

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de  
25/07/2025

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until  
July 25, 2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINARIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS BOTUCATU

**USO DE ADITIVOS MINERAIS MELHORADORES DE DESEMPENHO NA  
DIETA DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS**

THALLYSSON TAUMATURGO SILVA SOUZA

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, como parte  
das exigências para obtenção do título de  
Mestre em Zootecnia.

BOTUCATU – SP  
Julho de 2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINARIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS BOTUCATU

**USO DE ADITIVOS MINERAIS MELHORADORES DE DESEMPENHO NA  
DIETA DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS**

THALLYSSON TAUMATURGO SILVA SOUZA  
ZOOTECNISTA

Orientador: Prof. Dr. Marcos Livio Panhoza Tse

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, como parte  
das exigências para obtenção do título de  
Mestre em Zootecnia.

BOTUCATU – SP

Julho de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: MARIA CAROLINA ANDRADE CRUZ E SANTOS-CRB 8/10188

Souza, Thallysson Taumaturgo Silva.

Uso de aditivos minerais melhoradores de desempenho na dieta de leitões recém-desmamados / Thallysson Taumaturgo Silva Souza. - Botucatu, 2023

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: Marcos Livio Panhoza Tse

Capes: 50403002

1. Suínos. 2. Creches. 3. Nutrição animal. 4. Óxido de zinco. 5. Sílica.

Palavras-chave: Suíno; Creche; Promotor de crescimento; Óxido de zinco ativado; Sílica.

## Biografia

Thallysson Taumaturgo Silva Souza, nascido em 10 de maio de 1990, na cidade de São Luís – MA, filho de Perpétua do Socorro Abreu Silva e Antônio de Jesus Gama Souza. Ingressou no curso de zootecnia na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Campus de São Luís em agosto de 2012, e graduou-se em zootecnia, em agosto de 2019. Em agosto de 2020 iniciou o curso de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Campus de Botucatu, na área de Nutrição e Produção Animal com ênfase em Nutrição e Produção de Suínos.

## Epígrafe

*“Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça.”*

*Isaías 41:10*

## Dedicatória

Sem sombra de variação, a Deus, por toda Graça até aqui e além daqui, dedico!

Aos meus pais, irmãos, sobrinho, e familiares, dedico.

Aos meus amigos, e todos aqueles que direta ou indiretamente fizeram parte da construção deste trabalho, dedico.

## AGRADECIMENTOS

À minha família, pai, mãe, irmã, sobrinho por todo o apoio de sempre, minha eterna gratidão.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, pela oportunidade de realizar o meu mestrado em um das melhores Universidade do Brasil.

Ao programa de pós-graduação em zootecnia da FMVZ/UNESP por essa oportunidade de cursar o meu mestrado em uma das melhores universidades públicas do país.

A supervisão das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) e a Fábrica de Ração da FMVZ, pelo apoio durante todo o período de realização do experimento, muito obrigado.

O presente estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001

Ao Professor Doutor, Marcos Livio Panhoza Tse, pela oportunidade de orientação, amizade e seus grandes exemplos como profissional e pessoa.

Aos professores Ricardo de Oliveira Orsi, Margarida Maria Barros, Antônio Celso Pezatto, por todos os ensinamentos.

A senhora Cláudia Cristina Moreci, como secretária do programa de pós-graduação, sempre muito solícita em atender sobre qual dúvida.

Aos funcionários do setor de suinocultura, José Antônio Franco, Dinho, por toda ajuda e apoio quando solicitados, bem como pela amizade.

Ao meu grande amigo Douglas Sadalla e família, os quais também partilham desta conquista, muito obrigado!

Aos amigos de grupo de pesquisa, em especial à Geysane Farias de Oliveira, Letícia Garbin, Bernadette Rossiti e Eduardo Rodrigues.

Aos membros da Comissão Examinadora, por todo conhecimento compartilhado em contribuição para o enriquecimento da minha dissertação de mestrado.



## Sumário

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>12</b>
<b>1. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
1.1    DESMAME PRECOCE .....	15
1.2    MICROBIOTA INTESTINAL .....	16
1.3    ÁCIDOS GRAXOS; PERMEABILIDADE E PROTEÍNAS OCLUSIVAS .....	17
1.4    ADITIVOS ALIMENTARES PARA LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS .....	19
1.4.1  ANTIMICROBIANOS, PREBIÓTICOS, PROBIÓTICOS E ÓLEOS ESSENCIAIS .....	19
1.5    MINERAIS QUELATADOS (ORGÂNICOS) PARA LEITÕES DESMAMADOS .....	20
1.6    ZINCO .....	21
1.6.1  METABOLISMO DO ZINCO:.....	22
1.6.1.2  ABSORÇÃO E TRANSPORTE.....	22
1.6.1.3  ARMAZENAMENTO E EXCREÇÃO .....	22
1.7    ZINCO ATIVADO (ZNA) .....	23
1.8    SÍLICA (DIÓXIDO DE SILÍCIO – SiO <sub>2</sub> ).....	25
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>39</b>
<b>1    INTRODUÇÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>2.    MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
2.1    ÉTICA ANIMAL .....	43
2.2    INSTALAÇÃO EXPERIMENTAL E ANIMAIS .....	43
2.3    DELINEAMENTO E DIETAS EXPERIMENTAIS .....	44
2.4    DESEMPENHO E INCIDÊNCIA DE DIARREIA.....	46
2.5    PERMEABILIDADE INTESTINAL .....	46
2.6    ABATE DOS ANIMAIS .....	46
2.6.1  EXPRESSÃO GÊNICA INTESTINAL DAS PROTEÍNAS DE JUNÇÕES OCLUSIVA .....	46
2.6.2  MICROBIOLOGIA INTESTINAL.....	47
2.6.3  ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA (AGCC) .....	47
2.7    ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	48
<b>3.    RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>

3.1	DESEMPENHO E INCIDÊNCIA DE DIARREIA .....	48
3.2	PERMEABILIDADE INTESTINAL .....	49
3.3	EXPRESSÃO GÊNICA DE PROTEÍNAS DE JUNÇÃO OCLUSIVA .....	50
3.4	MICROBIOTA INTESTINAL .....	51
3.5	ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA (AGCC) .....	51
<b>4.</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>
	<b>IMPLICAÇÕES .....</b>	<b>62</b>

## Lista de Tabelas

<b>TABELA 1</b> - COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DAS DIETAS EXPERIMENTAIS NAS FASES PRÉ-INICIAL I, PRÉ-INICIAL II E INICIAL. ....	45
<b>TABELA 2</b> - DESEMPENHO PRODUTIVO E INCIDÊNCIA DE DIARREIA EM LEITÕES DESMAMADOS ALIMENTADOS COM SIL E ZNA <sup>1</sup> .....	48
<b>TABELA 3</b> - QUANTIFICAÇÃO DA MICROBIOTA CECAL (UFC/G) DE LEITÕES AO 14º DIA DE EXPERIMENTO <sup>1</sup> .....	51
<b>TABELA 4</b> - CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA (MMOL/L) NO CONTEÚDO DO CÓLON PROXIMAL DOS LEITÕES ALIMENTADOS COM CON, SIL E ZNA <sup>1</sup> .....	51

## Lista de Figuras

<b>FIGURA 1</b> - PRINCÍPIO DE ATIVAÇÃO MECÂNICA .....	24
<b>FIGURA 2</b> - PERMEABILIDADE INTESTINAL DE LEITÕES DESMAMADOS ALIMENTADOS COM DIFERENTES DIETAS: .....	49
<b>FIGURA 3</b> - EXPRESSÃO GÊNICA DE PROTEÍNAS INTESTINAIS DO JEJUNO DE LEITÕES DESMAMADOS ALIMENTADOS COM DIFERENTES DIETAS: .....	50

# USO DE ADITIVOS MINERAIS MELHORADORES DE DESEMPENHO NA DIETA DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS

## RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da inclusão de dióxido de silício (SIL) e baixa dose de óxido de zinco ativado (ZnA) em substituição à alta dose de óxido de zinco convencional nas dietas de leitões desmamados sobre o desempenho produtivo, incidência de diarreia, permeabilidade intestinal, expressão gênica de proteínas das junções oclusivas intestinais, microbiota intestinal e concentração de AGCC no ceco. Para isso, foram utilizados 72 leitões recém-desmamados com idade média de 21 dias de linhagem genética comercial ( $6,07 \pm 0,54$ kg) distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com três tratamentos, oito repetições e três animais por baía (36 dias de experimento): CON= Dieta basal com 120ppm de antimicrobiano (Halquinol) e inclusão de zinco (3.000ppm na fase Pré-inicial 1; 2.000ppm na fase Pré-Inicial 2 e 1.200ppm na fase Inicial) na forma de óxido de zinco convencional; SIL = Dieta basal com 120ppm de antimicrobiano (Halquinol) e inclusão de zinco (3.000ppm na fase Pré-inicial 1; 2.000ppm na fase Pré-Inicial 2 e 1.200ppm na fase Inicial) na forma de óxido de zinco convencional e 200ppm de dióxido de silício em todas as fases; ZnA = Dieta basal com 120ppm de antimicrobiano (Halquinol) e inclusão de zinco (600ppm na fase Pré-inicial I; 400 ppm na fase Pré-inicial II e 200 ppm na fase Inicial) na forma de óxido de zinco ativado. Os leitões alimentados com SIL apresentaram melhor conversão alimentar ( $P=0,022$ ) no período de 0 a 36 dias em relação aos leitões da dieta CON, enquanto que não houve diferença para incidência de diarreia. Os animais alimentados com ZnA apresentaram menor permeabilidade intestinal do jejuno ( $P<0,05$ ) em relação aos animais do grupo CON. Para a expressão gênica de proteínas das junções oclusivas e microbiota intestinal, não houve diferença entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). A concentração de ácido butírico foi maior ( $P=0,004$ ) nos animais suplementados com SIL em relação aos animais do grupo CON. Conclui-se, que a suplementação de baixa dose zinco ativado manteve o desempenho dos animais, diminuiu a permeabilidade intestinal, mostrando-se ser alternativo ao uso de altas doses de ZnO. Além disso, a inclusão de sílica foi promissora para modular a produção de ácido butírico, principal combustível para as células intestinais.

**Palavras-Chave:** Suíno, creche, promotor de crescimento, óxido de zinco ativado, sílica

# INCLUSION OF PERFORMANCE-ENHANCING MINERAL ADDITIVES IN THE DIET OF NEWLY WEANED PIGLETS

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of including silicon dioxide (SIL) and low level of activated zinc oxide (ZnA) to replace high level of conventional zinc oxide in the diets of weaned piglets on productive performance, diarrhea incidence, intestinal permeability, gene expression of intestinal tight junctions proteins, intestinal microbiota, and concentration of SCFA (short-chain fatty acids) in the cecum. For this, 72 weaned piglets with an average age of 21 days from commercial genetic line ( $6.07 \pm 0.54$  kg) were used and distributed in a randomized complete block design with three treatments, eight replicates, and three animals per pen (36 days of the experiment): CON = Basal diet with 120 ppm antimicrobial (Halquinol) and inclusion of zinc (3,000 ppm in the Pre-Starter 1 phase; 2,000 ppm in the Pre-Starter 2 phase, and 1,200 ppm in the Starter phase) as conventional zinc oxide; SIL = Basal diet with 120 ppm antimicrobial (Halquinol) and inclusion of zinc (3,000 ppm in the Pre-Starter 1 phase; 2,000 ppm in the Pre-Starter 2 phase, and 1,200 ppm in the Starter phase) as conventional zinc oxide and 200 ppm silicon dioxide in all phases; ZnA = Basal diet with 120 ppm antimicrobial (Halquinol) and inclusion of zinc (600 ppm in the Pre-Starter 1 phase; 400 ppm in the Pre-Starter 2 phase, and 200 ppm in the Starter phase) as activated zinc oxide. Piglets fed SIL showed better feed conversion ( $P=0.022$ ) during the 0–36-day period than piglets fed CON diet, while there was no difference in diarrhea incidence. Animals fed ZnA showed lower jejunal intestinal permeability ( $P<0.05$ ) than pigs fed CON diet. There were no differences among treatments for gene expression of tight junction proteins genes and intestinal microbiota ( $P>0.05$ ). The concentration of butyric acid was higher ( $P=0.004$ ) in animals fed SIL than animals fed CON. In conclusion, the supplementation of low level of activated zinc-maintained animal performance, decreased intestinal permeability, showing to be an alternative to the use of high level of ZnO. Furthermore, the inclusion of silica was promising to modulate butyric acid production, the main fuel for intestinal cells.

**Keywords:** Swine, performance, intestinal permeability, activated zinc oxide, silica.