMC		
Matrizes em Lactação				
Glicose	83,37	88,54	85,65±2,49	0,292
Ureia	46,01	42,06	44,20±2,09	0,157
Cálcio	9,62	9,69	9,62±0,14	0,600
Leitões na maternidade – 14º dia				
Glicose	157,32	152,42	155,05±4,66	0,704
Ureia	24,39	21,44	23,03±0,80	0,068
Cálcio	10,40 ^b	10,93 ^a	10,64±0,11	0,022
Leitões na maternidade – desmame (25º dia)				
Glicose	132,57	130,11	131,44±3,04	0,576
Ureia	22,21	19,15	20,81±0,91	0,099
Cálcio	9,79	10,25	10,01±0,13	0,079

*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si de acordo com o teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade.

¹Dietas experimentais – AMC: algas marinhas calcárias.

²EPM: erro padrão da média

³Nível de significância.

Lagos et al. (2019), relataram que a concentração de cálcio plasmático em suínos em crescimento foi influenciada diretamente pelo cálcio dietético. Santana et al. (2017), avaliaram diferentes fontes de cálcio (calcário, fosfato monodiválcico, farinha de osso calcinada e farinha de ostra) e não encontraram diferença no cálcio sérico em leitões desmamados (média 10 mg/dL) resultado que está de acordo com os encontrados neste estudo.

De acordo com Gonzáles (2000), o nível de cálcio plasmático pode variar entre 8 e 12 mg/dL. Contudo, o cálcio plasmático permanece em concentração constante, por mecanismos que atuam no controle do nível plasmático ideal (ÉVORA et al., 1999; CASTILHO e MAGNONI, 2008). Sendo assim, o cálcio deve ser avaliado em conjunto com outros

parâmetros (desempenho zootécnico, mineralização óssea, absorção intestinal) para mensurar de maneira adequada o aporte nutricional nos animais, já que este macromineral tem suas concentrações precisamente controladas pelo organismo (GONZÁLES, 2000), através de mecanismos envolvendo o paratormônio, a calcitonina e a vitamina D na mobilização óssea e reabsorção renal do cálcio (MAIORKA e MACARI, 2008).

Apesar de não observar diferenças na concentração de glicose sanguínea (CGS) das fêmeas aos 60 dias de gestação, 90 dias de gestação e durante a lactação (Tabela 3 e 4), é notável a redução da CGS no terço final da gestação, com subsequente aumento na lactação. Como a glicose é o principal precursor da lactose, durante a gestação a porca começa a realizar mudanças metabólicas e fisiológicas para o início da lactação. A insulina diminui a absorção da glicose por outros tecidos, disponibilizando um aporte maior de glicose para o feto no final da gestação e direcionando seus esforços para a absorção de glicose pelas células epiteliais da glândula mamária para a produção de leite (KOMATSU et al., 2005; MELLAGI et al., 2010).

Na Tabela 3 e 4, estão expostos os resultados referentes as concentrações de ureia nas matrizes em gestação e lactação e em leitões na fase de maternidade, valores esses considerados dentro da faixa de referência sugerida para suínos (KANEKO et al., 2008). A ureia é um importante parâmetro utilizado para avaliar o balanço proteico, ou seja, é produzida com o objetivo de eliminar o nitrogênio em excesso do metabolismo de aminoácidos, indicando excesso de proteína bruta na dieta quando presente em alta concentração (COMA et al., 1995), bem como indicativo de desidratação e aumento na degradação muscular (OELKE et al., 2008), contudo, neste trabalho não foi observado diferenças entre os tratamentos.

A composição química do leite foi verificada no dia 14 de lactação (Tabela 5). Houve valor médio superior para os parâmetros de densidade kg/m^3 ($P=0,029$), sólidos totais desengordurados ($P=0,025$), proteína bruta ($P=0,027$), lactose ($P=0,026$) e cinzas ($P=0,026$) em porcas alimentadas com AMC em relação ao tratamento controle.

Nesse aspecto, a produção e a composição do leite estão diretamente relacionadas ao consumo de alimentos. Quando o alimento fornece maior valor nutricional à dieta, os nutrientes são direcionados ao leite, fato que possivelmente ocorreu nas porcas que receberam ração com *L. calcareum*. Esta alga apresenta em sua composição carbonato de cálcio e carbonato de magnésio e mais de 20 oligoelementos, além da porosidade de sua estrutura, e promove maior retenção de água e nutrientes, favorecendo o fluxo da digesta por tempo maior no trato gastrintestinal (TGI) auxiliando na melhor absorção dos nutrientes da dieta (DIAS, 2001), explicando a maior densidade e o acréscimo da quantidade de nutrientes presentes no leite.

Tan et al. (2016) relataram que níveis mais baixos de cálcio na dieta influenciaram na concentração de cálcio presente no leite, ou seja, a dieta atua diretamente na homeostase da concentração de cálcio entre o sangue e o leite, conseqüentemente, isso reflete na composição química do leite.

Tabela 5. Composição físico-química do leite de matrizes suína no período de lactação alimentadas com dietas contendo algas marinhas calcárias.

Parâmetros	Dietas ¹		EPM ²	<i>p-value</i> ³
	Controle	AMC		
Densidade, kg/m ³	35,19 ^b	36,76 ^a	0,361	0,029
Sólidos Totais	17,86	18,18		
Sólidos Totais Desengordurados, %	10,84 ^b	11,24 ^a	0,088	0,025
Gordura, %	7,04	6,95	0,171	0,666
Proteína bruta, %	3,98 ^b	4,13 ^a	0,032	0,027
Lactose, %	5,95 ^b	6,17 ^a	0,048	0,026
Cinzas, %	0,89 ^b	0,93 ^a	0,007	0,026

*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si de acordo com o teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade.

¹Dietas experimentais – AMC: algas marinhas calcárias.

²EPM: erro padrão da média.

³Nível de significância.

Os efeitos do tratamento com AMC em relação à contagem populacional de Enterobacteriaceae no conteúdo do ceco dos leitões abatidos no experimento (Tabela 6) apresentou valores maiores que dos animais do tratamento controle (P=0,032). Assim, como nos animais, o cálcio e fósforo são essenciais as funções metabólicas bacterianas, e sua disponibilidade no TGI, pode permitir o crescimento de gêneros comensais pertencentes a família Enterobacteriaceae, e não necessariamente patogênicos (LESER et al., 2002; MANN et al., 2014). Além disso, no aleitamento os componentes do leite atuam como barreira antimicrobiana, contudo, a microbiota intestinal precisa se adaptar a nova dieta no período pós-desmame, podendo ocorrer pequenas alterações em sua composição (SANTOS et al., 2016), o que pode justificar a diferença encontrada para o conteúdo do ceco.

As demais contagens de Enterobacteriaceae e bactérias ácido lácticas (BAL) não apresentaram diferenças entre os tratamentos em nenhuma das porções do TGI analisadas (P>0,05). Esses resultados são apoiados por Mann et al. (2014) que verificaram que os íons de cálcio livres aumentam a saúde do TGI. Algumas espécies de BAL respondem positivamente a dietas ricas em cálcio e fósforo, aumentando sua adesão na mucosa e impedindo fixação de patógenos oportunistas ou mesmo produzir substâncias que suprimem sua proliferação.

Tabela 6. Efeito adicional dietético das algas marinhas calcárias nas dietas de fêmeas suínas sobre a população microbiana de Enterobacteriaceae e bactérias ácido lácticas em leitões.

Variáveis	Dietas ¹		EPM ²	<i>p-value</i> ³
	Controle	AMC		
Contagem (Log ₁₀ UFC/g) de Enterobacteriaceae				
Jejuno	6,20	7,32	0,317	0,074
Íleo	7,16	7,75	0,28	0,358
Ceco	6,69 ^b	7,79 ^a	0,248	0,032
Cólon	6,20	6,28	0,188	0,844
Contagem (Log ₁₀ UFC/g) de bactérias ácido lácticas				
Jejuno	7,26	8,03	0,208	0,074
Íleo	8,87	8,76	0,076	0,471
Ceco	8,07	8,53	0,241	0,305
Cólon	7,55	7,56	0,084	0,993

*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si de acordo com o teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade.

¹Dietas experimentais – AMC: algas marinhas calcárias.

²EPM: erro padrão da média.

³Nível de significância.

Embora estudos relatem que a eficiência no ganho de peso corporal dos leitões está relacionada ao comprimento do intestino pelo aumento na área de absorção de nutrientes (CELI et al., 2017), não foram observadas diferenças entre os tratamentos ($P > 0,05$) para as variáveis peso de órgãos e mensurações de intestino delgado (Tabela 7).

Nas análises de pH do conteúdo do trato digestório dos leitões abatidos (Tabela 7), não foram observadas diferenças entre os tratamentos ($P > 0,05$), resultados esses, de acordo com os encontrados por González-Vega et al. (2014) ao comparar diferentes fontes de cálcio (carbonato de cálcio e AMC).

Estudo recentes, demonstraram que o alto nível de cálcio na dieta, pode alterar o pH gastrointestinal, influenciando negativamente a absorção de proteínas (WALK et al., 2012; BLAVI et al., 2016). Contudo, em níveis adequados, o pH no TGI regula a produção de ácido láctico e acético, favorecendo a atividade de enzimas digestivas, permitindo melhor aproveitamento de nutrientes e tornando o ambiente intestinal adequado para a sobrevivência e proliferação das bactérias benéficas ao organismo (UTIYAMA et al., 2006, LIMA et al., 2020). Além disso, Almeida et al. (2012) em um estudo piloto demonstraram que ratos alimentados com a alga *L. calcareum* (30 e 120 mg/kg de dieta) não mostraram nenhuma irritação da mucosa gástrica e alteração no pH, atribuindo esse resultado a alta concentração de carbonato de cálcio presente na alga, que atua estabilizando a membrana celular, regulando o pH gástrico e protegendo a mucosa gástrica, corroborando com esta pesquisa e sugerindo a utilização de ração

das matrizes suplementada com AMC, sem que ocorram danos ao sistema digestório e demais órgãos ou mesmo alteração de pH do TGI de leitões lactantes.

Tabela 7. Efeito adicional dietético das algas marinhas calcárias em dietas de fêmeas suínas sobre o pH do conteúdo do trato digestório e o peso relativo de órgãos digestórios e não digestórios de leitões.

Variáveis	Dietas ¹		EPM ²	<i>p-value</i> ³
	Controle	AMC		
pH do conteúdo do trato digestório				
Estômago	3,51	3,22	0,149	0,238
Jejuno	6,38	6,22	0,087	0,389
Íleo	6,15	6,47	0,138	0,297
Ceco	6,16	6,15	0,067	0,974
Cólon	6,91	6,65	0,110	0,252
Peso relativo dos órgãos digestórios e não digestórios (%) e comprimento do intestino delgado (m)				
Estômago vazio	0,64	0,601	1,523	0,381
Intestino delgado vazio + pâncreas	3,26	2,97	0,121	0,259
Ceco vazio	0,18	0,19	0,008	0,634
Cólon vazio	1,00	1,01	0,118	0,974
Fígado + vesícula biliar	2,83	2,70	0,090	0,534
Rins	0,66	0,62	0,013	0,204
Baço	0,25	0,23	0,019	0,505
Coração	0,62	0,57	0,023	0,392
Comprimento do intestino delgado (m)	8,42	8,02	0,226	0,285

*Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si de acordo com o teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade.

¹Dietas experimentais – AMC: algas marinhas calcárias.

²EPM: erro padrão da média.

³Nível de significância.

Mudanças na dieta dos leitões, podem causar alterações nas estruturas intestinais, podendo causar a destruição de enterócitos com consequente perda de área de absorção (HAMPSON, 1986; CELI et al., 2017), contudo, não houve diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos controle e com AMC para as alturas de vilosidades, profundidades de cripta do jejuno e do íleo e a relação vilo: cripta nos leitões (Tabela 8). De encontro a estes resultados, Leonard et al. (2011) não observaram efeito do tratamento com extrato de algas marinhas em dietas de fêmeas suínas sobre a morfometria intestinal dos leitões em lactação, apoiando a afirmação de que a mudança na fonte de cálcio não influenciou na absorção intestinal.

Tabela 8. Efeito adicional dietético das algas marinhas calcárias em dietas de fêmeas suínas sobre a morfometria intestinal de leitões.

Variáveis	Dietas ¹		EPM ²	<i>p-value</i> ³
	Controle	AMC		
	Jejuno			
Altura de vilosidade (AV), µm	358,83	387,17	0,029	0,668
Profundidade de cripta (PC), µm	148,17	154,17	0,013	0,840
Relação AV:PC	2,815	2,748	0,267	0,909
	Íleo			
Altura de vilosidade (AV), µm	555,30	679,40	0,049	0,245
Profundidade de cripta (PC), µm	290,00	341,33	0,032	0,479
Relação AV:PC	2,252	2,458	0,294	0,722

¹Dietas experimentais – AMC: algas marinhas calcárias.

²EPM: erro padrão da média.

³Nível de significância.

O efeito adicional da dieta com AMC para leitões apresentou valores menores de células caliciformes no íleo em relação ao tratamento controle ($P=0,051$). As demais variáveis não apresentaram alterações entre os tratamentos abordados ($P>0,05$) na morfologia intestinal dos leitões analisados (Tabela 9).

Esse resultado pode ser relacionado a homeostase de cálcio, que é influenciada pela absorção do mineral no intestino por meio de duas vias: transcelular, quando a concentração de cálcio é baixa na dieta e paracelular, quando os níveis são adequados ou altos. Dessa forma, um aumento da absorção paracelular pelo aumento do cálcio na dieta pode implicar em risco para a integridade intestinal se o mineral for fornecido acima do necessário (LAGOS et al., 2019). As células caliciformes sintetizam a mucina, um muco que recobre as células epiteliais intestinais, atuando como barreira ou atenuando bactérias no TGI. O estresse do desmame pode atuar na função de barreira exercida por essas células, refletindo nas funções imunológicas e fisiológicas, bem como, aumentando as lesões na mucosa do TGI (CELI et al., 2017). Além disso, estudo com a alga *L. calcareum* em ratos apontam sua segurança como suplemento alimentar, visto que não causa irritação a mucosa intestinal (ALMEIDA et al., 2012). Em vista disso, a redução nas células caliciformes pode ser um indicativo de redução da barreira mucosa; entretanto, com alteração somente nesse parâmetro, não se pode afirmar que houve dano na mucosa intestinal, ou mesmo sua relação com a AMC, sugerindo maiores investigações.

Tabela 9. Efeito adicional dietético das algas marinhas calcárias em dietas de fêmeas suínas sobre a morfologia intestinal de leitões.

Variáveis	Dietas ¹		<i>p-value</i> ²
	Controle	AMC	
	Jejuno		
Infiltrado celular	0,83	1,00	0,105
Hiperemia epitelial	1,67	1,50	0,549
Descamação epitelial	2,00	1,33	0,870
Coccidiose	-	-	-
Grumos bacterianos	0,33	0,17	0,507
Bastonetes	0,00	0,17	0,260
Cistos	0,00	0,00	-
Muco	0,00	0,17	0,260
Células caliciformes	2,33	2,33	1,000
Necrose tecidual	0,17	0,33	0,627
	Íleo		
Infiltrado celular	0,67	1,17	0,070
Hiperemia epitelial	1,33	1,67	0,106
Descamação epitelial	1,17	1,67	0,621
Coccidiose	0,00	0,00	-
Grumos bacterianos	0,17	0,50	0,155
Bastonetes	0,00	0,00	-
Cistos	0,00	0,00	-
Muco	0,00	0,00	-
Células caliciformes	2,83 ^a	2,33 ^b	0,051
Necrose tecidual	0,17	0,33	0,370

*Valores médios observados de morfologia intestinal, seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si teste pelo teste da diferença entre as *lsmeans* ao nível de 5% de probabilidade.

¹Dietas experimentais – AMC: algas marinhas calcárias.

²Nível de significância.

**Descrição histopatológica: 0 = ausente; 1 = discreto; 2 = moderado; 3 = intenso.

Os leitões que foram mantidos com porcas que receberam AMC não apresentaram ($P > 0,05$) variações para os parâmetros ósseos de densitometria e resistência (Tabela 10). Esses resultados estão de acordo aos obtidos para a concentração de cálcio sérico neste estudo. Alterações na concentração de cálcio sérico promove disfunções e resistência óssea reduzida pela reabsorção óssea comprometida nos níveis de cálcio.

Estudo de Gerlinger et al. (2019) demonstraram que dietas com excesso de cálcio e fósforo, podem retardar o crescimento do leitão, visto que, na primeira fase de desenvolvimento, o cálcio e fósforo em níveis adequados são essenciais para a formação adequada da musculatura e estrutura óssea, fortalecendo os resultados encontrados para as AMC, que a quantidade fornecida na ração não influenciou nos teores de cálcio exigidos e permitiu o desenvolvimento ósseo similar frente aos animais que receberam o tratamento controle.

Corroborando com estes resultados, Santana et al. (2017) verificaram que não houve diferença para os parâmetros ósseos em metatarsos de suínos em fase de crescimento, mencionando que as fontes de cálcio orgânica são eficazes como as inorgânicas na manutenção da deposição mineral óssea para os leitões.

Tabela 10. Efeito adicional dietético das algas marinhas calcárias em dietas de fêmeas suínas sobre a densitometria e resistência óssea de leitões.

Variáveis	Dietas ¹		EPM ²	<i>p-value</i> ³
	Controle	AMC		
Força máxima aplicada, kgf	26,22	22,17	3,379	0,557
Resistência óssea, N	257,07	217,46	33,136	0,557
Área, cm ²	3,120	3,336	0,151	0,524
Conteúdo mineral ósseo, g	0,540	0,521	0,037	0,826
Densidade mineral óssea, g/cm ²	0,172	0,154	0,005	0,096

¹Dietas experimentais – AMC: algas marinhas calcárias.

²EPM: erro padrão da média.

³Nível de significância.

Lagos et al. (2019) investigaram a influência do cálcio digestível na mineralização óssea de suínos em crescimento e observaram que o cálcio limita a deposição óssea, entretanto, os autores ressaltaram que este mineral também é influenciado pela concentração de fósforo e que essa relação favorece na formação dos cristais de hidroxiapatita, consequentemente, na resistência óssea. Outro ponto importante, é que as cinzas ósseas em suínos jovens podem ser influenciadas pelo cálcio que receberam através do leite durante a amamentação, demonstrando a importância de dieta com níveis adequados de cálcio para porcas gestantes e lactantes. Além disso, é sugerido que suínos de terminação, provavelmente necessitam de maior aporte de cálcio para aumentar a síntese de tecido ósseo e maximizar as cinzas ósseas.

3.4 Conclusão

A adição de AMC na dieta de fêmeas suínas em gestação e lactação pode ser utilizada como fonte de Ca alternativa sem prejudicar a resposta biológica dos leitões. Além disso, se assemelhando ou superando os parâmetros analisados em relação ao calcário calcítico (fonte convencional de cálcio) quando as exigências de Ca são supridas.

3.5 Referências

- ALMEIDA, F., SCHIAVO, L. V., VIEIRA, A. D., ARAÚJO, G. L., QUEIROZ-JUNIOR, C. M., TEIXEIRA, M. M., & TAGLIATI, C. A. Gastroprotective and toxicological evaluation of the *Lithothamnion calcareum* algae. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, n. 5, p. 1399-1404, 2012.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 6 ed. Arlington, Virginia: Keneth Helrich., v.1, 1990. p.684.
- ALEXANDRE, A.A.C; ALBERTON, G.C.; FILHO, L.A.; ROCHA, R.M.V.M. Níveis de cálcio sérico em porcas gestantes e em trabalho de parto. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 27, p. 333–339, 2005.
- BARRILLI, L.N.E; SILVA, B.A.N.; MAIORKA, A.; FALLEIROS, F.T.; SILVA, C.C.; RAIDAN, F.S.S.; ARAÚJO, W.A.G. Evaluation of Different Calcium Sources on the Performance of Highly Prolific Lactating Sows. **Journal of Veterinary Science and Technology**, v.8, n.3, p.1-7, 2017
- BLAND, R. Calcium homeostasis and bones. In: FIANDER, A.; THILAGANATHAN, B. (Eds.), **MRCOG Part One: Your Essential Revision Guide**, Cambridge: Cambridge University Press, 2016. p. 91-106.
- BLAVI, L.; SOLÀ-ORIOI, D.; PÈREZ, J.F. Low calcium levels improve growth in piglets after weaning. **Journal of Animal Science**, v.94, n.2, 2016.
- BORGES, V.F.; BERNARDI, M.L.; BORTOLOZZO, F.P. et al. Perfil de natimortalidade de acordo com ordem de nascimento, peso e sexo de leitões. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.5, p.1234-1240, 2008.
- BRASIL. Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008. Regulamenta o inciso VII do parágrafo 1º do artigo 225 da Constituição Federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais; revoga a Lei nº 6.638, de 8 de maio de 1979; e dá outras providências. Diário Oficial da União [Internet]. Brasília, 9 out 2008 [acesso 26 nov 2020]. Seção 1. Disponível em: <<http://bit.ly/2Ghb5ZU>>. Acesso em: 12/08/2020.
- CASTILHO, A.C.; MAGNONI, D. **Cálcio e Magnésio**. 2008. Disponível em: https://www.amway.com.br/downloads/misc/Calcio_e_Magnesio_IMEN.pdf.
- CELI, P.; COWIESON, A.J.; FRU-NJI, F.; STEINERT, R.E.; KLUENTER, A.M.; VERLHAC, V. Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: new opportunities for sustainable animal production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, p. 88-100, 2017.
- COMA, J.; CARRION, D.; ZIMMERMAN, D.R. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 472-481, 1995.
- DIAS, G.T.M. Granulados bioclásticos: algas calcárias. **Brazilian Journal of Geophysics**, v.18, n.3, p.1-19, 2001.
- ÉVORA, P.R.B.; REIS, C.L.; FERREZ, M.A. et al. Distúrbios do equilíbrio hidroelétrico e do equilíbrio acidobásico – uma revisão prática. **Medicina**, v.32, p.451-469, 1999.

- GAO, L.; LIN, X.; XIE, C. et al. The time of Calcium Feeding Affects the Productive Performance of Sows. **Animals**, v.9, n.6, p.1-15, 2019.
- GERLINGER, C.; OSTER, M.; BORGELT, L. et al. Physiological and transcriptional responses in weaned piglets fed diets with varying phosphorus and calcium levels. **Nutrients**, v.11, n.2, p.1-15, 2019.
- GONZÁLEZ, F.H.D. Uso de perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado de corte. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; BARCELLOS, J.O; OSPINA, H.; RIBEIRO, L.A.O. (Eds). **Perfil Metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre, Brasil, 2000.
- GONZÁLEZ-VEJA, J.C.; WALK, C.L.; LIU, Y. et al. The site of net absorption of Ca from the intestinal tract of growing pigs and effect of phytic acid, Ca level and Ca source on Ca digestibility. **Archives of Animal Nutrition**, v.68, n.2, p.126-142, 2014.
- GUO, M.; HAYES, J.; CHO, K.O. et al. Comparative pathogenesis of tissue culture-adapted and wild-type Cowden porcine enteric calicivirus (PEC) in gnotobiotic pigs and induction of diarrhea by intravenous inoculation of wild-type PEC. **Journal of Virology**, v.75, n.19, p.9239-9251, 2001.
- HAMPSON, D.J. Alterations in piglet small intestine structure at weaning. **Research in Veterinary Science**, v.40, n.1, p.32-40, 1986.
- KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestical animal**. 5.ed. London: Academic Press, 2008.
- KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n.3, p.206-225, 2005.
- KIM, S.W.; WEAVER, A.C.; SHEN, Y.B. et al. Improving efficiency of sow productivity: nutrition and health. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.4, n.1, p 1-8, 2013.
- KOMATSU, T.; ITOH, F.; KUSHIBIKI, S. et al. Changes in gene expression of glucose transporters in lactating and nonlactating cows. **Journal of Animal Science**, v.83, p.557-564, 2005.
- KRAIESKI, A. L.; HAYASHI, R. M.; SANCHES, A. et al. Effect of aflatoxin experimental ingestion and Eimeira vaccine challenges on intestinal histopathology and immune cellular dynamic of broilers: applying an Intestinal Health Index. **Poultry science**, v.96, n.5, p.1078-1087, 2017.
- LAGOS, L.V.; LEE, S.A.; FONDEVILA, G. et al. Influence of the concentration of dietary digestible calcium on growth performance, bone mineralization, plasma calcium, and abundance of genes involved in intestinal absorption of calcium in pigs from 11 to 22 kg fed diets with different concentrations of digestible phosphorus. **Journal of animal science and biotechnology**, n.47, v.10, p.1-16, 2019.
- LEE, S.A.; LAGOS, L.V.; WALK, C.L. et al. Standardized total tract digestibility of calcium varies among sources of calcium carbonate, but not among sources of dicalcium phosphate, but microbial phytase increases calcium digestibility in calcium carbonate1. **Journal of Animal Science**, v.97, n.8, p.3440–3450, 2019.

- LEONARD, S.G.; SWEENEY, T.; BAHAR, B., et al. Effects of dietary seaweed extract supplementation in sows and post-weaned pigs on performance, intestinal morphology, intestinal microflora and immune status. **British journal of nutrition**, v.106, n.5, p.688-699, 2011.
- LESER, T.D.; AMENUVOR, J.Z.; JENSEN, T.K. et al. Culture-independent analysis of gut bacteria: the pig gastrointestinal tract microbiota revisited. **Applied and Environmental Microbiology**, v.68, p. 673–690, 2002.
- LIMA, A.F.M.; LUNA, S.P.L.; RAHAL, S.C. et al. Evaluation of bone mineral density using radiographic optical densitometry of pre and postpubertal bitches submitted to ovariohysterectomy. **Archives of Veterinary Science**, v. 25, n. 4, p. 55.65, 2020.
- MAHAN D.C.; CROMWELL G.L.; EWAN R.C. et al. Evaluation of the feeding duration of phase1 nursery diet to three-week-old pigs of two weaning weights. **Journal of Animal Science**, v.76, p.578-583, 2009.
- MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. 2.ed. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2008. p.167-173.
- MANN, E.; SCHMITZ-ESSER, S.; ZEBELI, Q. et al. Mucosa-associated bacterial microbiome of the gastrointestinal tract of weaned pigs and dynamics linked to dietary calcium-phosphorus. **PLoS ONE**, v.9, n.1, p.1-13, 2014.
- MARTINS, T.D.D.; COSTA, A.N.; SILVA, J.H.V. et al. Efeitos da ordem de parto e do estágio de lactação sobre o desempenho de porcas híbridas mantidas em ambiente quente. **Revista Caatinga**, v.21, n.1, p.11-21, 2008.
- MATTERSON, L.D. POTTER, L.M., STUTZ, M.W. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report Connecticut Agricultural Experiment Station**, v.7, p.11-14, 1965.
- MELLAGI, A.P.G.; PANZARDI, A.; BIERHALS, T.; et al. Efeito da ordem de parto e da perda de peso durante a lactação no desempenho reprodutivo subsequente de matrizes suínas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.3, p.819-825, 2013.
- MELLAGI, A.P.G.; ARGENTI, L.E.; FACCIN, J.E.G. et al. Aspectos nutricionais de matrizes suínas durante a lactação e o impacto na fertilidade. **Acta Scientiae Veterinariae**. v.38, p.181- 209, 2010.
- MELO, T.V.; MOURA, M.A. Utilização da farinha de algas calcáreas na alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.99-107, 2009.
- MELO, T.V.; MENDONÇA, P.P.; MOURA, A.M.A. et al. Solubilidad in vitro de algunas fuentes de cálcio utilizadas em alimentacion animal. **Archivos de Zootecnia**, v.55, p.297-300, 2006.
- NUNTAPAITOON, M.; JUTHAMANEE, P.; THEIL, P.K. et al. Impact of sow parity on yield and composition of colostrum and milk in Danish Landrace × Yorkshire crossbred sows, **Preventive Veterinary Medicine**, v. 181, 2020.
- OELKE, C.A.; DAHLKE, F.; BELTRANI, O.C. et al Níveis de lisina digestível em dietas para fêmeas suínas primíparas em lactação. **Acta Scient. Anim. Sci.**, v.30, p.299-306, 2008.

- PEREIRA, L.P. **Estudo meta-analítico de moduladores nutricionais para porcas gestantes e lactantes**. 2017, 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.
- PETERS, J.C.; MAHAN, D.C. Effects of dietary organic and inorganic trace mineral levels on sow reproductive performances and daily mineral intakes over six parities. **Journal of Animal Science**, v.86, n.9, p.2247–2260, 2008.
- PROPHET, E.B.; MILLS, B.; ARRINGTON, J.B. et al. **Laboratory Methods in Histotechnology**. Washington: American Registry of Pathology, 1994. 279p.
- RIBEIRO, J.C.A.; CARVALHO, L.E.; SOUSA, B.K.C. et al. Prolificidade de fêmeas suínas na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. **Arquivo de Zootecnia**, v.57, n.220, p.537-540, 2008.
- ROSA, L.S.; COSTA FILHO, L.C.C.; SOUZA, M.I.L. et al. Fatores que afetam as características produtivas e reprodutivas de fêmeas suínas. **Boletim de Indústria Animal**, v.71, n.4, p.380- 395, 2014.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. ED. ROSTAGNO, H.S. Viçosa: UFV, 252p. 2017.
- SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência nutricional de cálcio para frangos de corte, nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.397-406, 2004.
- SANTANA, A.L.A.; CARVALHO, P.L.O.; OLIVEIRA, N.T.E. et al. Different sources of calcium for starter pig diets. **Livestock Science**, v.206, p.175-181, 2017.
- SANTOS, L.S.; MASCARENHAS, A.G.; OLIVEIRA, H.F. Fisiologia digestiva e nutrição pós desmame em leitões. **Nutritime Revista Eletrônica**, v.13, n.1, p. 4570-4584, 2016.
- SANTOS, L.B.D.A.; GENOVA, J.L.; CARVALHO, P. L.O. et al. Calcitic seaweed (*Lithothamnion calcareum*) as an organic source of calcium in piglet feeding. **Animal Production Science**, v.61, n.7, p.662-672, 2021.
- SCHLEGEL, P.; GUTZWILLER, A. Effect of dietary calcium level and source on mineral utilisation by piglets fed diets containing exogenous phytase. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.101, n.5, p.165–174, 2016.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos. Métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia, 2006.
- SONI, A.; MISHRA, S.; SINGH, N. et al. Body condition scoring of swine: A review. **International Journal of Chemical Studies**, v.7, n.6, p.749-754, 2019.
- SUTTLE, N.F. **Mineral nutrition of livestock**. 4.ed. Cambridge: CABI, 2010. 587p.
- TAN, F.P.Y.; KONTULAINEN, S.A.; BEAULIEU, A.D. Effects of dietary calcium and phosphorus on reproductive performance and markers of bone turnover in stall- or group-housed sows. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 10, p.4205-4216, 2016.
- TEIXEIRA, A.O.; LOPES, D.C.; GOMEZ, P.C. et al. Níveis de substituição do fosfato bicálcico pelo monobicálcico em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.142-150, 2005.
- TOUCHETTE, K.J.; ALLEE, G.L.; NEWCOMB, M.D. et al. The lysine requirement of lactating primiparous sows. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1091-1097, 1998.

- UTIYAMA, C.E.; OETTING, L.L.; GIANI, P.A. et al. Efeitos de antimicrobianos, prebióticos, probióticos e extratos vegetais sobre a microbiota intestinal, a frequência de diarreia e o desempenho de leitões recém-desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2359-2367, 2006.
- VERUSSA, G.H., Uso de lipídios na nutrição de suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.12, n.5, p.4288– 4301, 2015.
- WALK, C.L.; ADDO-CHIDIE, E.K.; BEDFORD, M.R. et al. Evaluation of a highly soluble calcium source and phytase in the diets of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 91, p. 2255–2263, 2012.
- WEEDMAN, S.M.; ROSTAGNO, M.H.; PATTERSON, J.A. et al. Yeast culture supplement during nursing and transport affects immunity and intestinal microbial ecology of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.89, n.6, p.1908-1921, 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando analisados em conjunto os parâmetros, a adição de AMC em dietas de fêmeas suínas é uma opção em substituição ao cálcio inorgânico, levando em conta a necessidade nutricional dos animais.

Ao adicionar AMC em dietas de porcas durante a gestação e lactação, é possível melhorar alguns índices produtivos, sem prejudicar o desempenho, biometria de órgãos e os parâmetros do TGI e ósseo de leitões.