

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

EDUARDO INÁCIO DOS SANTOS

**ÓLEOS ESSENCIAIS NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES EM FASE DE
CRECHE E SEUS EFEITOS NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E SAÚDE
INTESTINAL**

Marechal Cândido Rondon

2025

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

EDUARDO INÁCIO DOS SANTOS

**ÓLEOS ESSENCIAIS NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES EM FASE DE CRECHE E
SEUS EFEITOS NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E SAÚDE INTESTINAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte obrigatória das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre” em Zootecnia.

Orientador: Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho.
Coorientador(a): Dra. Silvana Teixeira Carvalho.

Marechal Cândido Rondon

2025

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

Santos, Eduardo Inácio dos
ÓLEOS ESSENCIAIS NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES EM FASE DE
CRECHE E SEUS EFEITOS NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E SAÚDE
INTESTINAL / Eduardo Inácio dos Santos; orientador Dr. Paulo
Levi de Oliveira Carvalho; coorientadora Dra. Silvana
Teixeira Carvalho. -- Marechal Cândido Rondon, 2025.
56 p.

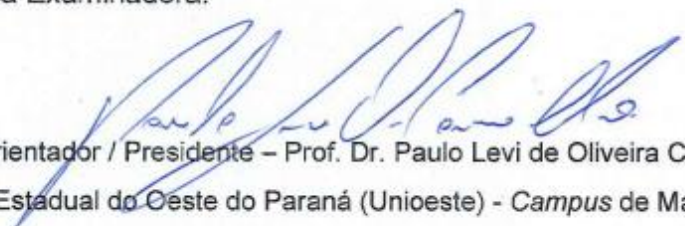
Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Marechal
Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná,
Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, 2025.

1. Óleos essenciais. 2. Creche. 3. Nutrição. 4.
Suinocultura. I. Carvalho, Dr. Paulo Levi de Oliveira,
orient. II. Carvalho, Dra. Silvana Teixeira, coorient. III.
Título.

EDUARDO INÁCIO DOS SANTOS

Óleos essenciais na alimentação de leitões em fase de creche e seus efeitos no desempenho zootécnico e saúde intestinal

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



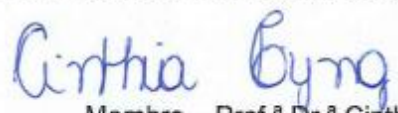
Orientador / Presidente – Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho

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



Coorientadora – Prof.^a Dr.^a Silvana Teixeira Carvalho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Ma. I Cândido Rondon



Membro – Prof.^a Dr.^a Cinthia Eyng

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



Membro – Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - *Campus* de Santa Helena

Marechal Cândido Rondon, 25 de fevereiro de 2025.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, que desde o começo dos meus estudos sempre me apoiou e me incentivou, fazendo eu ter orgulho de ser quem sou. A todos que estiveram comigo, de forma presente ou a distância, tudo cooperou para o bem até ao termino dessa trajetória... Rumo a outras que virão...

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente à Deus, pois a partir dele que tudo pode acontecer.

Aos professores e colaboradores presentes do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná *Campus* Marechal Cândido Rondon, pelo auxílio e atendimento durante o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais Carmen Lúcia Eterna dos Santos Barbosa e Waldir Inácio Barbosa, que são dentre todas as pessoas as que mais acreditaram e acreditam em mim, e sempre estão fazendo de tudo pela minha felicidade mesmo estando longe.

À minha família e amigos que estiveram sempre acompanhando e torcendo por mim.

Ao meu querido professor e orientador Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho, que fez de tudo junto com minha coorientadora professora Dra. Silvana Teixeira Carvalho, pela paciência me apoiando e incentivando, sabendo de todas as minhas conquistas, lutas e limitações, serei eternamente grato.

A todos os integrantes do grupo GEPS, de onde veio grande parte da ajuda e colaboração para realização deste trabalho, pelas amizades e momentos de muito aprendizado.

À empresa COPAGRIL pelo fornecimento dos animais e ingredientes para o experimento.

À empresa SAUVET pelo financiamento da pesquisa.

Aos Funcionários da Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa (Linha Guará) da Unioeste de Marechal Cândido Rondon, pela ajuda durante o manejo e trabalhos realizados no experimento.

Aos meus professores do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano *Campus* Morrinhos, Dr. Wallacy Barbacena Rosa dos Santos e Dr. Jeferson Correa Ribeiro pela inestimável para o ingressar no mestrado.

E as demais pessoas que tiveram participação de todas as outras formas e foram de grande ajuda e incentivo para que tudo fosse realizado.

Meu grande muito obrigado a todos...

EPÍGRAFE

“Eu sou o caminho, a verdade e a vida”

Jesus Cristo

“A felicidade não se resume na ausência de problemas, mas sim na capacidade de lidar com eles”

Albert Einstein

“Faça o seu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições melhores, para fazer melhor ainda”

Mario Sergio Cortella

“Só fazemos melhor, aquilo que repetidamente insistimos em melhorar. A busca da excelência não deve ser o objetivo, e sim um hábito”

Aristóteles

BIOGRAFIA DO AUTOR

EDUARDO INÁCIO DOS SANTOS – Filho de Waldir Inácio Barbosa e Carmen Lúcia Eterna dos Santos Barbosa, nasceu em Morrinhos, estado de Goiás, no dia 09 de setembro de 1995. Em 2018, ingressou no curso de Bacharelado em Zootecnia do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, na cidade de Morrinhos – Goiás, sob orientação do Prof. Dr. Wallace Barbacena Rosa dos Santos, concluindo o curso em 2022. No ano de 2023, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na área de Nutrição de Não Ruminantes da Universidade Estadual do Oeste do Paraná *Campus* Marechal Cândido Rondon - Paraná, a nível de mestrado, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho, submetendo-se ao exame de qualificação no dia 19 de dezembro de 2024 e a defesa da dissertação em 25 de fevereiro de 2025.

RESUMO

O uso de antibiótico na alimentação de leitões é uma das formas de combater microrganismos patógenos e promover uma boa produtividade. Entretanto, se utilizado de maneira inadequada pode promover microrganismos sistêmicos a sua utilização e acumular resíduos no solo e água. O objetivo deste estudo foi avaliar a inclusão de um *blend* de óleos essenciais (OE) na dieta de leitões em fase de creche sobre os índices zootécnicos, parâmetros hematológicos e sanguíneos, morfologia e microbiologia dos órgãos e a influência no comprimento, pH, peso e permeabilidade intestinal dos animais. Ao todo foram utilizados 144 leitões machos, com peso inicial de $7,00 \pm 0,50$ kg. A unidade experimental foi constituída por três animais por baía, possuindo 12 repetições. As dietas experimentais incluíram um controle positivo CP – dieta basal com inclusão de antibiótico, um controle negativo CN – dieta basal sem inclusão de aditivo e antibiótico, e duas dietas com inclusão do *blend* de óleos 250g e 500g de OE/tonelada de ração. As dietas foram divididas em três fases de produção, pré-inicial I (7,78 – 9,13 kg), pré-inicial II (9,13 – 14,37 kg) e inicial I (14,37 – 22,84 kg). Os dados foram submetidos à análise de variância, seguido do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi avaliado o desempenho zootécnico, ocorrência de diarreia, parâmetros bioquímicos sanguíneos e hematológicos, peso, comprimento e pH dos órgãos, microbiologia e histomorfometria intestinal, permeabilidade intestinal e translocação de bactérias hepáticas. A utilização dos OE obteve efeito benéfico na redução de ocorrência de diarreia na fase Pré-Inicial II, bem como na fase Inicial I ($P < 0,05$) para os animais que receberam o tratamento CN500 em relação as outras dietas testadas, e também obteve efeito ($P < 0,05$) sobre o peso dos órgãos, não influenciando nos outros parâmetros avaliados. A inclusão de 500 g de OE/tonelada de ração a base de timol, carvacrol, cineole e cinamaldeído reduz a incidência de diarreia, além de não prejudicar o desempenho e saúde intestinal dos animais.

Palavras-chave: Aditivos, antimicrobiano, carvacrol, creche, diarreia, timol

ABSTRACT

ESSENTIAL OILS IN THE DIET OF WEANED PIGLETS AND THEIR EFFECTS ON ZOO TECHNIQUE PERFORMANCE AND INTESTINAL HEALTH

The use of antibiotics in piglet feed is one of the most common ways to combat pathogenic microorganisms and promote good productivity. However, if used improperly, it can promote microorganisms that are resistant to its use and accumulate residues in the soil and water. The objective of this study was to evaluate the inclusion of a mixture of essential oils (EO) in the diet of piglets in the nursery phase on zootechnical rates, hematological and blood parameters, organ morphology and microbiology, and the influence on the length, pH, weight, and intestinal permeability of the animals. A total of 144 male piglets with an initial weight of 7.00 ± 0.50 kg were used. The experimental unit consisted of 3 animals per bay, with 12 replications. The experimental diets included a positive control CP – basal diet with the inclusion of antibiotics, a negative control CN – basal diet without the inclusion of additives and antibiotics, and two diets with the inclusion of a blend of 250g and 500g of OE/ton of feed. The diets were divided into three production phases: pre-initial I (7.78–9.13 kg), pre-initial II (9.13–14.37 kg), and initial I (14.37–22.84 kg). The data were submitted to analysis of variation, followed by Tukey's test at 5% probability. Zootechnical performance, occurrence of diarrhea, blood and hematological biochemical parameters, weight, length and pH of organs, intestinal microbiology and histomorphometry, intestinal permeability, and hepatic bacterial translocation were evaluated. The use of EO had a beneficial effect in reducing the occurrence of diarrhea in the Pre-Initial II phase, as well as in the Initial I phase ($P < 0.05$) for animals that received the CN500 treatment in relation to the other diets tested, and also had an effect ($P < 0.05$) on organ weight, without influencing the other parameters evaluated. The inclusion of 500 g of EO/ton of feed based on thymol, carvacrol, cineole, and cinnamaldehyde reduces the incidence of diarrhea without impairing the performance and intestinal health of the animals.

Keywords: Additives, antimicrobial, carvacrol, nursery, diarrhea, thymol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resultado para análise descritiva quanto a determinação da permeabilidade intestinal em $\mu\text{g/mL}$ (A), determinação das IgG em mg/dL (B), determinação de Superóxido-Desmutase SOD em U/mL (C) e determinação de Glutathione-S-Transferase GST em nmol./min.mL^{-1} (D), de leitões em fase de creche alimentados com *blend* de óleos essenciais. Onde T1= tratamento CP; T2 tratamento CN; T3= tratamento CN+250; T4= tratamento CN+500.....46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal das dietas basais experimentais (como base calculada).....	35
Tabela 2. Desempenho zootécnico e ocorrência de diarreia em leitões em fase de creche alimentados com <i>blend</i> de óleos essenciais.....	43
Tabela 3. Efeito dos óleos essenciais no perfil bioquímico sanguíneo de leitões em fase de creche.....	44
Tabela 4. Efeito dos óleos essenciais no perfil hematológico em leitões em fase de creche (por os dias).....	45
Tabela 5. Permeabilidade intestinal, IgG, em leitões em fase de creche utilizando óleos essenciais.....	45
Tabela 6. Valores médios da microbiologia do ceco (log 10/g) e morfometria do Jejuno (µm) de leitões em fase de creche utilizando dieta com um <i>blend</i> de óleos essenciais.....	47
Tabela 7. Valores médios de peso relativo (como porcentagem no peso corporal), comprimento e pH do órgãos do TGI de leitões alimentados com dietas com um <i>blend</i> de óleos essenciais.....	48
Tabela 8. Translocação de bactérias do fígado (log de 10/g) de leitões em fase de creche utilizando dieta com um <i>blend</i> de óleos essenciais.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS

% – Percentagem

µL – Microlitros

µm – Micrômetro

ALB - Albumina

AM – Antimicrobianos

ANOVA – Análise de variância

AV – Altura de visibilidade

BAL – Bactérias ácido lácticas

CN – Controle negativo

CN250 – Controle negativo + 250g/T de óleo essencial

CN500 – Controle negativo + 500g/T de óleo essencial

COL – Colesterol

Costridium p. – *Clostridium perfringens*

CP – Controle positivo

CRD – Consumo de ração diário

CSR – *Clostridium* sulfito redutor

dL - Decilitro

E. coli – *Escherichea coli*

EA – Eficiência alimentar

EC – *Escherichea coli*

EPM – Erro padrão da média

EPS – Poliestireno expandido

FA – Fosfatase alcalina

g – Grama

g/T – Gramas por tonelada

GLI – Glicose

GPD – Ganho de peso diário

GST – Glutathione-S-transferase

HCT – Hematócrito

HGB – Hemoglobina

ID – Intestino delgado

IG – Intestino grosso

IgA – Imunoglobulina A
IgG – Imunoglobulina G
IgM – Imunoglobulina M
kg – Kilogramas
L – Litro
Log10 – Logarítimo de 10
MCH – Hemoglobina corpuscular média
MCHC – Concentração de hemoglobina corpuscular média
MCV – Volume corpuscular médio
mg - Miligramas
min – Minuto
MPV – Volume plaquetário médio
NSK – *Student, Newman, Keuls*
OE – Ocorrência de diarreia
PC – Profundidade de cripta
PCF – Peso corporal Final
PCI – Peso corporal Inicial
PCT – Plaquetócrito
PDW – Amplitude de distribuição de plaquetas
pH – Potencial hidrogeniônico
PLT – Plaquetas
PT – Proteínas totais
P-Value – Valor de probabilidade (significância)
RBC – Hemácias totais
RDW – Amplitude de distribuição de glóbulos vermelhos
SOD – Superóxido dismutase
TCA – Taxa de conversão alimentar
TGI – Trato gastrointestinal
TON – Tonelada
UFC – Unidade formadora de colônia
URE – Ureia
WBC – Leucócitos totais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Efeitos estressores na fase de pós desmame	17
2.2 Aditivos.....	18
2.2.1 Antibióticos	19
2.2.2 Óleos essenciais.....	20
2.3 Uso dos óleos essenciais na alimentação de leitões.....	22
2.4 Morfologia intestinal de leitões.....	23
2.5 Microbiologia intestinal de leitões.....	25
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
4 MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1 Local, animais, alojamento e delineamento experimental	33
4.2 Dietas experimentais.....	34
4.3 Desempenho zootécnico.....	36
4.4 Ocorrência de diarreia	36
4.5 Parâmetros sanguíneos.....	37
4.6 Parâmetros hematológicos	37
4.7 Permeabilidade intestinal e parâmetros antioxidantes	38
4.8 Abate	38
4.9 Microbiologia intestinal	39
4.10 Histomorfometria intestinal.....	39
4.11 Comprimento, peso relativo e pH dos órgãos	40
4.12 Translocação de bactérias dos hepatócitos.....	40
4.13 Análise estatística.....	41
5 RESULTADOS	42
6 DISCUSSÃO	49
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1 INTRODUÇÃO

A fase de desmame na vida dos leitões é uma etapa considerada crítica, pois está relacionada a várias mudanças, tanto ambientais, como sociais e nutricionais. Os efeitos causados por essas mudanças, como a incidência de diarreia podem ser danosos ao trato gastrointestinal afetando o desempenho dos animais (SANTOS et al., 2016).

A fase transitória do desmame dos leitões é caracterizada por ser uma fase em que o animal fica sensível ao aparecimento de problemas intestinais, que podem ser decorrentes do longo tempo de adaptação da alimentação e do ambiente, que acaba afetando o desenvolvimento do trato gastrointestinal (TGI) e retardando a evolução dos órgãos do sistema digestivo. Os animais em fase podem apresentar diarreia devido ao elevado estresse causado por diversos efeitos provenientes desde a separação de sua mãe, como o embarque e desembarque, a formação de novas hierarquias sociais e a transferência de uma alimentação líquida para uma alimentação sólida. Todas essas mudanças, afetam a fisiologia dos animais podendo deixar o animal debilitado (PLUSKE, 2016; SANTOS, 2016).

A utilização de antimicrobianos (AM) como melhoradores de desempenho na produção animal em fases críticas como o desmame dos suínos é uma forma de reduzir os efeitos de diarreia e problemas intestinais que podem acometer os animais. Entretanto, possíveis utilizações de maneira incorreta, como a superdosagem destes aditivos, podem acarretar em problemas como o aumento da resistência de microrganismos patógenos aos princípios ativos presentes nos antimicrobianos, sendo necessário ter cuidado e um controle da utilização destes produtos (NOWAK et al., 2019).

Esses fatos podem ser muito prejudiciais no desenvolvimento da saúde intestinal dos suínos, o que resulta na geração de organismos patógenos que, de forma oportuna, alojam-se no TGI. A pesquisa se mostra importante em virtude do desenvolvimento das respostas sobre a interação entre a alimentação, ambiente e os microrganismos para minimização dos efeitos deletérios na atividade suinícola (BROWN et al., 2017).

Dessa forma, a busca por aditivos naturais tem aumentado, e dentre as alternativas aos antimicrobianos há os óleos essenciais (OE), que são substâncias extraídas de plantas com ações potencialmente antimicrobianas. Os OE atuam melhorando a saúde dos leitões por agirem no TGI modulando a microbiota intestinal. A ação antimicrobiana dos OE está relacionada à presença de seus compostos químicos sobre as bactérias patogênicas como *Escherichia coli* (*E.coli*) e *Clostridium perfringens* (*C. perfringens*) (LIMA et al., 2017).

A hipótese do trabalho é que a inclusão de óleos essenciais podem beneficiar a saúde intestinal dos leitões em fase de creche reduzindo os efeitos deletérios dessa fase e garantindo índices produtivos eficientes. Diante do exposto, o objetivo com o trabalho foi avaliar os efeitos do *blend* de óleos essenciais na dieta de leitões em fase de creche sobre o desempenho zootécnico, ocorrência de diarreia, perfil bioquímico sanguíneo e hematológico, peso, comprimento e pH dos órgãos do trato gastrointestinal, permeabilidade intestinal e a translocação de bactérias hepáticas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Efeitos estressores na fase de pós desmame

As novas tecnologias na suinocultura têm ajudado os pesquisadores, produtores e as indústrias, que visam buscar melhores índices zootécnicos no setor suinícola como, melhor peso ao nascimento e a desmama, buscando também maiores índices de eficiência nos números de partos/porcas/ano bem como um maior número de indivíduos terminados ao final da fase de produção. Para atingir esses índices é necessário que haja mudanças positivas nas formas de manejo dos animais e a utilização de possíveis melhoradores de desempenho que sirva para redução de problemas gastrintestinais no começo das fases de vida da leitegada (BARBOSA et al., 2023).

A fase de desmame dos leitões pode ser uma etapa crucial na saúde dos animais, pois a falta de manejo adequado reflete em questões imunológicas severas. Seja por um período mais longo ou mais curto de desmame, as estratégias para redução dos efeitos deletérios devem ser introduzidas no manejo a fim de garantir um melhor desempenho e produtividade ao final da fase de creche (CAMPBELL et al., 2013).

A fase de desmame para os leitões é sempre acompanhada de estresse entre leitegadas distintas. Em uma pesquisa recente, foram evidenciados três perfis com características sociais comportamentais nos leitões, em que havia animais pouco ativos e não saudáveis, animais agressivos, pouco ativos e saudáveis e animais sociáveis, ativos e saudáveis. As respostas adaptativas sociáveis entre os comportamentos descritos, podem ser uma adaptação com pouco ou muito estresse entre os animais causados pela nova fase de vida e tem influência na seu desempenho produtivo (CLOUARD et al., 2023).

Assim que os leitões passam a ser encaminhados da maternidade para o crechário, o seu sistema digestório que ainda está em formação, tanto pelo estresse de vários fatores como a mudança para a alimentação sólida, causando nos animais desbalanços intestinais que levam ao aparecimento de diarreia, e com a utilização de aditivos alimentares pode ocorrer melhorias na redução dos níveis de diarreia, devido ao aumento da capacidade imunológica proporcionado por esses aditivos (ZHAO et al., 2024).

Algumas rações que contém inclusão de antibióticos associados a aminoácidos e minerais podem proporcionar mudanças na microbiota dos leitões, foi correlacionado uma associação de mudanças comportamentais com maior atividade do animal ou associações a

animais mais estressados ou menos estressados devido à provável mudança de microbiota intestinal sob ação do aditivo (PAROIS et al., 2020).

Entretanto, atualmente, alguns sistemas de produção podem ter um manejo positivo na fase de pós desmame dos animais, o sistema de alojamento de leitões em grupo durante o período de lactação pode beneficiar a interação social precoce dos animais entre as baias vizinhas, o que resulta em um grau de estresse menor durante o desmame e possibilitando relações agonísticas entre os leitões, tendo como um dos benefícios a redução das lesões de pele, comparado, assim, nos animais nascidos em baias fechadas e animais de baias de parto livre (LANGE et al., 2020).

Nesse período crítico de fase de pós desmame, os animais como de conhecimento atual, sofrem com os efeitos dos distúrbios da microbiota intestinal, em que bactérias patogênicas causam disbiose no trato gastrointestinal, o que comumente gera diarreia e pode acarretar na redução dos índices zootécnicos desejáveis. A busca de alternativas aos AM como ácidos graxos de cadeia curta encapsulados, utilização de OE protegidos, mostram eficácia sobre o aumento dos microrganismos benéficos como os *Bacillus* e *Lactobacillus spp* no trato gastrointestinal dos suínos (SOLER et al., 2018).

2.2 Aditivos

A inclusão de aditivos como OE, probióticos, prebióticos e ácidos orgânicos na alimentação animal tem mostrado benefícios, pois essa prática é uma estratégia eficaz para eliminar ou pelo menos minimizar a utilização de antibióticos utilizados na produção animal. Observou-se que a adição de um prebiótico na ração pós-desmame, assim como rações com cobre e zinco, têm impacto na ordem de parição das porcas e influenciam no microbioma dos leitões. Isso demonstra que a incorporação de aditivos modifica a composição dos microrganismos presentes nos leitões (LAW et al., 2024).

Diversos tipos de aditivos como, por exemplo, um *blend* óleos essenciais e ácidos orgânicos, apresentam vantagens quando administrados na ração. O óleo essencial de citronela pode ser aplicado na produção de multi espécies, respeitando as dosagens recomendadas pelo fabricante, como 20 mg/kg, tanto para leitões, como para suínos em fase de terminação. Esse aditivo é classificado como sensorial e não apresenta riscos para os animais, para o meio ambiente ou aos seres humanos (BAMPIDIS et al., 2024).

No contexto da alimentação animal, os aditivos fitogênicos têm se destacado como alternativa mais promissoras ao uso de antibióticos, devido à grande diversidade de compostos ativos. No entanto, a falta de conhecimento sobre seus mecanismos de ação resulta em uma utilização limitada desses produtos, uma vez que a variabilidade em seus níveis de eficácia ainda precisa ser analisada (BISWAS; KIM, 2024).

A redução do uso de medicamentos na fase pós-desmame dos suínos pode ser alcançada por meio da utilização de aditivos, permitindo que os animais atinjam seu potencial genético. Entretanto, diversos fatores podem impactar a eficácia desses aditivos, como o local onde os animais são inseridos, as condições sanitárias, além da composição, dosagem e forma de processamento do aditivo (LIMA et al., 2020).

A incorporação de aditivos naturais nas rações dos leitões tem mostrado resultados positivos, incluindo o uso de prebióticos e probióticos. A aplicação isolada ou em combinação aos óleos essenciais e ácidos orgânicos são exemplos de aditivos que atuam como melhoradores de crescimento. Esses aditivos influenciam de forma benéfica a população de microrganismos no intestino, reduzindo os impactos negativos sobre a microbiota dos animais e, consequentemente, contribuindo para a melhoria do sistema imunológico (BRESTOFF; ARTIS, 2013).

Uma parcela significativa dos aditivos apresenta propriedades antimicrobianas e antioxidantes que influenciam o sistema imunológico e digestivo dos animais. Um exemplo são os aditivos alimentares a base de plantas, os quais evidenciam melhorias na saúde, no desempenho e no crescimento dos animais. Além disso, esses aditivos também se mostram eficazes na diminuição da diarreia (PAPAKONSTANTINO et al., 2023).

2.2.1 Antibióticos

Os antibióticos são utilizados pela indústria suinícola há pelo menos 60 anos, como forma de melhorar o desempenho dos animais tanto no crescimento, como na saúde, na conversão e eficiência alimentar. Entretanto, se utilizado de maneira incorreta, com dosagens elevadas deste produto, acima do indicado, pode-se gerar preocupações na produção, fazendo-se necessárias algumas restrições governamentais sobre sua utilização, em função do aumento da resistência antimicrobiana (HELM et al., 2019).

Recentemente, um estudo detalhado foi realizado com o objetivo de encontrar

soluções ou métodos que visem diminuir o uso de antibióticos na alimentação de animais. Um exemplo disso é a utilização de óxido de zinco em superdosagem na dieta de suínos. Diante dessa preocupação, aditivos alternativos têm sido avaliados para inclusão nas rações, como incluir diferentes níveis de probióticos, prebióticos, ácidos orgânicos, extratos de plantas, enzimas, peptídeos com propriedades antimicrobianas e aminoácidos (CANIBE et al., 2022).

A utilização de antimicrobianos como melhoradores de desempenho na alimentação de suínos foi afetada globalmente devido às sérias preocupações com o desenvolvimento de resistência antimicrobiana. Isso representa um desafio para a sustentabilidade mundial. Portanto, é essencial promover a conscientização sobre o uso responsável desses produtos, além de buscar alternativas para a diminuição ou eliminação de sua presença nas rações dos animais (GUTHS et al., 2022).

Um dos efeitos da utilização dos AM sobre as bactérias e outros microrganismos é a capacidade de promover resistência a esses medicamentos a partir de superdosagens utilizadas, muitas vezes, sem averiguar os efeitos futuros como a capacidade de bactérias patogênicas de fazer a transferência de material genético resistente entre variadas espécies, nos animais tratados com os AM (SOUCY et al., 2015).

Dentre outros efeitos decorrentes do uso de antibióticos está a geração de resíduos que podem ser espalhados pelo ambiente através dos dejetos dos animais tratados. Um estudo revela que há contaminação cruzada de rações para animais que contenham antibiótico, gerando um problema de interesse de saúde pública (SANTOS-SANTÓRUM SUÁREZ et al., 2023).

2.2.2 Óleos essenciais

As plantas possuem um sistema de defesa para se proteger no meio em que vivem. De fato, as plantas são capazes de produzirem moléculas orgânicas complexas que possuem ação antimicrobiana, antioxidante, antiviral e inseticida (DERBASSI et al., 2022).

A ação dos OE no organismo dos animais é igual a ação de defesa nas plantas, que é feita pela ação de compostos orgânicos voláteis conhecidos como terpenos, que são compostos de anéis aromáticos que atuam sobre a bicamada lipídica e proteínas transmembranas das bactérias e outros microrganismos (MENICUCCI et al., 2023).

Os OE são produtos gerados a partir de compostos voláteis de alguns vegetais, eles possuem um peso molecular leve e uma solubilidade alta em lipídeos, podem estar associados

a álcoois e/ou a outras substâncias de características hidrofóbicas. Comumente são estocados em células especiais como as encontradas em cascas, raízes, sementes, flores, frutos e folhas (CARSON; HAMMER, 2011).

Os OE podem ter uma variação na sua composição apresentando fatores intrínsecos e extrínsecos na sua atuação de defesa nas plantas, que podem ser pela diferença de material genético, etapas de crescimento e desenvolvimento, região e clima em que se encontram (BUCKLE, 2014).

A utilização dos OE pelos humanos ocorre há milhares de anos, estudos apontam que cerca de 17.500 espécies de plantas podem fornecer esses compostos, dentre elas as angiospermas, sendo que apenas 300 dessas espécies são utilizadas e comercializadas, óleo de tomilho, cajupute, canela, eucalipto, cravo, salsa e vários outros (WINSKA et al., 2019).

Um dos desafios para produção das substâncias biologicamente ativas é evitar a sua rápida volatilização, com o intuito de manter o seu modo de ação por um tempo prolongado. Diante disso, foram criadas várias tecnologias para reter esses compostos como, nanopartículas e esferas do produto (MENICUCCI et al., 2022).

Os OE podem ocasionalmente ser confundidos com lipídeos por serem chamados de óleos, no entanto, não possuem em sua composição ácidos graxos ou triglicerídeos. Outra classificação que é erroneamente denominada é que os OE são óleos funcionais, que são predominantes substâncias que possuem uma parte lipofílicas e que tem grande atuação em funções importantes no organismo, não envolvidos com a geração de energia (TORRENT, 2014).

Os OE em sua função de inibir a reprodução antimicrobiana depende de alguns fatores como a concentração mínima inibitória, os químicos ativos podem agir sozinhos ou em combinação, tanto em bactérias gram-positivas quanto em gram-negativas. Isso faz com que esse aditivos sejam eficazes na manutenção da qualidade dos alimentos (VALDIVIESO-UGARDE et al., 2019). De acordo com Okoh et al. (2010) a ação dos OE é mais acentuada contra bactérias gram-positivas em relação às bactérias gram-negativas (OKOH et al., 2010).

A capacidade de resistência das bactérias gram-negativas aos OE é devido à função protetora das proteínas da membrana extrínseca da parede celular, o que reduz o fluxo de difusão de compostos de características hidrofóbicas por meio dessa camada constituída de lipopolissacarídeos (AFKAR, 2024).

Os princípios ativos presentes no OE derivados de produtos vegetais naturais que são responsáveis por inúmeras características e propriedades antimicrobianas, especialmente os

terpenos de característica fenólica, álcoois e fenilpropanóides, sendo um exemplo de constituinte os hidrocarbonetos que apresentam baixas atuações e podem ser combinados com outros compostos para elevar sua bioatividade (BASSOLÉ; JULIANI, 2012).

Alguns OE podem ter um efeito diferente em relação a um tipo de antibiótico, como a colistina (polimixina E), que sua ação sobre algumas bactérias, como a *E. coli*, é focada nos lipopolissacarídeos, que são restritos às espécies gram-negativas, o que provoca uma alteração na bicamada lipídica da bactéria. Por outro lado, o OE que contém, por exemplo, timol e/ou carvacrol, se dirige à camada lipídica e se liga à parte hidrofóbica da membrana, fazendo com que as bactérias não consigam separar os componentes de OE de sua bicamada lipídica. Isso permite interações que afetam o funcionamento das proteínas e lipídios das bactérias, resultando em mudanças na membrana celular (GIRARD et al., 2019).

São extraídos do orégano e o tomilho um dos OE mais utilizados, seja ele para nutrição humana, como para utilização na área de produção de alimentos, e na alimentação animal. O óleo essencial de orégano, contém como composto químico majoritário o carvacrol, que tem ação antimicrobiana e se destaca pela eficácia inibitória contra cepas de bactérias patogênicas como a *Salmonella enteritidis*. e *E. coli*. Essa inibição está associada à concentração utilizada do composto do óleo essencial e à concentração presente dos microrganismos patogênicos, também tendo influência do pH sobre a ação do OE (RIBEIRO et al., 2025).

O uso de carvacrol possui uma ação significativa sobre a proliferação e crescimento de fungos (MENICUCCI et al., 2024). Além do carvacrol o óleo essencial de canela é utilizado principalmente pelas suas atividades antifúngicas devido a um composto químico também muito utilizado, o cinamaldeído, que atua na redução do crescimento e produção de aflatoxinas como o *Aspergillus favus*, de forma dependente da concentração para que tenha um bom efeito com cerca de 85 a 90% de na redução para as aflatoxinas B1 e B2, que atua sobre a morfologia dos micélios vegetativos e hifas presente nas rações (GWAD et al., 2024).

2.3 Uso dos óleos essenciais na alimentação de leitões

As características químicas dos compostos encontrados nos OE têm mostrado um alto potencial para uso na alimentação de suínos na fase de creche, impactando o funcionamento do TGI. Diante dos constantes desafios sanitários e da pressão populacional de animais em

um espaço limitado durante a fase de creche, os OE podem ser uma alternativa ao uso de antimicrobianos.

Dong et al. (2019) analisaram doses de óleo essencial extraído da *Melaleuca alternifolia* nas dietas dos leitões desmamados com as dosagem de 50, 100 e 150 mg/kg, e observaram efeitos benéficos na mucosa intestinal e melhoria na imunidade.

Uma pesquisa com leitões desmamados comparando a utilização de um *blend* de OE composto por 13,5% de timol e 4,5% de cinamaldeído, em uma dosagem de 100 mg/kg, a utilização de antimicrobiano e um grupo controle, não foi observado resultados significativos no desempenho dos animais. Entretanto, os tratamentos contendo o OE enquanto o antimicrobiano apresentaram um menor índice de ocorrência de diarreia (TIAN; PIAO, 2019).

Wei et al. (2021) fizeram um estudo utilizando 100 mg/kg de um *blend* de OE que continha timol e carvacrol, fornecidos na dieta de leitões em fase de creche, e não observaram resultados significativos para o desempenho zootécnico. No entanto, houve redução da população de *E. coli* e aumento na população de bactérias do gênero *Lactobacillus* no TGI.

A adição de OE contendo carvacrol, cinamaldeído e timol nas rações de leitões em fase de creche implicam em melhorias na saúde intestinal, por proporcionar uma redução considerável na diarreia dos animais, pois os OE possibilitam um aumento da área de absorção de nutrientes mantendo a barreira intestinal íntegra, amenizando os processos inflamatórios. Nesta fase de produção foi observado um melhor desempenho, em que os OE mantiveram a homeostase intestinal dos leitões (ZHAO et al., 2024).

Dessa forma, tanto o meio ambiente como a produção animal podem se beneficiar com a utilização dos OE, por ser um produto natural que não tem influência negativa ao meio ambiente e não causa resistência microbiana, possibilitando, assim, uma produção mais sustentável e financeiramente mais vantajosa em relação aos produtos AM.

2.4 Morfologia intestinal de leitões

O TGI é vital para que o metabolismo de um animal possa realizar funções como a digestão e absorção de nutrientes, gerando energia e proporcionando um ambiente estável a microbiota, servindo de defesa como barreira intestinal possibilitando a ação imunológica pelas mucosas (PLUSKE et al., 2018).

O TGI possui barreiras de proteção sendo físicas e químicas, que atuam na defesa

contra o ataque de patógenos ali presentes, como secreções estomacais, gerando ambiente de baixo pH e fazendo com que ocorra ativação dessas enzimas do estômago e possa impedir o avanço de possíveis patógenos em potencial (MCELROY et al., 2018).

O TGI é coberto por um epitélio intestinal que é formado por células organizadas em uma única camada, sendo que essas células têm uma alta taxa de renovação celular, permitindo que, em pouco tempo, ocorra a completa renovação. A diferenciação de células que acontece no topo do vilos intestinal. As criptas têm as chamadas células-tronco que migram da base até o topo da vilosidade, para que possam se transformar em células específicas como, células enterócitas, células digestivas, ou secretoras conhecidas como caliciformes, enteroendócrinas e as células de Paneth (VERDILE et al., 2019).

Uma das células mais abundantes do TGI são os enterócitos que, em sua maior parte, compõem o epitélio intestinal, sendo caracterizados por fazerem parte da formação das microvilosidades intestinais no lúmen com importância de formarem uma maior área de contato com os substratos ali presentes. Elas possuem função secretora de enzimas digestivas, sendo também extremamente responsáveis por fazer a absorção de água, nutrientes e eletrólitos, por meio de um complexo de transportadores apicais e basolaterais. Esse são locais onde se têm a atuação dos OE que possibilitam uma proteção no combate a MO patógenos que possam gerar problemas intestinais (MOESER et al., 2017).

Uma parte da barreira intestinal é formada pelas células enterócitas que possuem algumas proteínas de junção forte como as claudinas, que estão dispostas na membrana das células de forma intra e intercelulares. Sendo a claudina responsável por fazer essa junção do controle da permeabilidade intestinal, através do controle e regulação do fluxo de transporte de água e nutrientes pelo enterócitos, gerando uma barreira que impede a entrada de microrganismos patógenos (ZUO et al., 2020).

As células de Paneth presentes no epitélio intestinal são células secretoras que participam da defesa do TGI junto com as células caliciformes, responsáveis por secretar compostos AM e mucina. Da mesma forma que células enteroendócrinas fazem uma importante função de liberação de hormônios e a detecção de microrganismos patógenos, e participam tanto na regulação da imunidade quanto do apetite do animal (MOESER et al., 2017).

No TGI há uma diferenciação de epitélio entre o intestino grosso e o intestino delgado, sendo que no intestino grosso não se encontram as vilosidades, somente as criptas, não havendo células Paneth, cuja a responsabilidade de secreções peptídicas antimicrobianas é

realizada pelo enterócito (IFTEKHAR; SIGAL, 2021).

2.5 Microbiologia intestinal de leitões

Os diversos microrganismos que estão na microbiota do TGI oferecem uma vantagem na formação de uma barreira intestinal, criando uma competição pela dominância. A influência da microbiota no sistema imunológico do animal e também no sistema endócrino, permite a produção de fatores AM e substâncias do sistema imune. Ela também ajuda na remoção de fatores antinutricionais e na digestão de nutrientes, além de produzir ácidos graxos e vitaminas (WANG et al., 2020).

A fim de manter uma boa regulação entre os vários mecanismos do TGI, existe uma relação entre a população da microbiota lá presente e a dieta dos animais. Celi et al. (2017) chamaram essa associação de saúde intestinal, definida pela relação estável entre a coexistência da população da microbiota e o próprio trato intestinal, onde criam um equilíbrio de forma simbiótica, permitindo que o bem-estar do organismo e seu desempenho não enfrentem limitações devido a disfunções.

Assim, nos suínos, existe uma grande variedade de microrganismos no intestino, com uma estimativa de 500 a 1000 espécies diferentes que habitam esse ambiente, onde ocorre um perfeito equilíbrio entre o hospedeiro e as bactérias que ali estão (KIM et al., 2015).

Estão presentes alguns filos de bactérias encontradas no TGI dos leitões, no entanto, tem-se destacado em suínos na fase de creche o filo *Fusobacteria*, que apesar de estarem em altas concentrações no TGI, essas bactérias dependem de condições ideais para causarem lesões aos animais, sendo que em condições normais e saudáveis, bactérias benéficas conseguem evitar a ação dessas bactérias (ARSENAULT et al., 2024).

A microbiota intestinal tem grande importância em manter a saúde intestinal dos leitões através das reações metabólicas dos nutrientes que tem como função formar uma barreira mucosa e possibilitar uma resistência à invasão de patógenos (AZAD et al., 2020).

Em um estudo que foi realizada uma varredura da microbiota de leitões do nascimento até uma semana após a desmama, e essa dominância foi feita pelos filos Bacteroides, Firmicutes e Proteobacteria, foram identificadas 10 famílias principais, das quais 78% do sequenciamento foram *Acidaminococcaceae*, *Prevotellaceae*, *Lachnospiraceae*, *Ruminococcaceae*, *Bacteroidaceae*, *Fusobacteriaceae*, *Enterobacteriaceae*,

Porphyromonadaceae, *Lactobacilaceae* e *Veillonellaceae*. Destaca-se que há uma maior população de bactérias durante diferentes fases da vida dos animais, no estágio inicial de vida se encontram os gêneros *Bacteroides*, *Escherichia*, *Shigella* e *Clostridium* de abundância no período antecessor ao desmame, e grupo *Prevotella* domina após o período de desmame (ARSENAULT et al., 2024).

Os microrganismos são de extrema importância para os animais, ainda mais para os leitões que são sensíveis a qualquer desequilíbrio da microbiota intestinal podendo acarretar em uma diarreia ocasionado por microrganismos (OMONIJO et al., 2018).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFKAR, S. Assessment of chemical compositions and antibacterial activity of the essential oil of *Mentha piperita* in response to salicylic acid. **Natural Product Research**. 2024. <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2256020>.
- ARSENAULT, M.; LILLIE, B.; NADEEM, K.; KHAFIPOUR, E., FARZAN, A. Progression of swine fecal microbiota during early stages of life and its association with performance: a longitudinal study. **BMC Microbiology**, v. 24, n. 1, 2024. <https://doi.org/10.1186/s12866-024-03336-y>
- AZAD, M. A. K., GAO, J., MA, J., LI, T., TAN, B., HUANG, X., & YIN, J. (2020). Opportunities of prebiotics for the intestinal health of monogastric animals. In *Animal Nutrition* (Vol. 6, Issue 4, pp. 379–388). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.08.001>
- BAMPIDIS, V.; AZIMONTI, G., BASTOS, M. DE L.; CHRISTENSEN, H.; DURJAVA, M.; KOUBA, M.; LÓPEZ-ALONSO, M.; LÓPEZ PUENTE, S.; MARCON, F.; MAYO, B.; PECHOVÁ, A.; PETKOVA, M.; RAMOS, F.; VILLA, R. E.; WOUTERSEN, R.; CHESSON, A.; SCHLATTER, J.; WESTENDORF, J.; DIRVEN, Y.; ... DUSEMUND, B. Safety and efficacy of a feed additive consisting of an essential oil derived from the leaves of *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle (citronella oil) for use in all animal species (FEFANA asbl). **EFSA Journal**, v. 22, n. 5, 2024. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8790>
- BARBOSA, K.A.; GENOVA, J.L.; PAZDZIORA, M.L.; HENNIG, J.F.; AZEVEDO, L.B. DE; VEIGA, B.R. DE M.; RODRIGUES, G. DE A.; CARVALHO, S.T.; PAIANO, D.; SARAIVA, A.; OLIVEIRA, N.T.E. DE; CARVALHO, P.L. DE O. The role of dietary monoglycerides and tributyrin in enhancing performance and intestinal health function in nursery piglets. **Italian Journal of Animal Science**, v. 22, n. 1, pp. 626–638, 2023. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2023.2226166>
- BASSOLÉ, I.H.N.; JULIANI, H.R. Essential oils in combination and their antimicrobial properties. In: **Molecules**, v. 17, Issue 4, pp. 3989–4006, 2012. <https://doi.org/10.3390/molecules17043989>
- BISWAS, S.; AHN, J.M.; KIM, I.H. Assessing the potential of phytogenic feed additives: A comprehensive review on their effectiveness as a potent dietary enhancement for nonruminant in swine and poultry. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 108, n. 3, pp. 711–723, 2024. <https://doi.org/10.1111/jpn.13922>
- BRESTOFF, J.R.; ARTIS, D. Commensal bacteria at the interface of host metabolism and the immune system. In **Nature Immunology**, v. 14, Issue 7, pp. 676–684, 2013. <https://doi.org/10.1038/ni.2640>
- BROWN, K.; UWIERA, R.R.E.; KALMOKOFF, M.L.; BROOKS, S.P.J.; INGLIS, G.D. Antimicrobial growth promoter use in livestock: a requirement to understand their modes of action to develop effective alternatives. In **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 49, Issue 1, pp. 12–24, 2017. Elsevier B.V.

<https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2016.08.006>

- BUCKLE, J. **Clinical aromatherapy-e-book: Essential oils in practice**. Elsevier Health Sciences, 2014.
- CAMPBELL, J. M.; CRENSHAW, J.D.; POLO, J. **The biological stress of early weaned piglets**. 2013. Disponível em: <http://www.jasbsci.com/content/4/1/19> Acesso em: 10 set. 2024.
- CANIBE, N.; HØJBERG, O.; KONGSTED, H.; VODOLAZSKA, D.; LAURIDSEN, C.; NIELSEN, T.S.; SCHÖNHERZ, A. A. Review on Preventive Measures to Reduce Post-Weaning Diarrhoea in Piglets. In: **Animals**, v. 12, Issue 19, 2022. MDPI. <https://doi.org/10.3390/ani12192585>
- CARSON, C.F.; HAMMER, K.A. Química e Bioatividade de Óleos Essenciais. In: **Lipídios e Óleos Essenciais como Agentes Antimicrobianos**, H. Thormar (Ed.), 2011. <https://doi.org/10.1002/9780470976623.ch9>
- 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. In: **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, pp. 88–100, 2017. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.09.012>
- CLOUARD, C.; RESMOND, R.; VESQUE-ANNEAR, H.; PRUNIER, A.; MERLOT, E. Pre-weaning social behaviours and peripheral serotonin levels are associated with behavioural and physiological responses to weaning and social mixing in pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 259, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2023.105833>
- DERBASSI, N.; BEN, PEDROSA, M.C.; HELENO, S.; CAROCHO, M.; FERREIRA, I.C.F.R.; BARROS, L. Plant volatiles: Using Scented molecules as food additives. In **Trends in Food Science and Technology**, v. 122, pp. 97–103, 2022. Elsevier Ltda. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.002>
- DONG, L.; LIU, J.; ZHONG, Z.; WANG, S.; WANG, H.; HUO, Y.; WEI, Z.; YU, L. Dietary tea tree oil supplementation improves the intestinal mucosal immunity of weanling piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 255, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114209>
- GIRARD, C.; FAYOLLE, K.; KERROS, S.; LERICHE, F. Flow cytometric assessment of the antimicrobial properties of an essential oil mixture against Escherichia coli. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 28, n. 2, pp. 187–198, 2019. <https://doi.org/10.22358/jafs/109687/2019>
- GUTHS, M.F.; SIQUEIRA, H.A.; MONTES, J.H.; MOREIRA, F.; RIZZOTO, G.; PERIPOLLI, V.; TUTIDA, Y.H.; LUCIA, T.; IRGANG, R.; KICH, J. D.; BIANCHI, I. Removal or substitution of in feed antimicrobials in swine production. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 205, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2022.105696>
- GWAD, M.M.A.; EL-SAYED, A.S.A.; ABDEL-FATTAH, G.M.; ABDELMOTELEB, M.;

- ABDEL-FATTAH, G.G. Potential fungicidal and antiaflatoxigenic effects of cinnamon essential oils on *Aspergillus flavus* inhabiting the stored wheat grains. **BMC Plant Biology**, v. 24, n 1, 2024. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05065-w>
- HELM, E.T.; CURRY, S.; TRACHSEL, J.M.; SCHROYEN, M.; GABLER, N.K. Evaluating nursery pig responses to in-feed sub-therapeutic antibiotics. **PLoS ONE**, v. 14, n. 4, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216070>
- IFTEKHAR, A.; SIGAL, M. Defence and adaptation mechanisms of the intestinal epithelium upon infection. **International Journal of Medical Microbiology**, v. 311, n. 3, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2021.151486>
- KIM, H.B.; ISAACSON, R.E. The pig gut microbial diversity: Understanding the pig gut microbial ecology through the next generation high throughput sequencing. In: **Veterinary Microbiology**, v. 177, Issues 3–4, pp. 242–251, 2015. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.03.014>
- LANGE, A.; GENTZ, M.; HAHNE, M.; LAMBERTZ, C.; GAULY, M.; BURFEIND, O.; TRAULSEN, I. Effects of different farrowing and rearing systems on post-weaning stress in piglets. **Agriculture (Switzerland)**, v. 10, n. 6, pp. 1–13, 2020. <https://doi.org/10.3390/agriculture10060230>
- LAW, K.; GARCIA, E.R.M.; HASTAD, C.; MURRAY, D.; URRIOLA, P.E.; GOMEZ, A. Interactions between maternal parity and feed additives drive the composition of pig gut microbiomes in the post-weaning period. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 15, n. 1, 2024. <https://doi.org/10.1186/s40104-024-00993-x>
- LIMA, D.S. DE; LIMA, J.C.; CALVACANTI, R.M.C.B.; SANTOS, B.H.C. DOS; LIMA, I.O. Estudo da atividade antibacteriana dos monoterpenos timol e carvacrol contra cepas de *Escherichia coli* produtoras de β -lactamases de amplo espectro. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 8, n. 1, 2017. <https://doi.org/10.5123/s2176-62232017000100003>
- LIMA, M.D. DE; LOPES, I.M.G.; SILVA, K.F. DA; MIRANDA, H.A.F.; ALMEIDA, A.C. DE; DUARTE, E.R. Uso de aditivos em dietas para leitões em fase de creche: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, e26491211081, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i12.11081>
- MCELROY, S.J.; FREY, M.R.; TORRES, B.A. et al. Innate and Mucosal Immunity in the Developing Gastrointestinal Tract. In: **Avery's Diseases of the Newborn**: Tenth Edition, v.10, pp.1054-1067, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.it.2018.04.002>
- MENICUCCI, F.; PALAGANO, E.; MICHELOZZI, M.; IENCO, A. (2023). Essential Oils for the Conservation of Paper Items. In: **Molecules**, v. 28, Issue 13, 2023. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/molecules28135003>
- MENICUCCI, F.; PALAGANO, E.; MICHELOZZI, M.; CENCETTI, G.; RAI, A.; BACCHI, A.; MAZZEO, P.P.; CUZMAN, O.A.; SIDOTI, A.; GUARINO, S.; BASILE, S.; RICCOBONO, O.; PERI, E.; VIZZA, F.; IENCO, A. Effects of trapped-into-solids

- volatile organic compounds on paper biodeteriogens. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 174, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2022.105469>
- MENICUCCI, F.; PIZZO, B.; SALVADORI, B.; CHELAZZI, L.; IENCO, A.; PALAGANO, E. Antifungal activity of carvacrol-based solids and their effects on Whatman and Kraft paper. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 195, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2024.105894>
- MOESER, A.J.; POHL, C.S.; RAJPUT, M. Weaning stress and gastrointestinal barrier development: Implications for lifelong gut health in pigs. In **Animal Nutrition**, v. 3, Issue 4, pp. 313–321, 2017. KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.003>
- NOWAK, P.; KASPROWICZ-POTOCKA, M.; ZAWORSKA, A.; NOWAK, W.; STEFAŃSKA, B.; SIP, A.; GRAJEK, W.; GRAJEK, K.; FRANKIEWICZ, A. The Effect of Combined Feed Additives on Growing Pigs' Performance and Digestive Tract Parameters. **Annals of Animal Science**, v. 19, n. 3, pp. 807–819, 2019. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0030>
- OKOH, O.O.; SADIMENKO, A.P.; AFOLAYAN, A.J. Comparative evaluation of the antibacterial activities of the essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. obtained by hydrodistillation and solvent free microwave extraction methods. **Food Chemistry**, v. 120, n. 1, pp. 308–312, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.084>
- OMONIJO, F.A.; NI, L.; GONG, J.; WANG, Q.; LAHAYE, L.; YANG, C. Essential oils as alternatives to antibiotics in swine production. In **Animal Nutrition**, v. 4, Issue 2, pp. 126–136, 2018. KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.001>
- PAPAKONSTANTINO, G.I.; MELETIS, E.; PETROTOS, K.; KOSTOULAS, P.; TSEKOURAS, N.; KANTERE, M.C.; VOULGARAKIS, N.; GOUGOULIS, D.; FILIPPOPOULOS, L.; CHRISTODOULOPOULOS, G.; ATHANASIOU, L.V.; PAPATSIROS, V.G. Effects of a Natural Polyphenolic Product from Olive Mill Wastewater on Oxidative Stress and Post-Weaning Diarrhea in Piglets. **Agriculture (Switzerland)**, v. 13, n. 7, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriculture13071356>
- PAROIS, S.P.; DUTTLINGER, A.W.; RICHERT, B.T.; LINDEMANN, S.R.; JOHNSON, J.S.; MARCHANT-FORDE, J.N. Effects of Three Distinct 2-Week Long Diet Strategies After Transport on Weaned Pigs' Short and Long-Term Welfare Markers, Behaviors, and Microbiota. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, 2020. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00140>
- PLUSKE, J.R. Invited review: Aspects of gastrointestinal tract growth and maturation in the pre- and postweaning period of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 7, pp. 399–411, 2016. <https://doi.org/10.2527/jas2015-9767>
- PLUSKE, J.R.; TURPIN, D.L.; KIM, J.C. Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. In **Animal Nutrition**, v. 4, Issue 2, pp. 187–196, 2018. KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.12.004>
- RIBEIRO CERQUEIRA DE OLIVEIRA, L.; MONTEIRO DE BARROS DA CRUZ

- MACHADO, A.C.; DE FREITAS GUIMARÃES FILHO, C.E.; ALMEIDA ESMERINO, E.; ANDRADE CALIXTO, F.A.; MARQUES DE MESQUITA, E. DE F.; KASNOWSKI HOLANDA DUARTE, M.C. Evaluation of the antimicrobial effect of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) on cooked mussels (*Perna perna*) experimentally contaminated with *Escherichia coli* and *Salmonella Enteritidis*. **Food Control**, v. 167, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110835>
- SANTOS, A.V.; FIALHO, E.T.; ZANGERÔNIMO, M.G.; DE SOUZA CANTARELLI, V.; DA SILVA TEOFILIO, T.; MOLINO, J. P. Aditivos antibiótico, probiótico e prebiótico em rações para leitões desmamados precocemente. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 1, pp. 1–10, 2016. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i114934>
- SANTOS-SANTÓRUM SUÁREZ, C.; SANDERS, P.; GAUGAIN, M.; VIEL, A.; PABOEUF, F.; TAILLANDIER, J.F.; HOUÉE, P.; VALENTIN, C.; PERRIN-GUYOMARD, A. Selection of antibiotic resistance in pigs after exposure to feed cross-contaminated with oxytetracycline. **Veterinary Microbiology**, v. 287, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2023.109924>
- SOLER, C.; GOOSSENS, T.; BERMEJO, A.; MIGURA-GARCÍA, L.; CUSCO, A.; FRANCINO, O.; FRAILE, L. Digestive microbiota is different in pigs receiving antimicrobials or a feed additive during the nursery period. **PLoS ONE**, v. 13, n. 5, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197353>
- SOUCY, S.M.; HUANG, J.; GOGARTEN, J.P. Horizontal gene transfer: Building the web of life. In **Nature Reviews Genetics**, v. 16, Issue 8, pp. 472–482, 2015. Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/nrg3962>
- TIAN, Q.Y.; PIAO, X.S. Essential oil blend could decrease diarrhea prevalence by improving antioxidative capability for weaned pigs. **Animals**, v. 9, n. 10, 2019. <https://doi.org/10.3390/ani9100847>
- TORRENT, J. Óleos Funcionais: Uma Alternativa como Promotor de Crescimento. **Boletim Apamvet – Nutrição Animal**, pp. 20-21. 2014.
- VALDIVIESO-UGARTE, M.; GOMEZ-LLORENTE, C.; PLAZA-DÍAZ, J.; GIL, Á. Antimicrobial, antioxidant, and immunomodulatory properties of essential oils: A systematic review. In **Nutrients**, v. 11, Issue 11, 2019. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu11112786>
- VERDILE, N.; MIRMAHMOUDI, R.; BREVINI, T.A.L.; GANDOLFI, F. Evolution of pig intestinal stem cells from birth to weaning. **Animal**, v. 13, n. 12, pp. 2830–2839, 2019. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001319>
- WANG, H.; XU, R.; ZHANG, H.; SU, Y.; ZHU, W. Swine gut microbiota and its interaction with host nutrient metabolism. In **Animal Nutrition**, v. 6, Issue 4, pp. 410–420, 2020. KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.10.002>
- WEI, Y.; MAO, J.; LIU, J.; ZHANG, Y.; DENG, Z.; LV, J.; HE, M.; LIU, J.; WANG, H. Encapsulated mixture of methyl salicylate and tributyrin modulates intestinal microbiota and improves growth performance of weaned piglets. **Microorganisms**, v. 6, 2021.

<https://doi.org/10.3390/microorganisms9061342>

WINSKA, K.; MACZKA, W.; ŁYCZKO, J.; GRABARCZYK, M.; CZUBASZEK, A.; SZUMNY, A. Essential oils as antimicrobial agents—myth or real alternative? In **Molecules**, v. 24, Issue 11, 2019. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules24112130>

ZHAO, B.C.; WANG, T.H.; CHEN, J.; QIU, B.H.; XU, Y.R.; LI, J.L. Essential oils improve nursery pigs' performance and appetite via modulation of intestinal health and microbiota. **Animal Nutrition**, v. 16, pp. 174–188, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.10.007>

ZUO, L.; KUO, W.T.; TURNER, J.R. Tight Junctions as Targets and Effectors of Mucosal Immune Homeostasis. In **CMGH**, v. 10, Issue 2, pp. 327–340, 2020. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jcmgh.2020.04.001>

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local, animais, alojamento e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no galpão de creche do Setor de Suinocultura na Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, localizado na Linha Guará, no município de Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética de Uso de Animais de Produção (CEUAP) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), sob o protocolo nº P15-2024.

Ao todo foram utilizados 144 leitões machos inteiros, híbridos (♀Landrace x ♂Large White) da linhagem comercial Agroceres. Desmamados aos 26 dias de idade. Os animais foram selecionados com peso corporal médio de $7,79 \text{ kg} \pm 0,07 \text{ kg}$, provenientes de um Unidade Produtora de Desmamados (UPD) no município de Quatro Pontes – Paraná, granja integrada da Cooperativa Copagril.

Para o experimento, os animais foram pesados e identificados individualmente com brincos plásticos enumerados e higienizados com Iodo.

Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental em blocos casualizados completos com quatro tratamentos, 12 repetições e três leitões por unidade experimental (baia). O período experimental foi de 35 dias, considerando as fases pré-inicial I (1 – 7 dias), pré-inicial II (8 – 21 dias) e inicial I (22 – 35 dias).

Os leitões foram alojados em um galpão de alvenaria, em baias suspensas de ferro maciço e soldado. Cada baia possui uma área de $1,54 \text{ m}^2$ ($1,10\text{m} \times 1,40\text{m}$), piso de placas de plástico de polietileno vazado, comedouro do tipo calha e bebedouro tipo chupeta. As baias são dispostas em duas fileiras laterais divididas por um corredor central, com portas para entrada e saída do galpão.

A limpeza da instalação foi realizada diariamente. A temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) no interior do galpão foi mensurada com o auxílio de um termo-higrômetro (modelo UT330B digital USB, marca UNI-T, Pequim, China), instalado na parte central na altura das baias. Ao todo foram realizadas quatro aferições diárias com temperatura média $28,3^{\circ}\text{C} \pm 2,8^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $44,4\% \pm 21,7\%$ para o período experimental.

O aquecimento do ambiente foi realizado por lâmpadas (Lumanti, Empalux, 220 W UV, made in China) suspensas, reguláveis e individuais na parte central superior de cada baia. A circulação e ventilação de ar foi realizada com o auxílio de quatro ventiladores de parede,

dois exaustores e oito janelas do tipo basculante em três lados do galpão.

Antes do período experimental os animais passaram três dias de adaptação ao ambiente de alojamento e consumiram uma ração comercial. No 14º dia, os animais foram vacinados contra os agentes patogênicos *Circovirus suíno* tipo 2, *Mycoplasma hyopneumoniae*, *Streptococcus suis* soro tipo 2 e *Haemophilus parasuis*, de acordo com o programa de vacinação da Cooperativa.

4.2 Dietas experimentais

As dietas experimentais, na forma farelada, foram divididas em pré-inicial I (7,79 a 9,13 kg-PC), pré-inicial II (9,13 a 14,37 kg-PC) e inicial I (14,37 a 22,84 kg-PC), as quais foram formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2017) (Tabela 1).

Tabela 1: Composição das dietas basais experimentais (como base calculada)

Ingredientes ¹	Tratamentos ²		
	Pré-inicial I ³	Pré-inicial II ³	Inicial I ³
Milho moído 7,86 %	42,402	52,062	64,089
Farelo de soja 45,4 %	23,599	21,618	21,380
Per. de soro de leite	14,118	9,412	-
Farelo de soja micro. %	6,000	4,000	3,000
Farinha de peixe %	5,000	5,000	5,000
Açúcar	3,000	3,000	3,000
Óleo de soja	2,201	1,283	-
Calcário calcítico	1,162	0,924	1,036
Sulfato de lisina	0,612	0,649	0,664
Sal comum	0,500	0,500	0,500
Fosfato bicalcico	0,322	0,424	0,350
Premix Mineral-Vitam.	0,300	0,300	0,300
L-Treonina 96,8 %	0,275	0,264	0,208
DL-Metionina 99,5 %	0,215	0,193	0,172
L-Valina 95,5 %	0,142	0,119	0,056
Blend Óleos essenciais	-	-	-
L-Triptofano 99 %	0,043	0,043	0,034
Caulim	0,100	0,200	0,200
Halquinol	0,020	0,020	0,020
Isoleucina 99%	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00
Composição calculada			
Energia Metabolizável	3.400	3.375	3.350
Proteína calculada %	22,109	20,647	20,550
Proteína analisada%	21,338	19,949	20,059
Gordura bruta %	4,642	3,967	2,988
Fibra bruta %	2,434	2,519	2,781
Cinzas %	6,659	6,166	5,688
Cálcio total %	1,068	0,973	0,948
Fósforo disponível %	0,558	0,550	0,497
Lisina dig. Sui %	1,451	1,346	1,281
Metionina dig. Gui %	0,507	0,476	0,465
Met+Cis dig. Sui %	0,813	0,754	0,730
Treonina dig. Sui %	0,972	0,902	0,833
Triptofano dig. Sui %	0,276	0,256	0,243
Isoleucina dig. Sui %	0,798	0,740	0,744
Valina dig. Sui %	1,001	0,929	0,884
Colina total ppm	1.068	1,071	1,136
Sódio %	0,311	0,292	0,254

¹Ingredientes da dieta fornecida; ²CP: Tratamento controle positivo com 0,2g de halquinol / kg de ração; CN: Tratamento controle negativo sem antibiótico; CN250: Tratamento controle negativo + 250g de óleos essenciais / Ton. de ração; CN500: Tratamento controle negativo + 500g de óleos essenciais / Ton de ração; ³Fase de criação dos animais. *Níveis de garantia premix: Vitamina A(mín.) 2.000.000UI/kg, vitamina D3 (mín.) 533.330UI/kg, vitamina E (mín.) 6.583UI/kg, vitamina K3 (mín.) 1.066mg/kg, vitamina B1 (mín.) 334 mg/kg, vitamina B2 (mín.) 1.333mg/kg, vitamina B6 (mín.) 466mg/kg, vitamina B12 (mín.) 5.333mcg/kg, niacina (mín.) 9.372mg/kg, ácido pantotênico (mín.) 5.022mg/kg, ácido fólico (mín.) 167mg/kg, biotina (mín.) 26,66mg/kg, manganês (mín.) 10g/kg, zinco (mín.) 26,66g/kg, ferro (mín.) 10g/kg, cobre (mín.) 2.708mg/kg, iodo (mín.) 333mg/kg, selênio (mín.) 100mg/kg, BHT (mín.) 100mg/kg. O halquinol foi adicionado somente no CP; o blend de óleos essenciais foi adicionados nos tratamentos CN 250 e CN 500; o caulim foi adicionado para completar a formulação.

Os animais tiveram acesso livre a ração e água durante todo o período experimental.

A ração foi misturada em um misturador do tipo Y para a fase pré-inicial I com capacidade

máxima de 80 kg, para a ração pré-inicial II e Inicial I foi utilizado um misturador vertical com capacidade máxima de 500 kg (modelo Min500C, marca Incomagri, Itapira, SP, Brasil).

As dietas experimentais foram compostas por um controle positivo (CP), dieta com inclusão de halquinol (antibiótico), um controle negativo (CN), dieta sem inclusão do melhorador de desempenho, uma dieta com inclusão de 250g/ton do *blend* de óleos essenciais (CN250), e uma dieta contendo 500g/ton do *blend* de óleos essenciais (CN500).

O *blend* de óleos essenciais era composto por óleo vegetal hidrogenado (67,5%), óleo de tomilho (3%), óleo de orégano (12%), óleo de canela (15%) e óleo de pimenta (2,5%), tendo em sua composição os compostos biologicamente ativos carvacrol, timol, cineole, cinamaldeído, *Capsicum oleoresin*. Produto comercial não encapsulado (SAUVET, Campinas, São Paulo) possui aparência granular vermelho claro e aromatizado.

4.3 Desempenho zootécnico

Com o auxílio de uma balança digital (Modelo UL-50, Marca DIGI-TRON, Curitiba, Brasil), os leitões foram pesados ao início e ao final de cada fase, bem como a quantidade de ração fornecida, e sobras coletadas. Para a avaliação do desempenho zootécnico dos animais foi registrado o peso corporal inicial (PCI), peso corporal final (PCF), ganho de peso corporal diário (GPD), consumo de ração diário (CRD) e a conversão alimentar (CA). O GPD foi calculado considerando o peso corporal individual de cada animal dividido pelos dias de cada fase, o CRD foi determinado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida e sobra diária, dividida pelo número de dias de cada fase e a CA foi calculada pela relação entre CRD/GPD, ou seja, $CA = CRD/GPD$.

4.4 Ocorrência de diarreia

A ocorrência de diarreia foi determinada, todos os dias sendo avaliados os escores de cada baia individualmente. Os critérios adotados de consistência física das fezes constituíram em, escores de 0 a 3, sendo 0 considerado fezes sólidas, 1 para pastosas, 2 para fezes líquidas/pastosas e 3 para fezes líquidas, conforme metodologia de Pérez-Calvo et al. (2019).

4.5 Parâmetros sanguíneos

Foi realizada a colheita de $\pm 20\text{mL}$ com seringas de plástico (DESCARPACK Bico Luer Slip 20ml, hipodérmica estéril, Lifelong Meditech Pvt. Ltda. Gurgaon-Índia) e agulha com calibre 1,20 x 0,40mm (BD PrecisionGlide, Becton Dickinson ind. Ltda Curitiba-Brasil).

O sangue foi colhido na veia cava cranial anterior, e após a colheita transferido para tubos sem anticoagulante com gel ativador de coágulo (INJEX vácuo, estéril 5ml Ourinhos-SP-Brasil) para obtenção do soro para análises de ureia, proteínas totais, colesterol, albumina e fosfatase alcalina, e tubos a vácuo com anticoagulante (fluoreto de sódio) para análise de glicose. Em seguida, os tubos foram centrifugados em centrífuga (modelo 80-2B-15ML, Centrilab) a 3000 rpm por 10 minutos.

A colheita de sangue foi realizada ao final da fase pré-inicial II e da Inicial I, no período da manhã para reduzir o estresse térmico por calor. Para tanto, dois animais por unidade experimental foram selecionados de acordo com o peso médio da baia sendo realizadas as duas colheitas no mesmo animal.

As amostras foram armazenados em microtubos de polietileno incolor (K30-1020 PP 2 mL, Olen-China) e armazenados em freezer a -4°C para posterior análises. As análises foram realizadas utilizando kits comerciais da Analisa Gold Diagnóstica® em um espectrofotômetro MINDRAY Semi-auto Chemistry Analyser Moledo BA-88^a, Shanghai International Holding Corp. GmbH (Europe).

4.6 Parâmetros hematológicos

As amostras de sangue foram colhidas junto com as amostras para o perfil bioquímico, acondicionadas em tubos com anticoagulante EDTA (BD Vacutainer Tubo K2EDTA 4ml ESTERIL, Beckton de EDTA, tubos Dickinson Ind. Cir. Ltda Curitiba-Brasil) em caixa de isopor contendo gelo seco e encaminhadas ao Laboratório de Metabolismo Animal da Zootecnia da Unioeste, para a mensuração de hemácias totais (RCB), hemoglobina (HGB), hematócrito (HCT), hemoglobina corpuscular média (MCH), concentração de hemoglobina corpuscular média (MCHC), volume corpuscular médio (MVC), leucócitos totais (WBC), plaquetas (PLT), amplitude de distribuição de plaqueta (PDW), plaquetócrito (PCT), volume plaquetário médio (MPV) e amplitude de distribuição de glóbulos vermelhos (RDW).

As análises foram realizadas com o auxílio do equipamento de leitura de hemograma Auto Hematology Analyzer MINDRAY modelo BC-2800Vet, Shanghai International Holding Corp. GmbH (Europe).

4.7 Permeabilidade intestinal e parâmetros antioxidantes

Para a avaliação de permeabilidade intestinal foram utilizados oito animais por tratamento. Os animais foram submetidos a um jejum alimentar de seis horas antes da coleta de sangue, mas tendo acesso à água.

Após o período de jejum, foi aplicada uma dose de 1000µl da solução de Fict-dextran com o auxílio de uma seringa de 1 mL via cavidade oral em cada animal, após a aplicação foi fornecida novamente a ração aos animais.

Após seis horas da aplicação do e Fict-dextran foi realizada a colheita de sangue dos animais com seringa via pulsão veia cava cranial anterior e transferidos para tubos a vácuo com ativador de coágulo, para obtenção de soro para análises de permeabilidade intestinal e imunoglobulina G, e tubo a vácuo com anticoagulante EDTA, para obtenção de plasma para a análise da enzima antioxidante superóxido dismutase e glutathione-S-transferase.

As amostras foram centrifugadas a 3000 rpm a 10 min e acondicionadas em caixa térmica refrigerada e enviadas para o laboratório da Imunova Análises Biológicas Curitiba, Paraná, Brasil.

4.8 Abate

Ao término do período experimental, foi selecionado seis animais por tratamento, com peso médio de 21,5 kg/ os animais foram identificados com tatuagem em uma das orelhas e encaminhados para um frigorífico comercial. O abate seguiu as normas do CONCEA nº 37 de 15 de fevereiro de 2018, que normatiza o abate humanitário dos animais.

Foi realizado o atordoamento por eletronarcole a 240 volts por três segundos, seguido da eutanásia, sangramento e evisceração e posterior análise do trato digestório como análises de peso, comprimento e pH dos órgãos.

4.9 Microbiologia intestinal

Para as análises de microbiologia intestinal foram coletadas amostras de conteúdo cecal as quais foram acondicionadas em potes esterelizados, para posterior envio ao Laboratório Mercolab, localizado na cidade de Cascavel, Paraná, Brasil. A concentração das populações de bactérias ácido lácticas (BAL), *Clostridium* sulfito redutor (CSR) e *E. coli* (EC), segundo a metodologia da contagem em placa de Silva et al. (2018). Os dados obtidos foram transformados em logarítimo (log 10).

4.10 Histomorfometria intestinal

As amostras foram submetidas a banhos de álcool crescentes e xilol, seguidas de acondicionamento em parafina. Posteriormente, foram realizados os cortes semiseriados de cinco µm e acrescentados em lâminas histológicas. Os cortes foram corados pela metodologia de hematoxilina e eosina (PROPHET, 1994).

Foram colhidas amostras do Jejuno com tamanho de aproximadamente três cm de comprimento dos animais que foram abatidos para as análises de morfologia tecidual, as amostras foram colhidas da parte do jejuno localizadas no sentido cranial a 150 cm após a junção Ileocecal. As amostras foram depositadas recipientes plásticos esterilizados contendo uma solução de formalina tamponada com um teor de 10%, as amostras que foram armazenadas nestes potes foram lavadas e limpas com uma solução de cloreto de sódio a uma concentração de 0,9% (solução fisiológica). Em seguida acondicionadas em solução de formaldeído tamponada a 10% (37,5% formaldeído comercial, água destilada, fosfato de sódio mono e dibásico).

Para as avaliações histomorfométricas foram realizadas 10 mensurações do mesmo segmento quanto a profundidade de criptas, e altura de vilosidade. A profundidade de cripta foi calculada desde o fundo da cripta até a junção cripta-vilo, e a altura de vilosidade foi mensurada a partir da junção cripta-vilo até a ponta da vilosidade. Subsequentemente a essas análises, foi realizado a relação altura de vilosidade e profundidade de cripta para cada animal seguindo a metodologia de Silva et al. (2018).

As imagens das lâminas foram capturadas por uma câmera digital (*Pro Series, Silver Spring, MD, EUA*) acoplada a um microscópio Olympus BX40 (*Olympus, Tóquio, Japão*). O

exame morfométrico das imagens foi realizado utilizando um *software* de análise de imagem (*Image-Pro plus 4.1*, Media Cybernetics®, Silver Spring, Maryland). Foram realizadas dez medições da altura das vilosidades (*V*) e das respectivas profundidades das criptas (*C*) em cada fragmento intestinal (*jejuno e íleo*) para calcular o valor médio de cada animal e, assim, obter a razão *V:C*.

4.11 Comprimento, peso relativo e pH dos órgãos

Para a análise de pH, rapidamente após o abate dos animais foram colhidas as amostras dos conteúdos do jejuno, íleo, ceco, cólon e do estômago. A medição foi feita através da utilização de um pHmêtro digital (TEC-2 mp, TECNAL, Piracicaba, Brasil).

Após a mensuração do pH dos órgãos foi realizada a mensuração do comprimento do intestino delgado e grosso, individualmente, com auxílio de fita métrica.

Em seguida, foi realizada a pesagem dos órgãos não digestórios (rins, baço e coração), utilizando uma balança digital (modelo MX-111, marca Maxon, China). O peso relativo de cada órgão foi calculado considerando a relação entre o peso do órgão e o peso corporal de cada animal abatido individualmente com a fórmula.

4.12 Translocação de bactérias dos hepatócitos

Para as análises de translocação de bactérias hepáticas foram utilizados os mesmos animais abatidos e eviscerados, foi coletada uma amostra de aproximadamente dois cm do fígado retirado com o bisturi e lâminas do bisturi esterilizados. Após a coleta das amostras elas foram armazenadas em potes plásticos de polietileno esterilizados e identificados. As amostras foram rapidamente refrigeradas e, posteriormente, encaminhadas ao Laboratório Mercolab, Cascavel, PR, Brasil. As amostras do fígado foram submetidas a análises de contagem bacteriana de *E. coli* e bactérias ácido lácticas. Os dados obtidos foram transformados em log de 10.

4.13 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para determinar a normalidade dos resíduos e ao teste de Levene para determinar a homogeneidade. As variáveis que apresentaram distribuição normal foram submetidas à análise de variância unilateral e, havendo efeito, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

Para os dados que não apresentaram distribuição normal as variáveis foram submetidas à análise do teste de Qui-quadrado e Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de múltiplas comparações de Dunn. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do *software* SAS (versão OnDemand) considerando a probabilidade de significância de 0,05.

Ao final do período experimental, as observações dos escores de diarreia anotados, foram tabulados e transformados em valores binários em que, os escores de atribuição 0 (considerado ausência de diarreia), e os escores de atribuição 1 (considerado diarreia), calculados da seguinte maneira: A somatória das observações de escore da baia e divididos pela quantidade de animais na baia, se o resultado da divisão for abaixo de 1,66 é convertido a 0 (não diarreico), quando os valores estavam acima de 1,66 eram convertidos a 1 (diarreico). Após isso, foram tabulados os dados de ocorrência de diarreia nas fases pré-inicial I, pré-inicial II e inicial I, separados e organizados por tratamento.

5 RESULTADOS

Não houve efeito dos tratamentos ($P>0,05$) sobre as variáveis do desempenho zootécnico (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho zootécnico e ocorrência de diarreia em leitões em fase de creche alimentados com *blend* de óleos essenciais

Parâmetros ¹	Tratamentos ²				Média ³	EPM ⁴	Valor de p ⁵
	CP	CN	CN 250	CN 500			
Pré-inicial I (7,78 – 9,13 kg - 7 dias)							
PCI	7,842	7,733	7,665	7,905	7,788	±0,102	0,3378
PCF	9,267	9,191	8,857	9,196	9,128	±0,237	0,1816
CRD	0,300	0,282	0,279	0,287	0,287	±0,001	0,5512
GPD	0,208	0,196	0,179	0,190	0,194	±0,003	0,5871
TCA	1,42	1,45	1,54	1,56	1,50	±0,101	0,7191
EA	0,69	0,69	0,67	0,67	0,68	±0,022	0,9619
OD %	11,67	8,33	15,00	16,67	12,95	±0,022	0,5348
Pré-inicial II (9,13 – 14,37 kg - 21 dias)							
PCI	9,267	9,191	8,857	9,196	9,128	±0,102	0,3378
PCF	13,982	14,742	14,075	14,702	14,375	±4,248	0,7139
CRD	0,529	0,544	0,557	0,566	0,549	±0,006	0,9368
GPD	0,382	0,403	0,400	0,409	0,399	±0,007	0,5887
TCA	1,52	1,35	1,52	1,46	0,46	±0,090	0,6802
EA	0,66	0,72	0,66	0,68	0,68	±0,007	0,2730
OD %	24,40	10,71	11,31	7,74	13,54	±0,013	<0,0001
Pré-Inicial I + Pré-Inicial II (7,78 – 14,37 kg - 21 dias)							
PCI	7,842	7,733	7,665	7,905	7,788	±0,102	0,3378
PCF	13,982	14,742	14,075	14,702	14,375	±4,248	0,7139
CRD	0,456	0,470	0,464	0,477	0,467	±0,006	0,9368
GPD	0,291	0,335	0,305	0,323	0,314	±0,007	0,5887
TCA	1,43	1,34	1,49	1,48	1,43	±0,090	0,6802
EA	0,67	0,72	0,66	0,68	0,68	±0,007	0,2730
Inicial I (14,37 – 22,84 kg -14 dias)							
PCI	13,982	14,742	14,075	14,702	14,375	±4,248	0,7139
PCF	22,830	23,659	22,462	22,473	22,839	±6,299	0,6191
CRD	0,892	0,895	0,910	0,862	0,890	±0,023	0,8875
GPD	0,552	0,581	0,581	0,583	0,574	±0,006	0,7569
TCA	1,55	1,58	1,57	1,55	1,56	±0,016	0,9330
EA	0,65	0,64	0,64	0,63	0,64	±0,002	0,7887
OD %	2,38	3,57	4,76	0,00	2,68	±0,006	0,0462
Período total (7,78 – 22,74 kg - 35 dias)							
PCI	7,842	7,733	7,665	7,905	7,788	±0,102	0,3378
PCF	22,830	23,659	22,462	22,473	22,839	±6,299	0,6191
CRD	0,737	0,704	0,717	0,691	0,712	±0,008	0,7543
GPD	0,428	0,451	0,437	0,416	0,433	±0,003	0,4797
TCA	1,66	1,62	1,66	1,66	1,65	±0,005	0,3687
EA	0,60	0,62	0,60	0,59	0,60	±0,000	0,1420

¹ PCI: Peso corporal inicial (kg); PCF: Peso corporal Final (kg); CRD: consumo diário de ração (kg); GPD: ganho de peso diário (kg) TCA: Taxa de conversão alimentar; EA: Eficiência alimentar; ²CP: controle positivo, dieta basal com inclusão de 0,2g de halquinol/kg de ração; CN: controle negativo, dieta basal sem inclusão de aditivo melhorador de desempenho; CN250: dieta basal + 250g de um *blend* de óleos essenciais / Ton. de ração; CN500: dieta basal + 500g de um *blend* óleos essenciais / Ton. de ração; ³Valores médios dos tratamentos; ⁴Erro padrão da média; ⁵Nível de significância.

Não foi observada diferença (P>0,05) quanto ao perfil bioquímico sanguíneo dos leitões (Tabela 3).

Tabela 3. Perfil bioquímico sanguíneo de leitões em fase de creche alimentados com dietas contendo *blend* de óleos essenciais

Variáveis ¹	Tratamentos experimentais ²				Média ³	EPM ⁴	Valor de p ⁵
	CP	CN	CN+250	CN+500			
Pré-Inicial II (9,13 – 14,37 kg - 14 dias)							
GLI	117,809	115,309	111,262	110,204	113,627	± 2,606	0,7168
URE	20,068	17,556	18,631	19,836	19,048	± 0,822	0,6947
ALB	1,808	1,801	1,873	1,728	1,805	± 0,050	0,7886
PT	5,356	5,047	5,068	5,141	5,149	± 0,051	0,1328
COL	47,957	46,907	45,116	44,428	46,118	± 1,635	0,8718
FA	203,240	204,150	212,510	211,900	208,030	± 7,101	0,9498
Inicial I (14,37 – 22,84 kg -14 dias)							
GLI	114,525	110,910	116,100	115,021	114,135	± 2,830	0,9260
URE	23,263	20,955	19,782	22,582	21,629	± 0,707	0,2978
ALB	2,099	2,255	2,117	2,187	2,165	± 0,086	0,9186
PT	5,180	5,121	5,083	5,152	5,134	± 0,136	0,9953
COL	82,780	87,240	84,650	84,730	84,871	± 6,468	0,9963
FA	235,170	236,610	244,130	231,620	236,936	± 7,031	0,9447

¹ GLI: Glicose (mg/dL); URE: Ureia (mg/dL); ALB: Albumina (g/dL); PT: Proteínas totais (g/dL); COL: Colesterol (mg/dL); FA: Fosfatase alcalina (U/L); ²CP: controle positivo, dieta basal com inclusão de 0,2g de halquinol/kg de ração; CN: controle negativo, dieta basal sem inclusão de aditivo melhorador de desempenho; CN250: dieta basal + 250g de um *blend* de óleos essenciais / Ton. de ração; CN500: dieta basal + 500g de um *blend* óleos essenciais / Ton. de ração; ³Valores médios dos tratamentos; ⁴Erro padrão da média; ⁵Nível de significância.

O perfil hematológico dos leitões em fase de creche não foi influenciado ($P>0,05$) pelos tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Perfil hematológico de leitões em fase de creche alimentados com dietas contendo *blend* de óleos essenciais

Variáveis ¹	Tratamentos ²				Média ³	EPM ⁴	Valor de p ⁵
	CP	CN	CN+250	CN+500			
Inicial I (14,37 – 22,84 kg -14 dias)							
WBC	22,790	20,957	17,338	17,575	19,405	± 1,076	0,2287
RBC	6,381	5,990	6,022	6,110	6,097	± 0,086	0,4705
HGB	21,445	18,013	17,887	18,000	18,639	± 1,135	0,7012
HCT	33,520	32,973	32,269	31,547	32,487	± 0,638	0,7535
MCV	50,393	53,857	52,967	51,675	52,217	± 0,766	0,4303
MCH	30,118	29,967	28,243	29,700	29,489	± 1,826	0,9845
MCHC	29,000	32,450	32,229	32,171	31,681	± 0,570	0,1649
RDW	47,99	18,53	19,29	18,85	26,949	± 7,831	0,4414
PLT	251,44	306,81	286,79	294,47	287,621	± 11,037	0,3878
MPV	7,971	7,771	7,725	7,527	7,744	± 0,155	0,8037
PDW	13,957	15,473	15,253	14,957	14,926	± 0,264	0,1912
PCT	0,191	0,234	0,210	0,216	0,214	± 0,009	0,4255

¹WBC: Leucócitos totais; RBC: Hemácias totais (μL); HGB: Hemoglobina; HCT: Hematócrito; MCV: Volume corpuscular médio; MCH: Hemoglobina corpuscular média (pg); MCHC: Concentração de hemoglobina corpuscular média (g/dL); RDW: Amplitude de distribuição de glóbulos vermelhos (%); PLT: Plaquetas (μL); MPV: Volume plaquetário médio (fL); PDW: Amplitude de distribuição de plaqueta; PCT: Plaquetócrito (%); ²CP: controle positivo, dieta basal com inclusão de 0,2g de halquinol/kg de ração; CN: controle negativo, dieta basal sem inclusão de aditivo melhorador de desempenho; CN250: dieta basal + 250g de um *blend* de óleos essenciais / Ton. de ração; CN500: dieta basal + 500g de um *blend* óleos essenciais / Ton. de ração; ³Valores médios dos tratamentos; ⁴Erro padrão da média; ⁵Nível de significância.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos para permeabilidade intestinal, imunoglobulina G e para as concentrações enzimáticas de superóxido-desmutase. No entanto, houve diferença ($P= 0,0483$) para a concentração da enzima glutational-S-transferase (Tabela 5; Figura 1).

Tabela 5. Permeabilidade intestinal, Imunoglobulinas G, Superóxido-desmutase e Glutational-S-transferase em leitões em fase de creche utilizando OE.

Variáveis ¹	Tratamentos ²				Média ³	Valor de p ⁵
	CP	CN	CN250	CN500		
Perm. Intestinal	0,3725	0,3240	0,3214	0,2945	± 0,1293	0,1524
IgG	116,6	123,9	129,2	153,5	± 130,8	0,3447
SOD	17,09	18,54	16,99	19,00	± 17,91	0,7850
GST	17,54 ^b	19,48 ^{ab}	21,43 ^a	17,38 ^b	± 18,96	0,0483

^{a,b,c} Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de P Kruskal-Wallis. ¹Permeabilidade intestinal (μg/mL); IgG (mg/dL); Superóxido-Desmutase SOD U/mL; Glutational-S-Transferase GST (nmol./min.mL⁻¹); ²CP: controle positivo, dieta basal com inclusão de 0,2g de halquinol/kg de ração; CN: controle negativo, dieta basal sem inclusão de aditivo melhorador de desempenho; CN250: dieta basal + 250g de um *blend* de óleos essenciais / Ton. de ração; CN500: dieta basal + 500g de um *blend* óleos essenciais / Ton. de ração; ³Valores médios dos tratamentos; ⁴Erro padrão da média; ⁵Nível de significância.

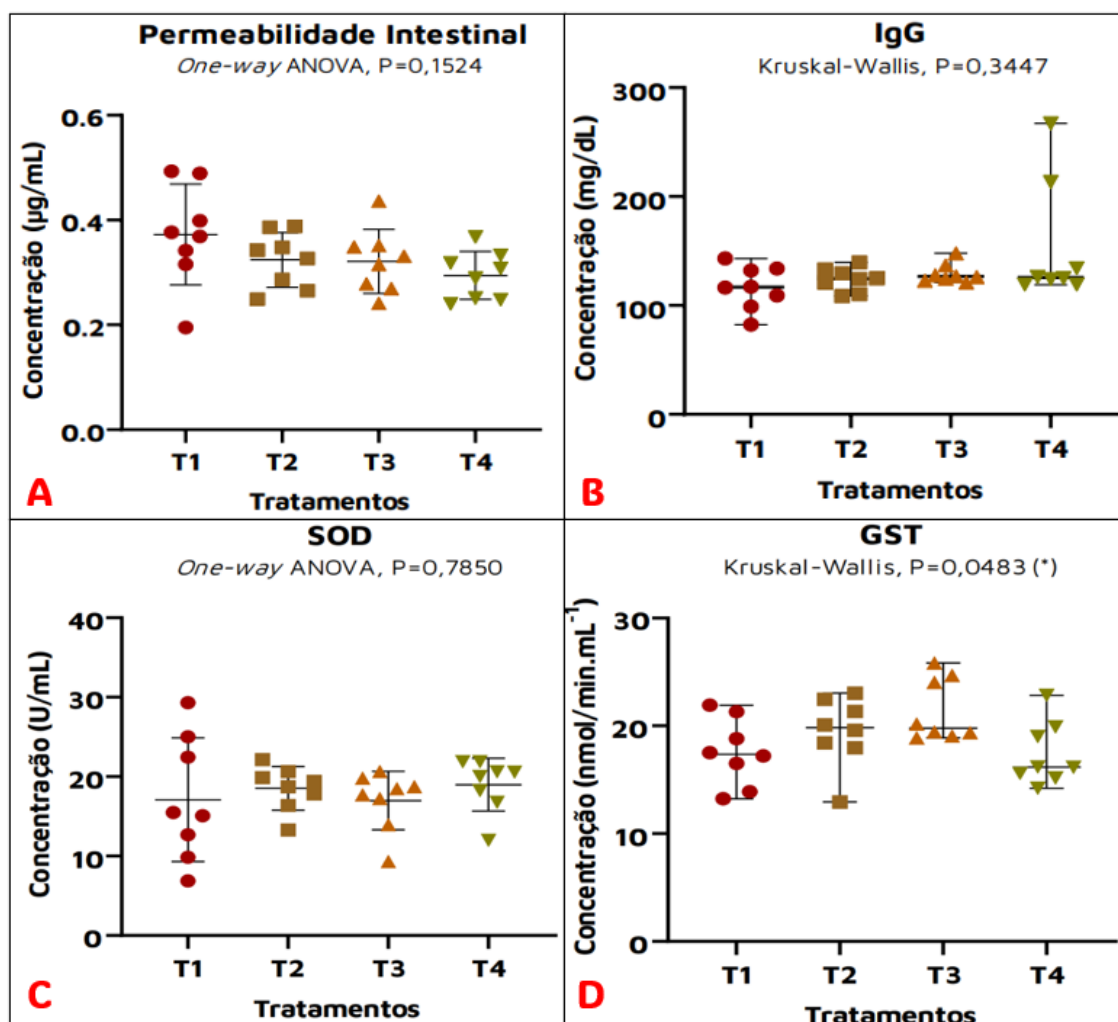


Figura 1. Resultado para análise descritiva quanto à determinação da permeabilidade intestinal em $\mu\text{g/mL}$ (A), determinação das IgG em mg/dL (B), determinação de Superóxido-Desmutase SOD em U/mL (C) e determinação de Glutathione-S-Transferase GST em nmol./min.mL^{-1} (D), de leitões em fase de creche alimentados com *blend* de óleos essenciais. Onde T1= tratamento CP; T2 tratamento CN; T3= tratamento CN+250; T4= tratamento CN+500.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A inclusão de antibiótico bem como de um *blend* de OE não influenciou ($P>0,05$) na contagens de bactérias ácido lácticas, *Costridium sulfito redutor* e *Eschericha coli*. Ademais, não houve interferência para os parâmetros de histomorfometria do jejuno (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios da microbiologia do ceco (log 10/g) e histomorfometria do Jejuno (µm) de leitões em fase de creche utilizando dieta com um *blend* de óleos essenciais

Variáveis	Tratamentos experimentais				Média	EPM	Valor de p ⁵
	CP	CN	CN+250	CN+500			
Microbiologia do ceco (log 10/g)							
BAL.	8,826	9,186	9,477	9,400	9,222	± 0,114	0,1807
CSR.	5,052	5,190	5,975	6,312	5,632	± 0,393	0,6443
<i>E. coli</i>	7,170	6,335	6,698	5,962	6,541	± 0,250	0,3812
Histomorfometria do jejuno (mm)							
AV	0,394	0,458	0,480	0,460	0,445	± 0,014	0,1164
PC	0,195	0,198	0,232	0,215	0,210	± 0,008	0,4188
AV:PC	2,085	2,528	2,241	2,166	2,233	± 0,109	0,5858

¹ BAL: Bactérias ácido láticas; CSR: Clostridium sulfito redutor; *E. Coli*: *Escherichia coli*; AV: Altura de vilosidades; PC: Profundidade de cripta; AV:PC: Relação entre a altura de vilosidades e a profundidade de criptas; ²CP: controle positivo, dieta basal com inclusão de 0,2g de halquinol/kg de ração; CN: controle negativo, dieta basal sem inclusão de aditivo melhorador de desempenho; CN250: dieta basal + 250g de um *blend* de óleos essenciais / Ton. de ração; CN500: dieta basal + 500g de um *blend* óleos essenciais / Ton. de ração; ³Valores médios dos tratamentos; ⁴Erro padrão da média; ⁵Nível de significância.

Houve diferença (P<0,05) para peso relativo do intestino grosso, em que os animais que receberam as dietas contendo o *blend* de OE, independentemente do nível, apresentaram maior peso relativo em comparação ao grupo que recebeu dieta com antibiótico, não diferindo do tratamento sem inclusão de aditivo (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios de peso relativo (como porcentagem no peso corporal), comprimento e pH do órgãos do trato gastrointestinal de leitões alimentados com dietas contendo um *blend* de óleos essenciais

Variáveis ¹	Tratamentos ²				Média ³	EPM ⁴	Valor de p ⁵
	CP	CN	CN+250	CN+500			
Comprimento do intestino (metros)							
ID	61,692	57,944	65,630	64,659	62,481	±52,047	0,4095
IG	15,038	15,482	15,868	16,359	15,657	±4,056	0,5552
Peso dos órgãos (%)							
ID	4,188	3,983	4,405	4,279	4,214	±0,238	0,5221
IG	1,616 ^b	1,940 ^{ab}	2,018 ^a	2,007 ^a	1,920	±0,033	0,0292
Ceco	0,260	0,249	0,282	0,261	0,263	±0,002	0,6912
Fígado	3,042	3,013	3,259	3,076	3,101	±1,169	0,6545
Estomago	0,704	0,718	0,729	0,722	0,717	±4,046	0,3074
Rins	0,488	0,544	0,541	0,526	0,524	±0,002	0,0552
Baço	0,260	0,232	0,207	0,252	0,236	±0,003	0,5705
Coração	0,476	0,445	0,435	0,504	0,465	±0,006	0,2098
pH							
Estomago	4,87	5,37	5,46	5,80	5,37	± 0,240	0,6112
Jejuno	7,82	7,68	7,73	7,99	7,79	± 0,144	0,9023
Íleo	8,01	7,32	7,62	7,46	7,61	± 0,133	0,3028
Ceco	7,11	6,98	7,17	7,22	7,12	± 0,095	0,8400
Cólon	7,65	7,49	7,66	7,76	7,64	± 0,110	0,8703

^{a,b,c} Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey; ¹ID: Intestino delgado; IG: Intestino grosso; ²CP: controle positivo, dieta basal com inclusão de 0,2g de halquinol/kg de ração; CN: controle negativo, dieta basal sem inclusão de aditivo melhorador de desempenho; CN250: dieta basal + 250g de um *blend* de óleos essenciais / Ton. de ração; CN500: dieta basal + 500g de um *blend* óleos essenciais / Ton. de ração; ³Valores médios dos tratamentos; ⁴Erro padrão da média; ⁵Nível de significância.

Não houve influência da inclusão de *blend* de OE (P>0,05) nas contagens de *E. coli* e bactérias ácido lácticas no fígado (Tabela 8).

Tabela 8. Translocação de bactérias do fígado (log de 10/g) de leitões em fase de creche alimentados com dietas contendo *blend* de óleos essenciais

Variáveis ¹	Tratamentos ²				Média ³	EPM ⁴	Valor de p ⁵
	CP	CN	CN250	CN500			
Inicial I (14,37 – 22,84 kg -14 dias)							
EC (log 10)	2,188	2,551	2,345	2,426	2,375	±0,331	0,3319
BAL (log 10)	4,524	4,420	3,874	3,978	4,199	±0,595	0,5213

¹ EC: *Escherichia coli*; BAL: Bactérias ácido lácticas; ²CP: controle positivo, dieta basal com inclusão de 0,2g de halquinol/kg de ração; CN: controle negativo, dieta basal sem inclusão de aditivo melhorador de desempenho; CN250: dieta basal + 250g de um *blend* de óleos essenciais / Ton. de ração; CN500: dieta basal + 500g de um *blend* óleos essenciais / Ton. de ração; ³Valores médios dos tratamentos; ⁴Erro padrão da média; ⁵Nível de significância.

6 DISCUSSÃO

Em geral, os tratamentos avaliados não influenciaram o desempenho zootécnico dos leitões. É importante destacar que o ambiente experimental controlado pode não apresentar fatores estressantes e, aliado a um manejo sanitário rigoroso, esses aspectos podem ter contribuído para a ausência de efeitos significativos no crescimento dos animais, de modo que o aporte nutricional das dietas testadas aliado à ausência de desafios pode ter influenciado nas respostas de desempenho dos animais (MUHL; LIEBERT, 2007; GOIS et al., 2016; GRANDO et al., 2023).

O desempenho produtivo de animais que recebem OE em suas dietas são variáveis, isso pode ser atribuído a quantidade e composição de princípios químicos ativos presentes nos OE que podem influenciar tanto no consumo de ração, quanto no ganho de peso dos leitões por resposta a olfação e a palatabilidade pela adição OE. O consumo de ração no presente estudo não foi influenciado, entretanto a composição do OE produzido por diferentes fontes vegetais podem influenciar o consumo dos leitões devido à palatabilidade, como a utilização de OE de feno-grego, canela, cravo, óleo cítrico e óleo de anis, que proporcionam maior consumo de ração, consequentemente, uma maior taxa de ganho de peso nos animais (ZENG et al., 2015).

Durante a fase de creche, os animais são expostos a condições estressantes tanto ambientais como comportamentais que em alguns casos podem predipor a ocorrência de diarreia, e esta tem um grande impacto na sobrevivência dos animais durante esta fase curta e vulnerável (LI et al., 2018).

Na criação de leitões em fase de creche, uma das principais colônias que é comumente associada a ocorrência é a *E. coli*, estas bactérias se aderem nas células epiteliais intestinais resultando na liberação de enterotoxinas que resultam em altos índices de diarreia (PAKBIN et al., 2021).

Dentre vários gêneros de bactérias presentes no intestino, em um estudo foram identificados 37 gêneros associados à diarreia e 48 não associados à diarreia, afirmando que essa patologia nem sempre pode estar associada somente à alta concentração de *E. coli*, podendo ser provocado também por outros gêneros de caráter patogênico, levando os animais a apresentarem diarreia. Os resultados obtidos neste estudo demonstram que os animais apresentam quantidades similares de *E. coli* no ceco. Mas obteve efeito ($P=0,0462$) para diarreia, este fato deve-se ao *blend* de OE que pode ter promovido uma ação antimicrobiana

sobre outros gêneros patogênicos que também são associados à diarreia (ZHU et al., 2024).

A ação antimicrobiana do *blend* de OE sobre os microrganismos causadores de diarreia ocorre por meio da ligação de sítios específicos na membrana, causando desregulação da polaridade da bicamada lipídica de bactérias patogênicas, alterando a permeabilidade da membrana, destruindo o sistema de transporte de elétrons para geração de energia e translocando proteínas de membrana. Isso causa a perda de componentes intracelulares vitais para o meio extracelular e promove a inativação de mecanismos enzimáticos cruciais para a bactéria causando a lise celular. Dessa maneira, há redução das populações patógenas e consequente redução da ocorrência de diarreia dos leitões (NAZZARO et al., 2013).

O *blend* de OE deste estudo continha princípios químicos como o carvacrol, timol, eugenol e cinamaldeído, que são capazes de reduzir a proliferação de patógenos associados à diarreia através da ação antimicrobiana desses compostos, favorecendo, assim, a redução da ocorrência de diarreia (OMONIJO et al., 2018).

Os resultados do perfil bioquímico sanguíneo na (Tabela 4) e os valores do perfil hematológico (Tabela 5) não apresentaram efeito ($P>0,05$) sobre o uso de OE, no entanto, é importante resaltar que os resultados de perfil bioquímico sanguíneo e hematológico estão dentro dos valores normais de referência para leitões desmamados (SOTIRA et al., 2020; BARBOSA et al., 2023).

As *tight junctions* são um componente fundamental para avaliar a barreira intestinal, sua disfunção está relacionada à baixa expressão dessas proteínas como claudinas e ocludinas. Isso pode levar a uma maior permeabilidade intestinal, permitindo a entrada de microorganismos patógenos entre as células enterócitas e contribuindo para a ocorrência de diarreia (DONG et al., 2019).

A utilização do *blend* de OE testado demonstrou não afetar a permeabilidade intestinal, imunoglobulina G e a superóxido dismutase, e esta não influência pode ter associação a um baixo nível de concentração mínima inibitória para se ter um efeito significativo sobre as variáveis analisadas (ZHAO et al., 2024).

Houve um aumento na concentração de Glutathione-S-transferase (GST) no tratamento CN250 seguido pelo CN, pode indicar a ação da GST atuando na conjugação de elementos xenobióticos que são compostos tóxicos ou parcialmente metabolizados no organismo, gerando, assim, compostos mais solúveis em água que são excretados pela urina. E esse aumento de GST também pode estar relacionado à atuação sobre os radicais livres que são

compostos de peróxidos de hidrogênio causados pelo estresse oxidativo no animal, e isso pode estar associado à ocorrência de diarreia presentes nos tratamentos CN250 e CN (SANDAMALIKA et al., 2019).

O *blend* de OE testado não influenciou nos níveis de bactérias patogênicas avaliadas, isso pode ser atribuído aos animais que, em função de uma possível ausência de estresse ou desafio, no geral, que possa ter dado condições para que essas bactérias se desenvolvessem com maior intensidade, ocasionando uma disbiose (OUWEHAND et al., 2010).

Não houve diferença entre os tratamentos para a histomorfometria intestinal, pois mediante as ações antimicrobianas, antiinflamatórias e antioxidantes por meio dos compostos químicos do *blend* de OE na dieta dos leitões, estas podem sofrer variações nas respostas benéficas ao sistema gastrointestinal. Isso porque a composição e concentração dos princípios químicos é um fator preponderante no potencial modulador e imunomodulador, sendo essa uma resposta dada em função da concentração mínima inibitória destes compostos que é necessária para uma ação efetiva (MUHL; LIEBERT, 2007).

Não houve alteração do pH no trato gastrointestinal dos leitões deste estudo, isso pode estar relacionado em função da microbiota intestinal, pois estando equilibrada tende-se a manter o pH sem causar mudanças significativas (COSTA et al., 2011; GOIS et al., 2016).

Houve efeito sobre o peso do intestino grosso dos animais, esse aumento no peso do órgão pode estar relacionado à diarreia na fase pré-inicial II, essa patologia pode causar a inflamação do órgão devido à possível produção de compostos prejudiciais excretados por bactérias relacionadas à ocorrência de diarreia, levando a um processo inflamatório do órgão aumentando seu volume e, conseqüentemente, o seu peso (BAKKALI et al., 2008; PENG et al., 2024; ZHU et al., 2024).

Não houve influência do *blend* de OE na translocação de bactérias entre os tratamentos, esse resultado corrobora com a ausência de concentrações elevadas de *E. coli* analisadas no ceco, pois a detecção de concentrações significantes dessa bactéria nos hepatócitos pode ser resultado de uma concentração elevada de *E. coli* presente no intestino grosso. Esse excesso de bactérias pode infiltrar na barreira intestinal adentrando no sistema circulatório e chegando ao fígado, e essa ausência de concentrações elevadas no fígado e no ceco apontam não apresentar indícios um desafio de *E. coli* no galpão experimental (FERNANDES et al., 2005).

7 CONCLUSÃO

Nas condições do presente estudo, a inclusão de 250g e 500g do *blend* de óleos essenciais na ração pode ser utilizado na fase de creche sem afetar o desempenho zootécnico e a saúde intestinal dos leitões.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils - A review. In **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, Issue 2, pp. 446–475, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- BARBOSA, K.A.; GENOVA, J.L.; PAZDZIORA, M.L.; HENNIG, J.F.; AZEVEDO, L.B. DE; VEIGA, B.R. DE M.; RODRIGUES, G. DE A.; CARVALHO, S.T.; PAIANO, D.; SARAIVA, A.; OLIVEIRA, N.T.E. DE; CARVALHO, P.L. DE O. The role of dietary monoglycerides and tributyrin in enhancing performance and intestinal health function in nursery piglets. **Italian Journal of Animal Science**, v. 22, n. 1, pp. 626–638, 2023. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2023.2226166>
- COSTA, L.B.; BERENCHTEIN, B.; ALMEIDA, V.V; TSE, M.L.P.; ANDRADE, C.; MIYADA, E. Aditivos fitogênicos e butirato de sódio como promotores de crescimento de leitões desmamados # phytobiotic additives and sodium butyrate as growth promoters of weanling pigs. In **Arch. Zootec**, v. 60, Issue 231, 2011.
- DONG, L.; LIU, J.; ZHONG, Z.; WANG, S.; WANG, H.; HUO, Y.; WEI, Z.; YU, L. Dietary tea tree oil supplementation improves the intestinal mucosal immunity of weanling piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 255, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114209>
- FERNANDES DINIZ, S.O.; JOSÉ, A.; BARBOSA, A.; DURVAL ARAÚJO, I.; NELSON, D.L.; AUGUSTO, L.; MACHADO, S.; FILHO, M.B.; CARDOSO, V.N. Assessment of Bacterial Translocation in Obstructive Jaundice Using Tc-99m *Escherichia coli*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, pp. 45–49, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132005000700006>
- GOIS, F.D.; CAIRO, P.L.G.; DE SOUZA CANTARELLI, V.; DO BOMFIM COSTA, L.C.; FONTANA, R.; ALLAMAN, I.B.; SBARDELLA, M.; DE CARVALHO JÚNIOR, F.M.; COSTA, L.B. Effect of Brazilian red pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) essential oil on performance, diarrhea and gut health of weanling pigs. **Livestock Science**, v. 183, pp. 24–27, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.11.009>
- GRANDO, M.A.; COSTA, V.; GENOVA, J.L.; RUPOLO, P.E.; DE AZEVEDO, L.B.; COSTA, L.B.; CARVALHO, S.T.; RIBEIRO, T.P.; MONTEIRO, D.P.; DE OLIVEIRA CARVALHO, P.L. Blend of essential oils can reduce diarrheal disorders and improve liver antioxidant status in weaning piglets. **Animal Bioscience**, v. 36, n. 1, pp. 119–131, 2023. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0072>
- LI, P.; PIAO, X.; RU, Y.; HAN, X.; XUE, L.; ZHANG, H. Effects of adding essential oil to the diet of weaned pigs on performance, nutrient utilization, immune response and intestinal health. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 25, n. 11, pp. 1617–1626, 2012. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12292>
- LI, S.Y.; RU, Y.J.; LIU, M.; XU, B.; PÉRON, A.; SHI, X.G. The effect of essential oils on performance, immunity and gut microbial population in weaner pigs. **Livestock Science**, v. 145, n. 1–3, pp. 119–123, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.01.005>

- LI, Y.; GUO, Y.; WEN, Z.; JIANG, X.; MA, X.; HAN, X. Weaning Stress Perturbs Gut Microbiome and Its Metabolic Profile in Piglets. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33649-8>
- MUHL, A.; LIEBERT, F. Growth and parameters of microflora in intestinal and faecal samples of piglets due to application of a phytogenic feed additive. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 91, n. 9–10, pp. 411–418, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2006.00668.x>
- NAZZARO, F.; FRATIANNI, F.; DE MARTINO, L.; COPPOLA, R.; DE FEO, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. In **Pharmaceuticals**, v. 6, Issue 12, pp. 1451–1474, 2013. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ph6121451>
- OMONJO, F.A.; NI, L.; GONG, J.; WANG, Q.; LAHAYE, L.; YANG, C. Essential oils as alternatives to antibiotics in swine production. In **Animal Nutrition**, v. 4, Issue 2, pp. 126–136, 2018. KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.001>
- OUWEHAND, A.C.; TIIHONEN, K.; KETTUNEN, H.; PEURANEN, S.; SCHULZE, H.; RAUTONEN, N. In vitro effects of essential oils on potential pathogens and beneficial members of the normal microbiota. **Veterinarni Medicina**, v. 55, n. 2, pp. 71–78, 2010. <https://doi.org/10.17221/152/2009-VETMED>
- PAKBIN, B.; BRÜCK, W.M.; ROSSEN, J.W.A. Virulence factors of enteric pathogenic *Escherichia coli*: A review. In **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, Issue 18, 2021. MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijms22189922>
- PENG, Q.; LUO, X.; SU, J.; BI, Y.; KONG, F.; WANG, Z.; TAN, S.; ZHANG, J. Microencapsulation of star anise essential oil: Preparation, characterization, in vitro digestion, and biological activity. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 696, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.134358>
- PÉREZ-CALVO, E.; WICAKSONO, A.N.; CANET, E.; DAULTON, E.; ENS, W.; HOELLER, U.; VERLHAC, V.; CELI, P.; COVINGTON, J.A. The measurement of volatile organic compounds in faeces of piglets as a tool to assess gastrointestinal functionality. **Biosystems Engineering**, v. 184, pp. 122–129, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.06.005>
- PROPHET, E.B.; MILLS, B.; ARRINGTON, J.B. et al. **Laboratory Methods in Histotechnology**. Washington: American Registry of Pathology, p. 279, 1994.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**, 4.ed. Viçosa: UFV, 2017. 488p.
- SANDAMALIKA, W.M.G.; PRIYATHILAKA, T.T.; LEE, S.; YANG, H.; LEE, J. Immune and xenobiotic responses of glutathione S-Transferase theta (GST-θ) from marine invertebrate disk abalone (*Haliotis discus discus*): With molecular characterization and functional analysis. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 91, pp. 159–171, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2019.04.004>

- SILVA, N. DA.; JUNQUEIRA, V.C.A.; DE ARRUDA SILVEIRA, N.F.; TANIWAKI, M.H.; GOMES, R.A.R.; OKAZAKI, M.M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. Blucher. 2018.
- SOTIRA, S.; DELL'ANNO, M.; CAPRARULO, V.; HEJNA, M.; PIRRONE, F.; CALLEGARI, M.L.; TUCCI, T.V.; ROSSI, L. (2020). Effects of tributyrin supplementation on growth performance, insulin, blood metabolites and gut microbiota in weaned piglets. **Animals**, v. 10, n. 4, 2020. <https://doi.org/10.3390/ani10040726>
- ZENG, Z.; XU, X.; ZHANG, Q.; LI, P.; ZHAO, P.; LI, Q.; LIU, J.; PIAO, X. Effects of essential oil supplementation of a low-energy diet on performance, intestinal morphology and microflora, immune properties and antioxidant activities in weaned pigs. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 3, pp. 279–285, 2015. <https://doi.org/10.1111/asj.12277>
- ZHAO, B.C.; WANG, T.H.; CHEN, J.; QIU, B.H.; XU, Y.R.; LI, J.L. Essential oils improve nursery pigs' performance and appetite via modulation of intestinal health and microbiota. **Animal Nutrition**, v. 16, pp. 174–188, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.10.007>
- ZHU, J.; SUN, Y.; MA, L.; CHEN, Q.; HU, C.; YANG, H.; HONG, Q.; XIAO, Y. Comparative analysis of fecal microbiota between diarrhea and non-diarrhea piglets reveals biomarkers of gut microbiota associated with diarrhea. **Animal Nutrition**. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2024.05.013>