

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE AGRONOMIA

CURSO DE ZOOTECNIA

BRUNA SOUZA DE LIMA CONY

SUPLEMENTAÇÃO DE ZINCO PARA MATRIZES SUÍNAS EM GESTAÇÃO

PORTO ALEGRE

2021

BRUNA SOUZA DE LIMA CONY

SUPLEMENTAÇÃO DE ZINCO PARA MATRIZES SUÍNAS EM GESTAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para obtenção do
Grau de Zootecnista, Faculdade de
Agronomia, Universidade Federal do Rio
Grande do Sul.

Orientadora: Ines Andretta

Coorientadora: Carolina Haubert Franceschi

PORTO ALEGRE

2021

BRUNA SOUZA DE LIMA CONY

SUPLEMENTAÇÃO DE ZINCO PARA MATRIZES SUÍNAS EM GESTAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Grau de Zootecnista, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Data de aprovação: ___/___/___

Ines Andretta, Prof. Dra. - UFRGS

Orientadora

Carolina Haubert Franceschi, Zootecnista, Msc. - UFRGS

Coorientadora

Bruna Schroeder, Zootecnista, Msc. - UFRGS

Membro da banca

Marcos Kipper da Silva, Médico Veterinário, Dr. - Elanco Saúde Animal

Membro da banca

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Carlos e Elissandra pela vida e pela família maravilhosa que me deram, que desde pequena me ensinaram o significado do amor, lealdade e companheirismo.

O Buda Nichiren Daishonin declara: “Quando uma árvore é transplantada, ainda que soprem ventos fortes, ela não tombará se estiver sustentada por uma firme estaca” (CEND, v. I, p. 625). Ele afirma que, da mesma forma, uma pessoa “não tropeçará se aqueles que a apoiam forem fortes” (Ibidem)

Na minha vida tive essa força evidenciada na forma de avós, pais, tias (os), irmãos e primos (as) que sempre me incentivaram a estudar, acreditaram no meu potencial e cuidaram de mim.

Em consequência, eu não poderia ter escolhido um caminho melhor. A Zootecnia me deu presentes que levarei para vida. Em especial, trouxe meu namorado Matheus que esteve comigo nas minhas maiores dificuldades, sempre cuidando de mim. Obrigada por ser essa pessoa tão especial! Hoje compartilhamos a casa, os nossos filhos canídeos, nossos amigos e nossas famílias.

Em especial agradeço minha sogra Eloisa, que me ajudou de formas imensuráveis. Agradeço também aos “nossos” tios Ana & Rodrigo pelo apoio de sempre e por nos levarem à família Bencke, os responsáveis pelo meu ingresso na Suinocultura.

Agradeço aos meus amigos do “TRUCO”, em especial ao meu querido amigo Caio Pegorini, ao meu casal favorito Rodrigo & Jéssica, Willian Lehr, Bruna Valenzuela e Brenda Vitorino.

Agradeço aos meus amigos do LEZO UFRGS, em especial a minha orientadora Ines Andretta que sempre confiou a mim as melhores oportunidades; à minha coorientadora Carolina Franceschi que sempre me incentivou e esteve disposta a ajudar nas horas que precisei; à Catiane Orso por ter sido a primeira a me inserir em um projeto de pesquisa e à Nathalia Camargo pelo companheirismo e por sempre nos fazer rir. Agradeço também os amigos Brenda Prato e Danrlei Nogueira pelas parcerias vivenciadas em congressos científicos.

Agradeço aos amigos de Videira e da Empresa Master, que me acolheram e me ensinaram a prática da Suinocultura, em especial a Raquel Lunedo e ao Ademir Jr. que me ensinaram a trabalhar e me levaram à suas famílias. Às duas componentes do trio parada dura (Dhenifer & Letícia), por todas as emoções que passamos juntas.

A família SOKA, em especial a minhas companheiras do Grupo Taiga que estiveram presente na minha trajetória, nas minhas dificuldades, vitórias e conquistas.

Que incrível agradecer por essa jornada maravilhosa que foi a Zootecnia!

Mãe & tio Fernando, Pai & tia Denise, vó Kátia, vô Luiz, vó Marlene, vô Cride, tia Eli, tia Chelly, tio Puc, tio Maninho & tia Sônia, Lucas, Bárbara, Fernandinho, Tito, Enzo, Cadu, Alice, David

Vocês estão sempre no meu pensamento e nas minhas atitudes.

Aprendi tudo com vocês! Foi tudo por vocês!

Obrigada por tanto! Essa conquista é nossa!

RESUMO

Evidências científicas que relacionem o Zinco (Zn) aos processos envolvidos na gestação ainda são escassas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de diferentes níveis suplementares de Zn, ofertados ao final da gestação de fêmeas suínas. Os dados deste estudo são coletados rotineiramente na granja e foram obtidos de um grupo de animais alojados na mesma unidade, mas que recebiam dietas diferentes no final da gestação (dos 95 dias de gestação até a transferência para a maternidade). O óxido de Zn (ZnO) foi utilizado como fonte suplementar e as dietas consistiam em: 1) *controle* (CON), dieta à base de milho e farelo de soja, com 250 ppm de Zn; 2) *intermediário* (INT), CON + 202 ppm de Zn suplementar (total: 452 ppm de Zn); 3) *alto* (ALT), dieta controle + 605 ppm de Zn suplementar (total: 855 ppm de Zn). As fêmeas (n = 164) foram avaliadas do final da gestação até o 7º dia pós-parto e suas progênes (n = 2.620) do nascimento até o 7º dia de vida. As estatísticas descritivas e gráficas foram obtidas através do software Minitab (v 19, Minitab Inc., State College, PA) e os dados foram analisados usando o procedimento PROC GLIMMIX do SAS (v 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC). A suplementação de Zn ao final da gestação não influenciou ($P > 0.05$) o número de nascidos totais, vivos, natimortos e mumificados. Porém, leitões nascidos de fêmeas cujas dietas eram suplementadas com Zn ao final da gestação apresentaram maior ($P < 0.05$) peso ao nascer, maior ($P < 0.05$) ganho de peso na primeira semana de vida e, conseqüentemente, maior ($P < 0.05$) peso aos 7 dias. Além disso, a suplementação de Zn influenciou no número de leitões em cada classe de peso, reduzindo ($P < 0.10$) o número de leitões pequenos e aumentando ($P < 0.05$) o número de animais nascidos grandes nas leitegadas. Notou-se, entretanto, que apesar de um aumento numérico, o grupo ALT não diferiu estatisticamente do grupo INT nas variáveis de desempenho da progênie, mas ambos diferem de forma positiva do grupo CON. Esse resultado indica um ponto ótimo de suplementação entre o nível INT e ALT, o qual maximiza os ganhos dos leitões. A mortalidade até os 7 dias não foi influenciada ($P > 0.05$) pela suplementação. Em conclusão, níveis suplementares de Zn nas dietas de fêmeas suínas ao final da gestação, apresentam efeito positivo no desempenho da progênie ao nascimento e na primeira semana de vida.

Palavras-chave: Micromineral. Oligoelementos. Nutrição pré-natal. Porcas.

ABSTRACT

Scientific evidence relating Zinc (Zn) to the processes involved in gestation is still scarce. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of different supplementary levels of Zn, offered at the end of gestation to sows. Data from this study are routinely collected on the farm and were obtained from a group of animals housed in the same unit, but receiving different diets at the end of gestation (from 95 day-gestation to the transfer to maternity facilities). Zn oxide (ZnO) was used as a supplementary source and the diets consisted of 1) *control* (CON), corn and soybean meal-based diet, with 250 ppm of Zn; 2) *intermediate* (INT), CON + 202 ppm supplemental Zn (total: 452 ppm Zn); 3) *high* (HIG), control diet + 605 ppm supplemental Zn (total: 855 ppm Zn). Females (n = 164) were evaluated from the end of gestation to the 7th postpartum day and their progenies (n = 2,620) from birth to the 7th day of life. Descriptive and graphical statistics were obtained using Minitab software (v 19, Minitab Inc., State College, PA) and data were analyzed using the SAS PROC GLIMMIX procedure (v 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC). Zn supplementation at the end of gestation did not influence ($P > 0.05$) the number of total, live, stillborn, and mummified births. However, piglets born to sows whose diets were supplemented with Zn at the end of gestation had higher ($P < 0.05$) birth weight, higher ($P < 0.05$) weight gain in the first week of life and, consequently, higher ($P < 0.05$) weight at 7 days. Furthermore, Zn supplementation influenced the number of piglets in each weight class, reducing ($P < 0.10$) the number of small piglets and increasing ($P < 0.05$) the number of animals born largely in litters. It was noted, however, that despite a numerical increase, the HIG group did not differ statistically from the INT group in the progeny performance variables, but both differ positively from the CON group. This result indicates an optimal point of supplementation between the INT and ALT levels, which maximizes piglet gains. Mortality until 7 days was not influenced ($P > 0.05$) by supplementation. In conclusion, supplementary levels of Zn in the diets of sows at the end of gestation have a positive effect on the performance of the progeny at birth and in the first week of life.

Keywords: Micromineral. Trace elements. Prenatal nutrition. Sows.

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Descrição dos grupos experimentais (médias com erro padrão entre parênteses) de acordo com o nível de Zn suplementado no final da gestação de fêmeas suínas. | 23 |
| Tabela 2 - Efeito da suplementação de Zn no final da gestação sobre o desempenho reprodutivo de fêmeas suínas (médias com erro padrão entre parênteses). | 24 |
| Tabela 3 - Efeito da suplementação de Zn no final da gestação sobre o desempenho da progênie (geral, médias com erro padrão entre parênteses)..... | 26 |
| Tabela 4 - Efeito da suplementação de Zn no final da gestação sobre o desempenho dos leitões nascidos normais ¹ (médias com erro padrão entre parênteses). | 27 |
| Tabela 5 - Efeito da suplementação de Zn no final da gestação sobre o desempenho dos leitões nascidos pequenos ¹ (médias com erro padrão entre parênteses). | 27 |
| Tabela 6 - Efeito da suplementação de Zn no final da gestação sobre o desempenho dos leitões nascidos grandes ¹ (médias com erro padrão entre parênteses). | 28 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 9 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 11 |
| 2.1. ZINCO E SUAS APLICAÇÕES | 11 |
| 2.2. CONSUMO E ABSORÇÃO DE ZINCO | 12 |
| 2.3. ZINCO NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS E SUAS LIMITAÇÕES DE USO | 13 |
| 2.4. INFLUÊNCIA DO ZINCO NA GESTAÇÃO..... | 15 |
| 2.4.1. Formação, Desenvolvimento Embrionário e Placentação | 15 |
| 2.4.2. Desenvolvimento Fetal e Fase Final da Gestação | 16 |
| 2.4.3. Parto e Leitões | 17 |
| 3. HIPÓTESE E OBJETIVOS | 19 |
| 3.1. HIPÓTESE | 19 |
| 3.2. OBJETIVO GERAL | 19 |
| 3.3. OBJETIVO ESPECÍFICO..... | 19 |
| 4. METODOLOGIA | 20 |
| 4.1. ANIMAIS, ALOJAMENTO E ALIMENTAÇÃO | 20 |
| 4.2. COLETA DE DADOS | 21 |
| 4.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS | 22 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 23 |
| 6. CONCLUSÃO | 29 |
| 7. REFERÊNCIAS | 30 |

1. INTRODUÇÃO

O Zinco (Zn) é um metal cristalino, branco azulado, que faz parte de um grupo de elementos químicos inorgânicos conhecidos por denominações como microminerais, microelementos ou elementos-traços. Estes microminerais possuem baixo peso molecular e, por essa razão, são classificados por “oligoelementos” ou “oligominerais” (WATANABE, 2010). O Zn possui variadas aplicações no cotidiano em amplo segmento industrial devido a suas características químicas, físicas e, principalmente, por possuir baixo custo (MAPELLI *et al.*, 2014). Além disso, o Zn desempenha um papel essencial nos organismos vivos, realiza processos bioquímicos e é responsável por uma série de mecanismos metabólicos. Neste particular, o Zn atua como nutriente antioxidante, estimula o crescimento, age na função enzimática, na síntese proteica, na regulação hormonal, na mineralização óssea, na diferenciação celular, na imunidade mediada por células e na expressão gênica (MCDOWELL, 2003; CRUZ *et al.*, 2011).

Por não ser sintetizado pelo organismo, o Zn é considerado um micromineral essencial e sua deficiência ainda é comum entre os humanos. Estima-se que cerca de dois bilhões de pessoas são afetadas pela deficiência de Zn atualmente (WESSELS *et al.*, 2017). A deficiência desse micromineral ocasiona diversas consequências à saúde e varia de acordo com a situação e a fase de crescimento de cada indivíduo (TRAN *et al.*, 2015; WESSELS *et al.*, 2017). Em algumas fases da vida, as necessidades de Zn estão aumentadas, como na gestação, infância, puberdade e senilidade (HAMBIDGE *et al.*, 2008). Em crianças, sua deficiência pode aumentar a incidência de diarreia e diminuir a imunidade, gerando predisposição a outras doenças e aumentando as chances de mortalidade (TRAN *et al.*, 2015). Muitas doenças crônicas têm provável relação com a deficiência de Zn em idosos, como artrite reumatoide e diabetes (WESSELS *et al.*, 2017). Problemas no crescimento, no desenvolvimento intelectual e na saúde reprodutiva, são exemplos de outras consequências ocasionadas pela deficiência deste micromineral. O hábito de suplementar Zn pode ser uma ferramenta útil para prevenir ou corrigir sua deficiência. Ainda assim, a dose e a frequência de seu uso não estão claramente definidas pelos principais órgãos mundiais, mostrando que mais estudos devem ser realizados (TRAN *et al.*, 2015).

A deficiência de Zn também pode acometer animais na fase de gestação. Estudos realizados em ratos e humanos mostram que a falta de Zn nesta fase está associada ao retardo do crescimento intrauterino, diminuição subsequente do peso ao nascer, subdesenvolvimento do sistema imunológico e neurológico competente e aumento da mortalidade pré-desmame (HURLEY; MUTCH, 1973; SIMMER; THOMPSON, 1985). Em suínos, estudos que relacionem o Zn aos processos envolvidos durante a gestação, ainda são escassos. Porém, o aumento da concentração de Zn na dieta de matrizes, poderia melhorar a qualidade da leitegada, reduzindo a incidência de leitões natimortos (HILL; MILLER; STOWE, 1983), aumentando o tamanho e o peso ao nascer da ninhada (PAYNE *et al.*, 2006). Microminerais quando suplementados na fase final de gestação, podem se acumular em altas concentrações no concepto (HOSTETLER *et al.*, 2003). Isso pode ocorrer, pois a fase final de gestação é destacada pelo crescimento abrupto do feto, fazendo com que a fêmea mobilize seus nutrientes para ele. Por essa razão, após os 90 dias de gestação, as concentrações de Zn no fígado materno podem diminuir, enquanto aumentam no fígado fetal (HOSTETLER; KINCAID, 2004). Mudanças fisiológicas e hormonais acometidas neste período, requerem gestões coordenadas em manejos nutricionais para evitar deficiências, visando a viabilização e o crescimento pós-natal dos leitões.

Considerando que a adição suplementar de Zn nas dietas de matrizes suínas ao final da gestação, pode ser uma intervenção pré-natal positiva, a qual pode influenciar na vida e no desempenho produtivo da leitegada e, com isso, trazer melhorias no cenário pré-desmame (HOLEN *et al.*, 2020). O objetivo deste trabalho foi explorar os efeitos do Óxido de Zn (ZnO), como fonte suplementar de Zn, adicionado em diferentes níveis às dietas de fêmeas suínas no final da fase gestacional. Esse documento, portanto, descreve o modo de ação desse micromineral, inicialmente através da realização de uma revisão de literatura e, posteriormente, com a análise de dados obtidos de um sistema de produção comercial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ZINCO E SUAS APLICAÇÕES

Os minerais são elementos inorgânicos presentes nos tecidos dos animais e nos alimentos. São classificados como macro ou microminerais de acordo com as necessidades diárias dos organismos vivos. O Zn é classificado como micromineral, pois assim como os demais da sua categoria, possui baixo peso molecular, é necessário e está presente nos organismos em pequenas quantidades, expressado em miligrama (mg) por quilo (kg) ou partes por milhão (ppm) (CARCIOFI, 2008).

O Zn em diferentes fórmulas químicas, possui ampla aplicação industrial nos mais variados segmentos, sendo essencial em quase todas as cadeias produtivas. Alguns exemplos destas diferentes aplicações são: indústria farmacêutica, indústria de tintas, de borracha, indústria eletrônica, indústria de infraestrutura, indústria bélica, dentre outras (MAPELLI *et al.*, 2014).

No organismo, o Zn está envolvido em processos fisiológicos cruciais para o crescimento normal e para a saúde dos animais (NELSON; COX, 2017; ZHANG *et al.*, 2021). O organismo não é capaz de sintetizar Zn, o que o classifica como essencial e deve ser adquirido principalmente por meio do consumo de alimentos ou pode ser suplementado através de fontes exclusivas. Está presente em grandes concentrações nos alimentos de origem animal, todavia, fontes leguminosas ou oleaginosas também possuem elevadas concentrações deste micromineral (CARCIOFI, 2008). Nas dietas dos animais, é incluído principalmente pelo uso de pré-misturas minerais (premix) e suas principais fontes são inorgânicas. Contudo, existem também os chamados minerais quelatados, os quais são ligados às moléculas orgânicas (normalmente aminoácidos) por processos físico-químicos, e devido a isso, fontes orgânicas de Zn também podem ser encontradas (CARCIOFI, 2008).

O Zn atua na formação e funcionamento de mais de 200 metaloenzimas e fatores de transcrição (cofator do RNA e DNA polimerase), é importante para milhares de células do corpo. Além de estar envolvido direta ou indiretamente em funções metabólicas, como desenvolvimento de tecidos, imunidade e como antioxidante. No tegumento, o Zn é necessário para o metabolismo da vitamina A, biossíntese de ácidos graxos, modulação imunológica, reação inflamatória, queratogênese e cicatrização de feridas. Sua deficiência causada por ingestão inadequada, afeta

principalmente o crescimento, funções cerebrais e atividade imunológica (NELSON; COX, 2017; ZHANG *et al.*, 2021).

Em suínos, os principais sinais de deficiência se caracterizam por crescimento retardado, diminuição do apetite, piora na conversão alimentar e paraqueratose (MACDONALD *et al.*, 2002). A concentração máxima de Zn tolerável no organismo dos animais ainda é discutível, sabe-se, entretanto que quando usado em excesso pode causar toxicidade (COSMO; GALERIANI, 2020).

2.2. CONSUMO E ABSORÇÃO DE ZINCO

Em animais não-ruminantes, o Zn é absorvido em pequenas quantidades no estômago e em grandes quantidades no intestino delgado (UNDERWOOD; SUTTLE, 1999). Os alimentos de origem animal possuem razoáveis quantidades de Zn e são melhores absorvidos, pois se tornam mais biodisponíveis (exemplos: frutos do mar, como moluscos, camarão; carne vermelha; fígado; ovos e leite). Fontes leguminosas, como grão de bico e feijão e fontes oleaginosas, como chocolate amargo (cacau) e castanhas também apresentam maiores concentrações de Zn (MAFRA; COZZOLINO, 2004). Na nutrição animal, sulfato de Zn ($ZnSO_4$), ZnO e quelato de Zn são formas de suplementar esse micromineral (CARCIOFI, 2008).

Porém, só ingerir alimentos com a presença deste nutriente não garante que ele seja absorvido e utilizado pelo organismo, pois existem fatores relacionados com sua biodisponibilidade. A biodisponibilidade é a quantidade de Zn absorvida no sistema sanguíneo que é acessível para utilização em funções fisiológicas normais (LA FRANO *et al.*, 2014). Nesse contexto, o Zn apresenta interações com outros componentes da dieta, os quais são capazes de afetar sua absorção. Sua absorção é melhorada quando ingerida com aminoácidos e piorada com a interação entre outros minerais, como Cálcio (Ca), Cobre (Cu) e Ferro (Fe), no qual um inibe a disponibilidade do outro. Dessa forma, proporções que visem a maximização dos nutrientes ou estratégias de uso de componentes que melhoram a absorção (visando uma quelação espontânea) devem ser estudadas.

Segundo Dalto *et al.* (2019), ao analisar relações de Zn e Cu em suínos, foi possível comprovar que a absorção de ambos é inversamente proporcional, ou seja, a ingestão de um afeta a absorção do outro, podendo perder quantidades significativas dos dois microminerais para o ambiente. O estudo mostrou que a

proporção de 120 mg de Zn dietético maximizou a disponibilidade de Zn e Cu na fase de crescimento em suínos.

A absorção do Zn também é afetada por altas quantidades de fitatos no alimento. Isso acontece porque os também chamados ácidos fítics possuem a capacidade de ligar-se ao micromineral, formando um complexo indigestível para não-ruminantes (SREENIVASULU *et al.*, 2008; LONNERDAL *et al.*, 2011; JOU *et al.*, 2012). Outros componentes presentes nas dietas que podem afetar sua biodisponibilidade são os oxalatos, taninos e polifenóis (CRUZ *et al.*, 2011). Tendo em vista esses fatores e a importância deste micromineral, estudos vêm sendo realizados para empregar tecnologias e melhorar sua biodisponibilidade em grãos convencionais, com alta concentração de ácido fítico (WANG *et al.*, 2021).

Depois de absorvido, o Zn passa pela corrente sanguínea e se une com aminoácidos e proteínas para ser transportado rapidamente até o fígado, um dos seus principais armazenadores. A distribuição para os demais tecidos ocorre através do plasma. Por essa razão, analisar a concentração do Zn ou o indicador alternativo, nesse caso, a metalotioneína (proteína sintetizada pelo fígado que se une ao Zn) no plasma, é um modo eficaz de analisar sua deficiência (GONZÁLEZ; SILVA, 2003). Além do fígado, os ossos, rins, músculos, pâncreas, pele, pelo e próstata são outros locais em que o Zn é armazenado (CARCIOFI, 2008).

2.3. ZINCO NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS E SUAS LIMITAÇÕES DE USO

Se não forem bem administrados, os compostos inorgânicos (constituídos por metais, como o Zn) podem se tornar poluentes e tóxicos em certas concentrações. Em processo natural, os metais presentes na litosfera podem ciclar no ambiente tanto como resultado de atividade geológica quanto de atividade humana. Através dos tempos, o processo natural de lixiviação faz com que muitos sais desses metais sejam retirados das rochas e se acumulem nos lagos, rios e oceanos. Apesar disso, a concentração natural dos cátions dos metais nesses corpos de água dificilmente chega a ser tóxica aos seres humanos, porque a água possui substâncias, os chamados ácidos orgânicos, que se combinam com determinadas espécies iônicas desses metais, formando compostos inofensivos chamados quelatos, que acabam por sedimentar-se (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Porém, a intensificação das atividades

industriais nas últimas décadas tem introduzido metais tóxicos nas águas numa quantidade muito maior do que a natural, causando poluição (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Na produção de suínos, as formas mais utilizadas de Zn são inorgânicas, através do sulfato e óxido de Zn ($ZnSO_4$ e ZnO , fórmulas químicas respectivamente), principalmente devido ao baixo custo (LIU *et al.*, 2021). O uso de Zn é bem difundido e níveis suplementares são geralmente utilizados na fase de creche, fase esta que os leitões passam por estresse altíssimo causado pela mudança abrupta da dieta (leite materno para ração), o que ocasiona surtos de diarreia. Assim, o uso de Zn de fontes inorgânicas se torna uma alternativa aos antimicrobianos, para controle de diarreia e como melhorador de desempenho durante o pós-desmame (MUNIZ *et al.*, 2010).

No entanto, as recomendações de micronutrientes, como o Zn, descritas pelo National Research Council (NRC, 2012) são criticadas por serem muito baixas para as atuais linhagens. A maior parte destas recomendações foram determinadas a algumas décadas ou simplesmente estimadas. O NRC (2012) sugere a inclusão de 100 mg de Zn por kg de ração para leitões desmamados; 50 e 60 mg de Zn por kg de ração para suínos de 25 e 135 kg de peso corporal, respectivamente. Instituições europeias, como o FEDNA (2013) e o INRA (1989), também estabelecem recomendações para o conteúdo alimentar total de Zn (80 e 100 mg/kg de ração) para dietas de suínos em crescimento e terminação. Com isso, nutricionistas frequentemente utilizam níveis mais elevados de Zn e de outros minerais, grande parte das vezes baseado em seu próprio conhecimento prático. Apesar de ser eficiente quanto a maximização de desempenho produtivo, o uso excessivo de Zn inorgânico pode estimular a resistência na microbiota intestinal e, devido as chances de uma interação adversa entre minerais, aumentar os níveis excretados (LEESON, 2008; RUTZ; MURPHY, 2009).

O excesso de microminerais excretados para o ambiente causa implicações do ponto de vista ambiental, pois pode se tornar tóxico para plantas, microrganismos e para o solo, além de ter implicações relacionadas a saúde pública, especialmente devido à resistência bacteriana. Portanto, países da União Europeia (UE) estabeleceram um nível máximo de utilização de Zn (120 mg / kg; European Commission, 2018) para suínos na fase de crescimento e terminação. Seguido a esta restrição, notou-se um aumento nos estudos visando alternativas à utilização de Zn

de forma inorgânica (MUNIZ *et al.*, 2010; VILLAGÓMEZ-ESTRADA, 2020; LIU *et al.*, 2021).

As exigências de Zn para matrizes suínas ainda não foram determinadas. Estudos mais recentes tentam investigar a interação deste micromineral aos processos envolvidos durante a gestação, com o objetivo de aumentar a viabilidade dos leitões em granjas comerciais de grande escala (HOLEN *et al.*, 2020). Além dos processos envolvidos na fase gestacional, alguns estudos tentam associar a suplementação de Zn a melhorias nos cascos de fêmeas suínas, o que poderia repercutir no aumento da vida produtiva destas (VAN RIET *et al.*, 2018). Estudos com outras espécies mostram que o Zn pode favorecer a integridade dos cascos, por acelerar a cicatrização das feridas, podendo aumentar a velocidade de reparação do tecido epitelial e manter a integridade celular (PARDO *et al.*, 2004).

2.4. INFLUÊNCIA DO ZINCO NA GESTAÇÃO

Conhecer o modo de ação do Zn e seus papéis biológicos em todos os estágios da interação materno-fetal pode auxiliar na utilização deste micromineral como suplemento para fêmeas suínas gestantes. Algumas destas funções podem contribuir para uma gestação saudável e para um bom início de vida aos recém-nascidos. Uma vez que, o aumento nos níveis de Zn consumidos pelas fêmeas durante a gestação pode ter uma ação imediata (metabolismo), a curto-prazo (desempenho reprodutivo) ou longo prazo (longevidade), inclusive com reflexos na prole (GERNAND *et al.*, 2016). Apesar disso, poucos estudos tentaram investigar sua ação no período gestacional em termos de exigências; doses suplementares e duração da oferta, o que ocasiona falta de evidências científicas sobre o assunto. Algumas das informações disponíveis serão apresentadas a seguir, considerando as principais etapas da gestação.

2.4.1. Formação, Desenvolvimento Embrionário e Placentação

O Zn é requerido na síntese hepática da secreção de Retinol Binding Protein - RBP (Proteína de Ligação ao Retinol). Essa, por sua vez, é responsável pelo transporte de Vitamina A. Isso faz do Zn um responsável secundário no metabolismo da Vitamina A, podendo afetá-la em sua deficiência. A vitamina A está associada ao ácido

retinóico, presente em praticamente todos os tecidos e é crucial para o desenvolvimento embrionário (CRUZ *et al.*, 2011; GERNAND *et al.*, 2016).

A placenta é rica em enzimas antioxidantes e requer micronutrientes essenciais, como o Zn, para sua proteção e proteção do embrião no estresse oxidativo ocorrido pelas artérias espirais no início da circulação materno-fetal (GERNAND *et al.*, 2016). Além disso, todos os nutrientes fornecidos aos fetos durante a gestação são transportados da circulação materna através do tecido uteroplacentário. Desse modo, o desenvolvimento da placenta e do endométrio (tamanho do tecido, vascularização, metabolismo, função secretora) são importantes para a troca de substâncias entre a circulação materna e fetal, o que desempenha um papel fundamental no crescimento e desenvolvimento fetal (CHEN *et al.*, 2015).

Estudos mostram que a deficiência de Zn impediu o desenvolvimento placentário em camundongos, incluindo diferenciação de trofoblasto, tamanho da placenta, peso e expressão de proteínas (GERNAND *et al.*, 2016). Outros estudos realizados em ratos e humanos mostram que a falta de Zn nesta fase está associada ao retardo do crescimento intrauterino (HURLEY; MUTCH, 1973; SIMMER; THOMPSON, 1985). Em suínos, a restrição de crescimento intrauterino é um problema que contribui para a alta morbidade e mortalidade neonatal, baixa eficiência no uso da ração e baixa qualidade da carne (CHEN *et al.*, 2015).

Todos esses fatores indicam que a suplementação de Zn para fêmeas suínas gestantes poderia, portanto, ser uma alternativa de melhora no desenvolvimento embrionário, placentário, com redução nos casos de crescimento uterino retardado.

2.4.2. Desenvolvimento Fetal e Fase Final da Gestação

Os micronutrientes são responsáveis pelos processos que suportam o crescimento fetal. Nos processos mais avançados da gestação, o fornecimento adequado de micronutrientes pode ter um efeito no tamanho e função dos órgãos. Inadequações nutricionais de microminerais pelo feto em desenvolvimento podem comprometer o cérebro e sistema nervoso central, desenvolvimento neurológico e cognição (GERNAND *et al.*, 2016).

Segundo Dumrongwongsiri *et al.* (2021), o teor de Zn no corpo fetal aumenta com o aumento da idade gestacional. O Zn materno é transferido através da placenta

para fornecer nutrientes essenciais para o feto, ocorrendo de forma mais acentuada durante o terço final da gestação (em suínos, próximo aos 90 dias).

Este fato pode ser comprovado ao se analisar o Zn presente no sangue do cordão umbilical, cujos níveis são maiores do que os níveis sanguíneos maternos nesta fase (DUMRONGWONGSIRI *et al.*, 2021). Alguns estudos têm mostrado uma correlação positiva da concentração de Zn no cordão umbilical com o peso ao nascer (GÓMEZ *et al.*, 2015; DANIALI *et al.*, 2020).

Portanto, administrar o estado nutricional materno, principalmente no final da gestação, se torna crucial para a dotação de nutrientes no corpo fetal. Além disso, segundo Sanusi *et al.* (2021), a deficiência materna de Zn está associada a modificações epigenéticas na prole, que induzem patologias e aumentam o risco de doenças na vida adulta. As porcas em transição da gestação para a lactação estão em um período de grande mudança fisiológica e podem ser beneficiadas pela adoção de práticas nutricionais que visem o aumento de Zn nessa fase, especialmente em condições comerciais (produção em larga escala).

2.4.3. Parto e Leitões

Com os avanços do melhoramento genético, o número de nascidos por fêmea aumentou em cada parto. Isso ocasiona aumento da competição pelo espaço intrauterino, gerando redução no peso e aumento na variabilidade dos tamanhos ao nascimento.

O peso ao nascer pode influenciar significativamente a vida e o desempenho de crescimento de suínos. Leitões nascidos com baixo peso (< 1 kg) normalmente tendem a possuir baixa viabilidade, aumentando as chances de mortalidade pré-desmame ocasionada por traumas por esmagamento, fome ou doenças (HOLEN *et al.*, 2020), principalmente na primeira semana de vida.

A variabilidade de tamanho entre os leitões é um problema que ocorre principalmente em leitegadas maiores (por exemplo, em partos com 17 nascidos ou mais) e que gera um número grande de leitões mais leves. Esses, por sua vez, não possuem a mesma capacidade de competir pelo alimento com os leitões mais pesados. Isso resulta na redução da ingestão de colostro e leite, reduzindo a aquisição de imunidade e comprometendo a fisiologia do leitão. Leitões menores normalmente

precisam de mais dias dentro do sistema produtivo para atingir o peso necessário para o abate, ou seja, são menos eficientes e lucrativos se comparados aos leitões maiores.

A suplementação de Zn poderia ter um impacto econômico positivo nessa fase de produção, principalmente por estar envolvida na síntese de Vitamina A, de ácido fólico e na melhora da comunicação materna-fetal (pela ação placentária e no crescimento intrauterino). Essas possíveis ações do Zn podem implicar na redução de incidência de leitões natimortos e na redução de defeitos de nascença. Além de atuar diretamente no desenvolvimento fetal, podendo gerar uma leitegada maior e mais homogênea em tamanho.

3. HIPÓTESE E OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESE

O Zn afeta positivamente os processos envolvidos na gestação de matrizes suínas. Níveis suplementares de Zn adicionados às dietas de matrizes suínas ao final da gestação (período de maior demanda nutricional fetal), melhora o desempenho reprodutivo das fêmeas (redução de natimortos), a viabilidade e o peso de leitões recém nascidos, o que implica na redução da mortalidade na primeira semana de vida.

3.2. OBJETIVO GERAL

Estudar os efeitos da suplementação de Zn nas dietas de matrizes suínas em gestação, posteriormente a uma revisão bibliográfica e por meio da análise e discussão de dados produtivos adquiridos de um sistema comercial.

3.3. OBJETIVO ESPECÍFICO

Avaliar os efeitos do Óxido de Zn (ZnO), como fonte suplementar de Zn, nos dados de desempenho produtivo de fêmeas suínas e de suas progênes, submetidas ao consumo de dietas com três diferentes níveis deste micromineral ao final da fase gestacional (últimos 15 dias).

4. METODOLOGIA

Os dados utilizados nas análises que serão apresentadas a seguir, foram coletados na granja comercial São Roque I, da empresa Master Agroindustrial, em Videira - Santa Catarina. A coleta dos dados ocorreu entre julho e agosto de 2020. Todos os dados apresentados são coletados rotineiramente na granja e foram obtidos de um grupo de animais alojados na mesma unidade, mas que recebiam dietas diferentes no final da gestação (dos 95 dias \pm 1.35 até a transferência para a maternidade).

Do banco de dados total da granja, foram selecionadas algumas fêmeas, cujos dados foram analisados e apresentados a seguir. Inicialmente, alguns pré-requisitos foram propostos, sendo: mínimo de 50 fêmeas por dieta (tratamento); fêmeas de ordem de parto (OP) dentro da faixa numérica 2 a 7; todas deveriam receber a suplementação de Zn no final da gestação por no mínimo 15 dias, ou seja, com média aproximada de 95 dias de gestação (período em que se acentua o crescimento fetal); e o estudo deveria estar de acordo com a situação prática de instalação e manejo da granja no momento – ou seja, fêmeas já alojadas, com sua relação hierárquica formada, em baias individuais e coletivas.

4.1. ANIMAIS, ALOJAMENTO E ALIMENTAÇÃO

Foram utilizados dados de desempenho de 164 fêmeas suínas de linhagem comercial (PIC Camborough) com gestação confirmada (PIC 337), as quais estavam distribuídas em duas salas de gestação. Destas, 36 (12 de cada tratamento) eram fêmeas OP 2 e estavam alojadas em baias individuais; as demais, 128 fêmeas, estavam agrupadas em diferentes baias coletivas.

A diferença no alojamento das fêmeas de acordo com a OP, fazia parte do manejo convencional do estabelecimento. Nesse sentido, com o intuito de evitar contaminação cruzada entre os tratamentos dietéticos, fêmeas que estavam alojadas em baias coletivas integravam o mesmo tratamento.

Um delineamento em blocos casualizados foi utilizado para a coleta de dados, ou seja, cada tratamento teve um número semelhante de animais de cada OP e de cada Escore de Condição Corporal (ECC), tendo em vista que são fatores que poderiam influenciar os resultados. Porém, a seleção destes animais no banco de dados da granja seguiu uma ordem aleatória.

O Zn suplementar foi fornecido como prática de manejo através de uma pré-mistura de farelo de milho com ZnO, diluindo o Zn de forma a se obter 2.016 mg de Zn a cada 1 kg da pré-mistura. Essa pré-mistura era pesada e adicionada na quantidade exata juntamente com a ração nos dosadores de rações (*drops*), de acordo com cada tratamento. Os tratamentos consistiram em:

- *Controle* (CON), matrizes alimentadas com dieta à base de milho e farelo de soja contendo 250 ppm de Zn, **sem adição da pré-mistura** (dieta basal padrão);

- *Intermediário* (INT), dieta controle + 202 ppm de Zn suplementar, **adição de 100 g da pré-mistura** (total: 452 ppm de Zn);

- *Alto* (ALT), dieta controle + 605 ppm de Zn suplementar, **adição de 300 g da pré-mistura** (total: 855 ppm de Zn).

As dietas suplementadas foram fornecidas durante um período mínimo de 15 dias, constituindo um trato de 2 kg de ração por fêmea gestante. As dietas (gestação e lactação) eram formuladas com base nos procedimentos operacionais padrões da granja. A água foi disponibilizada *ad libitum* durante todo o período experimental.

As fêmeas foram transferidas para maternidade com aproximadamente 110 dias de gestação. Nesse momento, as fêmeas começavam a receber dieta lactação e o fornecimento da pré-mistura era interrompido. As matrizes foram acompanhadas da gestação até o 7º dia pós-parto e os leitões foram avaliados ao nascer até aos 7 dias de idade.

4.2. COLETA DE DADOS

A coleta dos dados apresentados neste documento já fazia parte do manejo convencional (rotina) da granja, a única diferença foi a aplicação dos tratamentos e o controle mais intenso dos registros ao final da gestação (período de suplementação) até o 7º pós parto (período final de avaliação). Durante a fase de gestação, todas as fêmeas foram observadas e avaliadas diariamente do primeiro até o último dia de fornecimento da suplementação (dos 95 ± 1.35 dias de gestação até a transferência para a maternidade, respectivamente). As observações incluíam o uso de medicações, quantidade de ração e pré-mistura consumida. Não foram utilizados dados de fêmeas que, por algum motivo, tenham deixado de consumir ração durante o período final da gestação.

Após a transferência das fêmeas para a maternidade, uma avaliação de ECC de cada fêmea foi realizada e registrada, através de uma análise subjetiva visual e palpável com escores de 1 a 5 (no qual 1 = muito magra; 2 = magra; 3 = normal; 4 = gorda e 5 = muito gorda).

Os partos foram acompanhados por funcionários da granja, seguindo o manejo convencional. Após o encerramento dos partos, foi realizado a contagem de leitões (totais, vivos, natimortos e mumificados), a identificação dos leitões através do uso de brincos, a pesagem (dos leitões vivos e natimortos) e a uniformização dos leitões de acordo com o número de tetos disponíveis e tratamentos. Até o 7^o dia pós-parto, as fêmeas foram acompanhadas com relação a qualquer observação não usual durante a sua lactação e os eventuais usos de medicações foram registradas. Os leitões foram acompanhados diariamente quanto a mortalidade e qualquer ocorrência não usual neste período. Aos 7 dias de idade, os leitões foram pesados novamente de maneira individual.

4.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Estatísticas descritivas e gráficas foram obtidas através do software Minitab (v 19, Minitab Inc., State College, PA). Após, os leitões foram classificados de acordo com seu peso ao nascimento, considerando: normais, aqueles que se enquadravam no intervalo entre a média (1.299 kg) mais ou menos um desvio padrão (383 g); leves, aqueles com menos de 916 g (equivalente à média menos 1 desvio padrão); e pesados, aqueles com mais de 1.682 kg (equivalente à média mais 1 desvio padrão).

Os dados obtidos foram analisados usando o procedimento PROC GLIMMIX do SAS (v 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC) considerando uma distribuição normal (Gaussiana). O leitão foi considerado a unidade experimental nas respostas de peso e ganho de peso, porém, agrupados por fêmea (efeito aleatório). As fêmeas foram as unidades experimentais nas demais respostas (reprodutivas). Todos os modelos estatísticos incluíram o efeito fixo de tratamento.

Além deste, os efeitos de ordem de parto, escore corporal, tamanho de leitegada (transformado em classes), assim como as demais variabilidades presentes no delineamento experimental e suas interações foram testados e mantidos nos modelos finais quando $P < 0.10$. As médias dos tratamentos foram separadas usando a opção PDIFF com ajuste por Tukey-Kramer para comparações múltiplas. Os dados

são apresentados neste documento como 'least square means' e interpretados considerando probabilidades de 5 e 10%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A descrição dos grupos experimentais é apresentada na Tabela 1. Não houve diferença ($P > 0.10$) entre os tratamentos para as características de ordem de parto e escore corporal. A duração da suplementação e o tempo de gestação também foram semelhantes ($P > 0.10$) entre os grupos.

Tabela 1 - Descrição dos grupos experimentais (médias com erro padrão entre parênteses) de acordo com o nível de Zn suplementado no final da gestação de fêmeas suínas.

| Resposta | Tratamentos - Níveis de Zn | | | P-valor ¹ |
|--------------------------------|----------------------------|--------------|--------------|----------------------|
| | 250 ppm | 452 ppm | 855 ppm | |
| Fêmeas com leitegadas, n | 50 | 57 | 57 | - |
| Leitões, n | 820 | 903 | 897 | - |
| Ordem de parto | 4.13 (0.05) | 4.27 (0.05) | 4.16 (0.05) | 0.440 |
| Escore corporal | 3.12 (0.09) | 2.96 (0.08) | 3.09 (0.08) | 0.367 |
| Duração da suplementação, dias | - | 16.68 (0.13) | 16.95 (0.13) | 0.291 |
| Duração da gestação, dias | 115.2 (0.16) | 115.1 (0.15) | 114.9 (0.15) | 0.353 |

¹ Probabilidade de efeito dos tratamentos.

Os resultados produtivos observados no grupo de matrizes deste estudo foram adequados ao perfil genético dos animais. O desempenho das fêmeas (Tabela 2) em termos de números de nascidos totais, nascidos vivos, natimortos e mumificados foi semelhante ($P > 0.10$) entre os tratamentos, não sendo influenciado pela suplementação de Zn no final da gestação.

Esses resultados podem ser explicados ao se analisar o tempo de suplementação e os níveis de Zn utilizados no trabalho. Segundo GERNAND *et al.* (2016), o Zn pode começar a apresentar efeito no início da gestação, podendo ter influência no desenvolvimento uteroplacentário, o qual é responsável por realizar a transferência de nutrientes materno-fetal. Vale ressaltar que a deficiência desse desenvolvimento, pode acarretar na diminuição subsequente do seu tamanho, aumentando a disputa por nutrientes. Segundo Sobestiansky *et al.* (2012), um número grande de fetos em desenvolvimento também pode comprometer à eficiência

placentária e estar associado a ocorrência de leitões mumificados dos 35 a 90 dias de gestação.

Tendo em vista que a suplementação avaliada no estudo foi a partir dos 95 dias de gestação, o Zn suplementar não poderia interferir nas ações placentárias e, conseqüentemente em algumas perdas gestacionais, como a mumificação, influenciando no número de nascidos totais, vivos e mumificados. Porém, um aporte nutricional de Zn no início da gestação, que anteceda o período de formação de mumificados poderia ter uma resposta positiva nesse quesito.

O Zn, através da ativação de enzimas (superóxido dismutase), possui função antioxidante, podendo agir em benefício da placenta e reduzindo complicações na gestação, como incidência de natimortos em humanos (MISTRY; WILLIAMS, 2011). Segundo Çelikel *et al.* (2018), a suplementação de Zn na gestação de mulheres proporciona maiores índices de nascidos vivos com redução de natimortos quando está associada a um nível suplementar mais elevado. Em nossa análise, não foi possível observar diferenças nos índices de natimortos na gestação de fêmeas suínas. Mais estudos devem ser empregados analisando a ingestão de Zn em níveis maiores, por períodos mais longos e também associado a outros componentes da dieta, visando o aumento da sua biodisponibilidade.

Tabela 2 - Efeito da suplementação de Zn no final da gestação sobre o desempenho reprodutivo de fêmeas suínas (médias com erro padrão entre parênteses).

| Resposta | Tratamentos - Níveis de Zn | | | P-valor ¹ |
|------------------------------|----------------------------|--------------|--------------|----------------------|
| | 250 ppm | 452 ppm | 855 ppm | |
| Nascidos totais, n/leitegada | 17.10 (0.46) | 16.45 (0.43) | 16.50 (0.43) | 0.520 |
| Nascidos vivos, n/leitegada | 15.74 (0.40) | 15.27 (0.38) | 15.13 (0.38) | 0.517 |
| Natimortos, n/leitegada | 0.72 (0.14) | 0.54 (0.14) | 0.66 (0.14) | 0.636 |
| Mumificados, n/leitegada | 0.64 (0.16) | 0.64 (0.15) | 0.71 (0.15) | 0.922 |

¹ Probabilidade de efeito dos tratamentos.

Analisando a Tabela 3, é possível perceber que leitões nascidos de fêmeas cujas dietas eram suplementadas com Zn no final da gestação apresentaram maior peso ao nascer ($P = 0.006$) e aos 7 dias ($P = 0.001$). O ganho de peso dos leitões na primeira semana de vida também foi maior ($P = 0.019$) nos grupos cujas mães haviam sido suplementadas com Zn no final da gestação. O coeficiente de variação no peso

da leitegada também foi influenciado pela suplementação com Zn, sendo menor ($P < 0.10$) no grupo INT ao nascimento e no grupo ALT aos 7 dias. Porém, este último resultado precisa ser analisado com cuidado pois pode ser influenciado pelo manejo de homogeneização da leitegada.

Esses resultados confirmam as funções do Zn de atuar principalmente no desenvolvimento celular que, associado a suplementação na fase final (fase de maior exigência nutricional pelo feto), gerou leitões mais desenvolvidos e, conseqüentemente, mais pesados. O Zn está envolvido em processos celulares e subcelulares essenciais para a proliferação de células, para o crescimento e desenvolvimento do cérebro. Quanto mais rápida a taxa de crescimento, maior é a demanda de Zn pelo feto (WU; WU, 1987; MACDONALD, 2000).

Um estudo de revisão sistemática sobre a ação do Zn nos fetos e nos recém-nascidos humanos mostrou que o equilíbrio desse micromineral no organismo de mulheres durante a gestação é importante para evitar possíveis conseqüências na vida pré e pós-natal do neonato. E que a restrição materna de Zn durante a gestação além de afetar o crescimento fetal, tem influência direta com problemas de partos prematuros (TERRIN *et al.*, 2015).

No estudo desenvolvido por Holen *et al.* (2020) com matrizes suínas, três diferentes níveis suplementares de Zn (controle, intermediário e alto) também foram testados por meio da fonte suplementar $ZnSO_4$. O melhor peso ao nascer foi encontrado no tratamento intermediário com 365 ppm de Zn. Neste estudo foi possível observar resultados semelhantes mesmo com fonte suplementar diferente (ZnO), com efeito positivo do Zn no peso ao nascer pelo grupo INT (452 ppm), não havendo diferença ($P > 0.10$), apesar de um aumento numérico, do grupo INT para o ALT (855 ppm). Isso mostra que o nível de suplementação além de ter influência no peso ao nascer e no ganho de peso subsequente, neste estudo aos 7 dias, pode apresentar um ponto ótimo de suplementação, o qual maximiza os ganhos dos leitões.

A mortalidade até os 7 dias não foi influenciada ($P > 0.10$) pela suplementação (Tabela 3) nos últimos 15 dias de gestação, o aumento neste período poderia resultar diferente. Alguns estudos mostram que neonatos são capazes de extrair o Zn hepático acumulado durante o período gestacional após o fornecimento materno, e que isso influencia significativamente em sua vida e no seu desempenho de crescimento, podendo reduzir as chances de mortalidade (SHAIKHKHALIL *et al.*, 2014). Os resultados

obtidos por Holen *et al.* (2020), mostram que a suplementação de Zn apresenta efeito na mortalidade de leitões com baixo e alto peso ao nascer quando fêmeas são suplementadas nos últimos 30 dias de gestação.

Tabela 3 - Efeito da suplementação de Zn no final da gestação sobre o desempenho da progênie (geral, médias com erro padrão entre parênteses).

| Resposta | Tratamentos - Níveis de Zn | | | P-valor ¹ |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| | 250 ppm | 452 ppm | 855 ppm | |
| Peso ao nascer, kg | 1.256 (0.033) ^B | 1.346 (0.028) ^A | 1.397 (0.036) ^A | 0.006 |
| CV no peso ao nascer, % | 26.668 (1.221) ^b | 22.865 (1.066) ^a | 23.966 (1.250) ^{ab} | 0.058 |
| Ganho de peso, kg | 0.728 (0.048) ^B | 0.888 (0.039) ^A | 0.849 (0.050) ^A | 0.019 |
| Peso aos 7 dias, kg | 2.051 (0.059) ^B | 2.293 (0.049) ^A | 2.311 (0.063) ^A | 0.001 |
| CV no peso aos 7 dias, % | 24.810 (1.135) ^b | 22.652 (0.990) ^{ab} | 21.291 (1.162) ^a | 0.099 |
| Mortalidade até 7 dias, % | 9.520 (1.370) | 9.474 (1.293) | 10.012 (1.293) | 0.949 |

¹ Probabilidade de efeito dos tratamentos.

^{A,B} Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem a 5% de probabilidade.

^{a,b} Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem a 10% de probabilidade.

Quando os leitões foram classificados de acordo com seu peso ao nascimento (Tabelas 4, 5 e 6), foi possível perceber que a suplementação de Zn nas dietas de final de gestação influencia principalmente no número (ocorrência) de leitões em cada classe de peso, reduzindo ($P < 0.10$) o número de leitões pequenos e aumentando ($P < 0.05$) o número de animais nascidos grandes nas leitegadas.

Dentro da categoria de leitões considerados normais, o peso médio ao nascimento foi superior ($P < 0.05$) na progênie de fêmeas que recebiam o nível mais elevado de Zn (ALT). Porém, não foram observadas outras diferenças entre os tratamentos no desempenho dos leitões quando estes foram comparados apenas aos animais com a mesma categoria de peso ao nascimento.

Esse dado se assemelha ao encontrado por Holen *et al.* (2020), o qual ao separar os animais por categorias também só encontrou efeito do Zn no peso ao nascer dos animais classificados como normais. Isso mostra que o Zn melhora a homogeneidade das leitegadas, melhorando o peso dos animais normais.

Tabela 4 - Efeito da suplementação de Zn no final da gestação sobre o desempenho dos leitões nascidos normais¹ (médias com erro padrão entre parênteses).

| Resposta | Tratamentos - Níveis de Zn | | | P-valor ² |
|--|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| | 250 ppm | 452 ppm | 855 ppm | |
| Leit. normais, n/leitegada | 11.427 (0.555) ^A | 9.849 (0.494) ^B | 9.039 (0.553) ^B | 0.011 |
| Peso ao nascer, kg | 1.329 (0.015) ^B | 1.332 (0.014) ^B | 1.389 (0.019) ^A | 0.025 |
| Ganho de peso, kg | 0.757 (0.046) | 0.848 (0.042) | 0.829 (0.054) | 0.322 |
| Peso aos 7 dias, kg | 2.092 (0.049) | 2.192 (0.044) | 2.223 (0.058) | 0.162 |
| Mortalidade até 7 dias, n ³ | 0.485 (0.193) | 0.727 (0.170) | 0.516 (0.185) | 0.566 |
| Mortalidade até 7 dias, % | 4.221 (1.519) | 4.517 (1.575) | 4.756 (1.542) | 0.413 |

¹ Leitões que se enquadravam no intervalo entre a média (1.299 kg) mais ou menos um desvio padrão (383 g) ao nascimento.

² Probabilidade de efeito dos tratamentos.

³ Número de leitões da classe que morreram por leitegada.

^{A,B} Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem a 5% de probabilidade.

Tabela 5 - Efeito da suplementação de Zn no final da gestação sobre o desempenho dos leitões nascidos pequenos¹ (médias com erro padrão entre parênteses).

| Resposta | Tratamentos - Níveis de Zn | | | P-valor ² |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| | 250 ppm | 452 ppm | 855 ppm | |
| Leit. pequenos, n/leitegada | 3.643 (0.511) ^b | 2.450 (0.455) ^a | 2.182 (0.509) ^a | 0.099 |
| Peso ao nascer, kg | 0.734 (0.017) | 0.725 (0.016) | 0.721 (0.017) | 0.819 |
| Ganho de peso, kg | 0.532 (0.056) | 0.501 (0.051) | 0.561 (0.059) | 0.721 |
| Peso aos 7 dias, kg | 1.339 (0.058) | 1.281 (0.053) | 1.337 (0.062) | 0.674 |
| Mortalidade até 7 dias, n ³ | 1.645 (0.243) | 1.337 (0.217) | 1.717 (0.233) | 0.440 |
| Mortalidade até 7 dias, % | 62.362 (7.226) | 54.893 (7.468) | 67.164 (7.319) | 0.337 |

¹ Leitões com menos de 916 g (equivalente à média menos 1 desvio padrão) ao nascimento.

² Probabilidade de efeito dos tratamentos.

³ Número de leitões da classe que morreram por leitegada.

^{a,b} Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem a 10% de probabilidade.

Tabela 6 - Efeito da suplementação de Zn no final da gestação sobre o desempenho dos leitões nascidos grandes¹ (médias com erro padrão entre parênteses).

| Resposta | Tratamentos - Níveis de Zn | | | P-valor ² |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| | 250 ppm | 452 ppm | 855 ppm | |
| Leit. grandes, n/leitegada | 1.406 (0.516) ^B | 2.816 (0.445) ^A | 3.590 (0.513) ^A | 0.012 |
| Peso ao nascer, kg | 1.856 (0.024) | 1.851 (0.020) | 1.861 (0.019) | 0.934 |
| Ganho de peso, kg | 0.966 (0.087) | 1.107 (0.072) | 1.018 (0.074) | 0.413 |
| Peso aos 7 dias, kg | 2.827 (0.095) | 2.957 (0.078) | 2.868 (0.080) | 0.519 |
| Mortalidade até 7 dias, n ³ | 0.358 (0.674) | 0.264 (0.612) | 0.019 (0.644) | 0.912 |
| Mortalidade até 7 dias, % | 0.949 (1.271) | 0.961 (1.240) | 0.468 (1.225) | 0.932 |

¹ Leitões com mais de 1.682 kg (equivalente à média mais 1 desvio padrão) ao nascimento.

² Probabilidade de efeito dos tratamentos.

³ Número de leitões da classe que morreram por leitegada.

^{A,B} Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem a 5% de probabilidade.

Do ponto de vista acadêmico, de forma a conhecer e comprovar os mecanismos de ação do Zn e também do ponto de vista operacional (prático), se faz necessário realizar mais estudos voltados a suplementação de Zn para matrizes suínas em gestação. Análise de diferentes programas alimentares (diferentes durações e doses de suplementação de Zn), aumento das análises natal e pós-natal, análise de outros parâmetros além de desempenho zootécnico (análises de placenta, cordão umbilical, hemograma, respostas bioquímicas, dentre outros), acompanhamento e análise dos leitões até a fase final, são alguns fatores que poderiam auxiliar na explicação das funções do Zn no organismo, dando sequência aos resultados encontrados neste trabalho.

6. CONCLUSÃO

O Zn é um componente estrutural de muitas enzimas e vias metabólicas, estando envolvido na realização de processos biológicos. Possui um papel importante no funcionamento de metaloenzimas, no metabolismo de carboidratos, proteínas, na síntese de ácido nucléico e nas funções oxidantes. Essas aplicações o tornam essencial para uma gestação saudável e para uma função adequada dos componentes maternos, como desenvolvimento placentário, fetal e na vida pós-natal.

No geral, a suplementação de Zn demonstrou ter efeito positivo nos processos envolvidos na gestação de matrizes suínas. Fêmeas suínas suplementadas com Zn nos últimos 15 dias finais da gestação apresentaram leitões maiores e mais pesados no nascimento e, conseqüentemente, na primeira semana de vida. Portanto, a suplementação com ZnO é uma possibilidade acessível para trazer melhorias no cenário pré-desmame. Contudo, a fonte, dosagens e período gestacional testados neste estudo não foram suficientes para atuar no desempenho reprodutivo de fêmeas suínas em termos de nascidos e na mortalidade da progênie até a primeira semana de vida. Mais estudos devem ser realizados com o objetivo de compreender melhor suas ações em suínos e tornar mais prático o seu fornecimento.

7. REFERÊNCIAS

CARCIOFI, A. C. **Microelementos e Vitaminas Hidrossolúveis**. 2008. Disponível em: <<https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/clinicacv/AULUSCAVALIERICARCIOFI/microelementos-e-vitaminas.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2021.

ÇELIKEL *et al.* A multilateral investigation of the effects of zinc level on pregnancy. **Journal of Clinical Laboratory Analysis**, [s. l.], v. 32, n. 5, 2018.

CHEN, F. *et al.* Proteome differences in placenta and endometrium between normal and intrauterine growth restricted pig fetuses. **Plos One**, Geneva, Switzerland, v. 10, n. 11, 2015.

CRUZ, F. *et al.* Uma revisão sobre o zinco. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Campo Grande, MS, v. 15, n. 1, p. 207-222, 2011.

COSMO, B. M. N.; GALERIANI, T. M. Minerais na alimentação animal. **Revista Agronomia Brasileira**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 1-9, 2020.

DALTO, D. B. *et al.* Impact of dietary zinc: copper ratio on the postprandial net portal appearance of these minerals in pigs. **Journal of Animal Science**. [s. l.], v. 97, p. 3938-3946, 2019.

DANIALI, S. S. *et al.* Association of cord blood zinc level and birth weight in a sample of iranian neonates. **International Journal of Preventive Medicine**. [s. l.], v. 11, n. 1, 2020.

EUROPEAN UNION. Commission implementing regulation (EU). **Official Journal of the European Union**, 06 Jul. 2016. Disponível em: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32016R1095> >. Acesso em: 27/03/2021

FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL. **NORMAS FEDNA: Necesidades nutricionales para ganado porcino**. 2 ed. Madrid: España, 2013.

GERNAND, A. D. *et al.* Micronutrient deficiencies in pregnancy worldwide: health effects and prevention. **Nature Reviews**, [s. l.], v. 12, p. 274-289, 2016.

GÓMEZ, T. *et al.* Serum zinc levels of cord blood: Relation to birth weight and gestational period. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**. [s. l.], v. 30, p. 180–183, 2015.

GONZÁLEZ, F.H.; SILVA, S.C. **Introdução à Bioquímica Veterinária**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 198 p.

GOWANLOCK, D. W. *et al.* Evaluating the NRC levels of Cu, Fe, Mn, and Zn using organic minerals for grower-finisher swine. **Journal of Animal Science**. [s. l.], v. 91, n. 12, p. 5680–5686, 2013.

HAMBIDGE, K. Michael *et al.* Dietary reference intakes for zinc may require adjustment for phytate intake based upon model predictions. **The Journal of Nutrition**. [s. l.], v.138, n. 12., p. 2363-2366, 2008.

HILL, G. M.; MILLER, E. R.; STOWE, H. D. Effect of dietary zinc levels on health and productivity of gilts and sows through two parities. **Journal of Animal Science**. [s. l.], p. 114-122, 1983.

HOLEN, J. P. *et al.* Effects of supplementing late-gestation sow diets with zinc on preweaning mortality of pigs under commercial rearing conditions. **Translational Animal Science**. [s. l.], v. 4, n. 2, p. 1-12, 2020.

HOSTETLER, C. E.; KINCAID, R. L. Gestational changes in concentrations of selenium and zinc in the porcine fetus and the effects of maternal intake of selenium. **Biological Trace Element Research**. [s. l.], p. 57-70, 2004.

HOSTETLER, C. E.; KINCAID, R. L.; MIRANDO, M. A. The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock. **Veterinary Journal**. London, England, p. 125-139, 2003.

HURLEY, L. S.; MUTCH, P. B. Prenatal and postnatal development after transitory gestational zinc deficiency in rats. **The Journal of Nutrition**. [s. l.], p. 649- 656, 1973.

RUTZ, F.; MURPHY R. Minerais orgânicos para aves e suínos. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE USO DA LEVEDURA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2009, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: CBNA, 2009. p. 21.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. **INRA - PORC, LAPIN, VOLAILLES**: L'alimentation des animaux monogastriques porc, lapin, volailles. Paris: France, 1989.

JOU, M. *et al.* Biofortification of rice with zinc: assessment of the relative bioavailability of zinc in a Caco-2 cell model and suckling rat pups. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. [s. l.], v. 60, n. 14, p. 3650-3657, 2012.

LEESON, S. Trace minerals in poultry nutrition-2. Copper and zinc – the next pollution frontier. **World Poultry**, [s. l.], p. 14-16, 2008.

LIU, F. *et al.* Zinc Supplementation forms influenced zinc absorption and accumulation in piglets. **Animals**, [s. l.], v. 11, n. 36, p. 1-11, 2021.

LONNERDAL, B *et al.* Zinc absorption from low phytic acid genotypes of maize (*Zea mays* L.), Barley (*Hordeum vulgare* L.), and Rice (*Oryza sativa* L.) assessed in a suckling rat pup model. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. [s. l.], v. 59, n. 9, p. 4755-4762, 2011.

MACDONALD, R. S. The role of zinc in growth and cell proliferation. **The Journal of Nutrition**, [s. l.], v. 130, p. 1500-1508, 2000.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S. M. F. Importância do zinco na nutrição humana. **Revista de Nutrição**, Campinas, SP, v. 17, n. 1, 2004.

MAPELLI, R. F. *et al.* ZINCO – CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES COMO ELEMENTO NO DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA. **Tecnologia e Tendências**, Novo Hamburgo, RS, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2014.

McDowell, L.R. Zinc. In: B.V. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science, 2003. p. 357–396.

McDONALD, P. *et al.* **Animal nutrition**. 6 ed. Pearson: Edinburgh, 2002. 693 p.

MISTRY, H D; WILLIAMS, P J. The importance of antioxidant micronutrients in pregnancy. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, [s. l.], 2011.

MUNIZ, M. H. B. *et al.* Fontes orgânicas e inorgânicas de zinco e cobre como melhoradores de desempenho em leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 9, n. 39, p. 1999-2005, 2010.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 7. ed. New York: W. H. Freeman Macmillan Learning, 2017. 2582 p.

OLIVEIRA, O. M. M. F. *et al.* **Química**. 3. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista: Núcleo de Educação À Distância, 2013. 758 p.

VAN RIET, M. M. J. Long-term impact of zinc supplementation in sows: Impact on claw quality. **Journal of Swine Health and Production**. [s. l.], p. 10-24. jan. 2018.

PARDO, P. E. *et al.* Determinação de zinco da sola do casco de bovinos leiteiros com ou sem lesões podais, suplementados ou não com levedura seca de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, 2004, p.1501-1504.

PAYNE, R. L. *et al.* Growth and intestinal morphology of pigs from sows fed two zinc sources during gestation and lactation. **Journal of Animal Science**. [s. l.], p. 2141- 2149, 2006.

SANUSI, K. O. *et al.* Effect of maternal zinc deficiency on offspring health: The epigenetic impact. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**. [s. l.], v. 65, p. 1-9, 2021.

SHAIKHKHALIL, A. K. *et al.* Enteral zinc supplementation and growth in extremely-low-birth-weight infants with chronic lung disease. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, [s. l.], v. 58, n. 2, p. 183-187, 2014.

SIMMER, K; THOMPSON, R. P. Maternal zinc and intrauterine growth retardation. **Clinical Science**. [s. l.], p. 395-399, 1985.

SOBESTIANSKY, J.*et al.* Falhas Reprodutivas. In: SOBESTIANSKY, J.; BARCELLOS, D. **Doenças dos Suínos**. 2.ed. Cãnone, 2012.

SREENIVASULU, K. *et al.* Effect of dietary ligands and food matrices on zinc uptake in caco-2 cells: Implications in Assessing Zinc Bioavailability. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. [s. l.], v. 56, n. 22, p. 10967-10972, 2008.

TERRIN, G. *et al.* Zinc in Early Life: A Key Element in the Fetus and Preterm Neonate. **Nutrients**, [s. l.], v. 7, n. 12, p. 10427-10446, 2015.

TRAN, C. D. *et al.* The potential for zinc stable isotope techniques and modelling to determine optimal zinc supplementation. **Nutrients**. [s. l.], v. 7, n. 6, p. 4271-4295, 2015.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. **The Mineral Nutrition of Livestock**. 3 ed. Wallingford: CABI Publ, 1999, 614 p.

VAN RIET, M. M. J. *et al.* Long-term impact of zinc supplementation in sows: Impact on claw quality. **Journal of Swine Health and Production**. [s. l.], v. 26, n. 1, p. 10-24, 2018.

VILLAGÓMEZ-ESTRADA, Sandra *et al.* Effects of two zinc supplementation levels and two zinc and copper sources with different solubility characteristics on the growth performance, carcass characteristics and digestibility of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. [s. l.], p. 59-71, 2020.

WANG, Y. *et al.* Combination of high Zn density and low phytic acid for improving Zn bioavailability in Rice (*Oryza sativa* L.) grain. **Rice**. [s. l.], v. 14, 23, 2021.

WATANABE, T. T. N. **Oligoelementos no Metabolismo**. 2010. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/oligoelementos_tatiane.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2021.

WESSELS, I. *et al.* Zinc as a gatekeeper of immune function. **Nutrients**. [s. l.], v. 9, n. 12, p. 1286, 2017.

WU, F. Y.; WU, C. W. Zinc in DNA replication and transcription. **Annual Review of Nutrition**, [s. l.], v. 7, p. 251-272, 1987.

ZHANG, W. *et al.* Effect of replacing inorganic trace minerals at lower organic levels on growth performance, blood parameters, antioxidant status, immune indexes, and fecal mineral excretion in weaned piglets. **Tropical Animal Health and Production**. [s. l.], v.53 n. 121, p. 1-8, 2021.