

**RESISTÊNCIA
ANTIMICROBIANA E
ANTIPARASITÁRIA E
RESÍDUOS QUÍMICOS EM
PRODUTOS DE PEQUENOS
RUMINANTES: EVIDÊNCIAS
PARA A TRANSIÇÃO
AGROECOLÓGICA NO
MANEJO SANITÁRIO DA
AGRICULTURA FAMILIAR**

ANTIMICROBIAL AND ANTIPARASITIC RESISTANCE AND CHEMICAL
RESIDUES IN SMALL RUMINANT PRODUCTS: EVIDENCE FOR THE
AGROECOLOGICAL TRANSITION IN THE SANITARY MANAGEMENT OF
FAMILY FARMING

Ciências Agrárias • 18/05/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/778989164](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/778989164)

Elinalva da Silva Moraes¹

José Gracione da Silva Filho¹

Joana Kellany Gonçalves de Andrade¹

Danilo Costa dos Santos¹

Thalia Caldas da Silva¹

Reinan dos Santos Lima¹

Ivo Alexandre Leme da Cunha²

RESUMO

O controle parasitário convencional em pequenos ruminantes da agricultura familiar brasileira depende quase exclusivamente de antiparasitários sintéticos e antimicrobianos, gerando três problemas interligados que comprometem a sustentabilidade do sistema produtivo. Este artigo apresenta uma revisão narrativa crítica da literatura sobre: (i) resistência a antiparasitários em nematódeos gastrintestinais, com foco em *Haemonchus contortus*, e em coccídios do gênero *Eimeria*; (ii) resistência antimicrobiana em bactérias comensais e patogênicas de ovinos e caprinos, com destaque para genes de resistência transferíveis; e (iii) resíduos de antiparasitários e antimicrobianos na carne e no leite, com implicações para a segurança alimentar. A revisão integra dados fenotípicos de eficácia (teste de redução da contagem de ovos nas fezes), marcadores moleculares de resistência (polimorfismos no gene da beta-tubulina isotipo 1, genes de resistência bacteriana), dados analíticos de resíduos (cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas) e o marco regulatório brasileiro (Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes, Plano de Ação Nacional de Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos). Os três eixos, analisados em conjunto sob a perspectiva de Saúde Única, demonstram que o modelo convencional de controle sanitário é insustentável do ponto de vista técnico, ambiental e de saúde pública, e que a transição para estratégias agroecológicas de manejo parasitário constitui uma necessidade fundamentada em evidências.

Palavras-chave: resistência anti-helmíntica; resistência antimicrobiana; resíduos de medicamentos veterinários; pequenos ruminantes; agricultura familiar; agroecologia; Saúde Única.

ABSTRACT

Conventional parasite control in small ruminants in Brazilian family farming relies almost exclusively on synthetic antiparasitics and antimicrobials, generating three interconnected problems that compromise the sustainability of the production system. This article presents a critical narrative review of the literature on: (i) antiparasitic resistance in gastrointestinal nematodes, focusing on *Haemonchus contortus*, and in coccidia of the genus *Eimeria*; (ii) antimicrobial resistance in commensal and pathogenic bacteria of sheep and goats, highlighting transferable resistance genes; and (iii) antiparasitic and antimicrobial residues in meat and milk, with implications for food safety. The review integrates phenotypic efficacy data (fecal egg count reduction test), molecular markers of resistance (polymorphisms in the beta-tubulin isotype 1 gene, bacterial resistance genes), analytical residue data (liquid chromatography coupled with mass spectrometry), and the Brazilian regulatory framework (National Residue and Contaminant Control Plan, National Action Plan for the Prevention and Control of Antimicrobial Resistance). The three axes, analyzed together from a One Health perspective, demonstrate that the conventional model of sanitary control is unsustainable from a technical, environmental, and public health standpoint, and that the transition to agroecological strategies for parasite management is a necessity grounded in evidence.

Keywords: anthelmintic resistance; antimicrobial resistance; veterinary drug residues; small ruminants; family farming; agroecology; One Health.

1. INTRODUÇÃO

A ovinocaprinocultura constitui uma das bases da agricultura familiar no semiárido brasileiro, com participação direta na segurança alimentar, na geração de renda e na organização social de comunidades rurais do Nordeste (Molento *et al.*, 2011). O controle das parasitoses gastrintestinais, causadas principalmente por nematódeos do gênero *Haemonchus* e por coccídios do gênero *Eimeria*, representa o maior desafio sanitário nesses sistemas produtivos. Na prática, o produtor familiar dispõe de um repertório limitado de ferramentas: benzimidazóis (albendazol, oxfendazol), lactonas macrocíclicas (ivermectina, moxidectina), imidazotiazóis (levamisol), triazinas (toltrazuril, diclazuril) e, para infecções bacterianas secundárias, antimicrobianos como oxitetraciclina, sulfonamidas e penicilinas (Charlier *et al.*, 2022).

O uso repetido e muitas vezes indiscriminado desses fármacos, em doses calculadas sem pesagem dos animais, aplicados a todo o rebanho simultaneamente e sem respeito ao período de carência, configura um cenário de pressão seletiva intensa sobre as populações parasitárias e bacterianas. Esse cenário é agravado pela ausência de assistência técnica e extensão rural (ATER) em grande parte das propriedades familiares do Nordeste, onde o produtor toma decisões de tratamento sem acesso a diagnóstico laboratorial nem a orientação de médico veterinário (Charlier, Hoste e Sotiraki, 2023).

Três consequências documentadas emergem desse modelo de controle. Primeiro, a resistência parasitária aos antiparasitários, que já atinge frequências alarmantes no Brasil, comprometendo a eficácia terapêutica de todas as classes farmacológicas disponíveis (Macedo *et al.*, 2023; Bassetto *et al.*, 2024). Segundo, a resistência antimicrobiana (RAM) em bactérias comensais e patogênicas do

trato gastrointestinal dos animais, selecionada pelo uso de antimicrobianos para tratar infecções secundárias frequentemente agravadas pela imunossupressão parasitária (Herawati *et al.*, 2023). Terceiro, o acúmulo de resíduos químicos na carne e no leite, com potencial de exposição crônica do consumidor a compostos que podem causar reações alérgicas, disfunção endócrina e contribuir para a seleção de bactérias resistentes no microbioma humano (Khalifa *et al.*, 2024).

Esses três problemas não operam isoladamente: conectam-se em um ciclo vicioso que a perspectiva de Saúde Única (McEwen e Collignon, 2018) permite compreender de forma integrada. O mesmo sistema de produção que seleciona parasitos resistentes gera resíduos nos alimentos e dissemina genes de resistência bacteriana que transitam entre o animal, o ambiente, o alimento e o ser humano. A Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO), instituída pelo Decreto 7.794/2012 (Brasil, 2012), define transição agroecológica como processo gradual de incorporação de princípios de base ecológica aos sistemas produtivos. Na sanidade animal, essa transição implica substituir a dependência exclusiva de quimioterápicos por estratégias que integrem diagnóstico parasitológico, tratamento seletivo dirigido e alternativas biológicas de controle.

Não existe, até o presente, uma revisão que integre resistência antiparasitária, RAM e resíduos químicos sob uma perspectiva unificada voltada para a pecuária familiar de pequenos ruminantes no Brasil. Este artigo tem como objetivo preencher essa lacuna, reunindo evidências dos três eixos para demonstrar que o modelo convencional de controle parasitário é insustentável e que a transição agroecológica na sanidade animal constitui uma

necessidade técnica fundamentada em dados, e não uma preferência ideológica.

2. METODOLOGIA

Este estudo consiste em uma revisão narrativa crítica da literatura científica sobre resistência a antiparasitários, resistência antimicrobiana e resíduos de medicamentos veterinários em produtos de pequenos ruminantes (ovinos e caprinos). A busca foi conduzida nas bases de dados PubMed, Scopus, ScienceDirect e Google Scholar, utilizando combinações dos termos "anthelmintic resistance", "Haemonchus contortus", "beta-tubulin SNP", "antimicrobial resistance genes", "small ruminants", "veterinary drug residues", "goat", "sheep", "meat", "milk", "maximum residue limits" e "One Health". Foram priorizados artigos originais e revisões publicados em periódicos indexados entre 2018 e 2026, com atenção especial a estudos realizados no Brasil e em países com sistemas produtivos comparáveis.

Além das bases acadêmicas, foram consultados documentos normativos e técnicos de organismos nacionais (MAPA, Anvisa) e internacionais (FAO, WHO, WOAH, Codex Alimentarius), bem como a legislação brasileira pertinente (Decreto 7.794/2012, PAN-BR, PNCRC/Animal, RDC Anvisa 730/2022, IN Anvisa 162/2022). A seleção dos estudos seguiu critérios de relevância temática, qualidade metodológica e atualidade, e a síntese foi organizada em três eixos temáticos articulados por uma discussão integrativa sob a perspectiva de Saúde Única.

3. RESISTÊNCIA A ANTIPARASITÁRIOS EM NEMATÓDEOS E COCCÍDIOS DE PEQUENOS RUMINANTES

A resistência aos antiparasitários em nematódeos gastrintestinais de pequenos ruminantes é, provavelmente, o problema mais documentado entre os três eixos desta revisão. A magnitude do fenômeno no Brasil, evidenciada por mais de oito décadas de relatos acumulados, e a disponibilidade crescente de ferramentas moleculares para seu diagnóstico precoce tornam esta seção a mais extensa do artigo.

3.1. Resistência em Nematódeos Gastrintestinais com Foco em *Haemonchus Contortus*

A resistência de *Haemonchus contortus* e outros strongilídeos gastrintestinais aos anti-helmínticos constitui um dos principais entraves à ovinocaprinocultura no Brasil. Revisão abrangente conduzida por Macedo *et al.* (2023), compilando 83 estudos realizados no país entre 1960 e 2023, documentou resistência disseminada a benzimidazóis e lactonas macrocíclicas em ovinos, caprinos e bovinos. Os primeiros relatos nacionais envolveram falhas com tiabendazol e ivermectina em ovinos no Sul do Brasil e resistência a benzimidazóis em caprinos no Nordeste. Dos estudos avaliados, 82,1% utilizaram o teste de redução da contagem de ovos nas fezes (TRCOF) como método diagnóstico.

Dados recentes de rebanhos ovinos do estado de São Paulo confirmam a gravidade do cenário. Bassetto *et al.* (2024) avaliaram 15 propriedades e encontraram *Haemonchus* spp. como gênero predominante, com eficácia média do albendazol de 40%, ivermectina de 34%, moxidectina de 21%, closantel de 63% e monepantel de 79%. Todos os rebanhos apresentaram nematódeos com resistência múltipla a duas ou mais classes farmacológicas simultaneamente. O quadro de resistência piorou nas três décadas

anteriores ao estudo, indicando que as práticas de manejo adotadas não conseguiram conter a progressão do fenômeno.

Na Europa, meta-análise conduzida por Rose Vineer *et al.* (2020), a partir de banco de dados aberto com estudos publicados desde 2010, estimou prevalência média de resistência aos benzimidazóis de 86% em rebanhos ovinos e caprinos, seguida pelas lactonas macrocíclicas exceto moxidectina (52%), levamisol (48%) e moxidectina (21%). Esses dados indicam que a resistência anti-helmíntica não é peculiaridade brasileira, mas fenômeno global com intensidade variável conforme a região e o histórico de manejo.

No Sul do Brasil, Prado *et al.* (2024) avaliaram 18 propriedades de ovinos e caprinos no Paraná e encontraram *H. contortus* prevalente em 67% das fazendas. A frequência de alelos resistentes no códon F200Y do gene da beta-tubulina variou de 46,4% a 72%, enquanto F167Y apresentou frequências de 15,7% a 23,8%. As práticas associadas a maiores frequências de alelos resistentes incluíram tratamentos frequentes, dose calculada sem pesagem dos animais, tratamento de todo o rebanho simultaneamente e ausência de quarentena para animais recém-adquiridos.

Esses achados convergem com a análise de fatores de risco proposta por Charlier *et al.* (2022), que em revisão sobre resistência anti-helmíntica em ruminantes apontaram o uso frequente e indiscriminado de anti-helmínticos, a subdosagem, o tratamento supressivo de todo o rebanho e a ausência de integração com práticas alternativas de controle como determinantes da aceleração da resistência.

3.2. Marcadores Moleculares de Resistência a Benzimidazóis

A resistência aos benzimidazóis em *H. contortus* está associada a polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs) no gene da beta-tubulina isotipo 1, particularmente nos códons 167 (F167Y), 198 (E198A/L) e 200 (F200Y). Essas mutações impedem a ligação do fármaco à tubulina do parasito, comprometendo seu mecanismo de ação (Kotze e Prichard, 2016). Levantamentos globais indicam que F200Y é geralmente o SNP mais frequente, seguido de E198A, enquanto F167Y apresenta distribuição geográfica mais restrita (Hinney *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2016; Ramünke *et al.*, 2016).

Na América do Sul, os dados brasileiros apontam perfil específico. Prado *et al.* (2024) detectaram altas frequências de F200Y e frequências moderadas de F167Y em *H. contortus* de ovinos e caprinos no Paraná, sem detecção de E198A. Em bovinos, Fávero *et al.* (2020) encontraram SNPs nos três códons em *Haemonchus* spp., com frequências de até 30% para o códon 167 e 29% para o códon 200 em *H. placei*. Esses dados configuram um reservatório de alelos de resistência clinicamente relevante em ruminantes do Sul do Brasil. Para o Nordeste, dados moleculares são escassos, o que constitui uma lacuna que compromete o planejamento de estratégias regionalizadas de controle.

O desenvolvimento de ferramentas moleculares tem ampliado a capacidade de detecção precoce de resistência, antes que a falha clínica se manifeste. Hinney *et al.* (2023) desenvolveram um ensaio de PCR digital de três cores capaz de detectar simultaneamente F200Y, F167Y, E198A e E198L com limite de detecção de aproximadamente 1% de frequência alélica. A técnica de sequenciamento profundo de amplicons (deep amplicon sequencing) validada por Avramenko *et al.* (2019) permite quantificar SNPs de resistência em múltiplas espécies de nematódeos

simultaneamente, identificando padrões de resistência espécie-específicos sob a mesma pressão seletiva.

A diretriz atualizada da World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (Kaplan *et al.*, 2023) padronizou o TRCOF como ferramenta diagnóstica primária, recomendando desenho pareado (mesmos animais pré e pós-tratamento), requisitos mínimos de contagem de ovos e limiares de eficácia específicos por espécie hospedeira e classe farmacológica. Apesar da padronização, o TRCOF apresenta limitações práticas na agricultura familiar: exige coleta de amostras em dois momentos, acesso a laboratório de parasitologia e interpretação por profissional capacitado. A genotipagem molecular complementa o TRCOF ao permitir monitoramento da frequência de alelos resistentes antes da falha clínica, mas permanece restrita a centros de pesquisa e ainda não foi incorporada à rotina diagnóstica de campo no Brasil (Kotze *et al.*, 2020).

3.3. Mecanismos de Resistência a Lactonas Macroclílicas

A resistência às lactonas macroclílicas (ivermectina, moxidectina) em nematódeos é um fenômeno nitidamente multigênico, envolvendo alterações tanto em alvos farmacológicos quanto em mecanismos de defesa farmacocinética. Os canais de cloreto ativados por glutamato (GluCl), alvo primário das lactonas macroclílicas, apresentam variantes genéticas que conferem menor sensibilidade ao fármaco (Evans *et al.*, 2021; Shaver *et al.*, 2024). A resistência pode exigir perda funcional combinada de mais de um gene GluCl, o que explica parcialmente a complexidade do fenótipo.

O segundo mecanismo documentado envolve as glicoproteínas-P (P-gp), transportadores da família ABC que bombeiam o fármaco para fora da célula do parasito. Em *H. contortus*, vários genes de P-gp foram implicados na resistência, com destaque para *pgp-9.2* e *pgp-11*, ambos superexpressos em isolados resistentes à ivermectina (Maté *et al.*, 2022; Jakobs *et al.*, 2024). A expressão transgênica do citocromo P450 Hco-cyp-13A11 de *H. contortus* em *Caenorhabditis elegans* reduziu a suscetibilidade à ivermectina, embora com pouco efeito sobre a moxidectina (Jakobs *et al.*, 2022), sugerindo que as rotas de detoxificação diferem entre as lactonas macrocíclicas.

McIntyre *et al.* (2025) demonstraram que a seleção *in vivo* com doses subterapêuticas de ivermectina ou moxidectina em *H. contortus* gera resistência rapidamente, com ambos os fármacos selecionando um locus compartilhado no cromossomo V. Contudo, linhagens selecionadas com moxidectina permanecem mais suscetíveis à própria moxidectina do que as linhagens selecionadas com ivermectina ficam à ivermectina, embora apresentem forte resistência cruzada à ivermectina. Esse achado tem implicação prática direta: a troca de ivermectina por moxidectina pode ser menos eficaz do que se supõe em rebanhos com histórico de uso intensivo de ivermectina.

Uma possibilidade terapêutica foi explorada por Pacheco *et al.* (2022), que demonstraram que compostos naturais como o limoneno reduzem a concentração letal 50 (CL50) da ivermectina em isolados resistentes de *H. contortus in vitro*, ao diminuir a expressão de *pgp-9*. Essa abordagem, baseada em moduladores de P-gp, representa uma interface entre o controle convencional e as alternativas agroecológicas, embora sua aplicabilidade em campo ainda necessite de validação.

3.4. Resistência Anticoccidiana em *Eimeria* Spp

A resistência de *Eimeria* spp. aos anticoccidianos é um problema bem documentado na avicultura e começa a ser registrada em ruminantes. Na produção avícola, resistência a ionóforos (monensina, salinomocina, maduramicina) foi relatada em múltiplos países, com desenvolvimento de resistência cruzada entre ionóforos e entre ionóforos e compostos químicos como diclazuril e toltrazuril (Ferdji *et al.*, 2021; Flores *et al.*, 2022). Em fazendas coreanas, Flores *et al.* (2022) encontraram forte resistência a clopidol, diclazuril, maduramicina, monensina, salinomocina e toltrazuril em isolados de campo. Um isolado de *E. tenella* na China apresentou resistência leve ao toltrazuril e resistência severa à salinomocina e nicarbazina (Sun *et al.*, 2023).

Os mecanismos moleculares da resistência anticoccidiana estão sendo gradualmente elucidados. Estudos de transcriptoma e genômica em *E. tenella* identificaram superexpressão de transportadores ABC em cepas resistentes ao diclazuril, alterações em vias de folato e reprogramação do metabolismo glicolítico e de aminoácidos na resistência à maduramicina (Yu *et al.*, 2024; Zhao *et al.*, 2024). Mutações pontuais com validação funcional foram descritas para a resistência à maduramicina (c.1255C>T no gene ETH2_0402100) e à salinomocina (F204S na adrenodoxina oxidoreductase) (Gao *et al.*, 2025; Sun *et al.*, 2024).

Para *Eimeria* de ruminantes, a situação é menos estudada. O modelo aviário funciona como alerta, dado que a pressão seletiva exercida pelo uso contínuo de anticoccidianos em ração e água é comparável ao uso frequente de toltrazuril e diclazuril em rebanhos ovinos e caprinos. No Brasil, não foram encontrados estudos de

detecção molecular de genes de resistência ao toltrazuril ou ao diclazuril em *Eimeria* spp. de caprinos ou ovinos. Essa lacuna é particularmente relevante porque a identificação molecular precisa das espécies de *Eimeria* presentes, que permite avaliar a real necessidade de tratamento (já que nem todas as espécies são patogênicas), depende da mesma infraestrutura laboratorial necessária para investigar resistência.

4. RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA ASSOCIADA À PECUÁRIA DE PEQUENOS RUMINANTES

4.1. Perfil de Resistência em Bactérias Comensais e Patogênicas

Antimicrobianos são utilizados na ovinocaprinocultura para tratar infecções respiratórias, mastite, enterite bacteriana (frequentemente secundária a parasitoses gastrintestinais), onfalite em cordeiros e cabritos, e outras condições infecciosas. Na agricultura familiar, o uso ocorre muitas vezes sem prescrição veterinária, em doses imprecisas e sem respeito ao período de carência. As classes mais empregadas incluem tetraciclina (oxitetraciclina), sulfonamidas, beta-lactâmicos (penicilina, amoxicilina), aminoglicosídeos (gentamicina, estreptomicina) e florfenicol (Nielsen *et al.*, 2021).

A revisão global de Herawati *et al.* (2023) identificou 31 espécies bacterianas resistentes isoladas de caprinos e ovinos, com prevalências variando de 0,4% a 100% para penicilina, ampicilina, amoxicilina, tetraciclina, cefalotina, gentamicina, ciprofloxacina e sulfametoxazol-trimetoprima. A Autoridade Europeia de Segurança Alimentar (EFSA) identificou *Escherichia coli* como o patógeno resistente mais relevante em ovinos e caprinos na União Europeia (Nielsen *et al.*, 2021).

Dados de sistemas familiares em diferentes países confirmam a extensão do problema. Na Jordânia, Obaidat *et al.* (2017) encontraram 67,7% das *E. coli* e 76,9% das *Salmonella* fecais de pequenos ruminantes resistentes a pelo menos um antimicrobiano, com 33% a 39% dos isolados apresentando multirresistência. Os perfis mais frequentes incluíram resistência à tetraciclina e à cefalotina. Na Etiópia, Gameda *et al.* (2023) documentaram resistência em *E. coli* fecal de cabras e ovelhas criadas em sistemas familiares extensivos, com destaque para estreptomicina, amoxicilina com ácido clavulânico e tetraciclina. Nos Estados Unidos, fezes de cabras e ovelhas de pequenos produtores apresentaram *E. coli*, *Salmonella* e outros patógenos com elevada resistência à ampicilina (aproximadamente 79%) e multirresistência frequente (Basnet e Kilonzo-Nthenge, 2024).

A investigação dos determinantes genéticos da resistência evidencia a participação de genes transferíveis carregados em plasmídeos. Em *E. coli* isolada de cabras na Índia, Banerjee *et al.* (2022) detectaram os genes tetA (54% dos isolados) e tetB (11%), associados a plasmídeos dos grupos IncF e IncII. Genes de beta-lactamases de espectro estendido (blaCTX-M-1, blaSHV, blaTEM) e de resistência a sulfonamidas (sulI) também foram identificados. Integrans de classe I, identificados pelo gene intI1, são marcadores de multirresistência e proxies de pressão seletiva antropogênica, tendo sido descritos em *E. coli* multirresistente de produção animal e do ambiente (Racewicz *et al.*, 2022). Embora poucos estudos em ovinos e caprinos tenham testado explicitamente intI1, a presença desses elementos em *E. coli* de sistemas pecuários é consistentemente documentada em aves e ambientes de fazenda, indicando que a mobilidade genética de determinantes de resistência é um fenômeno transversal à produção animal.

No Brasil, dados específicos de genotipagem de resistência antimicrobiana em bactérias de pequenos ruminantes são escassos. Essa escassez não significa ausência do problema, mas sim falta de investimento em vigilância genotípica nessa espécie animal. A inclusão de pequenos ruminantes nos programas de monitoramento de RAM constitui uma necessidade urgente, especialmente em sistemas de agricultura familiar onde o uso de antimicrobianos é pouco regulado e a proximidade entre animal, produtor e alimento é máxima.

4.2. Vias de Transmissão e Perspectiva de Saúde Única

As bactérias resistentes selecionadas no trato gastrointestinal de animais tratados com antimicrobianos alcançam o ser humano por três vias documentadas: cadeia alimentar (carne e leite contaminados), contato direto ocupacional (manejo dos animais, ordenha, abate) e contaminação ambiental (solo, água, pastagens que recebem fezes com bactérias resistentes e resíduos de antimicrobianos) (Elbehiry e Marzouk, 2025; Velazquez-Meza *et al.*, 2022).

Em sistemas de pequena escala com baixa biossegurança, manejo inadequado de dejetos e proximidade entre a moradia e o curral, o risco de exposição familiar e disseminação comunitária de bactérias resistentes é amplificado (Olaru *et al.*, 2023). Samtiya *et al.* (2022) descreveram vetores mecânicos, incluindo moscas e aves, transportando *E. coli* produtora de beta-lactamases de espectro estendido (ESBL) entre fazendas e comunidades vizinhas. A cadeia alimentar funciona como via de exposição silenciosa: bactérias resistentes presentes na superfície de carcaças, no leite cru e em produtos prontos para consumo podem colonizar o microbioma

intestinal humano e transferir genes de resistência para a flora comensal (Almansour *et al.*, 2023; Qamar *et al.*, 2023).

O Plano de Ação Nacional de Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos (PAN-BR), com vigência de 2018 a 2022 e versão atualizada em elaboração para 2026 a 2030, adota a abordagem de Saúde Única ao articular ações nas áreas de saúde humana, animal e ambiental (Brasil, 2018; Brasil, 2026). No campo da produção animal, o PAN-BR prevê monitoramento do uso de antimicrobianos em rebanhos, revisão de normas sobre uso profilático e metafilático, e fortalecimento de programas como o PNCRC para vigilância de resíduos antimicrobianos. Contudo, a implementação dessas ações na pecuária familiar de pequenos ruminantes permanece incipiente, com cobertura limitada pelos serviços de ATER e pela fiscalização sanitária.

É necessário reconhecer que o produtor familiar não é o agente causal do problema, mas sim o elo mais vulnerável de uma cadeia onde a ausência estrutural de ATER, de assistência veterinária e de acesso a diagnóstico laboratorial torna a automedicação animal a prática corrente, e não a exceção.

5. RESÍDUOS DE ANTIPARASITÁRIOS E ANTIMICROBIANOS EM PRODUTOS DE PEQUENOS RUMINANTES

5.1. Ocorrência e Persistência de Resíduos em Carne e Leite

A persistência de resíduos de antiparasitários e antimicrobianos em tecidos e fluidos de pequenos ruminantes após o tratamento é determinada pela farmacocinética do composto, pela dose administrada, pela via de aplicação e pelo intervalo entre a última aplicação e o abate ou a ordenha. O desrespeito ao período de

carência, combinado com a venda direta de animais e produtos em feiras livres e circuitos curtos de comercialização, gera exposição do consumidor a resíduos potencialmente nocivos.

A ivermectina apresenta persistência prolongada em tecidos adiposos e no leite de pequenos ruminantes. Romero *et al.* (2016) demonstraram que, em cabras leiteiras tratadas com ivermectina, resíduos foram detectados no leite por pelo menos 10 dias, com concentrações capazes de interferir em testes microbianos de triagem para antibióticos, gerando falsos positivos. Konuspaveva *et al.* (2025) registraram persistência de ivermectina no leite por até três semanas em ovelhas e 25 dias em cabras, em estudo com camelas como modelo comparativo.

O albendazol e seus metabólitos (albendazol-sulfóxido, albendazol-sulfona) apresentam depleção mais rápida, com concentrações no leite de cabra caindo abaixo do limite máximo de resíduos (LMR) por volta do terceiro a quarto dia após o tratamento, o que levou Gokbulut *et al.* (2023) a recomendar período de carência de quatro dias para o leite de cabra. Em carne ovina, entretanto, a situação é menos favorável: Hiwa e Khulod (2023), utilizando método multi-resíduo validado por QuEChERS com detecção por HPLC, encontraram resíduos de múltiplos anti-helmínticos em amostras de carne ovina, com muitos cortes excedendo os LMRs internacionais.

Estudos de mercado conduzidos em outros países reforçam a preocupação com a exposição do consumidor. Pawar *et al.* (2021), analisando amostras de produtos lácteos na Índia por cromatografia líquida micelar, encontraram aproximadamente 50% das amostras com resíduos de albendazol e ivermectina acima dos LMRs internacionais. Richards *et al.* (2022) compilaram dados de depleção

de resíduos de drogas antibacterianas em tecidos comestíveis e leite de ovinos e caprinos, a partir de 177 registros publicados, evidenciando grande variabilidade nos tempos de depleção entre classes de antimicrobianos e entre espécies animais.

As consequências dos resíduos para a saúde humana são múltiplas. Revisões recentes documentam que resíduos de medicamentos veterinários podem causar reações alérgicas (beta-lactâmicos), disfunção endócrina (alguns antiparasitários), alterações no microbioma intestinal, e contribuir para a seleção de RAM no trato gastrointestinal humano por exposição a antimicrobianos em doses subletais (Ghimpețeanu *et al.*, 2022; Khalifa *et al.*, 2024; Mesfin *et al.*, 2024). A persistência prolongada da ivermectina no leite de pequenos ruminantes gera preocupação específica com a exposição crônica de crianças, que consomem proporcionalmente mais leite por quilograma de peso corporal.

5.2. Marco Regulatório e Lacunas na Fiscalização

O arcabouço regulatório brasileiro para controle de resíduos de medicamentos veterinários está estruturado sobre o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal (PNCRC/Animal), operacionalizado pelo MAPA por meio da Portaria SDA/MAPA 1.266/2025, e sobre os LMRs definidos pela Anvisa por meio da RDC 730/2022 e da IN 162/2022 (Anvisa, 2022; MAPA, 2025). A IN 162/2022 estabelece ingestão diária aceitável (IDA), dose de referência aguda (DRfA) e LMRs para insumos farmacêuticos ativos de medicamentos veterinários em alimentos de origem animal, com harmonização com o Codex Alimentarius (CXM 2-2024).

O sistema de inspeção de produtos de origem animal opera em três níveis: Serviço de Inspeção Federal (SIF) para comércio interestadual e internacional, Serviço de Inspeção Estadual (SIE) e Serviço de Inspeção Municipal (SIM), regulamentados pelo Decreto 9.013/2017 (RIISPOA). O Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SISBI-POA) busca harmonizar os padrões entre os diferentes níveis de inspeção. Contudo, existe uma lacuna estrutural nesse sistema: a comercialização em feiras livres, abatedouros informais e circuitos curtos, predominante na agricultura familiar do Nordeste, escapa da cobertura do PNCRC e dos serviços de inspeção. Não existem dados de ocorrência de resíduos de antiparasitários ou antimicrobianos em carne ovina e caprina comercializada em feiras do Nordeste brasileiro, o que constitui um ponto cego na vigilância sanitária.

6. DISCUSSÃO INTEGRATIVA: OS TRÊS EIXOS COMO ARGUMENTO TÉCNICO PARA A TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA

Os três eixos apresentados nesta revisão não operam como fenômenos independentes: constituem componentes de um ciclo vicioso que se retroalimenta e que a perspectiva de Saúde Única permite compreender como um problema sistêmico. O uso repetido de antiparasitários seleciona populações de nematódeos e coccídios resistentes. A resistência conduz a aumento de doses, troca de princípios ativos e encurtamento dos intervalos entre tratamentos. Doses mais elevadas e intervalos menores resultam em maior acúmulo de resíduos químicos nos produtos animais. Paralelamente, as parasitoses gastrintestinais não controladas eficazmente causam imunossupressão nos animais, predispondo a infecções bacterianas secundárias que são tratadas com antimicrobianos, cuja utilização seleciona bactérias com genes de

resistência transferíveis. Esses genes transitam entre o animal, o alimento, o ambiente e o ser humano. Todo esse processo ocorre em um contexto onde o produtor familiar não dispõe de acesso a diagnóstico laboratorial nem a orientação veterinária que permita racionalizar o uso de fármacos.

A saída desse ciclo exige abordagem integrada que atue simultaneamente sobre os três eixos. A primeira dimensão dessa abordagem é o diagnóstico parasitológico preciso, que permite substituir o tratamento supressivo de todo o rebanho pelo tratamento seletivo dirigido (TST). Meta-análise recente conduzida por Hayward e Kenyon (2026), abrangendo 20 estudos com ovinos, demonstrou que o TST reduz o uso de anti-helmínticos em aproximadamente 50% em comparação com tratamentos convencionais, sem aumento significativo na contagem de ovos nas fezes e com decréscimo apenas marginal no desempenho produtivo. Em regimes supressivos, a redução de uso de fármaco chegou a dois terços. A ferramenta FAMACHA, desenvolvida para identificar animais anêmicos em rebanhos com alta prevalência de *H. contortus*, demonstrou redução de 40% a 97% no uso de anti-helmínticos em diferentes contextos geográficos, incluindo pequenos produtores no Botswana (Walker *et al.*, 2015; Molento *et al.*, 2011).

O princípio de refúgio, central nas estratégias baseadas em TST, consiste em manter uma parcela da população parasitária não exposta ao fármaco, de modo a diluir genes de resistência e retardar a fixação de alelos resistentes (Kenyon *et al.*, 2009; Höglund e Gustafsson, 2023). Não tratar todos os animais simultaneamente é, portanto, uma medida técnica de preservação da eficácia farmacológica, e não uma negligência sanitária. A implementação

do TST, contudo, exige monitoramento regular (contagem de ovos nas fezes, FAMACHA, pesagem dos animais) e capacitação do produtor, o que demanda investimento em ATER e em diagnóstico laboratorial acessível. Programas de extensão que integraram capacitação prática em FAMACHA e manejo integrado demonstraram aumento na adesão e no sucesso do controle (Greer *et al.*, 2020; Walker *et al.*, 2015).

A segunda dimensão da abordagem integrada envolve alternativas biológicas ao controle químico. Plantas taníferas, óleos essenciais, lectinas vegetais e subprodutos agroindustriais regionais (como farelo de babaçu e farelo de faveira, utilizados em pesquisas no Nordeste brasileiro) não geram os mesmos padrões de resistência cruzada observados para os antiparasitários sintéticos, não deixam resíduos químicos detectáveis na carne por métodos cromatográficos convencionais, e são acessíveis ao produtor do semiárido porque utilizam recursos da flora e da agroindústria local (Licá *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2025; Reis *et al.*, 2025). Essas alternativas não substituem integralmente o tratamento farmacológico, mas reduzem a frequência de uso e a pressão seletiva sobre as populações parasitárias, contribuindo para a manutenção da eficácia dos fármacos disponíveis.

A terceira dimensão é a segurança alimentar como argumento de política pública. Carne e leite sem resíduos de ivermectina e sem bactérias portadoras de genes de resistência constituem produtos de maior valor social e comercial. A transição agroecológica na sanidade animal não beneficia apenas o rebanho: beneficia o consumidor, viabiliza o acesso do produtor familiar a mercados diferenciados (feiras agroecológicas, programas de compra institucional como PAA e PNAE) e se alinha aos objetivos da PNAPO

(Decreto 7.794/2012), do PAN-BR e do PNCRC. O Decreto 7.794/2012 define transição agroecológica como processo gradual de incorporação de princípios de base ecológica; na sanidade animal, isso se traduz na substituição progressiva da dependência exclusiva de quimioterápicos por sistemas integrados de diagnóstico, tratamento seletivo e manejo biológico.

O papel do laboratório de pesquisa nessa transição merece destaque. A transição agroecológica no manejo parasitário não significa abandonar todo tratamento farmacológico, mas racionalizar seu uso com base em diagnóstico preciso. O tratamento seletivo dirigido depende de contagem de ovos nas fezes, identificação de espécies parasitárias (especialmente para distinguir espécies patogênicas de não patogênicas de *Eimeria*), monitoramento de frequência de alelos resistentes e teste de eficácia de alternativas biológicas. Essas competências não são acessíveis ao produtor individual, mas podem ser supridas por laboratórios universitários e de extensão que atuem como base técnica de apoio à pecuária familiar, com diagnóstico parasitológico, genotipagem de resistência e avaliação de produtos naturais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão demonstrou que o modelo convencional de controle parasitário em pequenos ruminantes da agricultura familiar gera três problemas interligados, cada um com base empírica documentada e com lacunas de pesquisa específicas. A resistência anti-helmíntica está disseminada no Brasil, com multirresistência a benzimidazóis e lactonas macrocíclicas confirmada por TRCOF e por genotipagem molecular de SNPs no gene da beta-tubulina. A resistência antimicrobiana em bactérias comensais de ovinos e

caprinos, embora menos estudada em pequenos ruminantes brasileiros, segue padrão consistente com o documentado em outros países, com presença de genes transferíveis em elementos genéticos móveis. A ocorrência de resíduos de antiparasitários e antimicrobianos em carne e leite, agravada pelo desrespeito ao período de carência, expõe o consumidor a riscos que os sistemas formais de monitoramento não conseguem fiscalizar nos circuitos informais de comercialização.

Três lacunas de pesquisa específicas foram identificadas. Primeira: não existem estudos de detecção molecular de genes de resistência ao toltrazuril ou ao diclazuril em *Eimeria* spp. de caprinos ou ovinos no Brasil; estudos com PCR e sequenciamento direcionados aos genes candidatos recentemente identificados em *E. tenella* (transportadores ABC, enolase 2, adrenodoxina oxidoreductase) seriam o desenho adequado para preencher essa lacuna. Segunda: não existem levantamentos de RAM com genotipagem (tetA, tetB, blaCTX-M, sul1, int11) em *E. coli* e *Enterococcus* de pequenos ruminantes no Nordeste brasileiro; estudos transversais em rebanhos de agricultura familiar, com coleta de amostras fecais e de produtos comercializados em feiras, permitiriam mapear a extensão do problema. Terceira: não existem dados de ocorrência de resíduos de antiparasitários em carne ovina e caprina comercializada em circuitos curtos no Nordeste; levantamentos utilizando métodos multi-resíduo por HPLC-MS/MS em amostras de feiras livres e abatedouros informais preencheriam essa lacuna.

A integração entre monitoramento de resistência parasitária, vigilância de resíduos, genotipagem de RAM e desenvolvimento de alternativas biológicas de controle constitui a abordagem mais consistente com os princípios de Saúde Única aplicados à pecuária

familiar. Os dados reunidos nesta revisão sustentam que a transição agroecológica no manejo sanitário de pequenos ruminantes não é uma opção entre muitas, mas uma resposta técnica fundamentada em evidências às falhas documentadas do modelo convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMANSOUR, A. *et al.* The silent threat: antimicrobial-resistant pathogens in food-producing animals and their impact on public health. *Microorganisms*, v. 11, n. 9, p. 2127, 2023. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11092127>

ANVISA. Instrução Normativa nº 162, de 1º de julho de 2022. Estabelece IDA, DRfA e LMR de IFAs de medicamentos veterinários em alimentos de origem animal. Brasília: Anvisa, 2022.

AVRAMENKO, R. W. *et al.* Deep amplicon sequencing as a powerful new tool to screen for sequence polymorphisms associated with anthelmintic resistance in parasitic nematode populations. *International Journal for Parasitology*, v. 49, n. 1, p. 13-26, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2018.10.005>

BANERJEE, J. *et al.* Antimicrobial resistance pattern, clustering mechanisms and correlation matrix of drug-resistant *Escherichia coli* in Black Bengal goats in West Bengal, India. *Antibiotics*, v. 11, n. 10, p. 1344, 2022. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11101344>

BASNET, A.; KILONZO-NTHENGE, A. Antibiogram profiles of pathogenic and commensal bacteria in goat and sheep feces on smallholder farm. *Frontiers in Antibiotics*, v. 3, 2024. <https://doi.org/10.3389/frabi.2024.1351725>

BASSETTO, C. C. *et al.* Revisiting anthelmintic resistance in sheep flocks from São Paulo State, Brazil. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, v. 24, p. 100527, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2024.100527>

BRASIL. Decreto nº 7.794, de 20 de agosto de 2012. Institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. Brasília: Presidência da República, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Plano de Ação Nacional de Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos no Âmbito da Saúde Única 2018-2022. Brasília: MS, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Plano de Ação Nacional de Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos no Âmbito de Uma Só Saúde 2026-2030. Brasília: MS, 2026.

CHARLIER, J. *et al.* Anthelmintic resistance in ruminants: challenges and solutions. *Advances in Parasitology*, v. 115, p. 171-227, 2022. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2021.12.002>

CHARLIER, J.; HOSTE, H.; SOTIRAKI, S. COMBAR: combatting anthelmintic resistance in ruminants. *Parasite*, v. 30, p. 4, 2023. <https://doi.org/10.1051/parasite/2023006>

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Maximum Residue Limits (MRLs) and Risk Management Recommendations (RMRs) for residues of veterinary drugs in foods. CXM 2-2024. Roma: FAO/WHO, 2024.

ELBEHIRY, A.; MARZOUK, E. From farm to fork: antimicrobial-resistant bacterial pathogens in livestock production and the food

chain. *Veterinary Sciences*, v. 12, n. 9, p. 862, 2025.
<https://doi.org/10.3390/vetsci12090862>

EVANS, K. *et al.* Two novel loci underlie natural differences in *Caenorhabditis elegans* abamectin responses. *PLoS Pathogens*, v. 17, n. 3, e1009297, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1009297>

FÁVERO, F. *et al.* *Haemonchus* sp. in beef cattle in Brazil: species composition and frequency of benzimidazole resistance alleles. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 185, p. 105162, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105162>

FERDJI, A. *et al.* Anticoccidial resistance in poultry. *Veterinarska Stanica*, 2021. <https://doi.org/10.46419/vs.53.3.2>

FLORES, R. *et al.* Epidemiological investigation and drug resistance of *Eimeria* species in Korean chicken farms. *BMC Veterinary Research*, v. 18, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03369-3>

GAO, Y. *et al.* Target gene mutation discovery and amplicon sequencing for evaluating maduramicin resistance in *Eimeria tenella*. *Communications Biology*, v. 9, 2025.
<https://doi.org/10.1038/s42003-025-09386-w>

GEMEDA, B. *et al.* Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolates from livestock and the environment in extensive smallholder livestock production systems in Ethiopia. *Antibiotics*, v. 12, n. 5, p. 941, 2023. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12050941>

GHIMPEȚEANU, O. *et al.* Antibiotic use in livestock and residues in food: a public health threat. *Foods*, v. 11, n. 10, p. 1430, 2022.
<https://doi.org/10.3390/foods11101430>

GOKBULUT, C.; AKYOL, B.; DELIKLITAS, K. A rapid and simple multi-residue methodology for quantification of anthelmintic macrocyclic lactones in cow, sheep and goat milk by HPLC. *Microchemical Journal*, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2023.109021>

GREER, A. *et al.* Refugia-based strategies for parasite control in livestock. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, v. 36, n. 1, p. 31-43, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.11.003>

HAYWARD, A.; KENYON, F. Impacts of targeted selective treatment on performance, nematode faecal egg counts and anthelmintic use in sheep: a meta-analysis. *Veterinary Parasitology*, v. 343, p. 110696, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2026.110696>

HERAWATI, O. *et al.* The global profile of antibiotic resistance in bacteria isolated from goats and sheep: a systematic review. *Veterinary World*, v. 16, p. 977-986, 2023. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.977-986>

HINNEY, B. *et al.* Development of a three-colour digital PCR for early and quantitative detection of benzimidazole resistance-associated single nucleotide polymorphisms in *Haemonchus contortus*. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, v. 22, p. 88-95, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2023.06.001>

HIWA, H.; KHULOD, K. Optimization and validation of high-performance liquid chromatography using modified QuEChERS to determine anthelmintic drugs in mutton. *Biomedical Chromatography*, e5814, 2023. <https://doi.org/10.1002/bmc.5814>

HÖGLUND, J.; GUSTAFSSON, K. Anthelmintic treatment of sheep and the role of parasites refugia in a local context. *Animals*, v. 13, n. 12, p. 1960, 2023. <https://doi.org/10.3390/ani13121960>

JAKOBS, N. *et al.* Differences in constitutive gene expression of cytochrome P450 enzymes and ATP-binding cassette transporter gene expression between a susceptible and a highly macrocyclic lactone-resistant *Haemonchus contortus* isolate. *Parasites and Vectors*, v. 17, 2024. <https://doi.org/10.1186/s13071-024-06568-z>

JAKOBS, N.; YILMAZ, E.; KRÜCKEN, J. Transgenic expression of *Haemonchus contortus* cytochrome P450 Hco-cyp-13A11 decreases susceptibility to particular but not all macrocyclic lactones in *Caenorhabditis elegans*. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 16, p. 9155, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijms23169155>

KAPLAN, R. M. *et al.* World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) guideline for diagnosing anthelmintic resistance using the faecal egg count reduction test in ruminants, horses and swine. *Veterinary Parasitology*, v. 318, p. 109936, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2023.109936>

KENYON, F. *et al.* The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Veterinary Parasitology*, v. 164, n. 1, p. 3-11, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.04.015>

KHALIFA, H. O. *et al.* Veterinary drug residues in the food chain as an emerging public health threat: sources, analytical methods, health impacts, and preventive measures. *Foods*, v. 13, n. 11, p. 1629, 2024. <https://doi.org/10.3390/foods13111629>

KONUSPAYEVA, G. *et al.* Biological safety of camel milk after albendazole and ivermectin treatment. *Veterinary Sciences*, v. 12, n. 12, p. 1178, 2025. <https://doi.org/10.3390/vetsci12121178>

KOTZE, A. C. *et al.* Challenges and opportunities for the adoption of molecular diagnostics for anthelmintic resistance. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, v. 14, p. 264-273, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2020.11.005>

KOTZE, A. C.; PRICHARD, R. K. Anthelmintic resistance in *Haemonchus contortus*: history, mechanisms and diagnosis. *Advances in Parasitology*, v. 93, p. 397-428, 2016. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2016.02.012>

LICÁ, I. C. L. *et al.* In vitro assessment of the efficacy of protein exudates from seeds against *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology*, Amsterdam, v. 292, 109399, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109399>.

MACEDO, L. *et al.* An overview of anthelmintic resistance in domestic ruminants in Brazil. *Ruminants*, 2023. <https://doi.org/10.3390/ruminants3030020>

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. Portaria SDA/MAPA nº 1.266, de 16 de abril de 2025. Diretrizes gerais do PNCRC/Animal. Brasília: MAPA, 2025.

MATÉ, L. *et al.* ABC-transporter gene expression in ivermectin-susceptible and resistant *Haemonchus contortus* isolates. *Veterinary Parasitology*, v. 302, p. 109647, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2022.109647>

McEWEN, S.; COLLIGNON, P. Antimicrobial resistance: a One Health perspective. *Microbiology Spectrum*, v. 6, n. 2, 2018. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.arba-0009-2017>

McINTYRE, J. *et al.* Analyses of emerging macrocyclic lactone resistance: speed and signature of ivermectin and moxidectin selection and evidence of a shared genetic locus. *PLoS Pathogens*, v. 21, e1013578, 2025. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1013578>

MESFIN, Y. M.; MITIKU, B. A.; ADMASU, H. Veterinary drug residues in food products of animal origin and their public health consequences: a review. *Veterinary Medicine and Science*, v. 10, n. 6, e70049, 2024. <https://doi.org/10.1002/vms3.70049>

MOLENTO, M. *et al.* Challenges of nematode control in ruminants: focus on Latin America. *Veterinary Parasitology*, v. 180, n. 1-2, p. 126-132, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.05.033>

NIELSEN, S. *et al.* Assessment of animal diseases caused by bacteria resistant to antimicrobials: sheep and goats. *EFSA Journal*, v. 19, 2021. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6956>

OBAIDAT, M. *et al.* Antimicrobial use and resistance among commensal *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* in rural Jordan small ruminant herds. *Small Ruminant Research*, v. 149, p. 99-104, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.01.014>

OLARU, I.; WALTHER, B.; SCHAUMBURG, F. Zoonotic sources and the spread of antimicrobial resistance from the perspective of low and middle-income countries. *Infectious Diseases of Poverty*, v. 12, 2023. <https://doi.org/10.1186/s40249-023-01113-z>

PACHECO, P. *et al.* Phytochemical modulation of P-glycoprotein and its gene expression in an ivermectin-resistant *Haemonchus contortus* isolate *in vitro*. *Veterinary Parasitology*, p. 109713, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2022.109713>

PAWAR, R. *et al.* Determination of albendazole and ivermectin residues in cattle and poultry-derived samples from India by micellar liquid chromatography. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 103, p. 104111, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104111>

PRADO, C. *et al.* Genotyping of benzimidazole resistance using β -tubulin isotype 1 marker in *Haemonchus contortus* of sheep and goats in Paraná, Southern Brazil. *Journal of Helminthology*, v. 98, 2024. <https://doi.org/10.1017/s0022149x24000555>

QAMAR, M. U. *et al.* Antibiotic-resistant bacteria, antimicrobial resistance genes, and antibiotic residue in food from animal sources: One Health food safety concern. *Microorganisms*, v. 11, n. 1, p. 161, 2023. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010161>

RACEWICZ, P. *et al.* Prevalence and characterisation of antimicrobial resistance genes and class 1 and 2 integrons in multiresistant *Escherichia coli* isolated from poultry production. *Scientific Reports*, v. 12, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09996-y>

RAMÜNKE, S. *et al.* Benzimidazole resistance survey for *Haemonchus*, *Teladorsagia* and *Trichostrongylus* in three European countries using pyrosequencing. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, v. 6, p. 230-240, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2016.10.002>

REIS, S. S. et al. Modulation of *Eimeria* spp. parasite load on productivity parameters in lambs fed with babassu byproduct. *Tropical Animal Health and Production*, Dordrecht, v. 57, n. 2, art. 34, jan. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-025-04279-w>.

RICHARDS, E. D. et al. Antibacterial drug residues in small ruminant edible tissues and milk: a literature review. *Animals*, v. 12, n. 19, p. 2607, 2022. <https://doi.org/10.3390/ani12192607>

ROMERO, T. et al. Interferences on microbial inhibitor tests related to ivermectin treatment in lactating dairy goats. *Journal of Dairy Research*, v. 83, p. 341-344, 2016. <https://doi.org/10.1017/s0022029916000443>

ROSE VINEER, H. et al. Increasing importance of anthelmintic resistance in European livestock: creation and meta-analysis of an open database. *Parasite*, v. 27, p. 69, 2020. <https://doi.org/10.1051/parasite/2020062>

SAMTIYA, M. et al. Antimicrobial resistance in the food chain: trends, mechanisms, pathways, and possible regulation strategies. *Foods*, v. 11, n. 19, p. 2966, 2022. <https://doi.org/10.3390/foods11192966>

SHAVER, A. et al. Quantifying the fitness effects of resistance alleles with and without anthelmintic selection pressure using *Caenorhabditis elegans*. *PLoS Pathogens*, v. 20, e1012245, 2024. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1012245>

SILVA, T. C. da et al. *Parkia platycephala* pods modulate *Eimeria* spp. parasite load and enhance productive performance in naturally infected lambs. *Animals*, Basel, v. 15, n. 19, 2896, out. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15192896>

SUN, P. *et al.* The F204S mutation in adrenodoxin oxidoreductase drives salinomycin resistance in *Eimeria tenella*. *Veterinary Research*, v. 55, 2024. <https://doi.org/10.1186/s13567-024-01431-6>

SUN, H. *et al.* Pathogenicity and drug resistance of the *Eimeria tenella* isolate from Yiwu, Zhejiang province, eastern China. *Poultry Science*, v. 102, p. 102845, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102845>

VELAZQUEZ-MEZA, M. *et al.* Antimicrobial resistance: One Health approach. *Veterinary World*, v. 15, p. 743-749, 2022. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.743-749>

WALKER, J. *et al.* Mixed methods evaluation of targeted selective anthelmintic treatment by resource-poor smallholder goat farmers in Botswana. *Veterinary Parasitology*, v. 214, p. 80-88, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.10.006>

WHO; FAO; UNEP; WOA. Implementing the global action plan on antimicrobial resistance: first quadripartite biennial report. Geneva: WHO, 2023.

YU, Y. *et al.* Combined transcriptome and whole genome sequencing analyses reveal candidate drug-resistance genes of *Eimeria tenella*. *iScience*, v. 28, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.111592>

ZHANG, Z. *et al.* Two benzimidazole resistance-associated SNPs in the isotype-1 β -tubulin gene predominate in *Haemonchus contortus* populations from eight regions in China. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, v. 6, p. 199-206, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2016.10.001>

ZHAO, H. *et al.* Integrated application of transcriptomics and metabolomics provides insight into the mechanism of *Eimeria tenella* resistance to maduramycin. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, v. 24, p. 100526, 2024.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2024.100526>

AGRADECIMENTOS

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Finance Code - 001).

¹ Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Campus Chapadinha, Maranhão, Brasil.

² Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Campus Chapadinha, Maranhão, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4708-1912>.