UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Yasmin Soares Dias
Zootecnista

INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE LACTONAS MACROCÍCLICAS EM EQUINOS SOB O DESENVOLVIMENTO DE MICRORGANISMOS E DECOMPOSIÇÃO DAS FEZES

Dracena
2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Yasmin Soares Dias
Zootecnista

INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE LACTONAS MACROCÍCLICAS EM EQUINOS SOB O DESENVOLVIMENTO DE MICRORGANISMOS E DECOMPOSIÇÃO DAS FEZES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Campus de Dracena como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Velludo Gomes de Soutello

Dracena
2025

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

D541i Dias, Yasmin Soares
Influência da utilização de lactonas macrocíclicas em equinos sob o desenvolvimento de microrganismos e decomposição das fezes / Yasmin Soares Dias. -- Dracena: [s.n.], 2025.
69 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2025.

Orientador: Ricardo Velludo Gomes de Soutello

1. Decomposição química. 2. Equinos. 3. Microbiologia. 4. Helmintologia veterinária. I. Título.

Bibliotecário Fábio S. Rosas
CRB 8/6665

IMPACTO ESPERADO NA SOCIEDADE

O trabalho promove a produção animal sustentável ao avaliar impactos ambientais e riscos ecotoxicológicos. Os resultados auxiliam na adoção de práticas que minimizam a contaminação ambiental, garantindo o bem-estar animal e a preservação dos recursos naturais, contribuindo para um setor produtivo mais responsável e eficiente.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Dracena

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE LACTONAS MACROCÍCLICAS EM EQUINOS SOB O DESENVOLVIMENTO DE MICRORGANISMOS E DECOMPOSIÇÃO DAS FEZES

AUTORA: YASMIN SOARES DIAS
ORIENTADOR: RICARDO VELLUDO GOMES DE SOUTELLO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências , pela Comissão Examinadora:

Prof. Assoc. RICARDO VELLUDO GOMES DE SOUTELLO (Participação Virtual)
Departamento de Produção Animal - DPA / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - Unesp - Câmpus de Dracena

Documento assinado digitalmente
ANA CLAUDIA ALEXANDRE DE ALBUQUERQUE
Data: 12/03/2025 13:55:52-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dra. ANA CLÁUDIA ALEXANDRE DE ALBUQUERQUE (Participaçao Virtual)
Departamento de Patologia, Reprodução e Saúde Única - DPRSU / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV - UNESP - Câmpus de Jabotical

Documento assinado digitalmente
FABIANA ALVES DE ALMEIDA
Data: 12/03/2025 14:31:20-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. FABIANA ALVES DE ALMEIDA (Participaçao Virtual)
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal do Paraná - UFPR

Dracena, 06 de março de 2025

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Yasmin Soares Dias, nascida em 10 de julho de 1996, na cidade de Araraquara/SP. Ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, em Dracena/SP, em março de 2019, graduando-se em junho de 2022. Em março de 2023 ingressou no curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal, na FCAT/Unesp - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Campus de Dracena e integrante do EEPPA – Equipe de Extensão e Pesquisa em Parasitologia Animal (grupo de estudo credenciado ao CNPq).

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Nivaldo Roberto Dias e minha mãe Vanesse Alessandra Soares Dias, que me apoiaram e me possibilitaram mais essa conquista. E, principalmente ao meu filho, Joaquim Dias, a minha verdadedeira motivação em perseverar e nunca desistir, deixo aqui a minha gratidão imensurável.

AGREDECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me guardado e me abençoado nesta trajetória até aqui.

Sou grata à minha família pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida. E, principalmente ao meu filho, Joaquim Dias que é a minha maior motivação para vencer.

Deixo um agradecimento especial ao meu orientador Ricardo Velludo Gomes de Soutello por todo o apoio e pela dedicação do seu tempo ao meu projeto de pesquisa.

Também quero agradecer à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp Campus de Dracena e a todos os professores pela elevada qualidade do ensino oferecido pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal.

Agradeço a todos os alunos da graduação membros do E.E.P.P.A - Equipe de Extensão e Pesquisa a Parasitologia Animal, que contribuíram para desenvolvimento do meu projeto.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena

Comissão de Ética no Uso de Animais

Certificado

Certificamos que a proposta intitulada "Influência da utilização de lactonas macrocíclicas em equinos sob o desenvolvimento de microrganismos presentes no bolo fecal." **(Influence of the use of macrocyclic lactones in horses on the development of microorganisms present in the fecal cake)**, registrada com o nº **10/2022.R1_SP1 – CEUA**, vinculada a proposta intitulada "RT-PCR na detecção de *Strongylus vulgaris* nas infecções helmínticas em equinos" (registro nº 10/2022.R1 – CEUA), sob a responsabilidade do(a) Prof(a). Dr(a). **Ricardo Velludo Gomes de Soutello** – que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de **pesquisa científica** – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada ***AD REFERENDUM*** pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP - Câmpus de Dracena, em **11 de abril de 2024.**

Dracena, 11 de abril de 2024.

Prof. Dr. Paulo Renato Matos Lopes
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Diretoria
Rod. Cmte. João Ribeiro de Barros, km 651 - Bairro das Antas – CEP: 17900-000 – Dracena/SP - Brasil
Tel. (18) 3821-8200 – www.dracena.unesp.br - diretoria.dracena@unesp.br

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar ao longo do tempo o desenvolvimento de microrganismos e a decomposição das fezes de equinos, após o tratamento com diferentes lactonas macrocíclicas e a eficácia do tratamento. O experimento foi realizado de setembro de 2023 a abril de 2024, e foram utilizados 25 equinos da raça Quarto de Milha distribuídos em 5 grupos com 5 animais cada, sendo o delineamento inteiramente casualizado (DIC): Controle (não foi administrado anti-helmíntico), Abamectina 1% (Animax Gel®), Ivermectina 1% (Eqvalan®) Doramectina 1% (Doraequi®) e Moxidectina 2% (Equest®). O arranjo experimental foi em fatorial 5x3x9, caracterizado por fezes de cinco grupos de animais tratados ou não com endectocidas, três ambientes de decomposição e nove períodos de coletas Os animais foram tratados no D0 do experimento, fornecido por via oral com apresentação em pasta, e a dosagem ministrada foi conforme orientação dos fabricantes. As coletas das amostras fecais foram realizadas nos dias 0, 7, 14, 21, 28,35, 42, 48 e 56 após tratamento, e submetidas a três ambientes de decomposição, sendo ambiente controlado, Natural: exposto as condições climáticas naturais e enterradas no solo. Nos dias das coletas e 115 dias após cada coleta, foi realizada a avaliação da matéria orgânica. As análises da microbiota foram realizadas nos dias das coletas e após 7 dias para os ambientes de decomposição, enquanto as avaliações de eficácia e coprocultura foram realizas nos dias 0 e 14 pós-tratamento. As efícacias dos anti-helmínticos foram analizadas através do programa Shiny Egg Counts, considerando acima 95% de eficiência. As médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) por meio do programa estatístico Statistical Analysys System (SAS), e posterior análise pelo teste Tukey (5%). Apenas Abamectina e Ivermectina apresentaram resistência parasitária. As avermectinas influenciaram tanto na atividade microbiana como nos percentuais de matéria orgânica encontrados, sendo Abamectina e Ivermetcina as que mais impactaram e Doramectina demonstrou resultados intermediários. Já a Moxidectina não inibiu a atividade microbiana e demonstrou percentuais de matéria orgânica semelhantes ao Controle Negativo. Conclui-se que a utilização das lactonas macrocíclicas suprimiu o desenvolvimento de microrganismos e afetou a decomposição do bolo fecal no ambiente solo para todos os grupos tratados com avermectinas.

Palavras chave: Decomposição química; Equinos; Microbiologia; Helmintologia veterinária.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the development of microorganisms and the decomposition of equine feces over time, after treatment with different macrocyclic lactones and the efficacy of the treatment. The experiment was carried out from September 2023 to April 2024, and 25 Quarter Horse horses were distributed into 5 groups with 5 animals each, using a completely randomized design (CRD): Control (no anthelmintic was administered), Abamectin 1% (Animax Gel®), Ivermectin 1% (Eqvalan®) Doramectin 1% (Doraequi®) and Moxidectin 2% (Equest®). The experimental arrangement was a 5x3x9 factorial, characterized by feces from five groups of animals treated or not with endectocides, three decomposition environments and nine collection periods. The animals were treated on D0 of the experiment, provided orally in a paste presentation, and the dosage administered was according to the manufacturers' instructions. Fecal samples were collected on days 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 48 and 56 after treatment, and subjected to three decomposition environments, being controlled environment, Natural environment: exposed to natural climatic conditions and buried in the soil. On the collection days and 115 days after each collection, the organic matter was evaluated. Microbiota analyses were performed on the collection days and after 7 days for the decomposition environments, while efficacy and coproculture evaluations were performed on days 0 and 14 post-treatment. The efficacy of anthelmintics was analyzed using the Shiny Egg Counts program, considering an efficiency above 95%. The means were subjected to analysis of variance (ANOVA) using the Statistical Analysis System (SAS) statistical program, and subsequent analysis by the Tukey test (5%). Only Abamectin and Ivermectin showed parasite resistance. Avermectins influenced both microbial activity and the percentages of organic matter found, with Abamectin and Ivermectin having the greatest impact, and Doramectin showing intermediate results. Moxidectin did not inhibit microbial activity and showed percentages of organic matter similar to the Negative Control. It was concluded that the use of macrocyclic lactones suppressed the development of microorganisms and affected the decomposition of fecal matter for the groups treated with avermectins.

Keywords: Chemical Decomposition; Equines; Microbiology; Veterinary Helminthology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Quantidade de unidade formadora de colônia (UFC)/ml entre o dia da coleta e sete dias após, para os ambientes Natural (NAT) e Controlado (BOD) em fezes de equinos que não receberam tratamento anti-hemíntico (CONTROLE NEGATIVO) durante o período experimental.....35
Figura 2 – Quantidade de unidade formadora de colônia (UFC)/ml entre o dia da coleta e sete dias após, para os ambientes Natural (NAT) e Controlado (BOD) em fezes de equinos que receberam abamectina (ABA) durante o período experimental.....36
Figura 3 - Quantidade de unidade formadora de colônia (UFC)/ml entre o dia da coleta e sete dias após, para os ambientes Natural (NAT) e Controlado (BOD) em fezes de equinos que receberam ivermectina (IVER) durante o período experimental.....37
Figura 4 - Quantidade de unidade formadora de colônia (UFC)/ml entre o dia da coleta e sete dias após, para os ambientes Natural (NAT) e Controlado (BOD) em fezes de equinos que receberam doramectina (DORA) durante o período experimental.....40
Figura 5 - Quantidade de unidade formadora de colônia (UFC)/ml entre o dia da coleta e sete dias após, para os ambientes Natural (NAT) e Controlado (BOD) em fezes de equinos que receberam moxidectina (MOXI) durante o período experimental.....42
Figura 6 – Porcentagem de matéria orgânica inicial e final nas fezes de equinos sem tratamento anti-helmíntico submetidas à três diferentes ambientes.....47
Figura 7 - Porcentagem de matéria orgânica inicial e final nas fezes de equinos que receberam abamectina submetidas à três diferentes ambientes.....49
Figura 8 - Porcentagem de matéria orgânica inicial e final nas fezes de equinos que receberam ivermectina submetidas à três diferentes ambientes.....51
Figura 9 -Porcentagem de matéria orgânica inicial e final nas fezes de equinos que receberam doramectina submetidas à três diferentes ambientes.....53
Figura 10 -Porcentagem de matéria orgânica inicial e final nas fezes de equinos que receberam moxidectina submetidas à três diferentes ambientes.....55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos Fármacos Utilizados no Experimento. 27

Tabela 2 – Média de ovos por grama de fezes (OPG) no dia do tratamento (DO) e 14 dias após (D14) a redução percentual do OPG (R-OPG) e o Intervalo de Confiança (IC) em equinos tratados com diferentes anti-helmínticos. 31

Tabela 3 -Porcentagem de Larvas Infectantes de pequenos e grandes estrôngilos no dia do tratamento (D0) e 14 dias após (D14) nas fezes de equinos tratados com diferentes anti-helmínticos.....32

Tabela 4 – Comparativo de Médias Gerais do Período Experimental para cada Tratamento pelo Teste de Tukey a 5% de significância..... 44

Tabela 5 – Comparativo de Médias Gerais do Período Experimental para cada Tratamento pelo Teste de Tukey a 5% de significância..... 45

LISTA DE ABREVIATURAS

UFC – Unidades Formadoras de Colônia

BOD – Demanda Bioquímica de Oxigênio

ABA – Abamectina

MOX – Moxidectina

IVER – Ivermectina

DORA – Doramectina

%MO – Percentual de Matéria Orgânica

SD – Sem decomposição

NAT – Ambiente Natural de Decomposição

INICIAL – Bolo Fecal Sem Decomposição

SOLO – Ambiente Enterrado de Decomposição

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16
2 OBJETIVOS 18
2.1 Objetivo Geral 18
2.2 Objetivos Específicos 18
3 REVISÃO DE LITERATURA 19
3.1 Principais Helmintos Gastrintestinais de Equinos 19
3.2 Tratamento Anti-Helmíntico com Lactonas Macrocíclicas 20
3.3 Impacto do Resíduo de Lactonas Macrocíclicas no Meio-Ambiente 22
3.4 A importância dos Microrganismos nos Ecossistemas Agrícolas 23
4 MATERIAL E MÉTODOS 26
4.1 Animais e Local Experimental 26
4.2 Tratamentos e Delineamento Experimental 26
4.3 Análise Microbiológicas do Bolo Fecal 28
4.4 Análise de Decomposição das Fezes e Incorporação de Matéria Orgânica 28
4.5 Exames Coproparasitológicos 29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 31
5.1 Avaliação de Eficácia dos Tratamentos Anti-Helmínticos 31
5.2 Avaliação do Desenvolvimento da População Micriobiana 35
5.3 Avaliação da Decomposição do Bolo Fecal em Diferentes Exposições 46
7 CONCLUSÃO 57
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 58

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um dos maiores rebanhos equinos do mundo, com aproximadamente 5,6 milhões de animais, ocupando a quarta posição global, atrás apenas de China, México e Estados Unidos (Guerra, 2010) sendo que no ano de 2022 apresentou um crescimento de 0,9% em relação ao ano anteriror (IBGE, 2023).

O setor da equideocultura oferece repletas oportunidades econômicas e sociais e representa uma potencialidade significativa dentro do agronegócio brasileiro, gerando mais de 3 milhões de empregos (ABQM, 2022) e movimentando aproximadamente R$30 milhões anualmente (IBEQUI, 2023). Em razão da valorização destes animais e sua relevância na economia mundial, torna-se indispensável cuidados quanto à saúde dos equinos, pois são animais vulneráveis à inúmeras doenças (Rehbein *et al.*, 2013; Molento, 2005)

Quando trata-se da saúde dos equinos, os danos resultantes da infecção parasitária ocupam uma posição de destaque, pois impactam na redução de desempenho dos cavalos, ocorrência de cólicas gástricas e intestinais, bem como diarreia em potros variando quanto ao grau de infecção do animal (Molento, 2005). Conforme a carga parasitária, os helmintos podem causar desde um pequeno desconforto abdominal, fraqueza, pelagem áspera, retardo de crescimento, hiporexia, anemia, cólicas, diarreias ou constipação até episódios fulminantes de cólica e podendo levar o animal a óbito (Lagaggio *et al.*, 2007). Por este motivo, há a necessidade de controlar a infecção dos animais por estes parasitas. E na maioria dos sistemas de criação, a principal forma de controle de helmintos, é exclusivamente com compostos químicos antiparasitários (Martin, 1997). Sendo as lactonas macrocíclicas o principal grupo químico utilizado para o controle de helmintos em equinos (Vyniarska *et al*., 2021).

As lactonas macrocíclicas, como as avermectinas e milbemicinas, são potentes anti-helmínticos com amplo espectro de ação, alta eficiência e elevada margem de segurança, exercendo atividade contra endo e ectoparasitas (Mulroy, 2001). Ambas apresentam mecanismo de ação e propriedades farmacológicas semelhantes, sendo metabolizadas em baixas proporções no fígado, excretadas pela bile e eliminadas principalmente (50% a 90%) pelas fezes e urina (Mulroy, 2001; Krogh *et al.*, 2009). A eliminação é prolongada, apresentando um aporte contínuo do fármaco ativo, tendo como consequência a maior permanência no

ambiente (Pérez *et al.*, 2001). A formulação, a dosagem e a via de administração podem ser os fatores mais importantes para a persistência e ecotoxicidade dos fármacos (Herd, 1995), proporcionando diferenças em relação ao tempo e ao nível de excreção via fezes (Suárez *et al.*, 2002).

Esses metabólitos são eliminados diretamente na pastagem e podem intensificar o volume de substâncias químicas depositadas no meio ambiente, considerando que um equino defeca cerca de 15 a 25 kg por dia (Oliveira *et al.*, 2012*),* e isto pode intervir negativamente na biodiversidade e na sustentabilidade dos ecossistemas (Sommer; Bibby, 2002; Kolar *et al.*, 2006).

A fauna do solo exerce importante papel na ciclagem de nutrientes (Osler; Sommerkorn, 2007; Dupont *et al*., 2009; Carrillo *et al.*, 2011), uma vez que é responsável pela regulação da comunidade de microrganismos decompositores da matéria orgânica e fragmentação desse material (Souza *et al*., 2008; Yang & Chen, 2009), influenciando direta e indiretamente no ciclo da matéria e no fluxo de energia ao longo dos ecossistemas terrestres.

Os microrganismos decompositores desempenham um papel crucial na ciclagem de nutrientes do solo (Silva *et al.*, 2013), e a utilização de lactonas macrocíclicas podem causar uma supressão da atividade microbiana (Delayte *et al.*, 2006), resultando na diminuição da taxa de decomposição de matéria orgânica e na liberação de nutrientes importantes para a saúde e a funcionalidade do solo, podendo comprometer a capacidade do ecossistema em se recuperar de perturbações e se adaptar a mudanças ambientais (Tello da Gama, 2023) .

Portanto, o presente estudo surgiu da hipótese de que os resíduos de lactonas macrocíclicas excretados após o tratamento anti-helmíntico podem interferir na atividade microbiana decompositora das fezes, inibindo ou estimulando seu crescimento. Fato que pode estar ligado à concentração do fármaco excretado, podendo também interferir na eficiência da decomposição do bolo fecal, dependendo do contexto ambiental em qual ocorre, e em consequência, influenciar o processo de incorporação da matéria orgânica no solo.

2 OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficácia e a influência do tratamento com diferentes anti-helmínticos da família das lactonas macrocíclicas administradas em equinos mantidos em pasto sob a atividade microbiana nas fezes, sua decomposição e a incorporação da matéria orgânica ao solo.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar o tratamento com diferentes lactonas macrocíclicas administradas nos equinos e avaliar a eficácia anti-helmíntica sobre helmintos por meio da redução na contagem de ovos por grama de fezes (R-OPG).
- Investigar por meio de coproculturas e identificação das larvas infectantes, os diferentes gêneros presentes nos animais, antes e após os tratamentos.
- Avaliar a atividade microbiana relacionada ao desenvolvimento das bactérias nas fezes dos equinos, antes e após os tratamentos, em diferentes ambientes de decomposição durante o período experimental.
- Analisar a decomposição do bolo fecal dos equinos mantidos em pasto, antes e após o tratamento, por meio dos percentuais de matéria orgânica presentes no bolo fecal.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Principais Helmintos Gastrintestinais de Equinos

A fauna parasitária que afeta os equinos é composta por diversas famílias e gêneros, dentre eles, os nematoides estrongilídeos são os que mais acometem os animais (Lichtenfels *et al.*, 2008).

A infecção por estrôngilos ocorre em equinos de todas as idades, sendo mais patogênicos em animais que não desenvolveram imunidade (Almeida *et al.,* 2008). Debilidades nutritivas e excesso de trabalho em animais adultos predispõe a queda na imunidade contraindo infecções (Ferraro *et al.*, 2008). Na criação extensiva, a infecção dos equinos esta na presença de larvas L3 no pasto, geralmente em períodos em que a umidade esta alta, mais comumente na estação chuvosa, favorecendo a ingestão dos parasitas presentes na pastagem (Langrová *et al.,* 2003). Em animais estabulados, a infecção ocorre em consonância com a carga parasitaria e quantidade de animais que dividem o mesmo ambiente (Carvalho *et al.,* 2007).

Estes nematoides possuem ciclo biológico direto, ou seja, não necessitam de hospedeiro intermediário para completar seu ciclo. As fases de desenvolvimento desses nematoides consistem em ovo, larvas de primeiro a quinto estádios (L1 a L5) e parasitos adultos. Quando as condições ambientais se tornam favoráveis (temperatura e umidade) o ovo embrionado passa a se desenvolver dando origem a L1, passa para L2 e posteriormente para o estágio L3. A L3 migra para a pastagem que circunda a massa fecal num raio máximo de cerca de 30 cm e a um máximo de 10 cm de altura, em função da umidade e da temperatura (English, 1979; Madeira De Carvalho, 2001).

Os nematóides da ordem *Strongylida*, superfamília *Strongyloidea* mais importantes na medicina equina são compostos pela subfamília *Strongylinae* vulgarmente conhecidos como grandes estrôngilos (*Strongylus edentatus, S. equinus* e *S. vulgaris*), e os pequenos estrôngilos ou ciatostomíneos (*Cyathostominae*) (Monteiro, 2007). Os grandes estrongilídeos são os mais patogênicos parasitas dos equinos, visíveis a olho nu, possuem cápsula bucal bem desenvolvida, com presença ou não de dentes. Parasitam o ceco e o cólon dos seus hospedeiros. Alimentam-se de tecidos e sangue, as suas formas larvares efetuam migrações de elevada importância clínica. Os machos possuem uma bolsa copuladora caudal, formada pelas expansões dorsal, lateral e ventral da

cutícula corporal, designadas por lobos, suportados por processos musculares designados de raios (Bowman, 2004).

Os pequenos estrôngilos, conhecidos como ciatostomíneos, são considerados os helmintos de maior importância, devido a sua prevalência, potencial patogênico e capacidade de desenvolver resistência anti-helmíntica (Lester *et al.*, 2014). Estes podem parasitar equinos de todas as idades, porém, apresentam maior patogenicidade nos animais jovens (Kaplan, 2010). E compreendem 95-100% da carga parasitária total dos equinos (Gasser *et al.,* 2005). São comumente encontrados no intestino grosso de equinos e podendo influenciar negativamente à saúde e bem-estar de seus hospedeiros. Devido a estes fatores, os equinos de campo devem receber tratamento anti-helmíntico regularmente. Durante décadas, os grandes estrôngilos, em especial Strongylus vulgaris, foram considerados como uma grande ameaça a vida dos equinos, sendo um dos principais motivos dos programas de controle parasitários.

3.2 Tratamento Anti-Helmíntico com Lactonas Macrocíclicas

A descoberta dos endectocidas macrocíclicos revolucionou o tratamento e prevenção das doenças parasitárias pois são amplamente utilizados, sendo as avermectinas e milbemicinas substâncias pertencentes à família das lactonas macrocílicas (LM), que são compostos com característica antiparasitária que possuem um amplo espectro. Assim, elas são utilizadas tanto na saúde humana quanto na saúde animal. Esses compostos apresentam uma alta margem de segurança em animais, permitindo que sejam utilizadas em doses superiores às terapêuticas sem risco significativo de toxicidade (Chandler *et al*., 2022).

As avermectinas são substâncias semi-sintéticas derivadas do microrganismo de solo *Streptomyces avermitilis*, originalmente denominado *Streptomyces avermitilis* MA-4680 e agora denominado *Streptomyces avermectinius* (Takahashi *et al*., 2002).

As lactonas macrocíclicas incluem o grupo de compostos macrocíclicos formados por uma extensão de cadeia de múltiplos propionatos e ciclizados a uma lactona grande, tipicamente de 12, 14 e 16 membros. As avermectinas e as milbemicinas também são grupos de derivados da lactona macrocíclica de 16 membros que, aparentemente diferente dos antibióticos macrolídeos, não tem atividade antifúngica ou antibacteriana (Roberson, 1992; Jung et al, 2002). Esses

dois grupos diferem principalmente em um ligante dissacarídeo ao carbono-13 presente nas avermectinas, mas não nas milbemicinas. As avermectinas, descobertas em 1967 são produzidas pela fermentação de actinomicetos (*Streptomyces avermitilis*) e os compostos deste grupo comercializados como endectocidas são a abamectina, ivermectina, eprinomectina, doramectina e selamectina. Este último é um derivado semi-sintético da doramectina, e é utilizado estritamente em cães e gatos, sendo dois compostos desta classe são importantes comercialmente como vermífugos (Hennessye; Alvinere, 2002).

Já as milmemicinas foram descobertas em 1983, composto resultante da fermentação de Streptomyces hygroscopicus subsep. noncyanogenus (Hennessy; Alvinere, 2002; Jung *et al*., 2002; Rock *et al.*, 2002). As lactonas macrocíclicas possuem massas moleculares (639,4 g mol-1) e valores de coeficiente de partição (6,0 Log Ko/w) elevados, caracterizando-se como substância lipofílica.

Segundo Ong *et al.* (1996), a velocidade de absorção de substâncias lipofílicas por um organismo é diretamente proporcional ao coeficiente de partição. Estudos têm demonstrado que a moxidectina é a molécula mais lipofílica dentre as lactonas macrocíclicas. Esta diferença permite seu armazenamento no tecido adiposo, proporcionando efeito acumulativo e uma prolongada permanência deste fármaco no corpo do animal (Prichard *et al.*, 2012).

A eficácia das avermectinas está relacionada ao seu mecanismo de ação, principalmente devido a sua interação com os canais de cloreto dependentes de glutamato em invertebrados. O parasiticida impede o fechamento desses canais, aumentando a permeabilidade aos íons Cl-. Isto leva a hiperpolarização e transmissão neuronal reduzida, resultando em paralisia e morte dos parasitos. Além disso, inibem os canais de cloro ligados ao ácido gama-aminobutírico (GABA), que ocorrem no sistema nervoso periférico de invertebrados e no sistema nervoso central dos vertebrados (Forrester *et al.,* 2003; Omura; Crump, 2004).

Em relação à persistência da atividade antiparasitária, as avermectinas ocupam posição de destaque, pois além do seu amplo espectro de ação contra diferentes tipos de parasitos, possuem longo período residual de proteção. Entretanto, este mesmo efeito, que é positivo para o controle parasitário, pode

originar consequências danosas ao meio ambiente (Herd, 1995).

São eliminadas rincipalmente através das fezes e considerável parcela do medicamento original é eliminado de forma não-metabolizada, ou seja, inalterado, independentemente da formulação comercial utilizada (Lumaret; Errouissi, 2002; Floate *et al.*, 2005).

Desta forma, se a droga é aplicada em animais sob pastejo, seus metabólitos e substâncias ativas serão eliminados juntamente com a urina ou as fezes diretamente no campo, elevando a quantidade de substâncias químicas despejadas no ambiente local (Sommer; Bibby,2002).

A redução da eficácia de uma droga contra parasitas ocorre devido a uma série de fatores ao longo do tempo. A seleção de helmintos resistentes é inevitável e já está em andamento, com essa resistência sendo transmitida para as gerações seguintes (Conder; Campbell, 1995; Molento, 2005).

A intensa frequência de tratamento é uma das causas que favorecem o surgimento da resistência parasitária, seguido da subdosagem, alta densidade de animais em um local, e a falta de critérios para utilização dos produtos. (Fritzen *et al.,* 2010; Kaplan, 2002; Molento *et al.,* 2005). Desta forma, a disseminação das populações de nematoides resistentes aos parasiticidas tornou-se uma séria ameaça para a saúde e produção animal em vários países (Hodgkinson, 2008).

Logo, a resistência aos anti-helmínticos é hereditária e a administração repetida selecionará, portanto, uma proporção cada vez maior de indivíduos resistentes. Isso acontece porque o parasito adquire a capacidade de mudar a metabolização do fármaco e/ou mudar o local de ligação deste (Taylor *et al.,* 2010).

3.3 Impacto do Resíduo de Lactonas Macrocíclicas no Meio-Ambiente

As lactonas macrocíclicas, como as avermectinas e milbemicinas, são potentes anti-helmínticos, exercendo atividade contra endo e ectoparasitas (Floate *et al.,* 2005), e altas concentrações destes fármacos excretadas nas fezes, ocorre principalmente nas primeiras semanas pós-tratamento, e afetam as populações de fauna coprófaga que mantiverem contato com estas fezes.

Segundo Floate *et al.* (2001), há espécies que são susceptíveis, mesmo em baixas concentrações destes anti-helmínticos. Além desses fatores, a

ivermectina adsorve fortemente ao solo e à matéria orgânica (Halley *et al.,*1989; Krogh *et al.,* 2009), possuindo um baixo potencial de dessorção (Krogh *et al*., 2009) e, consequentemente, um baixo potencial de lixiviação (Halley *et al.,* 1989; Oppel *et al*., 2004).

Além disso, as avermectinas são insolúveis em água e tem forte tendência para se ligarem a partículas, fazendo com que os resíduos medicamentosos dos endectocidas desta classe, ou seus metabólitos em fezes de equinos ocasionem efeitos adversos em alguns organismos que habitam o esterco e invertebrados não alvo que vivem no solo (Lumaret & Errouissi, 2002; Suarez, 2002).

Os distúrbios que as lactonas macrocíclicas podem produzir em invertebrados não alvo e sobre a participação dos seus associados na degradação do esterco e reciclagem de elementos no solo são imprevisíveis, e podem influenciar negativamente a biodiversidade e a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas (Kolar et al., 2006).

3.4 A importância dos Microrganismos nos Ecossistemas Agrícolas

O solo é um ecossistema complexo por tratar-se de um ambiente suporte para a grande maioria dos vegetais e da fauna edáfica, As diferentes populações que nele habitam, assim como diferentes reações químicas que nele ocorrem, podem ser alteradas sempre que esse ecossistema sofrer algum tipo de interferência pela ação microbiana, provocando assim uma modificação quantitativa e qualitativa na constituiçãao desse solo (Schmeisser *et al.*, 2007).

além de ser um hábitat de uma ampla diversidade de microrganismos (Decaëns *et al.*, 2006).

Assim, no solo ocorre uma rápida decomposição de matéria lábil e, posteriormente, um processo lento de materiais considerados mais resistentes, fato que está associado ao mecanismo de adsorção, à estabilização de metabólitos e à queda da taxa de biomassa no solo (Alef; Nannipieri, 1995; Arshad; Martin, 2002; Moreira; Malavolta, 2004).

A degradação dos diferentes resíduos sólidos existentes depente diretamente das condições locais e regionais do clima, tipo de solo, de vegetação presente no ambiente, da fauna e dos microrganismos decompositores sendo que a biodegradação é um processo considerado complexo e multifacetado, envolvendo elevado número de espécies microbianas e a completa degradação

de um composto orgânico para CO2 e outros minerais constituintes é resultado da atividade microbiana, tanto individual como a forma de consórcios microbianos (Wieland *et al*., 2001; Souto *et* al., 2013).

A natureza predominantemente da população microbiana, seu número, quanto de espécies e o grau de atividade desenvolvida pelos microrganismos, são consequências diretas da qualidade e da quantidade de materias que retroalimenta, constantemente a matéria orgânica, que serve de alimento para vários organismos, as condições físicas (textura, aeração e umidade) e as químicas (quantidades de sais nutrientes, pH e presença de elementos potencialmente tóxicos) encontrados no solo (Kuske *et al*., 1997; Razak; Colwell, 1987; Bauni *et al.,* 2004; Leckie *et al*., 2004).

As reações mediadas por microrganismos são mediadas de 80 a 90% dos processos que ocorrem no solo, considerando que a biomassa microbiana torna-se um componente vital em todos os ecossistemas natural pois auxilia nas transformações metabólicas, controle biológico, fixação biológica do Nitrogênio e na decomposição de resíduos vegetais e outros (Bossio *et al.,* 2008).

A diversidade microbiana é importante para aumentar o conhecimento da diversidade genética em uma comunidade, entender o padrão de distribuição relativa dos microrganismos além de identificar as diferenças da microbiota associadas aos distúrbios causados por práticas de manejo, quando a regulação da biodiversidade e entender a influência na sustentabilidade dos ecossistemas (Torsvik; Ovreas, 2000).

Diversas classes de microrganismos estão envolvidas diretamente nos mais variados processos de biodegradação do solo (Lisboa *et al*, 2012). A atividade biológica é altamente concentrada nas primeiras camadas do solo, precisamente entre 01 e 30 cm, pois nessas camadas o componente biológico ocupa uma fração de 0,5% do volume total e represente menos de 10% da matéria orgânica, que é composta por um consórcio microbiano que realizam diversas funções essenciais para o bom funcionamento do solo, através da decomposição de matéria orgânica, liberação de nutrientes sob as mais diversas formas paras as plantas e , ainda, degradam substâncias tóxicas (Araújo; Monteiro, 2007).

Como decompositores primários, as bactérias ocupam uma posição crítica na teia alimentar pois auxiliam em cerca de 90 a 95% de tida a ciclagem de nutrientes existentes que passa por ese grupo de organismos, assim a função e,

possivelmente a grande diversidade das bactérias, serão fatores determinantes para a boa funcionalidade do sistemas agrícolas (Kennedy, 1995).

O processo de decomposição microbiana da matéria orgânica do solo envolve conceitualmente dois processos: A mineralização ou degradação e a humificação. No processo de degradação, os microrganismos envolvidos consomem de 70 a 80% do material orgânico envolvido, transformando-os em CO2 e H2O, restando de 20 a 30% de composos fenólicos e de compostos parcialmente lignificados que darão origem às substâncias húmicas (Anderson; Domsch, 1978).

O ataque inicial aos materiais recentemente incorporados é realizado pelos componentes da mesofaunda do solo, como as oligoquetas térmitas, formigas, etc. Paralelamente, ocorrem transformações conduzidas por enzimas extracelulares produzidas por microrganismos. A fase inicial da biodegradação microbiana é caracterizada pela perda rápida dos compostos orgânicos que sofrem fácil decomposição (açúcares, proteínas, amido, celulose, etc), sendo as bactérias especialmente responsáveis pela atividade nessa fase de decomposição.

Posteriormente, os produtos orgânicos intermediários e a comunidade microbiana são responsáveis pela biodegradação efetuada por uma grande variedade de microrganismos, tendo como produtos principais a biomassa microbiana e liberação de gás carbônico, consequentemente, ligado a decomposição gradual de compostos considerados mais resistentes (Van Gestel *et al*., 2003).

Os microrganismos desempenham papel fundamental na manutenção dos solos, uma vez que estão relacionados a processos-chave que mantêm, a estrutura e fertilidade dos solos, como os cilocs biogeoquímicos e decomposção da matéria orgânica (Duarte; Rosado, 2001).

Os impactos da produção agrícola sobre a comunidade microbiana do solo podem exercer extrema importância para os indicadores de qualidade do solos para manutenção de sua sustentabilidade (Duarte *et al.*, 2001).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Animais e Local Experimental

O estudo foi realizado em uma propriedade localizada na região oeste do estado de São Paulo (latitude 20°52'09.0" sul, longitude 51°29'22.9"oeste), e conveniada com a Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), UNESP - Campus de Dracena.

O experimento foi realizado no período de outubro de 2023 a novembro. Para isto, foram utilizados 25 equinos adulos da raça Quarto de Milha (sendo 22 femeas e 3 machos), os quais foram identificados por números, nomes e resenhas, e permaneceram durante todo o experimento em piquetes semelhantes, com pastagens formadas por *Cynodon* e *Paspalum atratum*.

4.2 Tratamentos e Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), composto por 5 grupos de animais em lotes homogêneos conforme a carga parasitária inicial e peso, sendo cada grupo composto por 5 animais. Os animais foram mantidos em pastagens e receberam tratamentos anti-helmínticos (Tabela 1) com:

- Grupo 1: Controle Negativo
- Grupo 2: Abamectina 1%, Animax Gel® (Agener)
- Grupo 3: Ivermectina 1%, Eqvalan® (Boehringer Ingelheim)
- Grupo 4: Moxidectina 2%, Equest® (Zoetis)
- Grupo 5: Doramectina 1% , Doraequi® (Vetnil)

Tabela 1 – Descrição dos Fármacos Utilizados no Experimento

Classe Farmacológica	Nome Comercial	Princípio Ativo	Dosagem (mg/kg)	Fabricante
Avermectinas	Animax Gel®	Abamectina	20	Agener
	Eqvalan®	Ivermectina	0,2	Boehringer Ingelheim
	Doraequi®	Doramectina	11,7	Vetnil
Milbemicina	Equest®	Moxidectina	0,4	Zoetis

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi realizado o tratamento anti-helmíntico no dia inicial (D0) do experimento, fornecido por via oral com apresentação em pasta, e a dosagem ministrada foi conforme orientação dos fabricantes.

O arranjo experimental foi em fatorial 5x3x9, caracterizado por fezes de cinco grupos de animais tratados ou não com endectocidas, três ambientes de decomposição e nove períodos de coletas. A unidade experimental considerada foi a amostra composta de fezes de cada grupo, o que totalizou 135 amostras compostas ao final do experimento.

Cada unidade experimental foi direcionada à três tipos de ambientes para decomposição, considerando as fezes frescas analisadas no dia das coletas (COLETA), Ambiente Natural (AMB/NAT): onde o bolo fecal ficou exposto a temperatura e umidade ambiente e Estufa *Biochemical Oxigen Demand* (BOD): Onde a temperatura foi mantida em 27ºC ± 1ºC e umidade 70% ± 5%. Para as análises de decomposição também foi considerado o ambiente em qual as unidades experimentais foram enterradas no solo (SOLO).

As amostras de fezes foram coletadas a cada 7 dias no período de 2 meses (D0, D7, D14, D21, D28, D35, D42, D49 e D56 pós tratamento), diretamente da ampola retal de cada animal.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), as médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) por meio do programa estatístico Statistical Analysys System (SAS, 2024), e posterior análise pelo teste Tukey a 5% de significancia.

4.3 Análises microbiológicas do bolo fecal

Esta análise foi realizada no dia da coleta (D0) e 7 dias após a coleta (D7), isto para todos os grupos. Para esta avaliação foi utilizado o método de contagem em placas, por ser um método geral, que pode ser aplicado para contagem de grandes grupos microbianos, como aeróbios, mesófilos, aeróbio, psicrotróficos, termófilos, bolores e leveduras, variando-se o tipo de meio, a temperatura e o tempo de incubação (Hajdenwurcel, 1998; Silva et al,1997).

Para a avaliação de bactérias totais, 5g da amostra composta de fezes de cada grupo foi diluída em 45ml de solução salina esterilizada (Figura 4), foram feitas diluições decimais em série de 10^{-5}, em seguida alíquotas de 0,1 ml foram transferidas para placas de Petri contendo aproximadamente 15 ml de meio de cultura Ágar Nutriente (Figura 3), e incubadas em BOD. A temperatura foi mantida em 27°C ±1° C e umidade 55%± 5% por 48h, a metodologia de quantificação de bactérias, utilizada foi o método UFC (unidade formadora de colônia) que para Franco & Landgraf (1996) é a mais utilizada nos laboratórios de análise, pois diferentes grupos de microrganismos podem ser enumerados de acordo com o meio de cultura e/ou as condições de incubação empregadas que consiste em identificar e contar as colônias viáveis presentes nas placas.

4.4 Análise de Decomposição das Fezes e Incorporação de Matéria Orgânica

A determinação do teor de matéria orgânica seguiu o método estabelecido por Goldin (1987), com as seguintes modificações: as amostras foram secas previamente em estufa a 105°C por um período de 24 horas, visando eliminar toda a água presente nos resíduos, incluindo a água higroscópica, capilar ou de cristalização (Rodella & Alcarde, 1994). Após esse período, os cadinhos de cerâmica com as amostras foram acondicionados em um forno do tipo mufla e incinerados a uma temperatura de 550 °C por 3 horas. Posteriormente, o conjunto (cadinho + resíduos) foi acondicionado em dessecador e mensurado, com a massa expressa em gramas. O teor de matéria orgânica foi determinado em razão da perda de massa do resíduo incinerado, considerando-se o material perdido pela queima no intervalo de variação da temperatura de 105 °C a 550 °C, conforme a fórmula:

$$MO\ (\%) = (P - (T - C) \times 100) / P$$

Onde:

- **P** = peso da amostra (g) após aquecimento a 105 °C;
- **C** = tara do cadinho (g);
- **T** = peso da cinza + cadinho (g).

Todas as amostras compostas foram submetidas a três diferentes ambientes de decomposição, sendo que foram realizados os exames de determinação de matéria orgânica nos dias programados para as coletas e no 115º dia após respeitando o período de análise (Goldin, 1987), com intuito de comparação entre a matéria orgânica inicial e final após o processo de decomposição.

As alíquotas foram destinadas à decomposição nos seguintes ambientes:

- Natural: Amostras compostas de cada tratamento foram transferidas cuidadosamente para suportes de tela de arame com malha de um centímetro e dimensões de 30 x 30 cm (placa). Essas amostras foram colocadas aleatoriamente em quadrantes delimitados em uma área com vegetação roçada no nível do solo, conforme a metodologia descrita por Braz *et al.* (2002).
- Controlado: Amostras alocadas em recipientes plásticos descartáveis e acondicionadas em uma estufa, com temperatura ajustada para 26°C ± 2°C e umidade controlada entre 55%±5%.
- Enterrada ao Solo: Amostras acomodadas em tecido tule com formato de saco com dimensões de 25 cm x 4 cm, e enterradas em covas de 25 cm de profundidade de forma aleatória, sendo irrigadas com 250 ml de água a cada três dias.

4.5 Exames Coproparasitológicos

As amostragens fecais coletadas diretamente da ampola retal dos animais durante as colheitas do período experimental, foram acondicionadas em sacos plásticos, com identificação e foram mantidas em caixa térmica com gelo químico,

até a chegada ao laboratório para que sejam processadas no mesmo dia.

Para os exames de contagem de ovos por grama de fezes (OPG) em duplicata, utilizou-se a câmara de McMaster, segundo a técnica de Gordon & Whitlock (1939) modificada. Esta técnica, constitui-se em diluir 4 gramas de fezes, seguido da homogeneização, em 56 ml de solução salina hiper saturada (NaCl), para que ocorra a suspensão dos ovos. Em seguida a suspensão é filtrada e colocada na câmara de Mc Master. Assim, a contagem de ovos era efetuada e o resultado multiplicado por 50, expressando o número final em ovos por grama de fezes.

O cultivo de larvas infectantes nas fezes e a extração das larvas foram realizados pelo método de Roberts e O'Sullivan (1950). Esta técnica consiste em colocar 50-60 gramas de fezes em copos de plástico descartáveis, umedecer e cobrir as amostras com um papel alumínio perfurado e posteriormente coloca- las na estufa (BOD) durante 14 dias à temperatura de 26 -28^{o}C e umidade relativa de 70- 80%. Após os 14 dias, o copo com as fezes foi preenchido com água e invertido sobre uma placa de Petri, a qual foi preenchida por água morna. E, posteriormente acondicionadas em um tubo de ensaio após 24 horas, foram armazenados em refrigerador a 5^{o}C até contagem e identificação larval segundo Madeira de Carvalho (2001) dos diferentes gêneros e/ou espécies, sempre que possível com base na contagem de 100 exemplares.

As efícacias dos anti-helmínticos foram analizadas individualmente por meio do programa Shiny-egg Counts R Version 4.4.1, sendo confirmada presença de resistência anti-helmíntica quando a porcentagem de R-OPG foi menor que 95% (Coles, 2008).

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Parasitologia e Sanidade Animal da Faculdade de Zootecnia UNESP / Dracena - SP.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação de Eficácia dos Tratamentos Anti-Helmínticos

No ínicio do experimento, o OPG dos animais não diferiu (P> 0,05). Porém, observou-se 14 dias após a administração dos anti-helmínticos diferença estatística (P≤ 0,05) entre os grupos (Tabela 2).

Tabela 2. Média de ovos por grama de fezes (OPG) no dia do tratamento (DO) e 14 dias após (D14) a redução percentual do OPG (R-OPG) e o Intervalo de Confiança (IC) em equinos tratados com diferentes anti-helmínticos

Tratamentos	Média de OPG		R-OPG (%)	IC
	D0	D14		
Controle	620	740^{c}		
Abamectina	630	70^{b}	89	77-95
Doramectina	630	0^{a}	100	95-100
Ivermectina	620	80^{b}	87	75-95
Moxidectina	610	0^{a}	100	95-100

* Médias seguidas de letras distintas indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Fonte: Elaborada pela autora.

Os animais tratados com Abamectina (ABA) apresentaram R-OPG de 89% (77-95) e os que receberam Ivermectina (IVER) demonstraram R-OPG de 87% (75-95), esses grupos não evidenciaram diferença significativa entre si, mas diferiram de todos os demais grupos do presente trabalho, apresentando eficácia inferior a 95%, fato que corrobora com a presença da resistência anti-helmíntica do rebanho avaliado para estes princípio ativo.

A diminuição da eficácia da ivermectina e da abamectina no controle parasitário de equinos pode ser justificada, principalmente, pelo desenvolvimento de resistência parasitária, particularmente em pequenos estrôngilos (*Cyathostominae)*, e pela incapacidade de ambos os compostos em eliminar as fases larvais encistadas desses parasitas que localizam-se no intestino grosso, sendo este o órgão de eleição (Chapman *et al.,* 1996; Matthews, 2004).

Estudos já indicam que a resistência desses parasitas às avermectinas pode ser atribuída ao uso prolongado e contínuo dessas substâncias,

selecionando cepas resistentes ao longo do tempo (Kaplan; Nielsen, 2010). A ivermectina, é amplamente utilizada desde os anos 1980, foi inicialmente muito eficaz contra uma vasta gama de parasitas gastrointestinais, entretanto, o uso prolongado e repetido levou à emergência de resistência, principalmente em populações de *Cyathostominae*, pois este desenvolveu resistência a muitos antiparasitários, inclusive à ivermectina, tornando-a menos eficaz com o tempo (Kaplan *et al.,* 2002). Este relato corrobora com os achados nesse estudo, pois 14 dias após o tratamento com ivermectina, a maior porcentagem de L3 observada nas fezes dos animais foi de pequenos estrôngilos (Tabela 3).

Embora ainda seja eficiente contra parasitas como *Parascaris equorum* em alguns casos, a sua ação limitada contra formas larvais encistadas dos estrôngilos reduz significativamente sua eficácia no manejo de equinos (Sangster, 2003).

Tabela 3. Porcentagem de Larvas Infectantes de pequenos e grandes estrôngilos no dia do tratamento (D0) e 14 dias após (D14) nas fezes de equinos tratados com diferentes anti-helmínticos

Tratamentos	D0		D14	
	Pequenos Estrôngilos	**Grandes Estrôngilos**	**Pequenos Estrôngilos**	**Grandes Estrôngilos**
Controle	94% CT	6% SV	92% CT	8% SV
Abamectina	98%CT	2%SV	100% CT	0%
Doramectina	96% CT	4%SV	0%	0%
Ivermectina	97%CT	3%SV	100% CT	0%
Moxidectina	98%CT	2%SV	0%	0%

CT= Ciatostomíneos, SV= *Strongylus vulgaris.* Fonte: Elaborado pela autora.

De forma semelhante, a abamectina, que pertence à mesma classe de lactonas macrocíclicas que a ivermectina, também enfrenta problemas relacionados à resistência. Assim como a ivermectina, a abamectina, de acordo com Lyons *et al. (*2007) demonstra ser menos eficaz contra as formas adultas e, principalmente, contra as larvas encistadas de *Cyathostominae*.

A farmacocinética da abamectina permite uma eliminação mais rápida em

comparação a outros antiparasitários, o que contribui para sua menor eficácia prolongada (Campbell, 1985).

Nielsen *et al.* (2015) discutem que o uso repetitivo de avermectinas sem rotação de fármacos que contribui significativamente para o surgimento de resistência, especialmente em estrongilídeos pequenos, como os *Cyathostominae*. Além disso, Nilsen e Vidyashankar (2015) ressaltam que a falta de estratégias de controle integrado acelera esse processo, promovendo populações de parasitas resistentes a longo prazo.

Já para os animais que receberam tratamentos com doramectina e moxidectina houve uma R-OPG de 100% (95-100), evidenciando que foram eficazes no controle das infecções de helmintos presentes, diferindo significativamente do controle negativo e dos demais tratamentos administrados.

A moxidectina é especialmente eficaz contra parasitas gastrointestinais em equinos, como *Strongylus spp., Parascaris equorum*, e de larvas encistadas de *Cyathostominae*, que representam um desafio no controle parasitário (Sutherland; Leathwick, 2011). Sua alta lipofilicidade permite uma liberação lenta nos tecidos gordurosos, o que resulta em uma proteção prolongada, podendo durar até 12 semanas (Lyons *et al.,* 2000). Essa ação prolongada faz da moxidectina uma ferramenta valiosa para reduzir a frequência de tratamentos, o que também ajuda a mitigar o desenvolvimento de resistência antiparasitária, uma preocupação crescente em equinos (Kaplan *et al.,* 2002).

Por outro lado, a doramectina é um antiparasitário que, embora seja mais utilizado em ruminantes, também apresenta eficácia no controle de parasitas gastrointestinais em equinos. Demonstrou eficácia contra uma ampla gama de nematódeos, como *Strongylus spp. e Parascaris equorum*, além de alguns parasitas externos (Shoop *et al.,* 1995). Sua farmacocinética, com duração de ação de 6 a 8 semanas, é comparável à da ivermectina, porém inferior à moxidectina em termos de persistência no organismo equino (Craig *et al.,* 1992). Embora a doramectina seja uma alternativa eficaz, seu uso menos frequente em equinos a tornam menos comum que a moxidectina.

No D0, os equinos apresentavam infecções mistas, sendo 96,6% em média por ciatostomíneos (pequenos estrôngilos) e 3,4% em média por *Strongylus vulgaris* (grandes estrôngilos) (Tabela 3). O controle negativo do experimento seguiu com as médias esperadas de aumento da infecção, que passou a ser de

92% para ciatostomineos e 8% para Strongylus vulgaris.

A prevalência dos pequenos estrôngilos mesmo em grupos que receberam tratamento anti-helmíntico (Tabela 3) é explicada devido a alta capacidade de adaptação destes helmintos ás novas moléculas, segundo Kaplan e Nielsen (2010). Os ciatostomineos são encontrados com intensa prevalência e maior intensidade nas infecções parasitárias no rebanho equino brasileiro, tendenciando de 80 a 100% da carga parasitária total (Barbosa *et al.,* 2006).

A presença de grandes estrôngilos, como *Strongylus Vulgaris*, considerado o mais patogênico devido a extensa migração no sistema arterial mesentérico, resultando em altos riscos de comprometimento intestinal, atrite e trombose em equinos (Andersen *et al*,.2013), é possivelmente explicado por tratar-se de animais que foram submetidos a um longo período sem administração de anti-helmínticos. Isso porque grandes intervalos sem tratamento podem favorecer o reaparecimento dos grandes estrôngilos que tem como característica um período pré patente longo quando comparado aos demais. Fato que corrobora com Vera *et al.* (2014), que demonstram que mesmo sendo considerados sensíveis a utilização de lactonas macrocílicas, foram encontrados helmintos da espécie *S. Vulgaris* durante o período experimental.

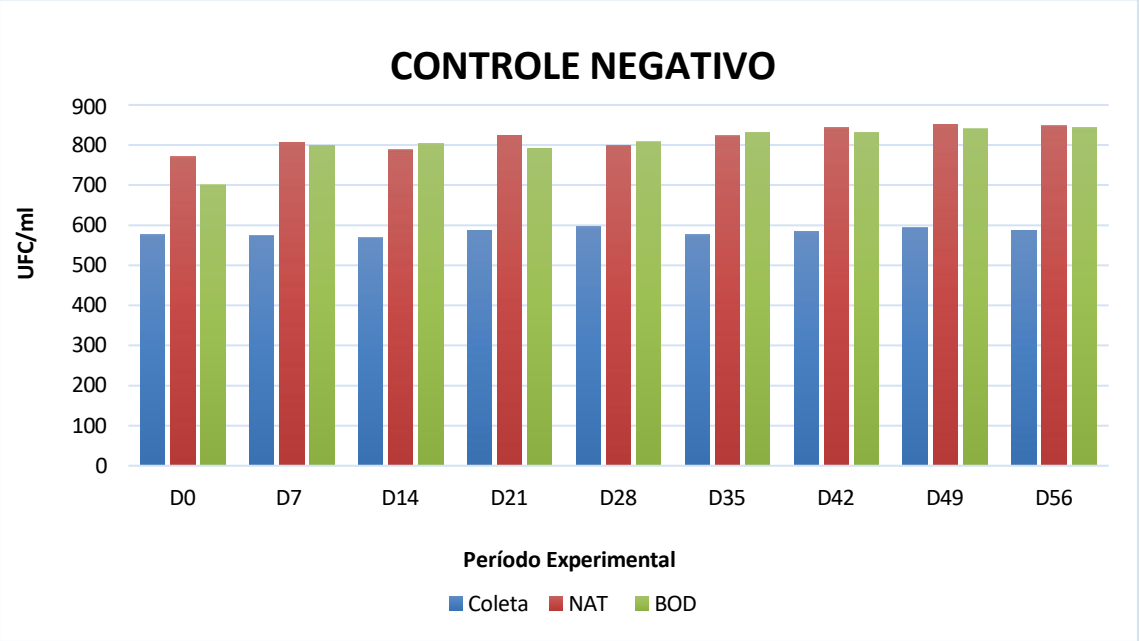
A resistência a determinados anti-helmínticos em nematódeos gastrintestinais e seu impacto na equideocultura têm tornado-se pauta mundial (Lester *et al*., 2014; Carvalho *et al.,* 2007) justificado pela prevalência de ciatostomíneos mesmo quando tratados. Portanto, caracteriza-se por espécies mais resistentes as medicações com um período pré patente curto e de difícil controle, trata-se de uma distribuição já esperada pois estes também são mais resistentes as medicações anti-helmínticas disponíveis no mercado (Chapman *et al*., 1996).

A falta de eficácia dos anti-helmínticos, se não for diagnosticada através de testes, pode levar ao aumento da frequência dos tratamentos. Isso, por sua vez, resulta em maior volume de resíduos anti-helmínticos liberados no meio ambiente. Tratamentos desnecessários também contribuem para a contaminação ambiental e podem selecionar ainda mais populações de parasitas resistentes, agravando o problema. A monitorização regular e o tratamento direcionado são essenciais para minimizar o impacto ambiental e manter um controle eficaz dos parasitas.

5.2 Avaliação do Desenvolvimento da População Micriobiana

Na avaliação do desenvolvimento da população microbiológica presente no bolo fecal, de cada grupo em todos os é possível observar que para o Controle Negativo (Sem tratamento) é notável o aumento da população microbiana presente após os sete dias expostos aos ambientes de decomposição Natural (NAT) e Controlado (BOD) (Figura 9).

Figura 1 - Quantidade de unidade formadora de colônia (UFC)/ml entre o dia da coleta e sete dias após, para os ambientes Natural (NAT) e Controlado (BOD) em fezes de equinos que não receberam tratamento anti-hemíntico (CONTROLE NEGATIVO) durante o período experimental.



Fonte: Elaborado pela autora.

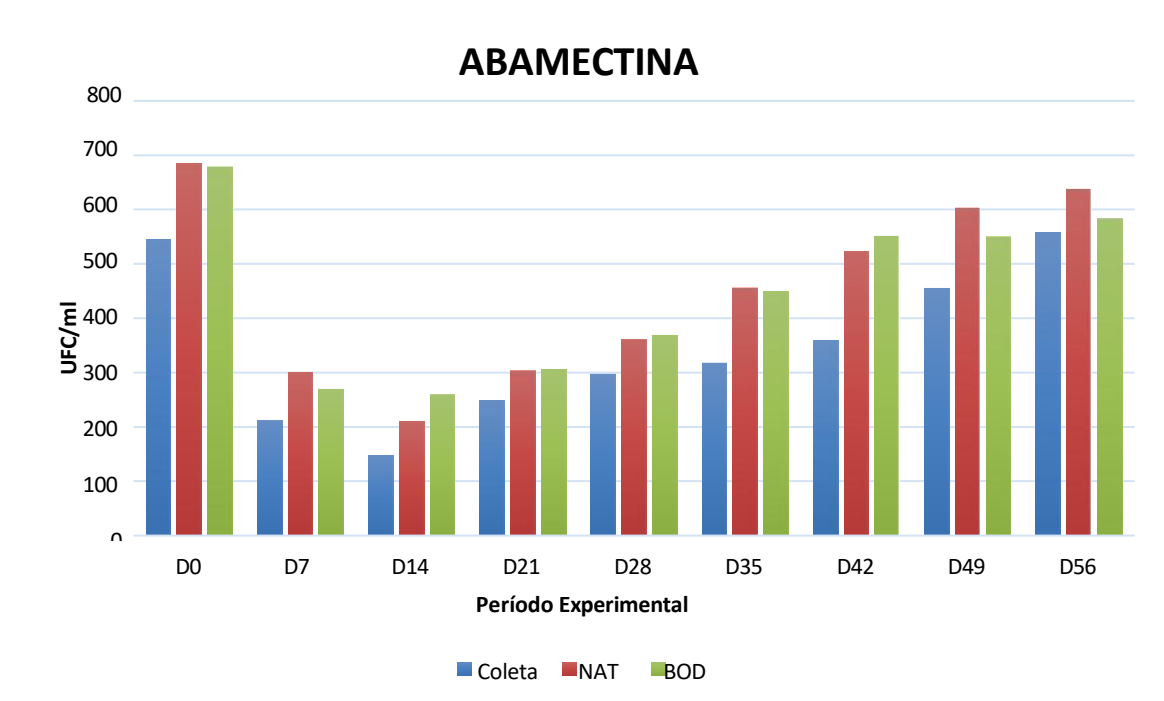
A estabilidade da população microbiana observada no gráfico ao longo do período experimental, demonstra pequenas variações quanto as contagens de UFC/ml, podendo ser justificada através do comportamento comum de comunidades microbianas. Anderson e Domsch (1978) observaram que a diversidade e abundância de microrganismos permanecem constantes em sistemas de controle, sem grandes perturbações ambientais, indicando que em condições estáveis e sem interferências externas, como tratamentos químicos ou variações ambientais significativas, a comunidade microbiana tende a estabilizar

com o tempo.

Sendo assim, considerando a importância dos microrganismos coprófagos na decomposição da matéria orgânica, e que a incorporação desses resíduos no solo também acelera os processos de mineralização desta, é esperado que exista um aumento da população microbiana decompositora presente no bolo fecal, uma vez que inicialmente, predominam-se os microrganismos mesófilos os quais agem na etapa inicial de decomposição, atuando sobre uma temperatura ótima de 22°C unido a uma umidade 55%, em média (Gama-Rodriguez *et al.,* 2004).

O processo de decomposição é complexo, uma vez que estes microganismos serão substituídos por uma nova população termofílica, segregada através do aumento significativo da temperatura do bolo fecal exposto, ocorrendo também o pico de consumo de oxigênio presente, resultante do elevado desenvolvimento da microbiota decompositora (Miyatake *et al.,* 2006), fatos que justificam o aumento considerável dos níveis de UFC/ml após o período de decomposição considerado.

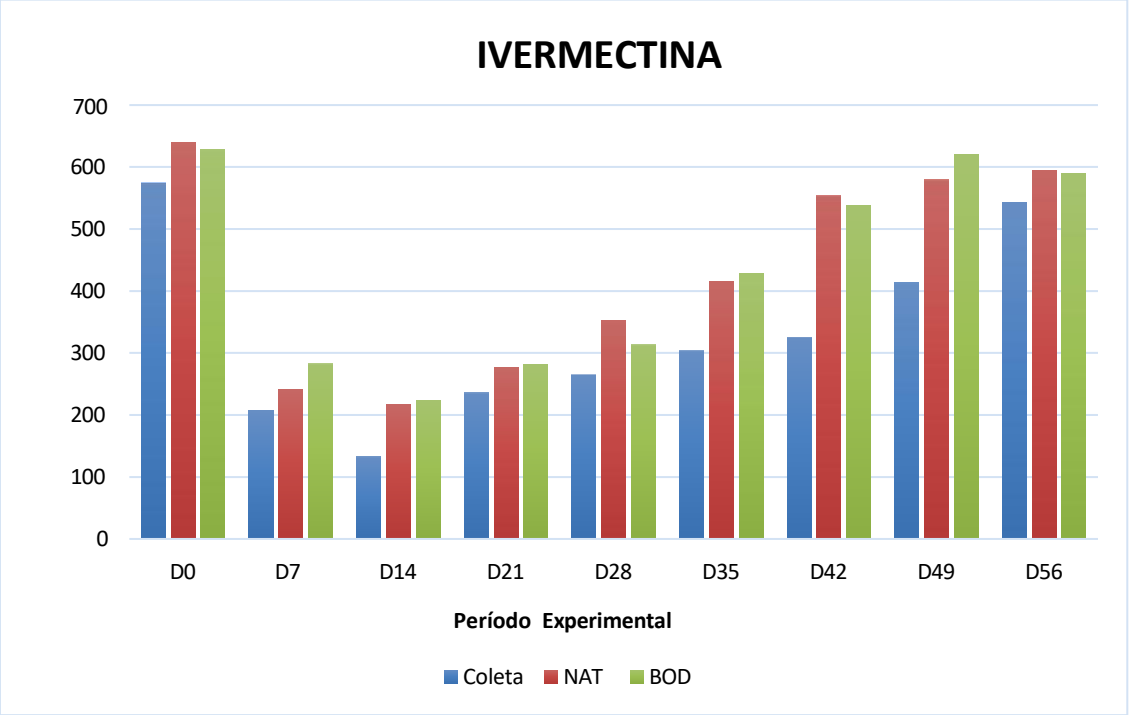
Figura 2 - Quantidade de unidade formadora de colônia (UFC)/ml entre o dia da coleta e sete dias após, para os ambientes Natural (NAT) e Controlado (BOD) em fezes de equinos que receberam Abamectina (ABA) durante o período experimental.



Fonte: Elaborado pela autora.

Quando analisados os dados para Abamectina e Ivermectina conforme figura 2 e 3, nota-se uma redução inicial devido a queda nos níveis de UFC/ml nos dias 7 e 14 após administração, indicando que estas proporcionaram efeito inicial negativo sobre a população microbiana, retardando ou eliminando os organismos envolvidos na decomposição. O declínio mais notável está em NAT e BOD, sugerindo que ambas impactaram diretamente nos diferentes ambientes de exposição, diminuindo os níveis de atividade microbiana. E a partir do dia 21, há um aumento gradual na contagem de UFC/ml refletindo em uma recuperação gradual dos níveis de UFC/ml.

Figura 3 - Quantidade de unidade formadora de colônia (UFC)/ml entre o dia da coleta e sete dias após, para os ambientes Natural (NAT) e Controlado (BOD) em fezes de equinos que receberam Ivermectina (IVER) durante o período experimental.



Fonte: Elaborado pela autora.

As amostras fecais expostas ao NAT, demonstraram níveis superiores quando comparados maior contagem de UFC/ml durante quase todo o experimento, o que sugere que, mesmo com a aplicação de abamectina e ivermetcina, o ambiente ainda oferece condições favoráveis para o crescimento microbiano após o período inicial. BOD também apresenta recuperação

significativa, indicando que a decomposição de matéria orgânica e o consumo de oxigênio pelos microrganismos voltaram a se intensificar, conforme o resíduo destas diminuem.

A abamectina, como um agente antiparasitário, é conhecida por ter efeitos negativos iniciais sobre a microbiota associada a fezes e ao solo, afetando tanto microrganismos decompositores quanto invertebrados coprófilos, como besouros e moscas que auxiliam na degradação fecal (Lumaret *et al.,* 2002).

A meia-vida da abamectina no organismo é geralmente entre 1 a 7 dias (Olah *et al*., 2003). E segundo Rangel (2005), os microrganismos no solo e na matéria orgânica são capazes de adaptar-se e eventualmente metabolizar compostos químicos como a abamectina, permitindo que a microbiota volte a níveis normais após este período inicial de supressão.

Os resultados encontrados no presente estudo, corroboram com (Carmo *et al.,* 2022) que verificaram uma redução significativa nos níveis de UFC/ml nos meses em que os equinos foram tratados com Abamectina.

Os microrganismos são mediadores da maior parte das transformações químicas, ressaltando que a velocidade de decomposição dos resíduos varia em função da qualidade do material decomponente (Gama-Rodriguez *et al.*, 2004), podendo justificar a interferência nos níveis de UFC/ml quando comparados aos níveis demonstrados no Controle Negativo, em qual não houve interferência dos tratamentos.

A Ivermectina é amplamente conhecida por sua ação antiparasitária, especialmente contra nematoides e ectoparasitas, e não por uma ação bactericida direta (Ashraf, *et al., 2018*). Chandler (2022) observa que a ivermcetina, apesar de não ter a ação bactericida, pode influenciar indiretamente a microbiota, alterando o ambiente dos parasitas e dos hospedeiros, e modificar o equilíbrio parasitário, as condições no trato digestivo e nos tecidos afetados podem favorecer ou inibir o crescimento bacteriano, o que explicaria a variação observada nos níveis de UFC/ml nos primeiros dias de uso do fármaco.

Além disso, a ivermectina apresenta uma longa meia-vida, e sua eliminação ocorre de forma lenta, tanto pela urina quanto pelas fezes, prolongando sua presença no ambiente e seus possíveis efeitos sobre a microbiota e os parasitas (Herd *et al.*, 1996). O estudo de Alvinerie *et al*. (1999) observa que a ivermectina tem uma excreção lenta, com resíduos significativos

sendo encontrados nas fezes por várias semanas após a administração.

A farmacocinética desse composto mostra que, após administração, há uma fase inicial de rápida absorção, seguida de uma eliminação lenta, com resíduos presentes por até 50 dias após a aplicação, como reportado por Lifschitz *et al.* (2010). Fato que pode explicar os efeitos observados entre D7 e D28, onde ainda há suficiente ivermectina circulante para suprimir a proliferação microbiana. Após esse período, sua concentração diminui, o que leva ao aumento dos níveis de UFC/ml à medida que a população bacteriana se restabelece.

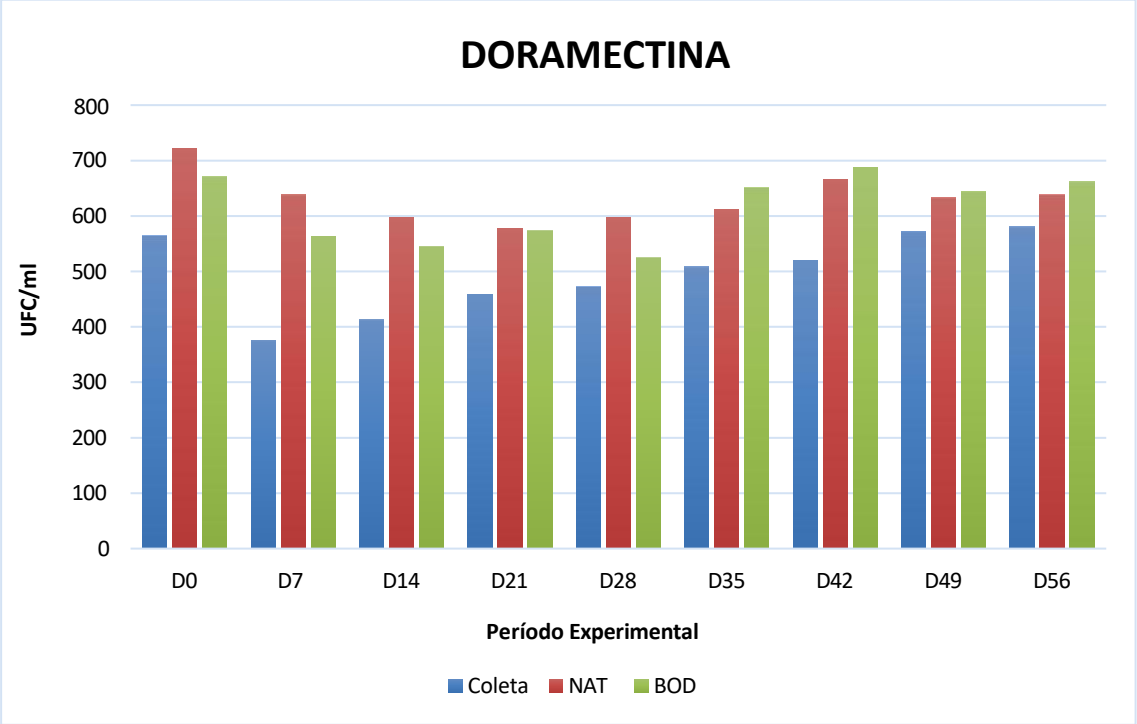
Outro aspecto relevante é que a presença de resíduos de ivermectina nas fezes, podem alterar a microbiota local e impactar o ecossistema ao retardar a decomposição fecal, Jensen *et al.* (1998) discutem como a persistência de resíduos nas fezes pode ter efeitos adversos sobre os organismos decompositores, aumentando a proliferação de certas bactérias, o que corrobora com o aumento dos níveis de UFC/ml observado no gráfico a partir do D35.

Laffont *et al.* (2001) relataram que a ivermectina pode ser excretada em quantidades suficientes para impactar significativamente a ecologia microbiana, apontando que os resíduos do fármaco nas fezes alteram a dinâmica do processo de decomposição, podendo influenciar a composição microbiana e aumentar a proliferação de certas espécies bacterianas resistentes.

Já Alvinerie *et al.* (1996) investigaram o impacto da ivermectina sobre a fauna coprófaga e observaram que o fármaco interfere na colonização microbiana do bolo fecal ao inibir a atividade dos organismos que facilitam a decomposição, essa interrupção no ciclo natural de decomposição das fezes favorece o crescimento bacteriano anaeróbio, justificando o aumento nos níveis de UFC/ml nos estágios posteriores do experimento.

Embora seja principalmente usada contra parasitas, alguns estudos sugerem que a ivermectina pode influenciar comunidades bacterianas, especialmente aquelas associadas ao trato gastrointestinal e às fezes dos animais. No entanto, a ação bactericida direta ainda é um campo menos explorado e discutido, e os efeitos são muitas vezes considerados como colaterais ou indiretos (Floate *et al.,* 2005).

Figura 4- Quantidade de unidade formadora de colônia (UFC)/ml entre o dia da coleta e sete dias após, para os ambientes Natural (NAT) e Controlado (BOD) em fezes de equinos que receberam Doramectina (DORA) durante o período experimental.



Fonte: Elaborado pela autora.

Quando observado os níveis de UFC/ml para o grupo tratado com Doramectina, D7 e D28 apresentaram uma redução geral das contagens. No entando, quando comparada as demais avermectinas (IVER e ABA), a queda foi menos acentuada. A recuperação da população inicia-se no período de D35 a D56, notando-se um aumento gradual em todas as condições expostas.

Há uma queda inicial nos níveis de UFC/ml, especialmente nos primeiros dias (D7), sugerindo uma possível ação inicial da Doramectina na redução da carga microbiana, possivelmente associada a seu efeito antiparasitário. O que corrobora com Debont *et al.* (1997) que verificaram que este composto possui uma alta eficácia inicial na eliminação de parasitas e microrganismos, destacando a eficácia dessa substância no controle de endo e ectoparasitas.

Após o D28, os níveis de UFC/ml começam a aumentar novamente e por volta do D42, os valores estão próximos dos níveis observados no D0, principalmente no ambiente natural de decomposição (NAT) e em BOD. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que a Doramectina possui uma

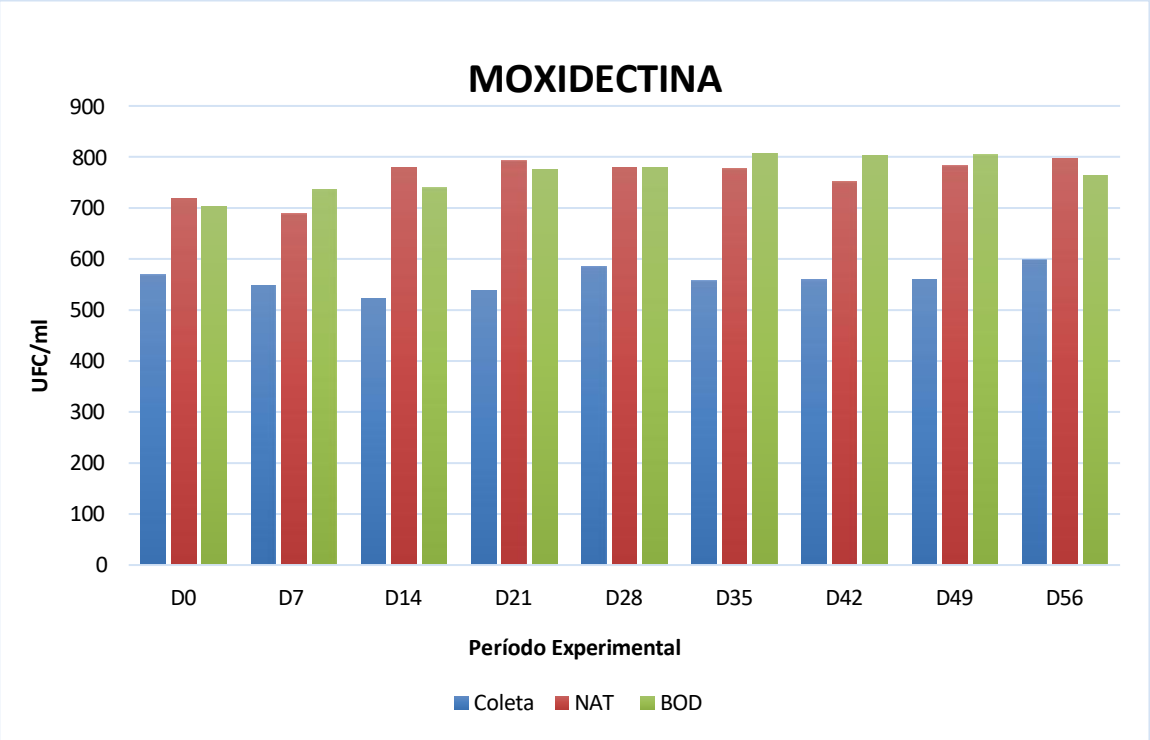
meia-vida longa, permitindo o repovoamento microbiano, portanto a ação da Doramectina pode variar dependendo das condições ambientais e do tempo de exposição, como indicam estudos de Lifschitz *et al.* (2010), que discutem a farmacocinética da droga e sua distribuição no organismo.

No estudo de Lim *et al*,. (2013) a doramectina demonstrou uma atividade bactericida inferior quando comparada a outras avermectinas no combate a *Mycobacterium spp.*. Os resultados indicaram que, embora todas as avermectinas testadas apresentassem menor eficácia contra *Mycobacterium avium*, a doramectina mostrou os níveis mais baixos de atividade contra todas as espécies avaliadas. Esses achados sugerem que, apesar de pertencer à mesma classe, a doramectina possui um espectro de ação antimicrobiana mais limitado quando comparado a ivermectina e a abamectina, fato que pode justificar o efeito intermediário sobre a microbiota observado no presente trabalho.

A doramectina foi administrada via oral proporcionando uma liberação lenta da droga na circulação sistêmica. No entanto, apesar de ser conhecida por ter um efeito residual prolongado significa que ela continua a proteger os animais por semanas após a administração e esse efeito depende da estabilidade da droga no organismo e no ambiente (Lifschitz *et al.*, 2010). Evidenciando que provavelmente os resíduos do fármaco estaram presentes por mais tempo nas fezes em menores quantidades, fato que pode justificar a leve redução nos níveis de UFC/ml observados no período experimental.

Na figura 5 é possível verificar uma tendência bastante estável nos níveis de UFC/ml ml ao longo do período experimental após o tratamento dos animais com moxidectina, com pequenas variações entre os diferentes tempos (D0 até D56). Os níveis de UFC/ml se mantêm consistentemente elevados, o que indica que a Moxidectina não provoca uma diminuição significativa na população microbiana fecal, especialmente quando comparada a outros compostos antiparasitários, como a abamectina e ivermectina.

Figura 5 - Quantidade de unidade formadora de colônia (UFC)/ml entre o dia da coleta e sete dias após, para os ambientes Natural (NAT) e Controlado (BOD) em fezes de equinos que receberam moxidectina (MOXI) durante o período experimental.



Fonte: Elaborado pela autora.

A moxidectina também pertencente a classe das lactonas macrocíclicas, tem como principal função ser endectocida de amplo espectro e estudos sugerem que ela possui uma longa meia-vida e é excretada lentamente nas fezes dos animais, o que poderia influenciar o ambiente microbiano fecal, mas não de forma tão pronunciada quanto os outros fármacos da mesma classe (Lanusse *et al*., 2009).

De acordo com Prichard *et al.* (2012), a moxidectina tem uma ação prolongada no organismo d evido à sua farmacocinética lenta, mas não é diretamente bactericida e seu efeito residual nos tecidos que podem alterar indiretamente o equilíbrio microbiano. Embora este efeito seja menos drástico do que o de outras lactonas macrocíclicas, justificado pela sua menor solubilidade em água e a maneira como se distribui nos tecidos (Lanusse *et al*., 2009).

Segundo Liu *et al*., (2023) as concentrações excretadas não têm um impacto tão severo sobre a microbiota fecal em comparação a compostos como a ivermectina. O bolo fecal de animais tratados com moxidectina pode

permanecer por mais tempo no ambiente devido à microbiota parecer se adaptar ao longo do tempo, o que explica os níveis elevados e consistentes de UFC/ml durante o período experimental.

Lumaret *et al.* (2002) indicaram que a Moxidectina tem um efeito menos agressivo sobre a população microbiana coprófaga, em comparação com outras lactonas macrocíclicas, portanto, o comportamento observável no gráfico corrobora com essas características, com a microbiota fecal mantendo-se relativamente estável ao longo do período experimental, mesmo após várias semanas da administração do composto.

Apesar de todos os fármacos administrados pertencerem à classe das lactonas macrocíclicas, todas apresentaram diferenças significativas em sua farmacocinética e eficácia antiparasitária. A moxidectina é administrada em doses aproximadamente duas vezes maiores que a ivermectina (0,4 mg/kg vs. 0,2 mg/kg, respectivamente) devido à sua maior lipofilicidade e meia-vida plasmática prolongada (Lanusse *et al.,* 2009). Essa característica resulta em uma liberação mais lenta da droga no organismo, permitindo um efeito antiparasitário mais duradouro, no entanto, sua liberação prolongada pode gerar concentrações subótimas em determinados momentos, o que pode influenciar a eficácia sobre microrganismos e favorecer a seleção de resistência (Vercruysse; Rew, 2002).

Embora tanto a ivermectina quanto a moxidectina atuem ativando canais de cloro mediados pelo glutamato, levando à paralisia e morte de nematóideos e ectoparasitas, sua ação não é bactericida direta Geurden *et al.,* (2015*)* Estudos indicam que, apesar da maior dose administrada, a moxidectina pode apresentar menor inibição do desenvolvimento de certos microrganismos devido à sua farmacocinética diferenciada, que resulta em uma eliminação mais lenta e, consequentemente, períodos de baixa concentração plasmática (Lanusse *et al.,* 2009).

A tabela 4 apresenta uma comparação geral do experimento através da quantidade de UFC/ml em diferentes tratamentos (Controle Negativo, Abamectina, Ivermectina, Doramectina e Moxidectina) durante o período experimental.

Tabela 4 – Comparativo de Médias Gerais do Período Experimental para cada Tratamento pelo Teste de Tukey a 5% de significancia

	Tratamentos				
Níveis de	Controle	Abamectina	Ivermectina	Doramectina	Moxidectina
UFC/ml	726,81a*	406,35c	403,81c	582,22b	700,63a

* Médias seguidas de letras distintas indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Fonte: Elaborado pela autora.

O Controle Negativo apresentou o maior nível de UFC/ml entre todos os tratamentos. Isso sugere que, na ausência de compostos antiparasitários, a microbiota decompositora se mantém em sua capacidade plena de crescimento.

A moxidectina apresentou níveis de UFC/ml bastante próximos ao controle, com média de 700,63 UFC/ml. Conforme discutido, este fato sugere que a moxidectina tem um impacto menor sobre a microbiota decompositora, devido sua liberação lenta pelo organismo dos animais e permitindo a recuperação das populações microbianas o que pode ser atribuida a sua ação não batericida (Gilaverte *et al*., 2012)

A doramectina resultou em uma média intermediária de UFC/mL (582,22), demonstrando resultados superiores que a abamectina e ivermectina, que por sua vez, apresentaram os menores níveis de UFC/mL, com médias de 406,35 e 403,81, respectivamente. As avermectinas têm um impacto mais acentuado sobre a microbiota decompositora, caracterizadas por serem altamente lipofílicas e possuirem longos tempos de meia-vida, resultando em resíduos persistentes nas fezes que afetam a atividade microbiológica unido a possível ação batericida (Halley *et al.,* 1993).

A microbiota decompositora, composta por bactérias e fungos, desempenha um papel essencial na degradação do bolo fecal, transformando a matéria orgânica em compostos mais simples e ntiparasitários como as avermectinas são conhecidos por suprimir o crescimento de microrganismos decompositores. Isso porque os resíduos desses fármacos nas fezes continuam ativos por semanas, interferindo no processo natural de decomposição. (Lumaret *et al.,* 2002), sendo notável o impacto nos tratamentos com ivermectina e abamectina, que apresentam os menores níveis de UFC/ml.

A moxidectina possui a maior lipofilicidade e meia-vida plasmática entre essas moléculas, resultando em uma eliminação mais lenta e uma ação

prolongada, enquanto a ivermectina, mais hidrofílica, é eliminada mais rapidamente (Lanusse *et al.,* 2009). A doramectina apresenta maior biodisponibilidade e tempo de ação mais prolongado que a ivermectina, sendo frequentemente utilizada em formulações de liberação lenta (Vercruysse; Rew, 2002).

Os resultados encontrados no presente trabalho tem interface direta quanto ao impacto ambiental dos fármacos sobre atrasos de degradação fecal, o que, por sua vez, afetaria a natureza da ciclagem de nutrientes do solo (Floate 2001; Iglesias *et al*., 2006). Nesse sentido, experimentos realizados mostraram redução da abundância e diversidade da fauna coprófila, bem como atraso na degradação da matéria orgânica em fezes de animais tratados depositadas no outono (Iglesias *et al.*, 2006).

Conforme Lifschitz *et al.* (2010), as lactonas macrocíclicas permanecem ativas por várias semanas no organismo do hospedeiro e podem ser excretadas no ambiente, onde continuam a influenciar a fauna e flora microbiana local por períodos prolongados. Isso explica a queda ou estabilização dos níveis de UFC/ml após o período inicial, à medida que os compostos se acumulam no ambiente e inibem a atividade de determinados microrganismos, conforme sua liberação contínua através de fezes e urina do animal tratado.

À medida que o processo de decomposição progride, a microbiota tende a aumentar sua atividade, mas no ponto inicial, o ambiente pode ser menos favorável à proliferação rápida de microrganismos (Tabela 5).

Tabela 5 – Comparativo de Médias Gerais do Período Experimental para cada Tratamento pelo Teste de Tukey a 5% de significancia.

	Ambientes de Decomposição			CV
	Inicial	Ambiente	Bod	3,35
UFC/ml	465,00b	614,06ª	614,90a*	

* Médias seguidas de letras distintas indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Fonte: Elaborado pela autora.

O ambiente de decomposição influencia diretamente a taxa de crescimento e a atividade microbiana, sendo que ambientes com controle de oxigenação e temperatura, como os biorreatores, podem maximizar a eficiência da

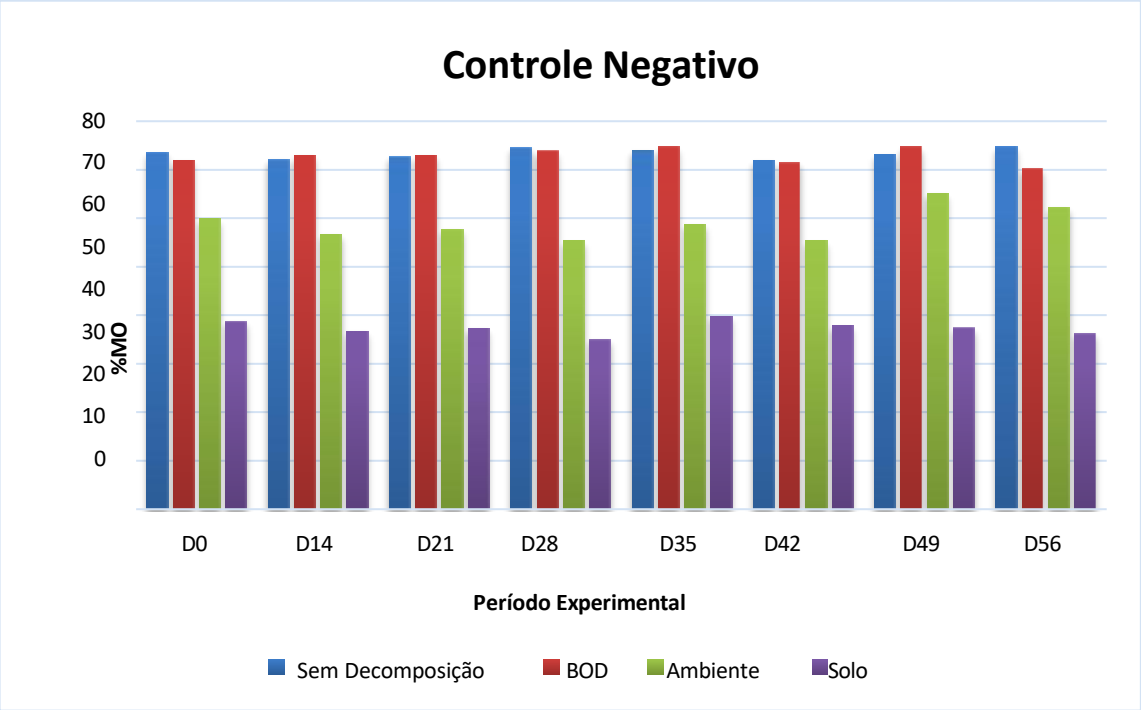
decomposição, enquanto ambientes naturais podem apresentar maior variabilidade, dependendo das condições locais (Lavelle e*t al.,* 2006).

Em sistemas de decomposição controlada, como BOD, a microbiota pode atingir níveis ótimos de atividade devido à regulação de fatores como oxigênio e temperatura. No entanto, no ambiente inicial ou natural, a variação nas condições ambientais pode levar a uma microbiota menos ativa inicialmente, mas que se ajusta e aumenta sua atividade ao longo do tempo (Griffiths *et al.*, 1994).

5.3 Avaliação da Decomposição do Bolo Fecal em Diferentes Exposições

A avaliação dos percentuais de Matéria Orgânica (MO) demonstrados através dos parâmetros de SD (Sem Decomposição) e após exposição de 115 dias nos ambientes Natural (NAT), Controlado (BOD) e Solo (SOLO), para o Controle Negativo (Sem administração de Anti-helmínticos), foram de 70-75% para SD durante todo o período experimental, que manteve-se constante e indicando a ausência de fatores que promovam a decomposição do bolo fecal (Figura 6). Segundo Freitas *et al*., (2012) o esterco equino possui alta concentração de matéria orgânica, com valores típicos de 70-80%, sendo uma fonte rica em carbono, o que o torna um aditivo importante na compostagem e na melhoria das características físicas do solo, fato que corrobora com os percentuais inciais encontrados no presente estudo.

Figura 6 – Porcentagem de matéria orgânica inicial e final nas fezes de equinos sem tratamento anti-helmíntico submetidas à três diferentes ambientes. %MO: porcentagem de matéria orgânica, Sem Decomposição, avaliação realizada no dia da colheita, BOD: com controle, AMB: Ambiente natural, Solo: Enterradas no solo. Todos avaliados 115 dias após processo de decomposição.



Fonte: Elaborado pela autora.

As amostras mantidas na câmara BOD apresentaram uma redução moderada da porcentagem de matéria orgânica (%MO) ao longo do tempo devido às limitações intrínsecas de um ambiente artificial controlado. Segundo Epstein *et al.* (1997) a decomposição de matéria orgânica é intensamente dependente das condições ambientais, e ambientes como a câmara BOD, limitam a diversidade microbiana e restringem o acesso a oxigênio, essencial para a atividade de microrganismos aeróbios, que são os principais responsáveis pela degradação de compostos orgânicos, fato que pode explicar a diminuição moderada nos perceituas de MO para BOD, evidenciando a queda na eficiência do processo comparado com condições naturais, como o solo ou o ambiente aberto.

As amostras de bolo fecal expostas ao ambiente natural (AMB) apresentaram uma leve redução quanto a porcentagem de matéria orgânica (%MO) ao longo do período experimental, especialmente a partir dos primeiros

14 dias, como observado na Figura 6. Swift *et al.* (1979) explicam que, em ambientes abertos, a MO está em constante exposição a fatores bióticos e abióticos, como a radiação solar, vento e precipitação, que também contribuem para o aumento da taxa de decomposição.

Outro fator importante é a presença de fauna decompositora no ambiente, como insetos, vermes e outros organismos que atuam no processo de fragmentação da matéria orgânica, aumentando sua superfície de contato com os microrganismos, essa fragmentação física acelera o processo de decomposição, permitindo que microrganismos colonizem mais rapidamente o material (Golueke *et al.,* 1991).

A análise das amostras expostas ao solo revela uma redução gradual, mas consistente, a %MO ao longo do período experimental (Figura 6). Segundo Swift *et al*. (1979), o solo oferece um ambiente diversificado, rico em microrganismos como fungos e bactérias, além de organismos da fauna do solo que fragmentam a matéria orgânica, aumentando a eficiência da decomposição e explicando os percentuais encontrados. Prescott *et al.* (2005) reforçam que a atividade desses organismos é fundamental para a degradação de compostos orgânicos complexos, uma vez que eles facilitam a mineralização e a ciclagem de nutrientes.

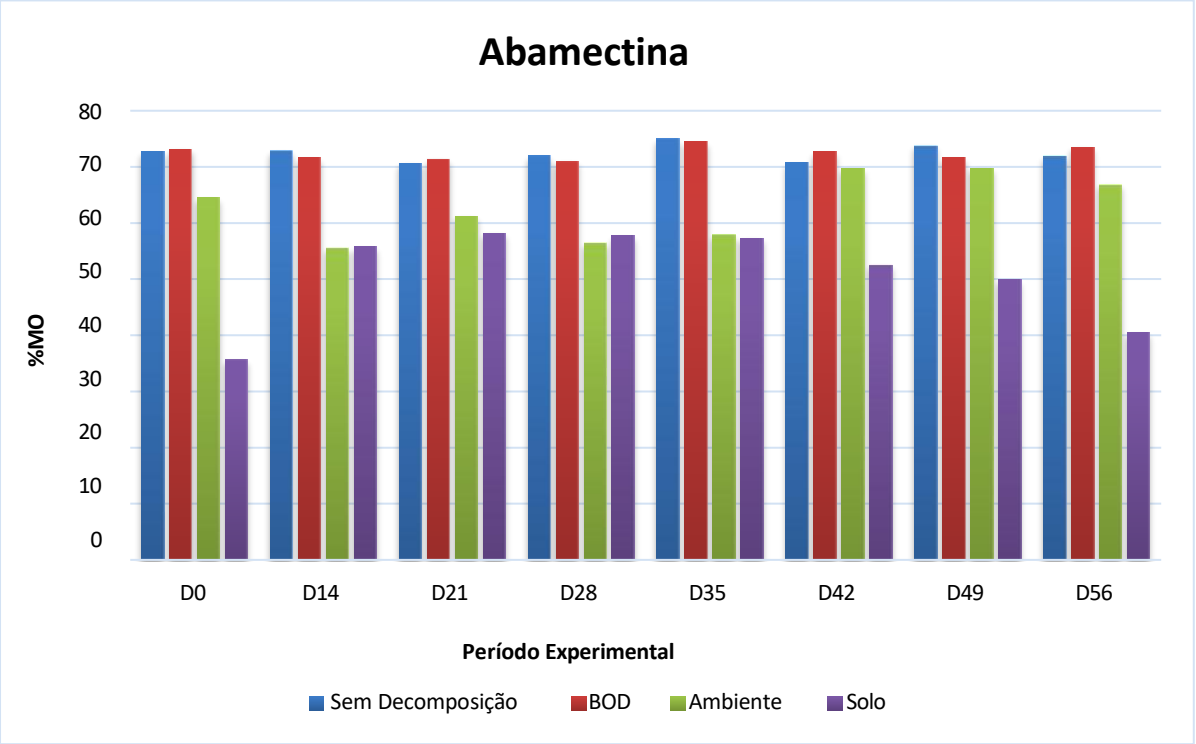
Em comparação com o AMB e BOD, o Solo proporciona um ambiente mais estável, com menor variação de temperatura e umidade, o que pode explicar a decomposição gradual e mais constante observada durante o período experimental. O solo também oferece uma maior diversidade de microrganismos, além de estar diretamente exposto à flora e fauna que colaboram no processo de decomposição. Swift *et al.* (1979) reforçam que a presença de microhabitats no solo permite uma maior colonização por organismos decompositores, tornando o processo de decomposição mais eficiente.

No entanto, como o solo é um ambiente menos exposto a condições climáticas extremas e a maiores variações de temperatura e umidade, a taxa de decomposição é mais lenta no início, mas continua de forma mais constante ao longo do tempo. Isso contrasta com o AMB, onde a exposição direta ao ar e à radiação solar pode acelerar a decomposição nos primeiros dias, mas resulta em uma estabilização mais rápida posteriormente.

Para Abamectina, a condição "Sem decomposição" permanece inalterada

ao longo do tempo, o que é consistente com o papel dessa condição como um controle onde não há interação com fatores externos (Figura 7). Como esperado, a %MO se mantém estável, indicando que, sem exposição a agentes decompositores ou fatores ambientais, a matéria orgânica não se decompõe.

Figura 7 – Porcentagem de matéria orgânica inicial e final nas fezes de equinos que receberam abamectina submetidas à três diferentes ambientes. %MO: porcentagem de matéria orgânica, Sem Decomposição, avaliação realizada no dia da colheita, BOD: com controle, AMB: Ambiente natural, Solo: Enterradas no solo. Todos avaliados 115 dias após processo de decomposição.



Fonte: Elaborado pela autora.

As amostras mantidas em condições controladas na câmara BOD apresentaram uma redução moderada da %MO ao longo do período experimental, mas em ritmo mais lento do que o observado no ambiente natural (Figura 7). Como Epstein (1997) sugere, ambientes artificiais podem limitar a diversidade microbiana e a presença de decompositores importantes, resultando em uma decomposição menos eficiente. A presença da abamectina potencializa esse efeito, já que o resíduo do anti-helmíntico pode inibir a atividade microbiana e a fauna decompositora, retardando a taxa de degradação da matéria orgânica

(Floate *et al*., 2005).

Estudos como o de Lumaret *et al*. (2002) indicam que os resíduos de abamectina podem retardar a decomposição de matéria orgânica, especialmente durante as primeiras semanas, quando a concentração da substância é mais alta.

No ambiente natural (Figura 6), a redução da %MO é mais expressiva do que na BOD, mas ainda observamos uma influência negativa da abamectina. A decomposição no ambiente natural é dependente da interação com microrganismos e fauna decompositora que estão diretamente expostos a variações de temperatura, umidade e exposição ao ar. A abamectina pode afetar insetos coprófagos e outros organismos decompositores, como relatado por Floate (2005), o que explica a redução mais lenta da %MO em relação ao que seria esperado em um ambiente natural sem o uso de anti-helmínticos.

O solo apresenta um cenário similar ao ambiente natural, com uma decomposição constante ao longo do período experimental. No entanto, assim como no ambiente natural, a presença de abamectina também afeta negativamente a fauna do solo. Floate *et al.* (2005) afirmam que resíduos de abamectina no esterco podem reduzir significativamente a atividade de insetos e minhocas, diminuindo a taxa de fragmentação da MO e, por consequência, retardando a decomposição. A %MO diminui ao longo do tempo, mas de forma mais lenta quando comparada a um solo sem contaminação por anti-helmínticos.

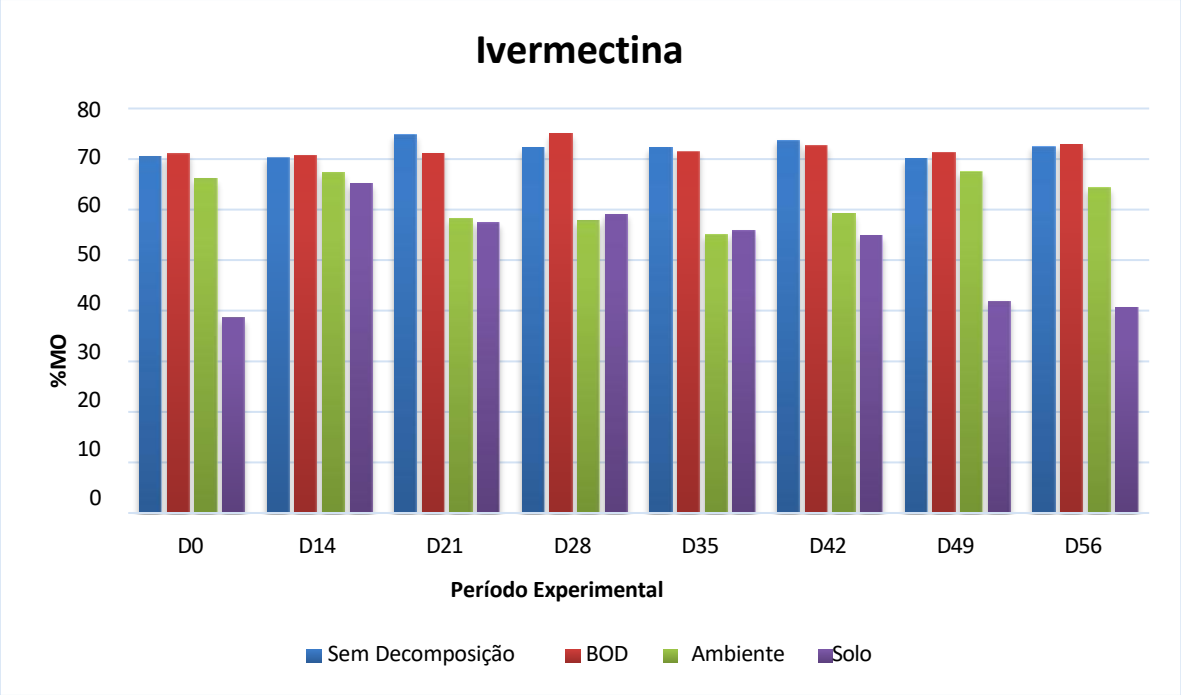
Jacobs e Scholtz (2015) apontam que o uso de anti-helmínticos pode causar declínios populacionais de organismos essenciais à decomposição, resultando em um acúmulo de matéria orgânica não decomposta. O gráfico demonstra claramente que, tanto no solo quanto no ambiente natural, a abamectina interfere diretamente no processo de decomposição, o que é evidenciado pela %MO mais elevada ao longo do tempo, comparada a condições sem o uso de anti-helmínticos.

A exposição à abamectina tem um impacto claro na taxa de decomposição da matéria orgânica em diferentes ambientes. As amostras no solo e no ambiente natural mostram que, embora haja uma redução da %MO, o processo é significativamente retardado pela presença de abamectina, que afeta tanto os microrganismos quanto os organismos maiores responsáveis pela fragmentação do material. Os ambientes controlados, como a câmara BOD, também mostram

uma decomposição limitada, devido à ausência de condições naturais que promovam uma interação completa com a fauna e os microrganismos decompositores.

Para Ivermectina, ao longo dos 56 dias de experimento, há pouca variação na concentração de matéria orgânica (%MO), o que indica que a ivermectina é altamente estável em ambientes fechados e controlados, sem exposição a fatores biológicos ou ambientais (Figura 8).

Figura 8 – Porcentagem de matéria orgânica inicial e final nas fezes de equinos que receberam ivermectina submetidas à três diferentes ambientes. %MO: porcentagem de matéria orgânica, Sem Decomposição, avaliação realizada no dia da colheita, BOD: com controle, AMB: Ambiente natural, Solo: Enterradas no solo. Todos avaliados 115 dias após processo de decomposição.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na BOD, a ivermectina mostra uma leve diminuição na %MO ao longo do tempo. Isso sugere uma degradação leve, onde há pouca presença de microrganismos atuando sobre o composto. Embora ocorra uma decomposição, o ritmo é lento, possivelmente devido à baixa solubilidade da ivermectina, como descrito por Halley *et al.* (1993), que relatam a dificuldade da ivermectina em ser

metabolizada em ambientes onde a demanda bioquímica de oxigênio é o fator limitante.

O AMB e Solo também demonstram uma degradação mais acentuada quando comparada aos outros ambientes de exposição nesse tratamento, porém, quando analisada de forma geral dos tratamentos administrados, apresentou percentuais de MO maiores que todos os demais grupos (Figura 8).

A estrutura química da ivermectina, caracterizada por ligações estáveis e uma baixa solubilidade em água, torna sua biodegradação extremamente lenta, especialmente em excretas animais. Conforme destacado por Halley *et al.* (2013), a ivermectina é persistentemente resistente à degradação microbiológica, uma característica que impede a ação dos microrganismos decompositores responsáveis pela fragmentação e mineralização da matéria fecal.

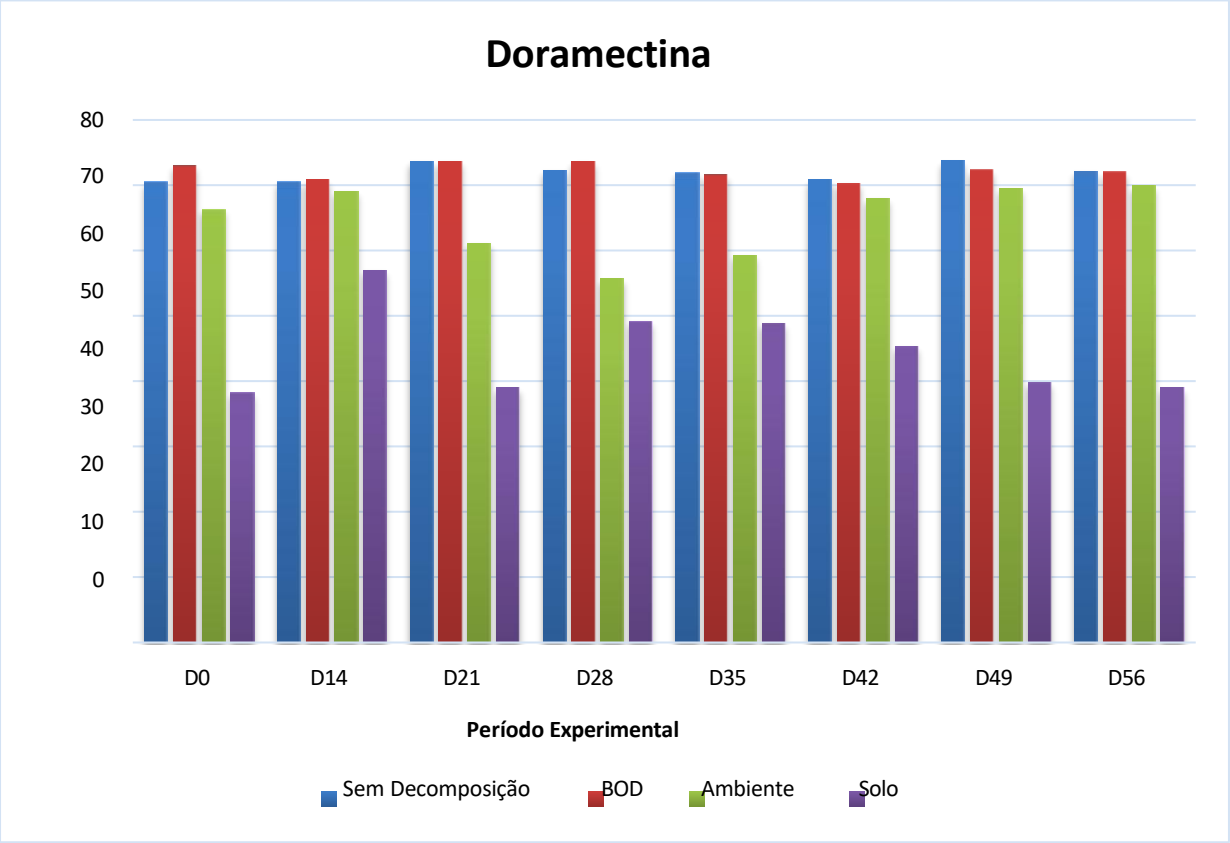
Diversos estudos, incluindo os realizados por Kent *et* al., (2002) apontam que a ivermectina afeta negativamente as populações de besouros coprófagos, minhocas e outros organismos responsáveis pela degradação física do bolo fecal, sendo que esses organismos desempenham um papel essencial na fragmentação do esterco e sua incorporação no solo, acelerando o processo de decomposição.

A ivermectina, presente nas fezes de animais tratados, pode ser tóxica para essas espécies, levando a uma redução drástica da sua atividade e sem a ação desses decompositores, o esterco permanece na superfície do solo por períodos muito maiores, retardando a ciclagem de nutrientes e a fertilização natural do solo Kent *et* al., (2002).

Além da toxicidade direta para organismos decompositores, a ivermectina também apresenta uma alta persistência no meio ambiente. Kolar *et al.* (2006) observaram que o fármaco pode permanecer ativo no solo e nas fezes por longos períodos, sem ser significativamente metabolizado ou degradado, isso resulta na presença prolongada da substância nas excretas, perpetuando o impacto negativo sobre a decomposição natural do bolo fecal. Em pastagens tratadas com ivermectina, é comum observar esterco intacto por meses, o que prejudica a fertilidade do solo e a produtividade da pastagem, uma vez que o ciclo natural de reciclagem da matéria orgânica é interrompido (Halley *et al*., 2013; Kent *et* al., (2002).; *Kolar et al.,* 2006; Richardson *et al.,* 2000).

Quando analisado os dados de Doramectina, a condição "Sem Decomposição" mantém um valor estável de %MO ao longo do tempo, semelhante aos outros gráficos analisados, a estabilidade nos níveis de %MO indica que, sem intervenção, o material orgânico permanece inalterado (Figura 9).

Figura 9 – Porcentagem de matéria orgânica inicial e final nas fezes de equinos que receberam doramectina submetidas à três diferentes ambientes. %MO: porcentagem de matéria orgânica, Sem Decomposição, avaliação realizada no dia da colheita, BOD: com controle, AMB: Ambiente natural, Solo: Enterradas no solo. Todos avaliados 115 dias após processo de decomposição.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na BOD, a %MO apresenta uma leve redução ao longo do tempo, indicando atividade microbiana, mas ainda assim limitada pela natureza controlada do ambiente. Assim como observado com a abamectina e ivermectina, a doramectina pode ter um efeito inibitório na microbiota e na fauna decompositora presentes neste ambiente, resultando em uma taxa de

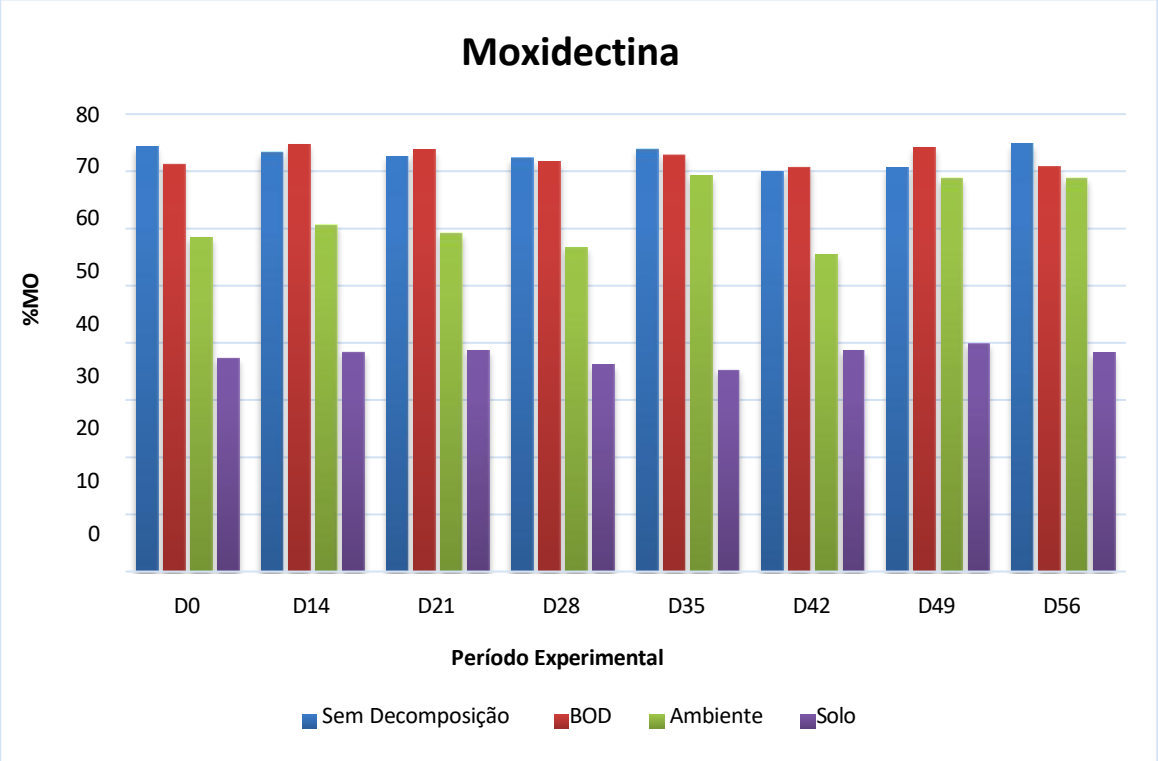
decomposição mais lenta mas superior quando comparada as demais avermectinas. Epstein *et al*., (1997) sugerem que ambientes artificiais, apesar de controlados, não podem replicar a complexidade dos ecossistemas naturais, levando a uma atividade microbiana subótima.

Os resultados obtidos indicam que a %MO no ambiente natural apresenta uma redução mais acentuada em comparação com BOD. No entanto, a presença da doramectina ainda impacta negativamente a taxa de decomposição. Como mencionado por Floate (2005), resíduos de endectocidas podem diminuir a atividade de organismos decompositores, resultando em uma menor eficiência na degradação da matéria orgânica. O ambiente natural favorece a interação com uma gama mais ampla de microrganismos e decompositores, mas a interferência da doramectina pode retardar a velocidade do processo.

As amostras em contato com o solo exibem uma tendência semelhante ao ambiente natural, com uma diminuição na %MO ao longo do tempo. Entretanto, a presença da doramectina pode inibir a atividade da fauna do solo, como minhocas e outros organismos que ajudam na fragmentação e degradação da matéria orgânica. Jacobs e Scholtz (2015) destacam que a exposição a resíduos de anti-helmínticos pode levar a um declínio na biodiversidade dos organismos do solo, comprometendo ainda mais o processo de decomposição.

Semelhante aos demais grupos apresentados, observa-se que os níveis de %MO permanecem altos ao longo de todo o período experimental. A ausência de fatores de degradação explica a leve variação nos valores de %MO entre os dias 0 e 56, demonstrando a robustez química da moxidectina quando isolada de interações externas (Figura 10).

Figura 10 – Porcentagem de matéria orgânica inicial e final nas fezes de equinos que receberam moxidectina submetidas à três diferentes ambientes. %MO: porcentagem de matéria orgânica, Sem Decomposição, avaliação realizada no dia da colheita, BOD: com controle, AMB: Ambiente natural, Solo: Enterradas no solo. Todos avaliados 115 dias após processo de decomposição.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na BOD, nota-se um padrão de leve decréscimo na %MO da moxidectina ao longo do tempo. Isso sugere que, em presença de microorganismos capazes de degradar matéria orgânica, o composto começa a ser lentamente processado, ainda que de forma menos expressiva do que em outras condições, como o solo.

Na condição AMB, apresenta um padrão de degradação mais acentuado ao longo do tempo, com reduções significativas na %MO, particularmente após o dia 21. Esse comportamento pode ser atribuído à interação do composto com variáveis ambientais como luz solar (fotodegradação), temperatura e aeração, que são fatores conhecidos por influenciar a degradação de compostos químicos. A fotodegradação, em particular, é uma via importante para a degradação de substâncias como a moxidectina quando expostas à luz UV em ambientes abertos (Thompson *et al.,* 2017).

A maior taxa de degradação da moxidectina foi observada na condição "Solo", com uma redução acentuada na %MO ao longo do tempo, especialmente após o dia 14.

Gauthier *et al. (2017)* mostraram que a moxidectina pode ser degradada por processos de fotodegradação e biodegradação em solos expostos à luz solar e em condições aeróbicas, sendo a biodegradação um fator crucial para a quebra dessas moléculas. A biodegradação no solo ocorre por processos enzimáticos mediados por microrganismos, que são capazes de degradar moléculas orgânicas complexas. Além disso, o solo pode reduzir a mobilidade do composto e facilitando a sua degradação por microrganismos especializados (Sanderson *et al.*, 2018).

Conforme evidenciado por diversos estudos, a moxidectina pode sofrer metabolização acelerada em solos, com meia-vida variando conforme a composição microbiana e as condições físico-químicas do solo (Li *et al.*, 2020)

Os resultados apresentados demonstram claramente que a moxidectina exibe diferentes comportamentos de degradação dependendo das condições experimentais, sendo altamente estável em ambientes controlados e sujeitos a baixas taxas de decomposição, mas propensa à degradação em ambientes abertos e biologicamente ativos, como o solo.

Portanto, o presente estudo evidencia que o uso prudente e controlado de anti-helmínticos é essencial para mitigar impactos adversos em organismos não-alvo e reduzir o risco de resistência parasitária. A introdução indiscriminada dessas moléculas no ambiente pode afetar negativamente a microbiota do solo e de organismos aquáticos, comprometendo a biodiversidade e a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Nesse contexto, torna-se fundamental a realização contínua de testes que avaliem não apenas a eficácia desses compostos contra os parasitas-alvo, mas também seus efeitos secundários em diferentes ecossistemas (Vercruysse; Rew, 2002). Estudos que investiguem a persistência, a toxicidade e os possíveis impactos ambientais dessas substâncias são cruciais para embasar estratégias de manejo mais sustentáveis, garantindo a manutenção da eficácia terapêutica a longo prazo.

6 CONCLUSÃO

A Abamectina e Ivermectina não apresentaram eficácia anti-helmíntica. As avermectinas de maneira geral interferiram no desenvolvimento da população microbiana e na decomposição de matéria orgânica no solo, sendo abamectina e ivermectina as que causaram maior impacto. Enquanto a doramectina promoveu efeitos intermediários. Já a Moxidectina não alterou a dinâmica populacional dos microrganismos e a decomposição também não foi influenciada em nenhum dos ambientes expostos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABQM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAVALOS QUARTO DE MILHA. Mercado Equino No Brasil. **Abrangência Equideocultura, 2022**. Disponível em: https://www.abqm.com.br/web/guest/w/30-bilhoes-e-o-valor-estimado-pela-esalq/usp-para-o-pib-do-setor-na-atualizacao-de-estudo-sobre-o-setor-de-equideocultura. Acesso Em: 20 Mar. 2024.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P**. Methods in applied soil microbiology and biochemistry.** [S.l.]: Academic Press, 1995.

ALMEIDA, J. C.; AUGUSTO, M. M.; SILVA, T. G.; TOLEDO, P. S.; SOUZA, D. F.; ANTUNES, J.; MOLENTO, M. B. Prevalência quantitativa de Anoplocephala sp. e uniformidade de ovipostura em equinos. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 17, n. 1, p. 158-162, 2008.

ALVINERIE, M.; SUTRA, J. F.; GALTIER, P.; LIFSCHITZ, A.; VIRKEL, G.; SALLOVITZ, J.; LANUSSE, C. Persistence of ivermectin in plasma and faeces following administration of a sustained-release bolus to cattle. **Research in Veterinary Science,** v. 66, n. 1, p. 57–61, 1999. Disponível em: https://doi.org/10.1053/rvsc.1998.0245. Acesso em: 2 abr. 2025.

ANDERSEN, U. V., HOWE, D. K., DANGOUDOUBIYAM, S., TOFT, N., REINEMEYER, C. R., LYONS, E.T., OLSEN, S. N., MONRAD, J., NEJSUM, P.; NIELSEN, M. K. SvSXP: a Strongylus vulgaris antigen with potential for prepatent diagnosis. **Parasites & Vectors**, [*s.l.*], v. 6, n. 84, 2013.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, [*s. l.*], v. 10, n. 3, p. 215–221, 1978. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0038071778900998. Acesso em: 1 abr. 2025.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007. 2007.

ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [*s. l.*], v. 88, n. 2, p. 153–160, 2002. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880901002523. Acesso em: 01 abr. 2025.

ASHRAF, S., CHAUDHRY, U., RAZA, A. In vitro activity of ivermectin against Staphylococcus aureus clinical isolates. **Antimicrob Resist. Infect. Control.**, v. 7, n. 27, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s13756-018-0314-4. Acesso em: 01 abr. 2025.

BARBOSA, O. F., ROCHA, U. F., SILVA, G. S. DA, SOARES, V. E., VERONEZ, V. A., OLIVEIRA, G. P. DE, … COSTA, A. J. DA. (Nematóides Ciatostomíneos (Strongylidea, Strongylidae) em eqüinos criados a pasto no Estado de São Paulo, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias,** v. 22, n. 1, p. 21–26, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.5433/1679-0359.2001v22n1p21. Acesso em: 01 abr. 2025.

BOSSIO, D.; NOBLE, A.; MOLDEN, D.; NANGIA, V. Land degradation and water productivity in agricultural landscapes. *In*: BOSSIO, D.; GEHEB, K. (Ed.). **Conserving land, protecting water**. UK: CABI, 2008. p. 20–32.

BOWMAN, D. D.; LYNN RC; EBERHARD, M. L.; ALCARAZ, A. (Ed.). Georgis' **Parasitology.** 8. ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 2004.

BRAZ, S. P.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; CANTARUTTI, R. B.; REGAZZI, A. J.; MARTINS, C. E.; FONSECA, D. M. da. Disponibilização dos nutrientes das fezes de bovinos em pastejo para a forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia,** [*s. l.*], v. 31, n. 4, p. 1614–1623, 2002.

CARMO, T.; OLIVEIRA M.; ; DE ALMEIDA, I.; DE FAVARE, G; GUELPA, G. ; DA COSTA, S.; DO AMARANTE, A. ;JACKSON ; SOUTELLO, R.; . Biological control of gastrointestinal nematodes in horses fed with grass in association with nematophagus fungi duddingtonia flagrans and pochonia chlamydosporia. **Biological Control**, [*s. l.*], V. 181, P. 105219, 2023.

CARRILLO,Y.; BALL, B. A.; BRADFORD, M. A.; JORDAN, C. F.; MOLINA, M. Soil fauna alter the effects of litter composition on nitrogen cycling in a mineral soil. **Soil Biol. Biochem.,** [*s.l.*], v. 43, p. 1440-1449, 2011.

CARVALHO, L. M. M.; GOMES, L.; CERNEA, M.; CERNEA, C.; SANTOS, C. A.; BERNARDES, N.; ROSÁRIO, M. A.; SOARES, M. J.; FAZENDEIRO, I. Parasitismo gastrintestinal e seu controlo em asininos e híbridos estabulados. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 102, n. 563-564, p. 225-231, 2007.

CHANDLER, T. L.; WESTHOFF, T. A.; OVERTON, T. R.; LOCK, A. L.; VAN AMBURGH, M. E.; SIPKA, A. S.; MANN, S. Lipopolysaccharide challenge following intravenous amino acid infusion in postpartum dairy cows: I. Production, metabolic, and hormonal responses. **Journal of Dairy Science**, [*s.l.*], v. 105, n. 5, p. 4593–4610, 1 maio 2022.

CHAPMAN, M. R.; FRENCH, D. D.; MONAHAN, C. M.; KLEI, T. R. Identification and characterization of a pirantel pamoate resistant cyathostome population**. Veterinary Parasitology**. [*s.l.*], v. 66, p. 205-212, 1996.

COLES, G. C. Anthelmintic resistant nematodes in Brazilian horses. **Vet Rec.,** [*s.l.*], v. 162, n. 12, p. 384-385, 2008.

CONDER, G. A.; CAMPBELL, W. C. Chemotherapy of nematode infections of veterinary importance, with special reference to drug resistance**. Advances in Parasitology**, [*s.l.*], v.35, p.1- 83,1995.

CRAIG, T. M.; HATFIELD, T. A.; PANKAVICH, J. A.; WANG, G. T. Efficacy of moxidecticn against an ivermectin-resistant strain of Haemonchus contortus in sheep. **Veterinary Parasitology**, [*s.l.*], v. 41, n. 3–4, p. 329–333, mar. 1992.

DEBONT, J.; VERCRUYSSE, J. The epidemiology and control of cattle schistosomiasis. **Parasitology Today**, [*s. l.*], v. 13, n. 7, p. 255–262, 1997.

DELAYTE, E. H.; OTSUKA, M.; LARSSON, C. E.; CASTRO, R. C. C. Eficácia das lactonas macrocíclicas sistêmicas (ivermectina e moxidectina) na terapia da demodicidose canina generalizada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [*s.l.*], v. 58, n. 1, p. 31–38, fev. 2006.

DUARTE, G. F.; ROSADO, A. S.; SELDIN, L.; DE ARAUJO, W.; VAN ELSAS, J. D. Analysis of bacteial community structure in sulfurous-oil-containing soils and detection of species carrying dibenzothiophene desulfurization (dsz) genes. **Applied and Environmental Microbiology,** v. 67, n. 3, p. 1052–1062, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1128/AEM.67.3.1052-1062. Acesso em: 02 abr. 2025.

DUPONT, S. T.; FERRIS, H. VAN HORN, M. Effects of cover crop quality and quantity on nematode-based soil food webs and nutrient cycling. **Appl. Soil Ecol**., v. 41, p. 157-167, 2009.

ENGLISH, A. W. The epidemiology of equine strongylosis in southern Queensland: 1. The Bionomics of the free-living stages in faeces and on pasture. **Australian Veterinary Journal**, [*s.l.*], v. 55, p. 299-305, 1979.

EPSTEIN, E.; WANG, Y.; WANG, S. **The science of composting.** [*S.l.*]: CRC Press, 1997.

FERRARO, C. C.; KLOSS, A. B.; SOUZA, D. F.; IVAN DECONTO, I.; BIONDO, A. W.; MOLENTO, M. B. Prevalência parasitológica de cavalos de carroceiros em Curitiba, Paraná. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, Jaboticabal**, [*s.l.*], v. 17, n. 1, p. 175-177, 2008.

FLOATE, K. D.; SPOONER, R.; COLWELLI, D. Larvicidal activity of endectocides against pest flies in the dung of treated cattle. Medicine Veterinary. **Entomology,** [*s.l.*], v. 15, p. 117–120, 2001.

FLOATE, K. D.; WARDHAUGH, K. G.; BOXALL, A. B. A.; SHERRATT, T. N. Fecal residues of veterinary parasiticides: nontarget effects in the pasture environment. **Annual Review of Entomology**, [*s.l.*], v. 50, n. 1, p. 153–179, 1 jan. 2005.

FORRESTER, S. G.; PRICHARD, R .K.; DENT, J. A.; BEECH, R. N. Haemonchus contortus: HcGluCla expressed in Xenopus oocytes forms a glutamate-gated ion channel that is activated by ibotenate and the antiparasitic drug ivermectin. **Molecular and Biochemistry Parasitology**, [*s.l.*], v. 129, p.115–121, 2003.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRA F. M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. p. 182.

FREITAS, M. S. C. de; ARAÚJO, C. A. de S.; SILVA, D. J. Decomposição e liberação de nutrientes de estercos em função da profundidade e do tempo de incorporação. **Revista Semiárido De Visu,** [*s. l.*], v. 2, n. 1, p. 150–161, 2012. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/928448/1/Davi2012.pdf. Acesso em: 02 abr. 2025.

FRITZEN, B.; ROHN, K.; SCHNIEDER, T.; VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G. Endoparasite control management on horse farms: lessons from worm prevalence and questionnaire data. **Equine Veterinary Journal**, [*s. l.*], v. 42, n. 1, p. 79–83, jan. 2010. Disponível em: https://doi.org/10.2746/042516409X471485. Acesso em: 02 abr. 2025.

GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 819-826, set./out. 2004.

GASSER, R. B.; WILLIAMSON, R. M. C.; BEVERIDGE, I. Anoplocephala perfoliata of horses: significant scope for further research improved diagnosis and control. **Parasitology,** [*s. l.*], v. 131, p. 1–13, 2005.

GAUTHIER, J. M.; WILLIAMS, D. W. Ecotoxicology: Impacts on soil microbiota and aquatic systems. **Environmental Toxicology and Chemistry**, [*s. l.*], v. 36, n. 1, p. 18-27, 2017.

GEURDEN, T.; CHARTIER, C.; FANKE, J.; DI REGALBONO, A. F.; TRAVERSA, D.; VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G.; DEMELER, J.; VANIMISETTI, H. B.; BARTRAM, D. J.; DENWOOD, M. J. Anthelmintic resistance to ivermectin and moxidectin in gastrointestinal nematodes of cattle in Europe. **International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance**, [*s. l.*], v. 5, n. 3, p. 163–171, dez. 2015.

GILAVERTE, S.; MONTEIRO, A. L. G.; FERNANDES, M. A. M. Soil fauna and environmental impact of moxidectin residue present in ruminant feces. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v. 18 n. 2-4, p. 233-243, 2012.

GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. **Commun. Soil Sci. Plant. Anal.,** [*s. l.*], v. 18, p.1111-1116, 1987.

GOLUEKE, C. G.; LYNCH, S. R.; POWELL, L. A. **Composting**: a study of the biological process. 2. ed. [*S.l.*]: CRC Press, 1991.

GORDON, H. M.; Whitlock, H. V. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. **Journal of the Commonwealth Science and Industry Organization,** [*s. l.*], v. 12, p. 50-52, 1939.

GRIFFITHS, D. W.; MACFARLANE-SMITH, W. H.; BOAG, B.. The effect of cultivar, sample date and grazing on the concentration of s-methylcysteine sulphoxide in oilseed and forage rapes (*Brassica napus*). **J. Sci. Food Agric.,** [*s. l.*], v. 64, n. 3, p. 283-288. 1994.

GUERRA, P.J. **Brasil tem o quarto maior rebanho equino do mundo, com 5,8 milhões de cabeça**. 2010. Disponível em: http://www.cfmv.org.br/portal/noticia.php?cod=606. Acesso em: 02 de set. de 2013.

HAJDENWURCEL, J. R.; SOUZA, H. M. Avaliação do método SimPlate para contagem de coliformes totais e E.coli em leite fluido. **Indústria de Laticínios**, [*s. l.*], v. 3, n. 18, p. 71-77, set./out. 1998.

HALLEY, B. A.; JACOB, T. A.; LU, A. Y. H. The environmental impact of the use ofivermectin: environmental effects and fate. **Chemosphere,** [*s. l.*], v. 18, p. 1543–1563, 1989.

HALLEY, J. M.; FITZPATRICK, A. J.; O'GARA, F. The effects of moxidectin on the microbial activity in dung. ***Veterinary Parasitology,*** [*s. l.*], v. 48, n. 4, p. 357-366, 1993.

HENNESSY, D. R.; ALVINERIE, M. R. Pharmakokintics of the macrocyclic lactones: onventional wisdon and new paradigms. *In*: VERCRUYSSE, J.; REW,R. S. (Ed.) **Macrocyclic lactones in antiparasitic therapy**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p. 97- 119.

HERD RP, SAMS RA, ASHCRAFT SM. Persistence of ivermectin in plasma and faeces following treatment of cows with ivermectin sustained-release, pour-on or injectable formulations**. Int. J. Parasitol**., v. 26, n. 10, p. 1087-93, out. 1996.

HERD, R. Endectocidal drugs: ecological risks and counter-measures. **International Journal for Parasitology,** [*s. l.*], v. 8, p. 875-885, 1995.

HODGKINSON J. E.; CLARK H. J.; KAPLAN R. M.; LAKE S. L.; MATTHEWS J. B. The role of polymorphisms at beta tubulin isotype 1 codons 167 and 200 in benzimidazole resistance in cyathostomins. **International Journal for Parasitology,** [*s. l.*], v. 38, p. 1149-1160, 2008.

IBEQUI – INSTITUTO BRASILEIRO DE EQUIDEOCULTURA. **Mercado da equideocultura no Brasil.** Disponível em: https://www.calameo.com/read/005431395c2f3a4d2e030. São Paulo: IBEQUI, 2023.

IGLESIAS, L. E.; SAUMELL,C. A.; FERNANDEZ, A. S.; FUSE, L. A.; LIFSCHITZ,A. L.; RODRIGUEZ, E. M.; STEFFAN,P. E.; FIEL,C. A. Environmental impact of ivermectin excreted by cattle treated in autumn on dung fauna and degradation of faeces on pasture. **Parasitology Research**, [*s.l.*], v. 100, p. 93–102, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agropecuária:** rebanho equino no Brasil. 2023. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/equinos/br. Acesso em: 04 fev. 2025.

JACOBS, A. E.; SCHOLTZ, D. **Soil fertility and decomposition in agroecosystems**. [*S.l.*]: Springer, 2015.

JENSEN, J. R.; HALLS, N. J.; MICHEL, J. A system approach to environmental sensitivity index (ESI) mapping for oil spill contingency planning and response. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, [*s. l.*], v.64, n.10, p. 1003-1014. 1998.

JUNG, M.; SAITO, A.; BÕESCHER, G. Chemistry, pharmacology and safety: Milbemycin Oxime. In: VERCRUYSSE, J.; REW, R. S. (Ed.) Macrocyclic lactones in antiparacitic therapy. Wallingford**: CABI Publishig,** 2002. p. 51-74.

KAPLAN, R. M. Anthelmintic resistance in nematodes of horses. **Veterinary Research.,** [*s. l.*], v. 33, p; 491–507, 2002.

KAPLAN, R. M.; NIELSEN, M. K. An evidence-based approach to equine parasite control: itain't the 60s anymore. **Equine Veterinary Education**, Newmarket, v. 22, n. 6, p. 306-316, June 2010.

KENNEDY, A. C.; SMITH, K. L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. **Plant and Soil**, [*s. l.*], v. 170, n. 1, p. 75–86, 1995. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/BF02183056. Acesso em: 02 abr. 2025.

KENT, A. D.; TRIPLETT, E. W. Microbial Communities and Their interactions in soil and rhizosphere ecosystems. **Annual Review of Microbiology**, [*s. l.*], v. 56, n. 1, p. 211–236, out. 2002.

KOLAR L.; FLAJS V. C.; KUZNER J.; MARC I.; POGACNIK M.; BIDOVEC A.; VAN GESTEL C. A. M.; ERZEN, N. K. Time profile of abamectin and doramectin excretion and degradation in sheep faeces**. Environmental Pollution**, [*s. l.*], v. 144, p. 197-202, 2006.

KROGH, K. A.; JENSEN, G. G.; SCHNEIDER, M. K.; FENNER, K.; HALLING-SØRENSEN, B. Analysis of the dissipation kinetics of ivermectin at different temperatures and in four different soils. **Chemosphere**, v. 75, n. 8, p. 1097–1104, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.01.015. Acesso em: 5 mar. 2025.

LAFFONT C. M., Schelcher, F., Bousquet-Mélou, A., & Toutain, P. L. (2001). Licking behaviour and environmental contamination arising from pour-on ivermectin for cattle **Int. J. Parasitol**., [*s. l.*], 2001.

LAGAGGIO , A. P., Oliveira, D. A. A., Souza, M. M., & Borges, F. A. (2007). Helmintoses em equinos: prevalência, controle e resistência a anti-helmínticos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, [*s. l.*], v. 27, p. 47-51, 2007.

LANGROVÁ, I.; JANKOVSKA, I.; BOROVSKY, M.; FIALA, T. Effect of climatic influences on the migrations of infective larvae of Cyathostominae. **Veterinary Medicine – Czech**, Astana, v. 48, n. 1-2, p. 18-24, 2003.

LANUSSE, C. E.; ALVAREZ, L. I.; LIFSCHITZ, A. L. Princípios farmacológicos da terapia anti-helmíntica. *In*: CAVALCANTE, A. C. R., VIEIRA, L., CHAGAS, A. C. S., MOLENTO, M. B. **Doenças parasitárias de caprinos e ovinos epidemiologia e controle**. Brasília, DF: [*s.n.*], 2009. cap. 22. p. 547–603.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.P. Soil invertebrates and ecosystem services**. European Journal of Soil Biology**, [*s. l.*], v. 42, p. 3-15, 2006.

LESTER, H.E.; SPANTON, J.; STRATFORD, C. H.; BARTLEY, D. J.; MORGAN, E. R.; HODGKINSON, J. E.; COUMBE, K.; MAIR, T.; SWAN, B.; LEMON, G.; COOKSON, R. & MATTHEWS, J. B. Anthelmintic efficacy against cyathostomins in horses in Southern England**. Veterinary Parasitology**, [*s. l.*], v. 197, n. 1–2, p. 189-196, 2014.

LI, Y.; WANG, C.; WANG, T.; LIU, Y.; JIA, S.; GAO, Y.; LIU, S. Effects of different fertilizer treatments on rhizosphere soil microbiome composition and functions. **Land,** [*s. l.*], v. 9, 329, 2020.

LICHTENFELS, J. R.; KHARCHENKO, V. A.; DVOJNOS, G. M. Illustrated identification keys to strongylid parasites (strongylidae: Nematoda) of horses, zebras and asses (Equidae). **Veterinary Parasitology**, [*s. l.*], v. 156, n. 1–2, p. 4–161, set. 2008.

LIFSCHITZ, A.; MARTINEZ, M.; GUGLIELMONE, A. A. Resistance of nematodes to ivermectin and the role of P-glycoprotein. **Veterinary Parasitology,** [*s. l.*], v. 173, n. 3-4, p. 183–189, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.07.022. Acesso em: 2 abr. 2025.

LIM LE, VILCHÈZE C, NG C, JACOBS WR JR, RAMÓN-GARCÍA S, THOMPSON CJ. Anthelmintic avermectins kill Mycobacterium tuberculosis, including multidrug-resistant clinical strains. **Antimicrob Agents Chemother**, [*s. l.*], v. 57, n. 2, p. 1040-1046, fev. 2013.

LISBOA BB, VARGAS LK, SILVEIRA AO DA, MARTINS AF, SELBACH PA. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, [*s. l.*], v. 36, n. 1,p. 33–44, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100004. Acesso em: 02 abr. 2025.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O. D.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [*s.l.*], v. 36, n. 1, p. 33–44, fev. 2012.

LIU, L.; MAHALAK, K. K.; BOBOKALONOV, J. T.; NARROWE, A. B.; FIRRMAN, J.; LEMONS, J. M. S.; BITTINGER, K.; HU, W.; JONES, S. M.; MOUSTAFA, A. M. Impact of ivermectin on the gut microbial ecosystem. **International Journal of Molecular Sciences**, [*s. l.*], v. 24, n. 22, p. 16125, 9 nov. 2023.

LUKSOVSKY, J.; CRAIG, T. M.; BINGHAM, G. M.; CYR, T.; FORREST, D. Determining treatment to control two multidrug-resistant parasites on a texas horse farm. **Journal of Equine Veterinary Science**, [*s. l.*], v. 33, n. 2, p. 115–119, fev. 2013.

LUMARET, J. P.; ERROUISSI, F. Use of anthelmintics in herbivores and evaluation of risks for the non target fauna of pastures**. Veterinary Research**, [*s. l.*], v.33, p.547-562, 2002.

LYONS, E. T.; DRUDGE, J. H.; TOLLIVER, S. C. Larval cyathostomiasis. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 16, n. 3, p. 501–513, 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30092-5. Acesso em: 02 abr. 2025.

LYONS, T. J.; GASCH, A. P.; GAITHER, L. A.; BOTSTEIN, D.; BROWN, P. O.; EIDE, D. J. Genome-wide characterization of the Zap1p zinc-responsive regulon in yeast**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 97, n. 14, p. 7957–7962, 2000. Disponível em: https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.97.14.7957. Acesso em: 02 abr. 2025.

MADEIRA DE CARVALHO, L. M. **Epidemiologia e controlo da estrongilidose em diferentes sistemas de produção equina em Portugal**. Lisboa: Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Técnica de Lisboa, 2001.

MADEIRA DE CARVALHO, L.M. Estrongilidoses dos equídeos: aspectos da sua epidemiologia, terapêutica e controlo**. Revista semestral da Associação dos Estudantes da Faculdade de Medicina Veterinária**, [*s. l.*], n. 58, p. 6-15, 2003.

MARTIN, R. J. Neuronal mechanisms controlling the actions of ivermectin and other anthelmintics. **Parasitology,** [*s. l.*], v. 114, p. 109-125, 1997.

MATTHEWS, J. B.; HODGKINSON, J. E.; DOWDALL, S. M. J.; PROUDMAN, C.J. Recent developments in research into the Cyathostominae and Anoplocephala perfoliata. **Veterinary Research**, [*s. l.*], v. 35, n. 4, p. 371 – 381, 2004.

MIYATAKE, F. K. Iwabuchi. Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. **Bioresource Technol**, [*s. l.*], v. 97, p. 961-965, 2006.

MOLENTO, M. B. Resistência parasitária em helmintos de eqüídeos e propostas de manejo. **Ciência Rural**, [*s. l.*], v. 35, n. 6, p. 1469–1477, dez. 2005.

MONTEIRO, S.G. **Parasitologia veterinária UFSM**. 2. ed. Santa Maria da serra. p. 184-187, 2007.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [*s. l.*], v. 39, n. 11, p. 1103–1110, nov. 2004.

MULROY, A. Monitoring and analysis of water and wastes. **Water Environment Technology,** [*s. l.*], v. 13, n. 2, p. 32-36, 2001.

NANNIPIERI, P.; J. ASCHER, M. T.; CECCHERINI, L.; LANDI, G. PIETRAMELLARA, G. RENELLA. Microbial diversity and soil functions. **European Journal of Soil Science,** Oxford, v. 54, p. 655–670, 2003.

NIELSEN, M. K.; VIDYASHANKAR, A. N.; BELLAW, J., GRAVATTE, H. S.; CAO, X.; RUBINSON, E.; F. & REINEMEYER, C. R. Serum Strongylus vulgaris-specific antibody responses to anthelmintic treatment in naturally infected horses. **Parasitology Research**, [*s. l.*], v. 114, n. 2, p. 445-451, 2015.

OLAH, F.; VERONEZ, V. A.; OLIVEIRA, G. P.; COSTA, A. J. Eficácia terapêutica e ação residual da associação ivermectina + abamectina contra *Boophilus microplus* em bovinos experimentalmente infestados. **A Hora Veterinária**, [s.l.], v. 23, n. 5, edição extra, p. 16-20, 2003.

OLIVEIRA, K. DE; BITTAR, C. M. M.; COSTA, C.; OLIVEIRA, V. A. B.; SÁ, J. C. DE. Fezes equina como fonte de inóculo na obtenção de indicadores indigestíveis para estimar a digestibilidade em equinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, [*s. l.*], v. 13, p. 410–423, jun. 2012.

OMURA, S. Ivermectin: 25 years and still going strong. **International Journal Antimicrob: Agents**, [*s. l.*], v. 31, p. 91–98, 2008.

OMURA, S.; CRUMP, A. The life and times of ivermectin success story. Nat. **Review Microbiology**., [*s. l.*], v. 2, p. 984–989; 2004.

ONG, C. N.; CHIA, S. E.; LEE, B. L. Influence of lipophilicity on the absorption of organic chemicals by human skin in vitro. **Toxicology in Vitro,** [*s. l.*], v. 10, n. 1, p. 1-6, 1996.

ONG, S.; LUI, H.; PIDGEON, C. Immobilizedartificial-membrane chromatography measurements of membrane partition coefficient and predicting drug membrane permeability. **Journal of Chromatography A**, [*s. l.*], v. 728, p.113-128, 1996.

OPPEL, J.; BROLL, G.; LOFFLER, D.; MELLER, M.; ROMBKE, J.; TERNES, T. Leaching behaviour of pharmaceuticals in soil-testing systems: a part of an environmental risk assessment for groundwater protection. **Science and Total Environment**, [*s. l.*], v. 328, p.265–272, 2004.

OSLER, G.H.R.; SOMMERKORN, M. Toward a complete soil C and N cycle: Incorporating the soil fauna. **Ecology**, [*s. l.*], v. 88, p. 1611-1621, 2007.

PÉREZ, R.; CABEZAS, I. SUTRA, J. F., GALTIER, P.; ALVINERIE, M. Fecalexcretion profile of moxidectin and ivermectin after oral administration in horses. **The Veterinary Journal**, [*s. l.*], v. 161, p. 85-92, 2001.

PRESCOTT, L. M.; HARLEY, J. P.; KLEIN, D. A. Microbiology. 6. ed. [*S.l.*]: McGraw-Hill, 2005.

PRICHARD, R.; MÉNEZ, C.; LESPINE, A. Moxidectin and the avermectins: consanguinity but not identity. **International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance,** [*s. l.*], v. 2, p. 134-153, 2012.

RANGEL, V. B.; LEITE, R. C.; OLIVEIRA, P. R.; SANTOS-JR, E. J. Resistência de Cooperia spp e Haemonchus spp às avermectinas em bovinos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [*s. l.*], v. 5, n. 2, p. 186-190, 2005.

REHBEIN, S; VISSER, M., WINTER, R. Prevalence, intensity and seasonality of gastrointestinal parasites in abattoir horses in Germany. **Parasitol. Res**., [*s. l.*], v. 112, n. 1 p. 407-413, 2013.

RICHARDSON, D. M.; PYŠEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M. G.; PANETTA, F. D.; WEST, C. J**.** Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and Distributions**, [*s. l.*], v. 6, n. 1, p. 93-107, 2000.

ROBERSON, E. L. Drogas utilizadas contra nematódeos. *In*: BOOTH, N. H.; MCDONALD, L. E. (Ed.) **Farmacologia e terapêutica em veterinária.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. p.740-741.

ROBERT, F. H. S.; O'SULLIVAN, P. J. Methods for eggs counts and larval cultures for Strongyles infecting the gastrointestinal tract of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 1, n.1, p. 99-192, 1950.

ROCK, D. W.; DELAY, R. L.; GLIDDON, M.J. Chemistry, Pharmacology and Safety: Moxidectin. *In*: VERCRUYSSE, J.; REW, R.S. (Ed.). **Macrocyclic lactones in antiparasitic therapy**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p. 75-96.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. **Sci. Agric.,** [*s. l.*], v. 51, p. 556-562, 1994.

SANGSTER, N.C. A practical approach to anthelmintic resistance. Equine **Veterinary Journal,** [*s. l.*], v. 35, p. 218-219, 2003.

SCHMEISSER, C.; STEELE, H.; STREIT, W. R. Metagenomics, biotechnology with non-culturable microbes. **Applied microbiology and biotechnology**, [*s. l.*], v. 75, p. 955-962, 2007.

SCHMEISSER, STELE, H.; STREIT, W. R. Metagenomics, biotechnology with non-culturable microbes. **Applied Microbiology and Biotechnology**, [*s. l.*], v. 75, n. 5, p. 955–962, 2007. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-007-0945-5. Acesso em: 02 abr. 2025.

SHOOP, W. L.; MROZIK, H.; FISHER, M. H. Structure and activity of vermectins and milbemycins in animal health. **Veterinary Parasitology**, [*s. l.*], v. 59, p.139-156, 1995.

SILVA, C. F. D.; PEREIRA, G. H. A.; PEREIRA, M. G.; SILVA, A. N. D. Fauna edáfica em área periodicamente inundável na restinga da Marambaia, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [*s. l.*], v. 37, n. 3, p. 587–595, jun. 2013.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997. 259 p.

SOMMER C.; BIBBY B. M. The influence of veterinary medicines on the decomposition of dung organic matter in soil. **European Journal of Soil Biology**, [*s. l.*], v. 38, p. 155−159, 2002.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V. D.; BAKKE, I. A.; SALES, F. D. C. V.; SOUZA, B. V. D. Taxa de decomposição da serapilheira e atividade microbiana em área de Caatinga. **CERNE**, [*s. l.*], v. 19, n. 4, p. 559–565, dez. 2013.

SOUZA, R. C.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; PAULA, R. R.; MENEZES, L. F. T. Estrutura da comunidade da fauna edáfica em fragmentos florestais na Restinga da Marambaia, RJ. **R. Bras. Ci. Agrár.**, [*s. l.*], v. 3, p. 49-57, 2008.

SUÁREZ, V. H. Helminthic control on grazing ruminants and environmental risks in South America. **Veterinary Research,** [*s. l.*], v. 33, p. 563–573, 2002.

SUTHERLAND, I. A.; LEATHWICK, D. M. Anthelmintic resistance in nematode parasites of cattle: a global issue? **Trends in Parasitology**, [*s. l.*], v. 27, n. 4, p. 176–181, abr. 2011.

SWIFT, M. J.; WALSH, HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. D. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwell, 1979. p. 372.

TAKAHASHI, Y.; MATSUMOTO, A.; SEINO, A.; UENO, J.; IWAI, Y.; ŌMURA, S. Streptomyces avermectinius sp. nov., an avermectin-producing strain. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, [*s. l.*], v. 52, n. 6, p. 2163–2168, 2002.

TAYLOR, M. A.; COOP, R. L.; WALL, R. L. **Parasitologia veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 768 p.

TELLO DA GAMA, J. The role of soils in sustainability, climate change, and ecosystem services: challenges and opportunities. **Ecologies**, [*s. l.*], v. 4, n. 3, p. 552–567, 16 ago. 2023. Disponível em://www.mdpi.com/2673-4133/4/3/36. Acesso em: 02 abr. 2025.

THOMPSON, L. R.; SANDERS, J.; MCDONALD, D. *et al.* A communal catalogue reveals Earth's multiscale microbial diversity. **Nature**, [*s. l.*], v. 551, n. 7681, p. 457–463, 23 nov. 2017.

TORSVIK, V.; OVREAS, L. Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. **Current Opinion in Microbiology**, v. 5, n. 3, p. 240-245, Jul. 2002.

VERA, J. H. **Resistência anti-helmíntica em rebanhos de equinos na região oeste do estado de São Paulo-Brasil**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2014.

VERCRUYSSE, J.; REW, R. S. (Ed.) **Macrocyclic lactones in antiparasitic therapy**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p. 97-119.

VYNIARSKA, A.; ZIÓŁKOWSKI, H.; MADEJ-ŚMIECHOWSKA, H.; JAROSZEWSKI, J. J. The pharmacokinetics and antiparasitic activity of ivermectin in Hutsul and Toric horses. **Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics**, [*s. l.*],

v. 44, n. 1, p. 11–17, jan. 2021.

WIELAND, G.; HEMMERICH, P.; KOCH, M.; STOYAN, T.; HEGEMANN, J.; DIEKMANN, S. Determination of the binding constants of the centromere protein Cbf1 to all 16 centromere DNAs of Saccharomyces cerevisiae. **Nucleic Acids Research**, [*s. l.*], v. 29, n. 5, p. 1054–1060, 1 mar. 2001.

YANG, X.; CHEN, J. Plant litter quality influences the contribution of soil fauna to litter decomposition in humid tropical forests, southwestern China. **Soil Biol. Biochem**., [*s. l.*], v. 41, p. 910-918, 2009.

YOUNG, K. E.; GARZA, V.; SNOWDEN, K.; DOBSON, R.; POWELL, D.; CRAIG, T. M. Parasite diversity and anthelmintic resistance in two herds of horses. **Veterinary Parasitology**, [*s. l.*], v. 85, p. 205–214, 1999.