



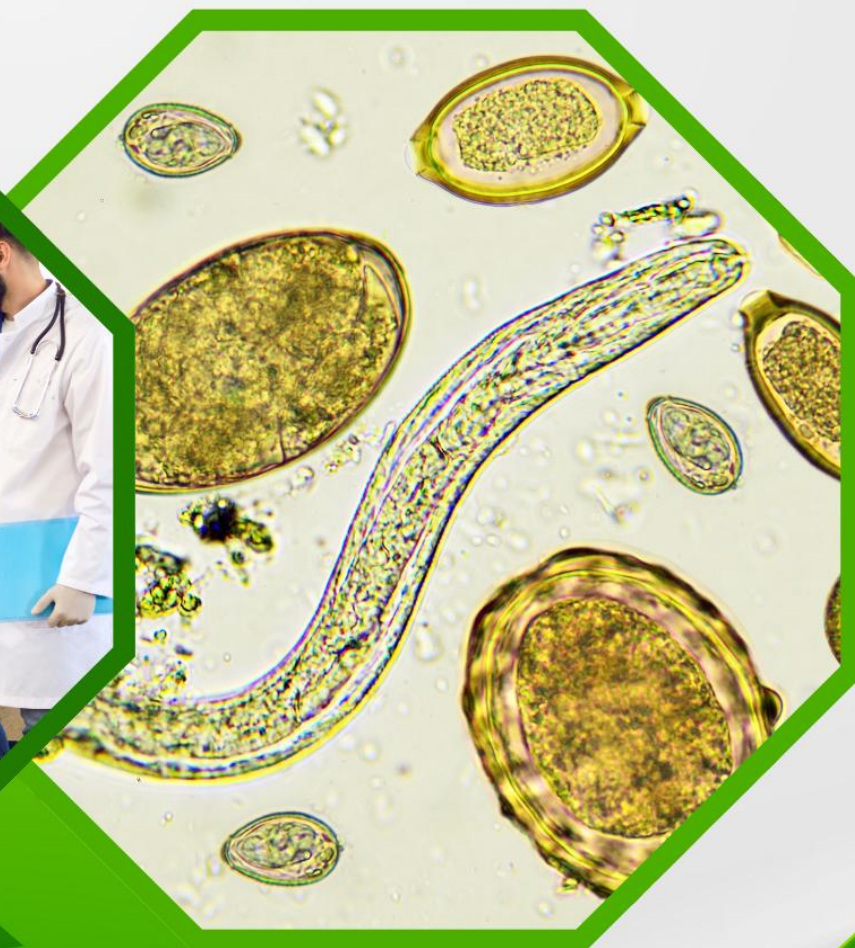
Priscilla Elias Ferreira da Silva
Gabriel Henrique Santos Silveira
Ian Martin
Isabel Rodrigues Rosado

Endrigo Gabellini Leonel Alves
Eustáquio Resende Bittar
Joely Ferreira Figueiredo Bittar

ORGANIZADORES

PARASITOLOGIA E SAÚDE ANIMAL:

**ABORDAGENS
INTEGRADAS EM DOENÇAS
E CONTROLE VETORIAL**



EDITORA
CREATIVE

Priscilla Elias Ferreira da Silva
Gabriel Henrique Santos Silveira
Ian Martin
Isabel Rodrigues Rosado
Endrigo Gabellini Leonel Alves
Eustáquio Resende Bittar
Joely Ferreira Figueiredo Bittar
Organizadores

Parasitologia e Saúde Animal: Abordagens Integradas em Doenças e Controle Vetorial

ISBN: 978-65-84626-15-7

DOI: <https://doi.org/10.53924/parasitosanimal>

1ª EDIÇÃO

Editora Creative

Copyright © dos autores e autoras. Todos os direitos reservados.

Todo conteúdo desta publicação (E-Book) é de total responsabilidade dos autores e organizadores, no que tange forma, conteúdo, imagens, quadros e tabelas utilizadas e todo e/ou qualquer elemento citado ou reproduzido. Desta forma, a Editora Creative se isenta de qualquer ação de responsabilidade no que tange plágio, direcionamento de opinião ou de afirmações de qualquer natureza.

Esta obra é publicada em acesso aberto. É permitido o download e seu compartilhamento, com a devida atribuição de crédito, sem que sejam feitas quaisquer alterações e sendo proibida sua utilização para fins comerciais.

Projeto Gráfico, Editoração e Formatação Eletrônica: EDITORA CREATIVE

Normalização e Revisão: DOS AUTORES.

Apoio Institucional: Universidade de Uberaba - UNIUBE (Campus Aeroporto); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) APQ-03623-22, APQ-00825-22 e APQ-01203-23

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Parasitologia e saúde animal [livro eletrônico] :
abordagens integradas em doenças e controle
vetorial / organização Priscilla Elias Ferreira
da Silva...[et al.]. -- João Pessoa, PB :
Editora Creative, 2025.
PDF

Vários autores.

Outros organizadores: Gabriel Henrique Santos
Silveira, Ian Martin, Isabel Rodrigues Rosado,
Endrigo Gabelini Leonel Alves, Eustáquio Resende
Bittar, Joely Ferreira Figueiredo Bittar.

Bibliografia.

ISBN 978-65-84626-15-7

1. Controle vetorial 2. Doenças infecciosas -
Prevenção 3. Medicina veterinária - Manuais,
guias etc. 4. Parasitologia veterinária 5. Saúde
animal I. Silva, Priscilla Elias Ferreira da.
II. Silveira, Gabriel Henrique Santos. III. Martin,
Ian. IV. Rosado, Isabel Rodrigues. V. Alves, Endrigo
Gabelini Leonel. VI. Bittar, Eustáquio Resende.
VII. Bittar, Joely Ferreira Figueiredo.

CDD-636.089696

NLM-SF-810

25-316016.0

Índices para catálogo sistemático:

1. Parasitologia veterinária : Medicina veterinária
636.089696

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

SUMÁRIO

PREFÁCIO	05
CAPÍTULO 01	07
Revisitando Uma Zoonose Antiga: Desafios Na Condução De Casos De Leishmaniose Visceral Canina	
<i>Priscilla Elias Ferreira da Silva; Juliana Cristina Costa Madeira; Júlia Oliveira Alcântara; Indyara Natylla Castro Amaral; Matheus Santos Benzi; Isabel Rodrigues Rosado; Endrigo Gabellini Leonel Alves; Eustáquio Resende Bittar; Ian Martin; Joely Ferreira Figueiredo Bittar.</i>	
CAPÍTULO 02	40
Tripanossomíase Bovina: Da Distribuição Global aos Impactos Econômicos	
<i>Priscilla Elias Ferreira da Silva; Juliana Cristina Costa Madeira; Júlia Oliveira Alcântara; Indyara Natylla Castro Amaral; Matheus Santos Benzi; Isabel Rodrigues Rosado; Endrigo Gabellini Leonel Alves; Eustáquio Resende Bittar; Ian Martin; Gabriela Renata Silva Hussar; Joely Ferreira Figueiredo Bittar.</i>	
CAPÍTULO 03	65
Óleos Essenciais: Um Olhar Sobre a Obtenção e Suas Aplicações	
<i>Priscilla Elias Ferreira da Silva; Ana Flávia Mendonça Santana; Juliana Cristina Costa Madeira; Júlia Oliveira Alcântara; Matheus Santos Benzi; Isabel Rodrigues Rosado; Endrigo Gabellini Leonel Alves; Eustáquio Resende Bittar; Ian Martin; Joely Ferreira Figueiredo Bittar.</i>	
CAPÍTULO 04	120
Efeito Da Cipermetrina, Clorpirifós e Butóxido de Piperonila no Controle de Moscas em Bovinos da Raça Gir	
<i>Indyara Natylla Castro Amaral; Bruno Borges Santana; Júlia Oliveira Alcântara; Matheus Santos Benzi; Daniel Santos de Paula; Bárbara Vitória Corrêa Alves; Gabriel Henrique Santos Silveira; Giovanna Rodrigues Goulart; Priscilla Elias Ferreira da Silva; Joely Ferreira Figueiredo Bittar.</i>	
CAPÍTULO 05	131
O Uso de Carrapaticidas no Controle de Rhipicephalus microplus: Breve Abordagem do Uso em Condições de Campo	
<i>Gabriel Henrique Santos Silveira; Júlia Oliveira Alcântara; Daniel Sobreira Rodrigues; Priscilla Elias Ferreira da Silva; Eustáquio Resende Bittar; Joely Ferreira Figueiredo Bittar.</i>	
CAPÍTULO 06	148
A Tripanossomíase Bovina: Breve Revisão De Literatura	
<i>Ana Clara Silva Paiva; Giovanna Rodrigues Goulart; Amanda Tomé Rocha Resende; Tiago Antônio de Oliveira Mendes; Márcio Sobreira Silva Araújo; Olindo Assis Martins Filho; Priscilla Elias Ferreira da Silva; Edilane Aparecida da Silva; Gabriela Renata Silva Hussar; Eustáquio Resende Bittar; Joely Ferreira Figueiredo Bittar.</i>	
CAPÍTULO 07	160
Controle Biológico do Carrapato Rhipicephalus microplus: Ênfase no Uso de Fungos Entomopatogênicos	
<i>Gabriel Henrique Santos Silveira; Júlia Oliveira Alcântara; Isabel Cristina Padula Paz; Alexandre Martins Guimarães; Daniel Sobreira Rodrigues; Priscilla Elias Ferreira da Silva; Eustáquio Resende Bittar; Joely Ferreira Figueiredo Bittar.</i>	
SOBRE OS ORGANIZADORES	178

PREFÁCIO

A medicina veterinária, como campo essencial da saúde única, enfrenta desafios contínuos frente ao surgimento, persistência e controle de doenças parasitárias. Essas enfermidades comprometem não apenas o bem-estar animal, mas também geram impactos econômicos expressivos e riscos à saúde pública. Diante dessa realidade, torna-se fundamental reunir e divulgar conhecimentos atualizados que possam subsidiar ações preventivas, diagnósticas e terapêuticas mais eficazes e sustentáveis.

Este livro, *Parasitologia e saúde animal: abordagens integradas em doenças e controle vetorial*, nasce do esforço coletivo de pesquisadores comprometidos com a geração e aplicação do conhecimento científico na área de saúde animal. A obra reúne seis capítulos que abordam temas centrais da parasitologia veterinária, com enfoques que vão desde a biologia dos agentes etiológicos até as estratégias de controle utilizadas em campo.

A leishmaniose visceral canina, doença zoonótica de alta relevância no Brasil, é discutida em relação aos desafios enfrentados na prática clínica e na saúde pública. A tripanossomíase bovina, por sua vez, é explorada em duas frentes: uma análise global dos impactos econômicos e distribuição da enfermidade, e uma revisão técnica com ênfase nos aspectos biológicos e estratégias de controle.

As doenças transmitidas por artrópodes vetores também têm lugar de destaque. A eficácia de carrapaticidas no controle do *Rhipicephalus microplus*, parasita amplamente disseminado em rebanhos bovinos, é apresentada com base em experiências de campo. Em complemento, um estudo avalia os efeitos da cipermetrina, do clorpirifós e do butóxido de piperonila sobre infestações por moscas em bovinos da raça Gir. Por fim, o livro traz uma importante reflexão sobre o uso de óleos essenciais, abordando sua obtenção e aplicações terapêuticas em enfermidades parasitárias e infecciosas.

Este livro foi idealizado com o objetivo de contribuir para a formação de estudantes, subsidiar a prática de médicos-veterinários e fortalecer o desenvolvimento de pesquisas aplicadas na área. Seu conteúdo é voltado àqueles que desejam compreender os desafios da saúde animal com uma perspectiva técnica, crítica e multidisciplinar.

Aproveitamos este espaço para agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro concedido por meio dos

projetos APQ-03623-22, APQ-00825-22, APQ-01203-23 e ao Programa de Apoio à Pesquisa da Universidade de Uberaba (PAPE-UNIUBE), pelo incentivo à produção e divulgação científica. Sem esse suporte, esta publicação não seria possível.

Esperamos que esta leitura contribua para ampliar o diálogo entre ciência e prática, promovendo reflexões e soluções no enfrentamento das doenças parasitárias que afetam a saúde e a produção animal no Brasil e no mundo.

Boa leitura!

Profª Drª Joely Ferreira Figueiredo Bittar

CAPÍTULO 01

Revisitando uma Zoonose Antiga: Desafios na Condução de Casos de Leishmaniose Visceral Canina

*Priscilla Elias Ferreira da Silva*¹; *Juliana Cristina Costa Madeira*²; *Júlia Oliveira Alcântara*¹; *Indyara Natylla Castro Amaral*¹; *Matheus Santos Benzi*¹; *Isabel Rodrigues Rosado*³; *Endrigo Gabellini Leonel Alves*³; *Eustáquio Resende Bittar*³; *Ian Martin*³; *Joely Ferreira Figueiredo Bittar*³

¹Departamento de Medicina Veterinária; Universidade de Uberaba, Uberaba, Minas Gerais, Brasil

²Departamento de Bioquímica e Imunologia; Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

³Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos, Universidade de Uberaba (UNIUBE), Uberaba, Minas Gerais, Brasil

Resumo: A leishmaniose visceral canina (LVC) é uma doença grave causada pelo protozoário *Leishmania infantum* e transmitida por fêmeas de flebotomíneos infectadas. Nos últimos cinco anos, a LVC tem se expandido para diversas localidades com sua disseminação associada a processos antrópicos, socioambientais e migratórios. Dentre os vetores envolvidos na transmissão das leishmanioses, *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) destaca-se como uma espécie de hábito hematófago oportunista, com capacidade de infectar reservatórios participantes do ciclo de transmissão e seres humanos em áreas urbanas. A população canina está mais exposta ao ambiente peridomiciliar, e, devido à estreita relação que os cães mantêm com os seres humanos, facilita-se a propagação da doença em áreas urbanas. Os sinais clínicos observados na LVC são inespecíficos, como perda progressiva de peso, anemia, febre intermitente e fraqueza. Ademais, é importante ressaltar que as lesões cutâneas são as mais frequentes em cão acometidos. O diagnóstico pode ser realizado a partir de testes parasitológicos e sorológicos. De acordo com as recomendações do Ministério da Saúde do Brasil, cães sororreagentes devem ser submetidos à eutanásia. Contudo, é importante ressaltar que existem medicamentos disponíveis para o tratamento de cães com diagnóstico confirmado, sendo responsabilidade do tutor garantir a realização e acompanhamento do tratamento. Diante disso, este capítulo visa abordar aspectos relacionados à epidemiologia da LVC, os desafios enfrentados no diagnóstico e tratamento, as estratégias de controle e prevenção e a importância de uma abordagem cuidadosa sob a perspectiva da saúde única.

Palavras-chave: Antropozoonose; reservatórios da LV; Tríade Epidemiológica; Saúde Única; Leishmaniose Visceral Canina.

1. Introdução

A leishmaniose visceral (LV) é considerada uma doença de grande importância médico-veterinária. É causada por parasitos pertencentes à Ordem Kinetoplastida, Família Trypanosomatidae e Gênero *Leishmania*. A doença é endêmica em regiões tropicais e subtropicais com aproximadamente 500.000 novos casos e 50.000 mortes reportados anualmente. Os cães são considerados os principais reservatórios de *Leishmania infantum* e a acurácia no diagnóstico desses animais é muito importante. O parasito pode ser transmitido pela picada de fêmeas de flebotomíneos da subfamília Phlebotominae, popularmente conhecidos como tatuquira, asa branca, birigui, mosquito-palha, cangalhinha, asa dura, entre outros nomes. Os flebotomíneos são vetores com hábito e atividade crepuscular, período no qual inocula o protozoário em humanos e animais ao realizar o repasto sanguíneo (Araujo-Pereira *et al.*, 2018; Da-Cruz; Pirmez, 2018). Estima-se que pelo menos 54 diferentes espécies de vetores estão potencialmente envolvidas na transmissão das leishmanioses (Galati, 2018).

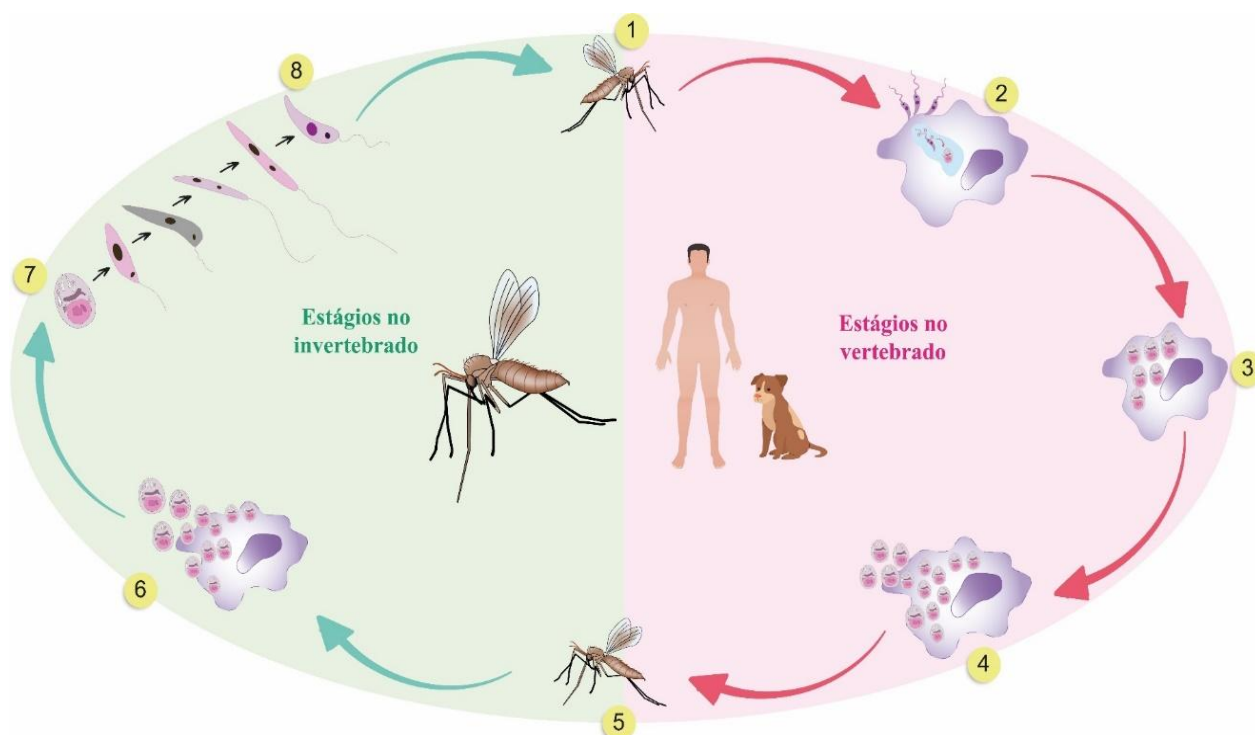
Os agentes etiológicos das leishmanioses pertencem ao filo Sarcomastigophora, subfilo Mastigophora, classe Zoomastigophora, ordem Kinetoplastida, família Trypanosomatidae, gênero *Leishmania*, subgêneros *Leishmania* e *Viannia*. Atualmente existem mais de 50 spp. de *Leishmania*, das quais pelo menos 21 possuem importância médica (Anversa *et al.*, 2018; Da-Cruz; Pirmez, 2018). São espécies causadoras da LV humana: *L. (L.) infantum* e *L. (L.) donovani* (Akhoundi *et al.*, 2017; Da-Cruz; Pirmez, 2018; Shaw, 2006).

A maioria dos indivíduos infectados não apresentam sintomatologia e por isso são considerados assintomáticos (Singh; Kumari; Singh, 2002); outros desenvolvem uma das três formas da leishmaniose: visceral, tegumentar ou mucosa. A ocorrência dessas formas depende da virulência e patogenicidade da espécie de *Leishmania* envolvida e da resposta imune do hospedeiro (Akhoundi *et al.*, 2017). Nas Américas já foram identificadas 15 das 22 espécies de *Leishmania* patogênicas para humanos, levando a diferentes formas clínicas que podem afetar, principalmente a pele e as mucosas (OPAS, 2022).

As leishmanioses apresentam um complexo ciclo de transmissão (Figura 1), o que faz com que os trabalhos de vigilância e monitoramento sejam diferentes para cada cenário epidemiológico. Para que ocorra a doença em determinada área geográfica, é necessária a presença do vetor suscetível e de um hospedeiro/reservatório igualmente suscetível. A LV apresenta dois ciclos epidemiológicos: 1) LV zoonótica: causada principalmente pela *Leishmania infantum*, tendo o cão como hospedeiro primário e com

ocorrência no Mediterrâneo, Oriente Médio, Ásia e América do Sul; 2) LV antroponótica: causada por *Leishmania donovani* no subcontinente indiano; nesse ciclo a transmissão ocorre de seres humanos para vetores e novamente para seres humanos (Faria; Andrade, 2012; Kushwaha *et al.*, 2022; Wamai *et al.*, 2020).

Figura 1 – Ciclo de transmissão das leishmanioses



1) Durante o repasto sanguíneo, formas promastigotas metacíclicas são inoculadas no hospedeiro vertebrado; 2) promastigotas metacíclicas são fagocitadas por macrófagos; 3) promastigotas metacíclicas se diferenciam em amastigotas dentro dos macrófagos; 4) membrana do macrófago se rompe após multiplicação sucessiva das formas amastigotas e são fagocitadas por novas células, disseminando os parasitas. 5) fêmea do flebotomíneo realiza novo repasto sanguíneo no hospedeiro vertebrado e ingere células contendo as formas amastigotas; 6) células parasitadas por amastigotas se rompem no intestino do flebotomíneo; 7) no intestino médio do inseto, os parasitas sofrerão diferenciações: amastigotas, promastigotas procíclicas, nectomonadas, leptomonadas, haptomonadas e, por fim, metacíclicas; 8) formas promastigotas metacíclicas migrarão para a glândula salivar do flebotomíneo, flebotomíneo, que ao realizar o repasto sanguíneo transmite esta forma para um hospedeiro suscetível, homem ou animal (em áreas urbanas, principalmente cães).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Diante da crescente expansão da doença tanto em seres humanos quanto em cães, o diagnóstico permanece desafiador, sobretudo em cães infectados. O diagnóstico precoce e o manejo do cão são essenciais para a saúde pública bem como para a saúde e bem estar canino. Os testes de diagnósticos rápidos baseados nos antígenos

Leishmania rK28 ou rK39 são ferramentas importantes para o acompanhamento dos casos de LVC e apresentam boa sensibilidade para detecção de casos clínicos e boa especificidade, além de serem baratos e fáceis de aplicar por médicos veterinários. Contudo, algumas limitações desses testes podem ser observadas, como a sensibilidade limitada para detectar infecções subclínicas, que pode comprometer a eficácia em estudos epidemiológicos e programas de controle. (Fujisawa *et al.*, 2021; Griensven; Diro, 2019).

O tratamento dos cães com LVC tem como objetivo a melhora clínica do paciente e de sua resposta imune, a redução da carga parasitária e do risco de recidivas, além de diminuir a taxa de transmissão para o vetor, o que ainda é um desafio presente na prática veterinária. É importante ressaltar que Leishmune® e Leish-Tec® foram descontinuadas e o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) determinou a suspensão da fabricação e venda da vacina. Atualmente alguns países utilizam a vacina Canileish® atendendo à normativa proposta pela *European Medicines Agency* (EMA) /Virbac - LID 06516 França, no controle e prevenção da LVC (Fujisawa *et al.*, 2021; Miró *et al.*, 2017).

2. Tríade epidemiológica e fatores ambientais envolvidos

Dentro os reservatórios rurais e urbanos da LV, o cão (*Canis familiaris*) na área urbana é a principal fonte de infecção durante o repasto sanguíneo de flebotomíneos. Diferentes estudos de xenodiagnóstico realizados com cães sororreagentes (com ou sem sinais clínicos), tanto na Europa quanto na América do Sul, mostraram que grande porcentagem desses animais era capaz de transmitir a infecção para os flebotomíneos. Além disso, tem sido observado que a doença canina é a mais prevalente em áreas endêmicas (Courtenay; Dilger; *et al.*, 2019). Entre os animais silvestres, a presença de *L. infantum* foi demonstrada em raposas (*Dusicyon vetulus* e *Cerdocyon thous*) e marsupiais (*Didelphis marsupialis* e *D. albiventris*), dentre outros. Porém, até o momento, não foi possível dimensionar a importância dessas espécies na manutenção da doença nas áreas endêmicas urbanas (Dantas-Torres, *et al.*, 2019).

A literatura aponta que, no Brasil, a LVC coexiste com a doença humana em todos os focos conhecidos, sendo mais prevalente e, na maioria das vezes, precedendo à ocorrência em seres humanos (Marzochi, Mauro Célio de A. *et al.*, 1985; Marzochi, Mauro Celio de Almeida *et al.*, 2009). Nesse sentido, cães são animais abundantes e longevos e podem servir como fonte alimentar para os flebotomíneos, mantendo, portanto, o contato entre vetor e reservatório (Azami-Conesa; Gómez-Muñoz; Martínez-Díaz, 2021; Harding-Esch *et al.*, 2021).

O vetor responsável pela transmissão está bem adaptado ao ambiente urbano e encontra-se disseminado por todo o Brasil. O aumento na difusão e densidade dos flebotomíneos é resultado do aumento de criadouros, fontes de repasto sanguíneo, migrações humanas, desmatamentos e mudanças climáticas afetando diretamente sua dispersão (Aguiar; Rendeiro, 2018; Marcondes; Day, 2019). Existem mais de 800 espécies de flebotomíneos descritas e 98 são vetores comprovados ou suspeitos de transmitir as leishmanioses; aproximadamente 42 espécies de *Phlebotomus* no Velho Mundo e 56 de *Lutzomyias* no Novo Mundo. Com relação à taxonomia dos vetores, pertencem a subordem Nematocera, ordem Diptera, família Psychodidae e subfamília Phlebotominae. De importância médica, estão descritas as espécies *P. anetipes*, *P. alexandri*, *P. ariasi*, *P. ansarii*, *P. longipes*, *P. aculeatus*, *Lu. longipalpis*, *Lu. flaviscutellata*, *Lu. reducta*, *Lu. olmeca nociva*, *Lu. whitmani*, *Lu. neivai*, *Lu. migonei*, *Lu. carrerai carrerai*, *Lu. intermedia*, *Lu. complexa*, *Lu. wellcomei*, *Lu. davisii*, *Lu. fischeri*, *Lu. pessoai*, *Lu. umbratilis*, *Lu. anduzei*, *Lu. ubiquitalis*, *Lu. antunesi*, *Lu. ayrozai*, *Lu. squamiventris*, *Lu. paraensis*, *Lu. edwardsi*, *Lu. amazonensis* (Maroli *et al.*, 2013; OPAS, 2022).

Um estudo realizado por Macedo-Silva *et al.* (2014) no estado do Rio Grande do Norte investigou se havia preferência de hospedeiros para *L. longipalpis*. Foi demonstrado maior taxa de sucesso alimentar com sangue humano, seguido por cavalos, cães e roedores (Macedo-Silva *et al.*, 2014). Embora os cães não sejam a preferência de fonte alimentar para *L. longipalpis*, eles desempenham um papel crucial na dinâmica de transmissão da leishmaniose, uma vez que são frequentemente infestados por ectoparasitas, como carrapatos e pulgas, que também podem hospedar o parasita. Nesse sentido, Dantas-Torres *et al.* (2010) observaram que carrapatos *Rhipicephalus sanguineus* coletados de cães no Brasil e na Itália estavam infectados naturalmente com *L. infantum*, o que sugere que esses artrópodes podem atuar como hospedeiros secundários de *Leishmania* spp., ampliando as possibilidades de transmissão da doença (Dantas-Torres *et al.*, 2010).

Outros fatores como mudanças climáticas, incluindo o aquecimento global, e o desmatamento, podem contribuir significativamente na dinâmica de transmissão das leishmanioses. Dentre as alterações analisadas ao longo do tempo, destacam-se a biologia do vetor e a sua competência vetorial, o fitness reprodutivo e a presença constante de flebotomíneos em áreas que antes estavam ausentes (El Omari *et al.*, 2020; Gramiccia; Gradoni, 2005; Ready, 2013; Vilas-Boas *et al.*, 2024). De acordo com Santos *et al.* (2021), as probabilidades de ocorrência do vetor e de casos humanos e caninos em áreas desmatadas foram, respectivamente, 2,63, 2,07 e 3,18 vezes maiores quando

comparado com áreas sem desmatamento (Santos; Sevá; Werneck, 2021). Observa-se, portanto, que impactos socioeconômicos e até mesmo os climáticos são fatores agravantes na disseminação da doença. Fatores como movimentos migratórios desordenados, condições precárias de moradia e ausência de infraestrutura básica além do contato frequente com cães infectados criam um cenário favorável para o ciclo de transmissão da leishmaniose (Barbosa *et al.*, 2015; Carvalho *et al.*, 2019; Carvalho *et al.*, 2018). Além disso, cães residentes em ambientes peridomiciliares têm maior probabilidade de serem infectados, em comparação com aqueles que passam a maior parte do seu tempo no ambiente intradomicílio, o que mostra a importância do controle populacional de cães erráticos (Coura-Vital *et al.*, 2013; Martín-Sánchez *et al.*, 2009).

3. A doença em cães e o seu papel no ciclo de transmissão

O funcionamento adequado do sistema imunológico do hospedeiro, as diferentes cepas parasitárias e os fatores genéticos são fatores que contribuirão na apresentação e intensidade dos sinais clínicos na leishmaniose visceral canina (Ribeiro *et al.*, 2018). O acometimento canino configura-se em doença crônica, sistêmica e mediada pelos aspectos previamente mencionados para os seres humanos, com desfechos fatais devido ao parasitismo intenso (Silva; Monteiro; Silva, 2019). As manifestações clínicas podem cursar como sintomática, assintomática ou oligossintomática. Características caninas como raça, idade, pelagem e tamanho parecem impactar a infecção por *Leishmania*. Pesquisas demonstram que as raças Pastor Alemão, Doberman, Foxhound, Boxer e Beagle estão entre as mais afetadas (Giorgobiani *et al.*, 2011; Palatnik-de-Sousa; Day, 2011; Vilas-Boas *et al.*, 2024). De acordo com Vilas-Boas *et al.* (2024), os animais com idade avançada apresentam maior soroprevalência e esse fator pode estar relacionado ao tempo de exposição aos vetores (Barati *et al.*, 2015; Shang *et al.*, 2011; Vilas-Boas *et al.*, 2024). Os autores destacam ainda que o repasto sanguíneo parece ser facilitado em cães com a pelagem curta devido ao maior acesso à pele do animal, tornando-os mais suscetíveis a picadas. Em relação ao sexo dos animais, não foi observada diferença de prevalência entre machos e fêmeas (Gálvez, Rosa *et al.*, 2020; Thomaz Soccol *et al.*, 2017; Vilas-Boas *et al.*, 2024).

Estudo em Montes Claros conduzido por Michalsky *et al.* (2007) mostrou que animais sintomáticos apresentaram taxa média de infectividade de flebotomíneos de 83,3%, com 28,4% de vetores infectados. As taxas de animais oligossintomáticos e assintomáticos foram de 16,7% e 33,3%, com os percentuais de vetores infectados em 5,1% e 5,4%, respectivamente (Michalsky *et al.*, 2011, 2007; Vilas-Boas *et al.*, 2024).

Verçosa *et al.* (2008) também mostram alta carga parasitária nos tecidos auriculares. Amastigotas de *Leishmania* spp. foi encontrada na pele de todos os cães clinicamente sintomáticos; além disso, também foi observado que além dos tecidos auriculares, as maiores cargas parasitárias também foram observadas na região ungueal e abdômen (Verçosa *et al.*, 2008). Vale ressaltar que cães sintomáticos são os principais responsáveis pela transmissão e animais com poucos ou nenhum sinal clínico também podem atuar como fontes de infecção para os vetores, o que representa um desafio adicional para o controle da leishmaniose visceral canina.

3.1. Mecanismos da resposta imune em cães

O desfecho clínico da infecção por parasitos do gênero *Leishmania* varia de acordo com a espécie do parasita e a resposta imune do hospedeiro. Após a inoculação das formas promastigotas no cão, tanto células da imunidade inata residentes na pele, como macrófagos e células dendríticas, quanto células recrutadas para o local da infecção — incluindo macrófagos, células dendríticas e neutrófilos — fagocitam os parasitos (Barbosa *et al.*, 2022). O reconhecimento dos parasitos por essas células se dá a partir dos Receptores de Reconhecimento de Padrão (PRRs, do inglês *Pattern Recognition Receptors*). Em contexto infeccioso, os PRRs são capazes de reconhecer moléculas presentes nos patógenos (PAMPs, do inglês *Pathogen-Associated Molecular Patterns*) e associados ao dano tecidual (DAMPs, do inglês *Damage-Associated Molecular Patterns*). O reconhecimento de PAMPs e DAMPs por PRRs presentes nas células imunes induz cascatas de sinalização intracelulares que culminam na produção de quimiocinas, citocinas e moléculas antimicrobianas, que por sua vez, participam do controle da infecção (Ansari *et al.*, 2025; Khadem; Uzonna, 2014; Volpedo *et al.*, 2021). Além de atuar no controle inicial de patógenos, a imunidade inata exerce papel fundamental na indução e modulação da resposta imune adaptativa. As moléculas produzidas por células da imunidade inata contribuem para a formação do microambiente no qual ocorrerá a apresentação de antígenos aos linfócitos T pelas células apresentadoras de antígenos (APCs, do inglês *Antigen-Presenting Cells*). A depender das características desse microambiente durante a apresentação de antígenos, diferentes perfis de resposta adaptativa poderão ser induzidos, sendo eles respostas Th1, Th2, Th17 e Tregs (T reguladoras) (Barbosa *et al.*, 2022; de Vasconcelos *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2024). Apesar da complexidade da LVC e dos diferentes sinais clínicos que cães podem apresentar, já é bem estabelecido que o perfil de resistência da doença está associado à produção das citocinas IL-12, IL-2, INF- γ e TNF- α (Figura 2). A

suscetibilidade da doença pode estar relacionado com a produção intensa das citocinas IL-4, IL-5, IL-10, IL-13 e TGF- β (Carvalho *et al.*, 2018; García-Castro *et al.*, 2022; Giunchetti *et al.*, 2019; Pinelli *et al.*, 1995). De acordo com os autores, a resposta imune compartimentada órgão-específica parece estar associada à maturação do granuloma no fígado e à atividade anti-Leishmania (García-Castro *et al.*, 2022).

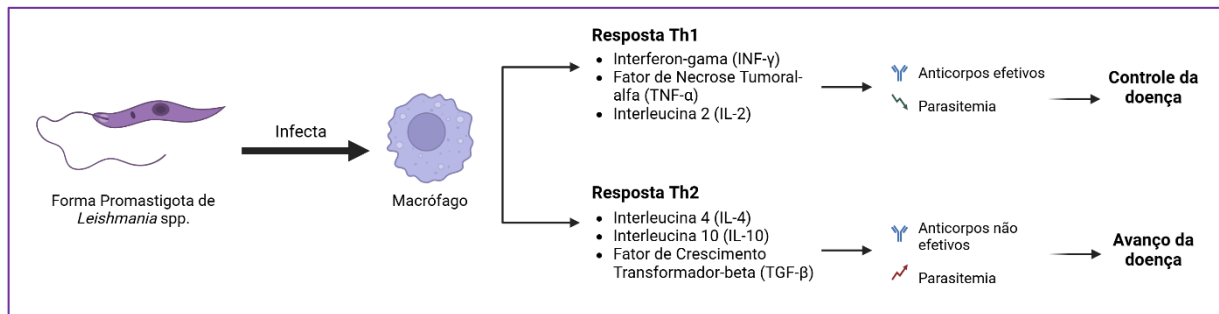
Giunchetti *et al.* (2019) ressaltam que cães naturalmente infectados por *L. infantum*, o perfil imunofenotípico das células sanguíneas periféricas mostrou uma redução importante no número de células T CD5⁺ totais e seus subconjuntos de células T CD4⁺ e CD8⁺ (Giunchetti *et al.*, 2019). Os autores reforçam que tanto cães oligossintomáticos quanto os sintomáticos podem apresentar perfil de resposta do tipo Th2, o qual está relacionada ao parasitismo intenso e progressão da doença (Giunchetti *et al.*, 2019; Lara, 2019; Moreira *et al.*, 2016). Cães com alta carga parasitária exibem proliferação de células B não imunoprotetoras e depleção de células T, esse fator está associado à suscetibilidade da doença.

Solcà *et al.* (2021) conduziu um estudo prospectivo em área endêmica para LVC demonstrou que cães suscetíveis apresentaram maior carga parasitária esplênica bem como persistência do parasita durante o período de acompanhamento, quando comparado aos cães resistentes. Além disso, o grupo de suscetíveis apresentaram maior número de correlações entre os mediadores biológicos investigados, antes e depois do diagnóstico da infecção. Os autores demonstraram que a maior exposição ao vetor aumentou o risco de suscetibilidade à LVC em 1,6 vezes (Solcà *et al.*, 2021).

De modo geral, na LVC o fator determinante para o estabelecimento da infecção será a capacidade do sistema imunológico do hospedeiro controlar o parasita. A concentração descontrolada de anticorpos e presença de antígenos de *Leishmania* induzem a formação de complexos imunes circulantes (CIC) que são compostos por proteínas agregadas de *Leishmania*, IgG e IgM anti-Leishmania e frações do sistema complemento; os macrófagos que são ativados por esses complexos inibem a biossíntese de IL-12, produção de INF- γ e secreção exacerbada de IL-10 (Cacheiro-Llaguno *et al.*, 2021; Gizzarelli *et al.*, 2020). Essa produção intensa de IL-10 impede o estabelecimento da imunidade mediada por células, reduzindo, portanto, a capacidade dos macrófagos eliminarem os parasitas. Desse modo, após perderem a capacidade de eliminar complexos imunes, ocorre a deposição de CIC nas paredes vasculares de órgãos específicos que levarão à inflamação e lesão tecidual, como por exemplo a

glomerulonefrite, causa frequente de insuficiência renal e óbito (Cacheiro-Llaguno *et al.*, 2021).

Figura 2 – Mecanismos da resposta imune em cães infectados com *Leishmania* spp.



Fonte: Dos autores, 2025.

É importante ressaltar que não há um equilíbrio entre esses perfis de respostas na LVC. A resposta mista é capaz de restringir a seleção de biomarcadores que monitoram a progressão da doença e a resposta imune induzida por vacinas, dificultado, portanto, a avaliação de eficácia. A resposta imunológica em cães é complexa e multifatorial tanto em cães infectados quanto nos vacinados. De acordo com Moreno (2019), essa variabilidade tem sido associada ao estado nutricional, imunológico, idade e raça do cão e a cepa da *Leishmania* (Moreno, 2019).

4. Epidemiologia da leishmaniose visceral canina

Dados da América Latina revelam que o Brasil representa o principal país com endemias de leishmanioses, tanto visceral quanto tegumentar. Dentre as recomendações preconizadas pelo Ministério da Saúde, o uso de inseticidas e eutanásia de cães infectados prevalecem. Embora estudos evidenciem que a eliminação de cães sororreagentes reduz a incidência da LVH e LVC, o cenário atual revela que a eutanásia não resolve o problema da transmissão do agente etiológico. Ademais, esta medida é duramente criticada do ponto de vista ético e bastante questionada por médicos veterinários e tutores (Dantas-Torres *et al.*, 2019; Romero; Boelaert, 2010; Vaz *et al.*, 2020).

A *L. infantum* foi introduzida nas Américas no período de colonização portuguesa e espanhola através de animais infectados, dentre eles, os cães. Na Argentina, o número de casos em humanos aumentou em 2019 com nove casos confirmados e cães positivos encontrados na província de Misiones com taxa de infecção de 57,3% (63/110) de cães com *L. infantum* (Salomon *et al.*, 2008). Em diferentes províncias encontram-se cães

positivos para LVC. Puerto Iguazú 28 cães reagentes a partir da técnica de rK39-ICT, IFAT e Nested PCR (Lamattina *et al.*, 2019; Salomon *et al.*, 2008). Na região do Chaco, a prevalência da doença foi de 13% no mesmo ano. No Uruguai, ocorreu um surto autóctone em Arenitas Blancas apresentando 22% dos animais estudados com resultado positivo para LVC (Satragno *et al.*, 2017). É demonstrado que na Colômbia, a LV tem duas fontes de transmissão: norte de Sucre, Bolívar e Córdoba, onde se registra o maior número de casos; e na região do Vale Médio do Rio Magdalena, entre as partes central e oriental da cordilheira dos Andes colombianos (Zambrano-Hernandez *et al.*, 2015). Na Venezuela, soroprevalência de cães infectados com *L. infantum* foi de 5,2% no estado de Lara. No estado de Yaracuy, não foi detectado nenhum cão soropositivo para *Leishmania infantum* (Rivas *et al.*, 2020). Em 2019 foi realizado um estudo por amostragem aleatória na Ilha El Tigre, Amapala/Honduras e observou-se soroprevalência da infecção por *L. infantum* em 41% utilizando os testes DPP e ELISA. Os autores observaram ainda a presença de DNA do parasito em 94% dos cães positivos nos testes sorológicos (Segura *et al.*, 2023).

Sobre a distribuição dos casos de leishmaniose visceral humana, de acordo com a Organização Panamericana de Saúde (OPAS), 97% dos casos notificados em 2019 ocorreram no Brasil. Casos de infecção canina foram relatados em diferentes cidades, tais como Belo Horizonte, Boa Vista, Florianópolis, Cuiabá, Niterói, Vitória e Porto Alegre. Em Minas Gerais, além de Belo Horizonte, Paracatu, Montes Claros, Divinópolis e Governador Valadares se destacaram. No Pará, Santarém se destacou em números de casos de LVC. Dados revelam que a soroprevalência da doença no Brasil varia entre 4% a 75%, variando de acordo com as condições geográficas, climáticas e sociais da área endêmica (Vilas-Boas *et al.*, 2024).

É sabido que a doença atingiu áreas onde antes não estava presente. De modo geral, a expansão da LVC para regiões não endêmicas pode ser ilustrada por relatos de casos, como por exemplo, a ocorrência no departamento ultramarino francês da Guiana Francesa. Em 2016, cães com infecção autóctone por *L. infantum* foram relatados em Caiena por meio de testes moleculares, com prevalência de 3,1%. Na mesma localidade foi relatado ainda que cães que realizavam atividades militares tiveram resultados moleculares e sorológicos negativos antes de ir para a Guiana Francesa e testaram positivo para *Leishmania infantum* quando retornaram à França após quatro meses na região, sugerindo, portanto a existência de um ciclo autóctone de transmissão de LVC no departamento (Medkour *et al.*, 2019; Vilas-Boas *et al.*, 2024). Esses dados evidenciam a expansão da LVC para áreas não endêmicas, destacando a importância de vigilância

constante, especialmente em regiões de contato frequente com áreas endêmicas. A confirmação de um ciclo autóctone de transmissão na Guiana Francesa alerta para a necessidade de medidas preventivas e de controle mais eficazes, considerando as implicações para a saúde pública e veterinária.

5. Diagnóstico

O diagnóstico da LVC é um desafio clínico ao envolver uma combinação de sinais clínicos com exames laboratoriais. A presença de anticorpos anti-Leishmania no sangue de cães indica apenas o contato do animal com o parasita, não sendo suficiente para diagnosticar a doença, uma vez que o animal pode ser assintomático. Além disso, cães clinicamente saudáveis podem apresentar amastigotas em biópsias cutâneas, o que não significa necessariamente a presença de doença ativa. Diante desse cenário, preconiza-se o teste imunocromatográfico rápido (TR) e o ELISA. O primeiro é indicado para a triagem de cães sorologicamente negativos e o segundo é um método confirmatório dos cães sororreagentes ao TR. O Laboratório de Referência Nacional realiza o controle de qualidade dos LACEN (Laboratório Central de Saúde Pública), e estes executam o controle de qualidade das respectivas instituições no estado (BRASIL, 2025).

Os resultados liberados pelos laboratórios de referências são considerados oficiais para fins de diagnóstico da infecção e da doença. Laboratórios particulares ou pertencentes a universidades ou clínicas veterinárias que realizam o diagnóstico da LVC devem participar do programa de controle de qualidade preconizados pelo Ministério da Saúde, enviando os soros coletados para os laboratórios de referência. Sinais clínicos e/ou anormalidades clinicopatológicas compatíveis com a doença sugere ao médico veterinário que o animal tem LVC. A confirmação da etiologia da infecção pode ser obtida usando diferentes métodos de diagnóstico laboratorial direto e indireto: parasitológico, molecular ou sorológico (Morales-Yuste; Martín-Sánchez; Corpas-Lopez, 2022).

O teste rápido imunocromatográfico TR DPP® Leishmaniose Visceral Canina Bio-Manguinhos é um teste triagem fundamental para as ações de campo dos serviços municipais da Secretaria de Vigilância em Saúde. Sua sensibilidade varia de 21,7% a 100% e especificidade entre 70,2% a 100%. Castro et al. (2022) realizou um estudo comparativo entre os testes utilizados no serviço e observou que o kit confirmatório preconizado pelo Ministério da Saúde, EIE-CVL®, possui sensibilidade que varia de 86% a 98,96% e especificidade entre 52,25% e 95,6% (Barbosa de Castro *et al.*, 2022). Esses dados destacam a importância da escolha adequada dos testes diagnósticos para o controle da LVC, uma vez que a variação na sensibilidade e especificidade pode impactar

diretamente na detecção de casos positivos e na efetividade das ações de vigilância. A combinação de testes rápidos de triagem com testes confirmatórios de maior sensibilidade é essencial para a precisão diagnóstica e para a implementação eficaz de estratégias de controle e prevenção.

5.1. Diagnóstico parasitológico

Testes parasitológicos ou diretos incluem o exame microscópico e a cultura de amostras biológicas provenientes de biopsia de medula óssea, linfonodos, pele e sangue periférico. A observação da forma amastigota em amostra de medula óssea e linfonodos é considerada padrão-ouro, mas normalmente a biópsia desses órgãos é pouco realizada devido à grande chance de complicações por ser um procedimento invasivo e a necessidade de um profissional capacitado (Maia; Campino, 2008; Morales-Yuste; Martín-Sánchez; Corpas-Lopez, 2022).

As formas parasitárias de amastigotas podem estar livres no sangue periférico, mas o mais comum é encontrá-las no interior de células fagocíticas como macrófagos e neutrófilos. Para melhor visualização em microscopia óptica, é necessário submeter as amostras a um processo de coloração com corante Giemsa (Maia; Campino, 2008). A cultura de amostras biológicas para possível observação da forma promastigota do parasita é realizada em meios de cultura como por exemplo, NNN (Neal, Novy, Nicolle); Liver Infusion Tryptose (LIT) (Sigma, Livonia, MI, USA); Grace's (Gibco, Grand Island, NY, USA) ou Schneider's (Sigma, USA) (de Oliveira Filho *et al.*, 2024). O aparecimento do parasita pode ocorrer a partir de uma semana de cultura e sua sensibilidade é grande, porém é considerado um método de difícil realização devido seu alto custo e necessidade de um profissional capacitado (Maia; Campino, 2008).

5.2. Diagnóstico sorológico

De modo geral, o diagnóstico sorológico da LV canina baseia-se na observação do antígeno ou anticorpo (teste indireto) específicos para a doença. Existem mais de 50 antígenos que podem ser evidenciados por testes como o ensaio imunoenzimático comercial (ELISA), mas 13 deles foram evidenciados como 100% sensíveis para a presença do parasita, como a proteína LiHyC, considerada como um novo antígeno específico para leishmaniose canina e que possivelmente pode ser utilizada em diagnóstico para leishmanioses em humanos (Barbosa de Castro *et al.*, 2022; dos-Santos *et al.*, 2008).

Os testes mais comuns e utilizados para a detecção de anticorpos são: ensaio de imunofluorescência indireto (IFI), ELISA e ensaio de imunocromatografia, presente como teste rápido em clínicas e consultórios veterinários. Santos et al. demonstraram que cães considerados positivos para a presença de promastigotas de *L. infantum* em cultura de biópsia de baço também testaram positivo para testes sorológicos de detecção de anticorpos por ELISA, evidenciando a alta sensibilidade da sorologia (Machado *et al.*, 2020). Importante ressaltar que a triagem com o teste rápido imunocromatográfico (TR) poderá ser realizada a partir de amostras obtidas de sangue total, soro ou plasma. Uma vantagem do TR é que ele poderá ser realizado em campo ou em laboratório, de preferência pela esfera municipal, enquanto o ELISA somente poderá ser realizado nos LACEN ou em laboratórios e Unidades de Vigilância em Zoonoses (UVZ) municipais, de acordo com o organograma local (Brasil, 2022b).

Todos os testes sorológicos são considerados sensíveis e específicos desde que o cão apresente a soroconversão na presença do parasita, o que pode levar até três anos após a infecção. Alguns podem estar infectados e não possuírem anticorpos detectáveis, principalmente os cães infectados naturalmente, sendo necessários outros testes para confirmação do diagnóstico, como os testes moleculares (Selder *et al.*, 2018).

5.3. Diagnóstico molecular

Testes moleculares como a reação em cadeia da polimerase (PCR) são considerados os mais sensíveis e específicos para diagnóstico da LV canina. A PCR de medula óssea de cães mostrou-se mais eficiente do que a PCR de outros tecidos, sendo considerada o teste molecular padrão-ouro. A sensibilidade da PCR não está relacionada com a presença de sinais clínicos, já que foi a mesma quando realizada em grupos de cães sintomáticos e assintomáticos (maior que 90%) (Morales-Yuste; Martín-Sánchez; Corpas-Lopez, 2022; Selder *et al.*, 2018).

A necessidade de implementação de um teste acurado para o diagnóstico da LV canina surgiu a partir da contradição entre resultados sorológicos e parasitológicos de uma mesma amostra. A realização do teste de PCR em tempo real detecta a presença de parasitas em menor quantidade, podendo ser uma ferramenta útil em áreas endêmicas para LV canina e para o acompanhamento da carga parasitária pós-tratamento em pesquisas de novas vacinas e medicamentos (Francino *et al.*, 2006).

6. Impacto do tratamento de cães infectados

Além do importante papel na sustentação da transmissão das leishmanioses, o cão está envolvido diretamente nas relações sociais, sendo considerado muitas vezes um membro familiar. Embora fortemente recomendada nos manuais do Ministério da Saúde, a eutanásia configura-se em um assunto delicado e bastante controverso dentro da sociedade. Muitos tutores optam pela realização do tratamento e monitoramento do seu cão com o médico veterinário. Contudo, sabe-se que o tratamento para LVC não é capaz de induzir a eliminação completa do parasito, tornando o animal vulnerável aos flebotomíneos. Tratamentos imunoterápicos que objetivam o restabelecimento da imunidade canina e controle parasitário têm se mostrado promissores contra a LVC (Gonçalves *et al.*, 2019; Roatt *et al.*, 2017).

No estudo conduzido por Nogueira *et al.* (2019), 35 cães adultos com LVC, confirmada por testes clínicos e laboratoriais, receberam miltefosina na dose 2 mg/kg a cada 24h por 28 dias. Os cães foram observados por três meses e as avaliações clínicas foram conduzidas a partir de sistema de pontuação específicos e em horários pré-estabelecidos. Os pesquisadores avaliaram a carga parasitária através da citologia e reação em cadeia da polimerase em tempo real (qPCR) e a transmissibilidade do vetor avaliada por xenodiagnóstico. Dentre os resultados encontrados, observou-se a remissão dos sinais clínicos e redução dos escores clínicos em 94,2% dos animais; diminuição da carga parasitária por qPCR e redução da infectividade para flebotomíneos. Após o tratamento com a miltefosina, 74,2% dos animais permaneceram ou se tornaram não infecciosos (dos Santos Nogueira *et al.*, 2019).

No tratamento da LVC no continente europeu, preconiza-se a utilização do antimoníato de meglumina pentavalente. O regime recomendado terapêutico recomendado é de 35 a 50 mg/kg por via subcutânea, duas vezes ao dia durante quatro a seis semanas (Solano-Gallego *et al.*, 2009). Diferentes autores revelam que o medicamento oferece boa eficácia clínica, contudo não é capaz de eliminar a infecção. Outros autores demonstram que a combinação com alopurinol têm demonstrado melhor resposta ao tratamento de cães doentes e melhora nos parâmetros hematológicos e bioquímicos (Koutinas *et al.*, 2001; Travi *et al.*, 2018a). No Brasil, para os cães, o tratamento com Miltefosina pode até resultar no desaparecimento dos sinais clínicos, porém eles continuam como fontes de infecção para o vetor, e portanto, um risco para saúde da população humana e canina. Nestes casos, a eutanásia é recomendada como uma das formas de controle da Leishmaniose Visceral no país, mas deve ser realizada

de forma integrada às demais ações recomendadas pelo Ministério da Saúde (Brasil, 2023).

Medicamentos leishmanicidas, como o caso da miltefosina (2mg/kg, via oral, uma vez ao dia por quatro semana) associado ao alopurinol, demonstraram eficácia em cães naturalmente infectados. A tendência atual é a combinação de medicamentos parasitocidas-parasitostáticos e imunomoduladores que podem reduzir a carga parasitária e estabelecer resposta imune apropriada (Sabaté *et al.*, 2014; Travi *et al.*, 2018b).

7. Medidas de prevenção e os desafios da eutanásia no controle da disseminação de LVC

A presença de cães sororreagentes em ambientes domiciliares está associada à infecção humana por *L. infantum* nas Américas. Do ponto de vista epidemiológico, o cão apresenta-se como um importante reservatório da doença no contexto de rápidas expansões urbanas. Muitos tutores consideram cães e gatos como membros da família e a temática relacionada à eutanásia nem sempre é discutida, haja visto que para cães infectados esta seria a medida de controle preconizada pelo Ministério da Saúde (Brasil, 2014; Dantas-Torres *et al.*, 2019; Marzochi *et al.*, 2023; Prestes-Carneiro *et al.*, 2019; Travi *et al.*, 2018b).

Na América do Sul (Brasil, Colômbia, Venezuela), a eutanásia é oficialmente recomendada. O mesmo ocorre em Marrocos, Tunísia, parte do Mediterrâneo e em alguns países do Oriente Médio (Irã, Iraque, Síria) e Ásia Central (Armênia, Azerbaijão, Uzbequistão) (Alvar *et al.*, 2012). Por outro lado, em algumas localidades essa prática não é recomendada, como por exemplo, Afeganistão, Albânia, Argélia, Arábia Saudita, China, Cazaquistão, Geórgia, Paraguai e Tajiquistão (Alvar *et al.*, 2012).

Esforços intersetoriais têm sido realizados a fim de buscar alternativas eficazes e que possuam melhor custo-efetividade. Quanto às medidas de proteção coletiva, é recomendado pelo PCLV a pulverização química com deltametrina por meio da utilização de inseticidas de ação residual. Essa medida é direcionada às formas adultas dos flebotomíneos, diminuindo o contato entre o vetor e a população; atuando na redução do risco de transmissão das leishmanioses. Ademais, o manual recomenda que a borrifação seja realizada nos locais com o primeiro registro autóctone da doença em humanos e em áreas com transmissão intensa e muito intensa. Recentemente, coleiras caninas impregnadas com deltametrina a 4% foram implementadas ao programa como ferramenta no controle da LV (BRASIL, 2022; Camargo-Neves; Rodas; Junior, 2004). As

coleiras possuem ação de repelência contra os flebotomíneos responsáveis pela transmissão da doença e a sua distribuição é realizada pelo Ministério da Saúde aos municípios estratificados segundo a intensidade de transmissão, em média, intensa e muito intensa (BRASIL, 2022; Camargo-Neves; Rodas; Junior, 2004; Tolezano *et al.*, 2018).

As coleiras são de uso exclusivo em cães e promovem lenta liberação do princípio ativo na derme do animal. Em média, após duas a três semanas do uso da coleira, o animal apresenta uma distribuição do inseticida por todo o corpo, protegendo do contato direto com o vetor da *Leishmania infantum* (Brasil, 2022a). Em todos os casos, essa estratégia necessitará estar bem delineada com o serviço epidemiológico do município - Secretarias Estaduais de Saúde (SES) e Secretarias Municipais de Saúde (SMS) -, haja vista que a sazonalidade e a densidade vetorial precisarão ser conhecidas (Brasil, 2014).

Estudos que envolvem a borrifação como proteção coletiva revelam correlações positivas entre o percentual de cobertura nos inquéritos caninos e a incidência de casos humanos, visto que o acometimento canino precederá os casos humanos (Almeida *et al.*, 2021; Bruhn *et al.*, 2018; Fraga *et al.*, 2016; Matsumoto *et al.*, 2021; Vaz *et al.*, 2020). Destarte, ações conjuntas que abarcam a eliminação de cães sororreagentes e a borrifação em locais estratégicos de prevalência vetorial poderão ser consideradas medidas de controles efetivas (de Oliveira; de Araújo, 2003; L. Werneck *et al.*, 2008; Romero; Boelaert, 2010; Werneck, 2014).

A suscetibilidade dos flebotomíneos ao uso de inseticidas deve ser destacada, uma vez que os compostos atualmente recomendados pertencem à classe dos piretroides. Habitualmente, os serviços de vigilância epidemiológicas regionais utilizam o tratamento a Ultrabaixo Volume (UBV), conhecido como “fumacê”, no controle do culicídeo *Aedes aegypti* (Brasil, 2001), e essa ação pode ser compreendida como coadjuvante no controle de flebotomíneos (González *et al.*, 2019; Marceló; Cabrera; Santamaría, 2014; Pessoa *et al.*, 2015; Sardar *et al.*, 2018).

Em contrapartida, estudos apontam que o uso indiscriminado de inseticidas/defensivos agrícolas pode acarretar na resistência do vetor a diferentes compostos químicos (Alexander; Maroli, 2003; Balaska *et al.*, 2021; Henriquez *et al.*, 2009). Preconiza-se, portanto, o uso racional desses componentes a fim de atender às demandas públicas, como nos casos das coleiras caninas impregnadas de inseticida (Courtenay; Bazmani; *et al.*, 2019; Yimam; Mohebbi, 2020). Os piretroides utilizados como estratégia de controle reduzem o contato vetor-hospedeiro e a densidade populacional de flebotomíneos através da impregnação de coleiras específicas. De

acordo com o guia de vigilância em saúde (2022), as coleiras são de uso exclusivo em cães e promovem lenta liberação do princípio ativo na derme do animal. Em média, após duas a três semanas do uso da coleira, o animal apresenta uma distribuição do inseticida por todo o corpo, protegendo do contato direto com o vetor. As coleiras devem ser substituídas a cada seis meses (Alexander; Maroli, 2003; Balaska *et al.*, 2021; Brasil, 2022a; Courtenay; Bazmani; *et al.*, 2019; Gálvez, R. *et al.*, 2018; Leite *et al.*, 2018; Yimam; Mohebbi, 2020).

8. Prospecção de vacinas

Existem três vacinas que são disponibilizadas atualmente contra a LVC, a saber: Leish-Tec® (Ceva Animal Health, Brasil), CanilLeish® (Virbac Santé Animale, França) e Letifend® (Laboratórios Leti, Espanha). É importante ressaltar que Leish-Tec® foi retirada temporariamente do mercado brasileiro e o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) determinou a suspensão da fabricação e venda da vacina. Embora haja descrições de redução da infectividade e progressão da doença, a eficácia ainda parece ser baixa (García-Castro *et al.*, 2022; Hosein; Blake; Solano-Gallego, 2017). Os níveis de proteção oferecidos pela imunização de forma isolada não são satisfatórios para prevenir a infecção por *L. infantum*. O uso de vacinas que reduzem a gravidade dos sinais clínicos, podem ocultar indivíduos infectados, sendo, portanto, prejudiciais ao controle global da LVC, principalmente em áreas onde o risco zoonótico é considerado alto.

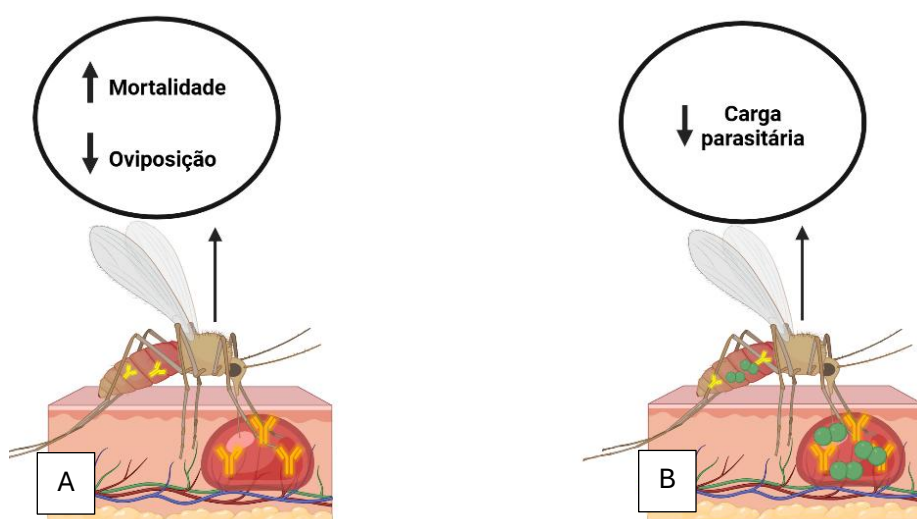
Nesse contexto, os estudos atualmente disponíveis sobre vacinas licenciadas são considerados insuficientes e não permitem estudos comparativos. Dentre as dificuldades encontradas observa-se a falta de padronização no delineamento dos estudos, deficiências metodológicas e diferenças substanciais nas características das populações avaliadas. Isto posto, apesar dos desafios e limitações que os programas de controle da LVH e LVC enfrentam, a vacinação deve ser considerada como a ferramenta de controle com melhor custo-benefício e sua prospecção continua sendo uma prioridade no campo científico-tecnológico. O desenvolvimento de novas estratégias para controlar a transmissão da *Leishmania* spp. torna-se premente.

Uma abordagem importante para a prevenção coletiva é as TBVs (Vacinas Bloqueadoras de Transmissão). Trata-se de uma vacina que visa interromper a cadeia de transmissão do patógeno por vetores (Graciano *et al.*, 2019). O princípio dessas vacinas consiste em utilizar antígenos do vetor ou do parasita para estimular a produção de anticorpos específicos (Figura 3). Esses anticorpos, ao se ligar aos antígenos, interferem na biologia do vetor e do parasita, reduzindo sua capacidade de infecção e transmissão.

Ao se alimentar de um hospedeiro imunizado, o vetor ingere anticorpos que podem neutralizar o parasita em seu organismo, diminuindo assim a sua competência vetorial (Leite *et al.*, 2023).

Com intuito de reduzir o ciclo de transmissão e estágios iniciais reprodutivos do protozoário, as primeiras tentativas de desenvolvimento das TBVs foram realizadas para o controle da malária. As proteínas de membrana como Pvs25 e Pvs28 são expressas na superfície dos zigotos e oocinetos do *Plasmodium vivax* e a partir do seu estudo foi possível prospectar a TBVs no contexto da LVC (Grotendorst *et al.*, 1984).

Figura 3 – Entendimento dos efeitos das vacinas bloqueadoras para controle da leishmaniose visceral canina em flebotomíneos



Em **A** observa-se o cão saudável e imunizado e em **B** um cão infectado com *Leishmania* spp. e imunizado. **A**: aumento da mortalidade dos flebotomíneos e redução da oviposição. **B**: redução da carga parasitária em flebotomíneos. Fonte: Adaptado de (Giunchetti *et al.*, 2019; Leite *et al.*, 2023). Elaborado pelos autores, 2025. (Created in ©BioRender-biorender.com)

Um estudo conduzido por Toepp *et al.* (2018) evidenciou que os efeitos adversos foram de aproximadamente 3% ao vacinar cães saudáveis com LeishTec®. Contudo, é importante levar em consideração a sazonalidade dos flebotomíneos e demais vetores envolvidos no contexto de doenças tropicais negligenciadas. Ressalta-se ainda o cuidado com ectoparasitas, como o caso de carrapatos que em atividades podem transmitir diferentes patógenos como *Dirofilaria* spp., *Babesia* spp., *Ehrlichia* spp., *Anaplasma* spp., que poderão evoluir como coinfeções com *Leishmania* spp., capazes de afetar o sistema imune e demais complicações da doença (Toepp *et al.*, 2019; Travi *et al.*, 2018b).

Ostolin et al. (2021) avaliou uma vacina quimérica combinada com sistema adjuvante capaz de induzir imunogenicidade e proteção contra leishmaniose visceral em camundongos. Camundongos BALB/c foram vacinados por via subcutânea com três doses e desafiados por via intravenosa com 1×10^7 promastigotas de *L. infantum*. A vacinação com a proteína quimérica A formulada com o sistema adjuvante SM foi capaz de aumentar a porcentagem de proliferação de linfócitos T específicos e estimulou uma resposta Th1 com aumento dos níveis de IFN- γ , TNF- α e IL-2, e diminuição de IL-4 e IL-10. Além disso, os autores observaram aumento dos níveis de óxido nítrico nos sobrenadantes de cultura estimulada. A Quimera A formulada com o sistema adjuvante SM foi potencialmente imunogênica, capaz de induzir mecanismos imunoprotetores e reduzir a carga parasitária, configurando-se portanto, em uma vacina multiepítipo promissora contra leishmaniose visceral (Ostolin et al., 2021).

9. Considerações finais

A LVC representa um desafio significativo para a saúde pública e veterinária no Brasil, exigindo abordagens integradas e multidisciplinares para o controle da doença. Trata-se de uma zoonose complexa e de grande relevância no Brasil, com o cão desempenhando um papel central como reservatório doméstico do parasita *Leishmania infantum*. A interação entre o parasita, o vetor (flebotomíneo) e o hospedeiro canino é intrincada, influenciando a transmissão e a patogenia da doença. As leishmanioses, de modo geral, estão envolvidas no contexto do aquecimento global e de movimentos migratórios humano e animal, fatores que contribuem para o aumento da transmissão da doença.

Cães infectados, mesmo assintomáticos, são importantes fontes de infecção para os vetores, considerados, portanto mantenedores do ciclo de transmissão. A capacidade do vetor de adquirir, manter e transmitir o parasita varia entre as espécies de flebotomíneos, influenciando a epidemiologia da doença. Dentre as preocupações existentes, o tratamento parece ser limitado em algumas regiões do Brasil, especialmente para populações em situações de vulnerabilidade social. Para essas localidades o acesso aos medicamentos e acompanhamento dos cães com LVC torna-se um desafio. Vale ressaltar que as opções de tratamento para LVC em cães no Brasil são restritas e paliativas, visando o controle dos sinais clínicos e a redução da infectividade, mas não a cura parasitológica. A eutanásia dos cães soropositivos é uma

medida de controle adotada em algumas áreas, gerando debates éticos e questionamentos sobre sua eficácia na saúde pública.

A prospecção de vacinas para LVC enfrenta inúmeros desafios, como por exemplo a complexidade da doença com formas clínicas e respostas imunes variáveis nos cães. Além disso, *Leishmania infantum* tem um ciclo de vida complexo e é capaz de modular a resposta imune do hospedeiro, dificultando o desenvolvimento de uma vacina eficaz. Por esse motivo a identificação de antígenos protetores que induzam uma resposta imune duradoura e eficaz é um desafio existente nas pesquisas envolvendo as leishmanioses. O desenvolvimento de vacinas seguras requer estudos clínicos rigorosos, longos e dispendiosos e a sua produção em larga escala carece de infraestrutura e tecnologia adequadas. Vale ressaltar que poderá haver desafios na aceitação e implementação, principalmente no que se refere à sensibilização sobre a importância da vacinação em ampla escala; a colaboração entre veterinários, tutores e autoridades de saúde pública é essencial para o sucesso dos programas de vacinação. A superação desses desafios contribuirá para o controle da doença e proteção da saúde dos cães e dos humanos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade de Uberaba (UNIUBE); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), em especial ao projeto em andamento APQ-01203-23; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio disponibilizado para o desenvolvimento deste estudo.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, Gustavo; RENDEIRO, Vanessa. Regional Distribution and Habitats of Brazilian Phlebotomine Species. **Brazilian Sand Flies: Biology, Taxonomy, Medical Importance and Control**. [S. l.: s. n.], 2018. p. 251–298. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75544-1_4.

AKHOUNDI, Mohammad; DOWNING, Tim; VOTÝPKA, Jan; KUHLS, Katrin; LUKEŠ, Julius; CANNET, Arnaud; RAVEL, Christophe; MARTY, Pierre; DELAUNAY, Pascal; KASBARI, Mohamed; GRANOUILAC, Bruno; GRADONI, Luigi; SERENO, Denis. Leishmania infections: Molecular targets and diagnosis. **Molecular Aspects of Medicine**, Leishmania Infections: Molecular Targets and Diagnosis. [s. l.], vol. 57, p. 1–29, 1 Oct. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2016.11.012>.

ALEXANDER, B.; MAROLI, M. Control of phlebotomine sandflies. **Medical and Veterinary Entomology**, [s. l.], vol. 17, no. 1, p. 1–18, Mar. 2003. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2003.00420.x>.

ALMEIDA, Aliny Pontes; PEREIRA JÚNIOR, Antonio Marques; PAULO, Paula Frassinetti Medeiros de; PINTO, Adriano Mendes Marchandeu; BOROVIEC, Bruna Bastos; VIANA, Geysa Almeida; FREITAS, Moisés Thiago de Souza; FUVERKI, Renata Benício Neves; FERREIRA, Ricardo de Godoi Mattos; MEDEIROS, Jansen Fernandes. The spread of visceral leishmaniasis in Brazil: the first canine cases described in Ji-Paraná, Rondônia, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, [s. l.], vol. 30, 29 Nov. 2021. DOI 10.1590/S1984-29612021085. Available at: <http://www.scielo.br/j/rbpv/a/LZwqt7VL6pcPSfhZfznKRxk/abstract/?lang=en>. Accessed on: 15 Nov. 2022.

ALVAR, Jorge; VÉLEZ, Iván D.; BERN, Caryn; HERRERO, Mercé; DESJEUX, Philippe; CANO, Jorge; JANNIN, Jean; BOER, Margriet den; TEAM, the WHO Leishmaniasis Control. Leishmaniasis Worldwide and Global Estimates of Its Incidence. **PLOS ONE**, [s. l.], vol. 7, no. 5, p. e35671, 31 May 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035671>.

ANSARI, Zeeshan; CHAURASIA, Ayush; NEHA, null; KALANI, Anuradha; BACHHETI, Rakesh Kumar; GUPTA, Prakash Chandra. Comprehensive insights into leishmaniasis: From etiopathogenesis to a novel therapeutic approach. **Microbial Pathogenesis**, [s. l.], vol. 204, p. 107535, 2 Apr. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2025.107535>.

ANVERSA, Laís; TIBURCIO, Monique Gomes Salles; RICHINI-PEREIRA, Virgínia Bodelão; RAMIREZ, Luis Eduardo. Human leishmaniasis in Brazil: A general review. **Revista da Associação Médica Brasileira**, [s. l.], vol. 64, p. 281–289, Mar. 2018. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.64.03.281>.

ARAUJO-PEREIRA, Thais de; PITA-PEREIRA, Daniela de; MOREIRA, Regina Barbosa; SILVA-GALDINO, Tainah; DUARTE, Márcia P. de Oliveira; BRAZIL, Reginaldo Peçanha; BRITTO, Constança. Molecular diagnosis of cutaneous leishmaniasis in an endemic area of Acre State in the Amazonian Region of Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, [s. l.], vol. 51, p. 376–381, Jun. 2018. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0232-2017>.

AZAMI-CONESA, Iris; GÓMEZ-MUÑOZ, María Teresa; MARTÍNEZ-DÍAZ, Rafael Alberto. A Systematic Review (1990–2021) of Wild Animals Infected with Zoonotic Leishmania. **Microorganisms**, [s. l.], vol. 9, no. 5, p. 1101, 20 May 2021. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9051101>.

BALASKA, Sofia; FOTAKIS, Emmanouil Alexandros; CHASKOPOULOU, Alexandra; VONTAS, John. Chemical control and insecticide resistance status of sand fly vectors worldwide. **PLoS neglected tropical diseases**, [s. l.], vol. 15, no. 8, p. e0009586, Aug. 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009586>.

BARATI, Mohammad; MOHEBALI, Mehdi; ALIMOHAMMADIAN, Mohammad Hossein; KHAMESIPOUR, Ali; AKHOUNDI, Behnaz; ZAREI, Zabiholah. Canine visceral leishmaniasis: seroprevalence survey of asymptomatic dogs in an endemic area of northwestern Iran. **Journal of Parasitic Diseases**, [s. l.], vol. 39, no. 2, p. 221–224, 1 Jun. 2015. <https://doi.org/10.1007/s12639-013-0325-2>.

BARBOSA DE CASTRO, Raissa; BADARÓ DE MORAES, João Victor; COSTA BRESSAN, Gustavo; DE SOUZA VASCONCELLOS, Raphael; SILVA-JÚNIOR, Abelardo; LOPES RANGEL FIETTO, Juliana. Antigens and their diagnostic performance for Canine Visceral Leishmaniasis: A critical review. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], vol. 301, p. 109638, 1 Jan. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109638>.

BARBOSA, Gabrielle Maria. ASPECTOS IMUNOLÓGICOS DA COINFECÇÃO DE LEISHMANIOSE VISCERAL E ERLIQUIOSE MONOCÍTICA CANINA. [s. l.], 2022. .

BARBOSA, Isabelle Ribeiro; CARLOTA, Francisco Canindé; DE ANDRADE-NETO, Valter Ferreira. Seroepidemiological Survey of Canine Leishmania Infections from Peripheral Areas in

Natal, Northeast Brazil. **The Open Microbiology Journal**, [s. l.], vol. 9, p. 43–47, 31 Jul. 2015. <https://doi.org/10.2174/1874285801509010043>.

BRASIL. Dengue - Instruções para Pessoal de Combate ao Vetor. [s. l.], p. 75, 2001. .

BRASIL. **Guia de Vigilância em Saúde [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Articulação Estratégica de Vigilância em Saúde. – 5. ed. rev. e atual. – Brasília : Ministério da Saúde. [S. l.: s. n.], 2022a.** Available at: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_saude_5ed_rev_atual.pdf.

BRASIL. **Guia de Vigilância em Saúde [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Articulação Estratégica de Vigilância em Saúde. – 5. ed. rev. e atual. – Brasília : Ministério da Saúde, 2022.** [S. l.: s. n.], 2022b. Available at: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_saude_5ed_rev_atual.pdf.

BRASIL. Leishmaniose Visceral — Ministério da Saúde. 2025. Available at: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/leishmaniose-visceral>. Accessed on: 6 May 2025.

BRASIL. **Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica.** [S. l.: s. n.], 2014.

BRASIL. Situação epidemiológica da Leishmaniose Visceral. 2022. **Ministério da Saúde.** Available at: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/l/leishmaniose-visceral/situacao-epidemiologica-da-leishmaniose-visceral>. Accessed on: 7 Nov. 2022.

BRUHN, Fábio Raphael Pascoti; MORAIS, Maria Helena Franco; CARDOSO, Denis Lucio; BRUHN, Nádia Campos Pereira; FERREIRA, Fernando; ROCHA, Christiane Maria Barcellos Magalhães da. Spatial and temporal relationships between human and canine visceral leishmaniasis in Belo Horizonte, Minas Gerais, 2006–2013. **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 11, no. 1, p. 372, 28 Jun. 2018. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2877-6>.

CACHEIRO-LLAGUNO, Cristina; PARODY, Nuria; ESCUTIA, Marta R.; CARNÉS, Jerónimo. Role of Circulating Immune Complexes in the Pathogenesis of Canine Leishmaniasis: New Players in Vaccine Development. **Microorganisms**, [s. l.], vol. 9, no. 4, p. 712, Apr. 2021. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9040712>.

CAMARGO-NEVES, Vera Lucia Fonseca de; RODAS, Lílian Aparecida Colebrusco; JUNIOR, Clóvis Pauliquéis. **Avaliação da Efetividade da Utilizaçãode Coleiras Impregnadas com Deltametrina a 4% para o Controle da Leishmaniose Visceral Americana no Estado de São Paulo: Resultados Preliminares.** [S. l.: s. n.], 2004. Available at: Boletim Epidemiológico Paulista, São Paulo, v. 1, n. 12, dez. 2004.

CARVALHO, Amanda G.; LUZ, João Gabriel G.; RODRIGUES, Luane D.; DIAS, João Victor L.; FONTES, Cor Jesus F. Factors associated with Leishmania spp. infection in domestic dogs from an emerging area of high endemicity for visceral leishmaniasis in Central-Western Brazil. **Research in Veterinary Science**, [s. l.], vol. 125, p. 205–211, Aug. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.06.013>.

CARVALHO, Amanda Gabriela de; LUZ, João Gabriel Guimarães; RODRIGUES, Luane Dantas; DIAS, João Victor Leite; FONTES, Cor Jesus Fernandes. High seroprevalence and peripheral spatial distribution of visceral leishmaniasis among domestic dogs in an emerging urban focus in Central Brazil: a cross-sectional study. **Pathogens and Global Health**, [s. l.], vol. 112, no. 1, p. 29–36, Feb. 2018. <https://doi.org/10.1080/20477724.2018.1438229>.

COURA-VITAL, Wendel; REIS, Alexandre Barbosa; REIS, Levi Eduardo Soares; BRAGA, Samuel Leôncio; ROATT, Bruno Mendes; AGUIAR-SOARES, Rodrigo Dian de Oliveira; MARQUES, Marcos José; VELOSO, Vanja Maria; CARNEIRO, Mariângela. Canine visceral leishmaniasis: Incidence and risk factors for infection in a cohort study in Brazil. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], vol. 197, no. 3–4, p. 411–417, Nov. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.07.031>.

COURTENAY, Orin; BAZMANI, Ahad; PARVIZI, Parviz; READY, Paul D.; CAMERON, Mary M. Insecticide-impregnated dog collars reduce infantile clinical visceral leishmaniasis under operational conditions in NW Iran: A community-wide cluster randomised trial. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], vol. 13, no. 3, p. e0007193, 4 Mar. 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007193>.

COURTENAY, Orin; DILGER, Erin; CALVO-BADO, Leo A.; KRAVAR-GARDE, Lidija; CARTER, Vicky; BELL, Melissa J.; ALVES, Graziella B.; GONCALVES, Raquel; MAKHDOOMI, Muhammad M.; GONZÁLEZ, Mikel A.; NUNES, Caris M.; BRAY, Daniel P.; BRAZIL, Reginaldo P.; HAMILTON, James G. C. Sand fly synthetic sex-aggregation pheromone co-located with insecticide reduces the incidence of infection in the canine reservoir of visceral leishmaniasis: A stratified cluster randomised trial. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], vol. 13, no. 10, p. e0007767, 25 Oct. 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007767>.

DA-CRUZ, A. M.; PIRMEZ, C. **Leishmaniose Tegumentar Americana**. In: **COURA, J. R. Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

DANTAS-TORRES, F.; LORUSSO, V.; TESTINI, G.; DE PAIVA-CAVALCANTI, M.; FIGUEREDO, L.A.; STANNECK, D.; MENCKE, N.; BRANDÃO-FILHO, S.P.; ALVES, L.C.; OTRANTO, D. Detection of *Leishmania infantum* in *Rhipicephalus sanguineus* ticks from Brazil and Italy. **Parasitology Research**, [s. l.], vol. 106, no. 4, p. 857–860, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-1722-4>.

DANTAS-TORRES, Filipe; MIRÓ, Guadalupe; BOWMAN, Dwight D.; GRADONI, Luigi; OTRANTO, Domenico. Culling Dogs for Zoonotic Visceral Leishmaniasis Control: The Wind of Change. **Trends in Parasitology**, [s. l.], vol. 35, no. 2, p. 97–101, 1 Feb. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2018.11.005>.

DE OLIVEIRA FILHO, Virlânio Alves; GARCIA, Marcus Sávio Araujo; ROSA, Leticia Bazilio; GIORGIO, Selma; MIGUEL, Danilo Ciccone. An Overview of *Leishmania* In Vitro Cultivation and Implications for Antileishmanial Screenings against Promastigotes. **Parasitologia**, [s. l.], vol. 4, no. 4, p. 305–318, Dec. 2024. <https://doi.org/10.3390/parasitologia4040027>.

DE OLIVEIRA, Simone Souza; DE ARAÚJO, Tânia Maria. [Evaluation of control measures for visceral leishmaniasis (kala azar) in an endemic area in Bahia, Brazil (1995-2000)]. **Cadernos De Saude Publica**, [s. l.], vol. 19, no. 6, p. 1681–1690, Dec. 2003. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2003000600012>.

DE VASCONCELOS, Tassia Cristina Bello; FURTADO, Marina Carvalho; BELO, Vinícius Silva; MORGADO, Fernanda Nazaré; FIGUEIREDO, Fabiano Borges. Canine susceptibility to visceral leishmaniasis: A systematic review upon genetic aspects, considering breed factors and immunological concepts. **Infection, Genetics and Evolution: Journal of Molecular Epidemiology and Evolutionary Genetics in Infectious Diseases**, [s. l.], vol. 74, p. 103293, Oct. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2017.10.005>.

DOS SANTOS NOGUEIRA, Fabio; AVINO, Valdir Carlos; GALVIS-OVALLOS, Fredy; PEREIRA-CHIOCCOLA, Vera Lucia; MOREIRA, Marcio Antonio Batistella; ROMARIZ, Ana Paula Peres Lopes; MOLLA, Leticia M.; MENZ, Ingrid. Use of miltefosine to treat canine visceral leishmaniasis caused by *Leishmania infantum* in Brazil. **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 12, no. 1, p. 79, 8 Feb. 2019. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3323-0>.

DOS-SANTOS, W. L. C.; JESUS, E. E.; PARANHOS-SILVA, M.; PEREIRA, A. M.; SANTOS, J. C.; BALEEIRO, C. O.; NASCIMENTO, E. G.; MOREIRA, E. D.; OLIVEIRA, G. G. S.; PONTES-DE-CARVALHO, L. C. Associations among immunological, parasitological and clinical parameters in canine visceral leishmaniasis: Emaciation, spleen parasitism, specific antibodies and leishmanin skin test reaction. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, [s. l.], vol. 123, no. 3, p. 251–259, 15 Jun. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.02.004>.

EL OMARI, Hajar; CHAHLAOUI, Abdelkader; TALBI, Fatima Zahra; MOUHDI, Karima El; EL OUALI LALAMI, Abdelhakim. Impact of Climatic Factors on the Seasonal Fluctuation of Leishmaniasis Vectors in Central Morocco (Meknes Prefecture). **The Canadian Journal of Infectious Diseases & Medical Microbiology = Journal Canadien Des Maladies Infectieuses Et De La Microbiologie Medicale**, [s. l.], vol. 2020, p. 6098149, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/6098149>.

FARIA, Angélica Rosa; ANDRADE, Hélida Monteiro de. Diagnóstico da Leishmaniose Visceral Canina: grandes avanços tecnológicos e baixa aplicação prática. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, [s. l.], vol. 3, no. 2, p. 47–57, Jun. 2012. <https://doi.org/10.5123/S2176-62232012000200007>.

FRAGA, Deborah Bittencourt Mothé; PACHECO, Luciano Vasconcellos; BORJA, Lairton Souza; TUY, Pétala Gardênia da Silva Estrela; BASTOS, Leila Andrade; SOLCÁ, Manuela da Silva; AMORIM, Leila Denise Alves Ferreira; VERAS, Patrícia Sampaio Tavares. The Rapid Test Based on Leishmania infantum Chimeric rK28 Protein Improves the Diagnosis of Canine Visceral Leishmaniasis by Reducing the Detection of False-Positive Dogs. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], vol. 10, no. 1, p. e0004333, 5 Jan. 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004333>.

FRANCINO, O.; ALTET, L.; SÁNCHEZ-ROBERT, E.; RODRIGUEZ, A.; SOLANO-GALLEGO, L.; ALBEROLA, J.; FERRER, L.; SÁNCHEZ, A.; ROURA, X. Advantages of real-time PCR assay for diagnosis and monitoring of canine leishmaniosis. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], vol. 137, no. 3, p. 214–221, 30 Apr. 2006. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.01.011>.

FUJISAWA, Kyoko; SILCOTT-NILES, Charlotte; SIMONSON, Poppy; LAMATTINA, Daniela; HUMERES, Cristian A.; BHATTACHARYYA, Tapan; MERTENS, Pascal; THUNISSEN, Caroline; O'ROURKE, Victoria; PAÑCZUK, Magdalena; WHITWORTH, James A.; SALOMÓN, Oscar Daniel; MILES, Michael A. Emergent canine visceral leishmaniasis in Argentina: Comparative diagnostics and relevance to proliferation of human disease. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], vol. 15, no. 7, p. e0009552, 19 Jul. 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009552>.

GALATI, Eunice A. B. Phlebotominae (Diptera, Psychodidae): Classification, Morphology and Terminology of Adults and Identification of American Taxa. In: RANGEL, Elizabeth F.; SHAW, Jeffrey J. (eds.). **Brazilian Sand Flies : Biology, Taxonomy, Medical Importance and Control**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 9–212. DOI 10.1007/978-3-319-75544-1_2. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-75544-1_2. Accessed on: 7 Oct. 2023.

GÁLVEZ, R.; MONTOYA, A.; FONTAL, F.; MARTÍNEZ DE MURGUÍA, L.; MIRÓ, G. Controlling phlebotomine sand flies to prevent canine Leishmania infantum infection: A case of knowing your enemy. **Research in Veterinary Science**, [s. l.], vol. 121, p. 94–103, Dec. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.10.008>.

GÁLVEZ, Rosa; MONTOYA, Ana; CRUZ, Israel; FERNÁNDEZ, Carlos; MARTÍN, Oihane; CHECA, Rocío; CHICHARRO, Carmen; MIGUELÁÑEZ, Silvia; MARINO, Valentina; MIRÓ, Guadalupe. Latest trends in Leishmania infantum infection in dogs in Spain, Part I: mapped seroprevalence and sand fly distributions. **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 13, no. 1, p. 204, 21 Apr. 2020. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04081-7>.

GARCÍA-CASTRO, Ana; EGUI, Adriana; THOMAS, María Carmen; LÓPEZ, Manuel Carlos. Humoral and Cellular Immune Response in Asymptomatic Dogs with Visceral Leishmaniasis: A Review. **Vaccines**, [s. l.], vol. 10, no. 6, p. 947, Jun. 2022. <https://doi.org/10.3390/vaccines10060947>.

GIORGOBIANI, Ekaterina; CHITADZE, Nazibrola; CHANTURYA, Gvantsa; GRDZELIDZE, Marina; JOCHIM, Ryan C.; MACHABLISHVILI, Anna; TUSHISHVILI, Tsiuri; ZEDGINIDZE, Yulia; MANJGALADZE, Marina K.; IASHVILI, Nino; MAKHARADZE, Manana P.; ZAKARAYA, Tsiuri; KIKALEISHVILI, Konstantin; MARKHVASHVILI, Ivan; BADASHVILI, Goderdzi; DARASELIA, Teymuraz; FAY, Michael P.; KAMHAWI, Shaden; SACKS, David. Epidemiologic Aspects of an Emerging Focus of Visceral Leishmaniasis in Tbilisi, Georgia. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], vol. 5, no. 12, p. e1415, 13 Dec. 2011. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001415>.

GIUNCHETTI, Rodolfo Cordeiro; SILVEIRA, Patricia; RESENDE, Lucilene Aparecida; LEITE, Jaqueline Costa; MELO-JÚNIOR, Otoni Alves de Oliveira; RODRIGUES-ALVES, Marina Luiza; COSTA, Laís Moreira; LAIR, Daniel Ferreira; CHAVES, Vinícius Rossi; SOARES, Ingrid Dos Santos; DE MENDONÇA, Ludmila Zanandreis; LANNA, Mariana Ferreira; RIBEIRO, Helen Silva; MAIA-GONÇALVES, Ana Alice; SANTOS, Thaiza Aline Pereira; ROATT, Bruno Mendes; AGUIAR-SOARES, Rodrigo Dian Oliveira; VITORIANO-SOUZA, Juliana; DAS DORES MOREIRA, Nádia; MATHIAS, Fernando Augusto Siqueira; CARDOSO, Jamille Mirelle de Oliveira; COURA-VITAL, Wendel; GALDINO, Alexsandro Sobreira; VIANA, Kelvinson Fernandes; MARTINS-FILHO, Olindo Assis; SILVEIRA-LEMOS, Denise da; DUTRA, Walderez Ornelaz; REIS, Alexandre Barbosa. Canine visceral leishmaniasis biomarkers and their employment in vaccines. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], vol. 271, p. 87–97, Jul. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.05.006>.

GIZZARELLI, Manuela; FIORENTINO, Eleonora; BEN FAYALA, Nour El Houda; MONTAGNARO, Serena; TORRAS, Raquel; GRADONI, Luigi; OLIVA, Gaetano; FOGLIA MANZILLO, Valentina. Assessment of Circulating Immune Complexes During Natural and Experimental Canine Leishmaniasis. **Frontiers in Veterinary Science**, [s. l.], vol. 7, p. 273, 2020. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00273>.

GONÇALVES, Ana Alice Maia; LEITE, Jaqueline Costa; RESENDE, Lucilene Aparecida; MARIANO, Reysla Maria da Silveira; SILVEIRA, Patricia; MELO-JÚNIOR, Otoni Alves de Oliveira; RIBEIRO, Helen Silva; DE OLIVEIRA, Diana Souza; SOARES, Diogo Fonseca; SANTOS, Thaiza Aline Pereira; MARQUES, Alexandre Ferreira; GALDINO, Alexsandro Sobreira; MARTINS-FILHO, Olindo Assis; DUTRA, Walderez Ornelas; DA SILVEIRA-LEMOS, Denise; GIUNCHETTI, Rodolfo Cordeiro. An Overview of Immunotherapeutic Approaches Against Canine Visceral Leishmaniasis: What Has Been Tested on Dogs and a New Perspective on Improving Treatment Efficacy. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, [s. l.], vol. 9, p. 427, 2019. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2019.00427>.

GONZÁLEZ, Mikel A.; BELL, Melissa J.; BERNHARDT, Scott A.; BRAZIL, Reginaldo P.; DILGER, Erin; COURTENAY, Orin; HAMILTON, James G. C. Susceptibility of wild-caught *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) sand flies to insecticide after an extended period of exposure in western São Paulo, Brazil. **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 12, no. 1, p. 110, 14 Mar. 2019. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3364-4>.

GRACIANO, Raíssa C. D.; RIBEIRO, Júlia A. T.; MACÊDO, Anderson K. S.; DE S LAVAREDA, José Paulo; DE OLIVEIRA, Pedro R.; NETTO, Jairo B.; NOGUEIRA, Laís M.; MACHADO, Juliana M.; CAMPOSDA-PAZ, Mariana; GIUNCHETTI, Rodolfo C.; GALDINO, Alexsandro S. Recent Patents Applications in Red Biotechnology: A Mini-Review. **Recent Patents on Biotechnology**, [s. l.], vol. 13, no. 3, p. 170–186, 2019. <https://doi.org/10.2174/1872208313666190114150511>.

GRAMICCIA, Marina; GRADONI, Luigi. The current status of zoonotic leishmaniasis and approaches to disease control. **International Journal for Parasitology**, [s. l.], vol. 35, no. 11–12, p. 1169–1180, Oct. 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2005.07.001>.

GRIENSVEN, Johan van; DIRO, Ermias. Visceral Leishmaniasis: Recent Advances in Diagnostics and Treatment Regimens. **Infectious Disease Clinics**, [s. l.], vol. 33, no. 1, p. 79–99, 1 Mar. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2018.10.005>.

GROTENDORST, C A; KUMAR, N; CARTER, R; KAUSHAL, D C. A surface protein expressed during the transformation of zygotes of *Plasmodium gallinaceum* is a target of transmission-blocking antibodies. **Infection and Immunity**, [s. l.], vol. 45, no. 3, p. 775–777, Sep. 1984. <https://doi.org/10.1128/iai.45.3.775-777.1984>.

HARDING-ESCH, Emma M.; BRADY, Molly A.; ANGELES, Cristiam A. Carey; FLEMING, Fiona M.; MARTIN, Diana L.; MCPHERSON, Scott; HURTADO, Hollman Miller; NESEMANN, John M.; NWOBI, Benjamin C.; SCHOLTE, Ronaldo G. C.; TALEO, Fasihah; TALERO, Sandra Liliana; SOLOMON, Anthony W.; SABOYÁ-DÍAZ, Martha Idalí. Lessons from the Field: Integrated survey methodologies for neglected tropical diseases. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, [s. l.], vol. 115, no. 2, p. 124–126, 28 Jan. 2021. <https://doi.org/10.1093/trstmh/traa132>.

HENRIQUEZ, Caterine; PEREIRA, Yaneth; COCHERO, Suljei; BEJARANO, Eduar Elías. Dosis diagnóstica y umbral de resistencia de *Lutzomyia evansi* (Diptera: Psychodidae), a dos insecticidas utilizados en salud pública en Colombia: deltametrina y lambdacihalotrina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, [s. l.], vol. 68, no. 3–4, p. 287–294, Dec. 2009. .

HOSEIN, Shazia; BLAKE, Damer P.; SOLANO-GALLEGO, Laia. Insights on adaptive and innate immunity in canine leishmaniosis. **Parasitology**, [s. l.], vol. 144, no. 1, p. 95–115, Jan. 2017. <https://doi.org/10.1017/S003118201600055X>.

KHADEM, Forough; UZONNA, Jude E. Immunity to visceral leishmaniasis: implications for immunotherapy. **Future Microbiology**, [s. l.], vol. 9, no. 7, p. 901–915, 2014. <https://doi.org/10.2217/fmb.14.43>.

KOUTINAS, A. F.; SARIDOMICHELAKIS, M. N.; MYLONAKIS, M. E.; LEONTIDES, L.; POLIZOPOULOU, Z.; BILLINIS, C.; ARGYRIADIS, D.; DIAKOU, N.; PAPADOPOULOS, O. A randomised, blinded, placebo-controlled clinical trial with allopurinol in canine leishmaniosis. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], vol. 98, no. 4, p. 247–261, 27 Jul. 2001. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(01\)00399-5](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(01)00399-5).

KUSHWAHA, Anurag Kumar; SHUKLA, Ashish; SCORZA, Breanna M.; RAI, Tulika Kumari; CHAUBEY, Rahul; MAURYA, Dharmendra Kumar; SRIVASTVA, Shweta; UPADHYAY, Shreya; SINGH, Abhishek Kumar; MALVIYA, Paritosh; SINGH, Om Prakash; SCHOLAR, Vivek Kumar; TIWARY, Puja; SINGH, Shakti Kumar; LAWYER, Phillip; ROWTON, Edgar; BERNHARDT, Scott A.; PETERSEN, Christine A.; SUNDAR, Shyam. Livestock and rodents within an endemic focus of Visceral Leishmaniasis are not reservoir hosts for *Leishmania donovani*. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], vol. 16, no. 10, p. e0010347, 20 Oct. 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010347>.

L. WERNECK, Guilherme; DE JESUS CARDOSO FARIAS PEREIRA, Teresinha; CARDOSO FARIAS, Geovani; OLIVEIRA DA SILVA, Fernando; CARDOSO CHAVES, Francisco; VINÍCIUS GOUVÊA, Marcus; HENRIQUE N. COSTA, Carlos; AÉCIO DE AMORIM CARVALHO, Fernando. Avaliação da efetividade das estratégias de controle da leishmaniose visceral na cidade de Teresina, Estado do Piauí, Brasil: resultados do inquérito inicial - 2004. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [s. l.], vol. 17, no. 2, p. 87–96, Jun. 2008. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742008000200002>.

LAMATTINA, Daniela; BERROZPE, Pablo Eduardo; CASAS, Natalia; MOYA, Sofía Lorian; GIULIANI, Magalí Gabriela; COSTA, Sebastián Andrés; ARRABAL, Juan Pablo; MARTÍNEZ, Mariela Florencia; RIVERO, María Romina; SALAS, Martín; HUMERES, Cristian Alejandro; LIOTTA, Domingo Javier; MEICHTRY, María Belén; SALOMÓN, Oscar Daniel. Twice upon a time: The progression of canine visceral leishmaniasis in an Argentinean city. **PLOS ONE**, [s. l.], vol. 14, no. 7, p. e0219395, 5 Jul. 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219395>.

LARA, Fernanda Barbieri de. **Celina Turchi**. 2019. **GPET Física**. Available at: <https://www3.unicentro.br/petfisica/2019/10/21/celina-turchi/>. Accessed on: 12 Mar. 2023.

LEITE, Bruna Martins Macedo; SOLCÀ, Manuela da Silva; SANTOS, Liliane Celestino Sales; COELHO, Livia Brito; AMORIM, Leila Denise Alves Ferreira; DONATO, Lucas Edel; PASSOS, Sandra Maria de Souza; ALMEIDA, Adriana Oliveira de; VERAS, Patrícia Sampaio Tavares; FRAGA, Deborah Bittencourt Mothé. The mass use of deltamethrin collars to control and prevent canine visceral leishmaniasis: A field effectiveness study in a highly endemic area. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], vol. 12, no. 5, p. e0006496, 14 May 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006496>.

LEITE, Jaqueline Costa; GONÇALVES, Ana Alice Maia; DE OLIVEIRA, Diana Souza; RESENDE, Lucilene Aparecida; BOAS, Diego Fernandes Vilas; RIBEIRO, Helen Silva; PEREIRA, Diogo Fonseca Soares; DA SILVA, Augusto Ventura; MARIANO, Reysla Maria da Silveira; REIS, Pedro Campos Carvalhaes; NAKASONE, Eiji Nakasone; FRANÇA-SILVA, João Carlos; GALDINO, Alexsandro Sobreira; PAES, Paulo Ricardo de Oliveira; MELO, Marília Martins; DIAS, Edelberto Santos; CHÁVEZ-FUMAGALLI, Miguel Angel; DA SILVEIRA-LEMOS, Denise; DUTRA, Walderez Ornelas; GIUNCHETTI, Rodolfo Cordeiro. Transmission-Blocking Vaccines for Canine Visceral Leishmaniasis: New Progress and Yet New Challenges. **Vaccines**, [s. l.], vol. 11, no. 10, p. 1565, Oct. 2023. <https://doi.org/10.3390/vaccines11101565>.

MACEDO-SILVA, V.P.; MARTINS, D.R.A.; DE QUEIROZ, P.V.S.; PINHEIRO, M.P.G.; FREIRE, C.C.M.; QUEIROZ, J.W.; DUPNIK, K.M.; PEARSON, R.D.; WILSON, M.E.; JERONIMO, S.M.B.; XIMENES, M.D.F.F.M. Feeding Preferences of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae), the Sand Fly Vector, for *Leishmania infantum* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae). **Journal of Medical Entomology**, [s. l.], vol. 51, no. 1, p. 237–244, 2014. <https://doi.org/10.1603/ME12131>.

MACHADO, Amanda S.; RAMOS, Fernanda F.; SANTOS, Thaís T. O.; COSTA, Lourena E.; LUDOLF, Fernanda; LAGE, Daniela P.; BANDEIRA, Raquel S.; TAVARES, Grasielle S. V.; OLIVEIRA-DA-SILVA, João A.; STEINER, Bethina T.; CHAVES, Ana T.; OLIVEIRA, Jamil S.; CHÁVEZ-FUMAGALLI, Miguel A.; DE MAGALHÃES-SOARES, Danielle F.; SILVEIRA, Julia A. G.; DUARTE, Mariana C.; MACHADO-DE-ÁVILA, Ricardo A.; LYON, Sandra; GONÇALVES, Denise U.; CALIGIORNE, Rachel B.; COELHO, Eduardo A. F. A new *Leishmania* hypothetical protein can be used for accurate serodiagnosis of canine and human visceral leishmaniasis and as a potential prognostic marker for human disease. **Experimental Parasitology**, [s. l.], vol. 216, p. 107941, 1 Sep. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2020.107941>.

MAIA, C.; CAMPINO, L. Methods for diagnosis of canine leishmaniasis and immune response to infection. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], vol. 158, no. 4, p. 274–287, 20 Dec. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.07.028>.

MARCELÓ, Catalina; CABRERA, Olga Lucía; SANTAMARÍA, Erika. Discriminating concentrations for three insecticides used in public health, in *Lutzomyia longipalpis* experimental strain from Colombia. **Biomédica**, [s. l.], vol. 34, no. 4, p. 624–30, 1 Dec. 2014. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i4.2233>.

MARCONDES, Mary; DAY, Michael J. Current status and management of canine leishmaniasis in Latin America. **Research in Veterinary Science**, [s. l.], vol. 123, p. 261–272, Apr. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.01.022>.

MAROLI, M.; FELICIANGLI, M. D.; BICHAUD, L.; CHARREL, R. N.; GRADONI, L. Phlebotomine sandflies and the spreading of leishmaniasis and other diseases of public health concern. **Medical and Veterinary Entomology**, [s. l.], vol. 27, no. 2, p. 123–147, Jun. 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2012.01034.x>.

MARTÍN-SÁNCHEZ, Joaquina; MORALES-YUSTE, Manuel; ACEDO-SÁNCHEZ, Carmen; BARÓN, Sergio; DÍAZ, Victoriano; MORILLAS-MÁRQUEZ, Francisco. Canine Leishmaniasis in Southeastern Spain. **Emerging Infectious Diseases**, [s. l.], vol. 15, no. 5, p. 795–798, May 2009. <https://doi.org/10.3201/eid1505.080969>.

MARZOCHI, Mauro Célio de A.; COUTINHO, Sérgio Gomes; SABROZA, Paulo Chagastelles; SOUZA, Miguel Alves de; SOUZA, Pelágio Parigot Medeiros de; TOLEDO, Luciano; RANGEL FILHO, Francisco B. Leishmaniose visceral canina no Rio de Janeiro - Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, [s. l.], vol. 1, p. 432–446, Dec. 1985. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X1985000400004>.

MARZOCHI, Mauro Celio de Almeida; BARBOSA, David Soeiro; BELO, Vinicius Silva; ARAÚJO, Giovanna Rotondo de; SILVA, Aline Fagundes da; PIMENTEL, Maria Inês; MARZOCHI, Keyla Belizia Feldman. Visceral leishmaniasis in Brazil: scenarios and challenges for the surveillance and control. **Revista de Patologia Tropical / Journal of Tropical Pathology**, [s. l.], vol. 52, no. 1, p. 1–10, 9 Mar. 2023. .

MARZOCHI, Mauro Celio de Almeida; FAGUNDES, Aline; ANDRADE, Moacir Vieira de; SOUZA, Marcos Barbosa de; MADEIRA, Maria de Fátima; MOUTA-CONFORT, Eliame; SCHUBACH, Armando de Oliveira; MARZOCHI, Keyla Belizia Feldman. Visceral leishmaniasis in Rio de Janeiro, Brazil: eco-epidemiological aspects and control. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, [s. l.], vol. 42, p. 570–580, Oct. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822009000500017>.

MATSUMOTO, Patricia Sayuri Silvestre; HIRAMOTO, Roberto Mitsuyoshi; PEREIRA, Virgínia Bodelão Richini; CAMPRIGHER, Valéria Medina; TANIGUCHI, Helena Hilomi; BARBOSA, José Eduardo de Raeffray; CORTEZ, Luiz Ricardo Paes de Barros; FONSECA, Elivelton da Silva; GUIMARÃES, Raul Borges; TOLEZANO, José Eduardo. Impact of the dog population and household environment for the maintenance of natural foci of *Leishmania infantum* transmission to human and animal hosts in endemic areas for visceral leishmaniasis in Sao Paulo state, Brazil. **PLOS ONE**, [s. l.], vol. 16, no. 8, p. e0256534, 31 Aug. 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256534>.

MEDKOUR, Hacène; DAVOUST, Bernard; DULIEU, François; MAURIZI, Laurent; LAMOUR, Thierry; MARIÉ, Jean-Lou; MEDIANNIKOV, Oleg. Potential animal reservoirs (dogs and bats) of human visceral leishmaniasis due to *Leishmania infantum* in French Guiana. **PLoS neglected tropical diseases**, [s. l.], vol. 13, no. 6, p. e0007456, Jun. 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007456>.

MICHALSKY, Érika Monteiro; GUEDES, Karla de Sena; LARA E SILVA, Fabiana de Oliveira; FRANÇA-SILVA, João Carlos; DIAS, Consuelo Latorre Fortes; BARATA, Ricardo Andrade; DIAS, Edelberto Santos. Infecção natural de *Lutzomyia* (*Lutzomyia*) *longipalpis* (Diptera: Psychodidae) por *Leishmania infantum* chagasi em flebotomíneos capturados no município de Janaúba, Estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, [s. l.], vol. 44, p. 58–62, Feb. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822011000100014>.

MICHALSKY, Érika Monteiro; ROCHA, Marília Fonseca; DA ROCHA LIMA, Ana Cristina Vianna Mariano; FRANÇA-SILVA, João Carlos; PIRES, Marize Quinhone; OLIVEIRA, Fernanda Santos; PACHECO, Raquel Silva; DOS SANTOS, Sara Lopes; BARATA, Ricardo Andrade; ROMANHA, Álvaro José; FORTES-DIAS, Consuelo Latorre; DIAS, Edelberto Santos. Infectivity of seropositive dogs, showing different clinical forms of leishmaniasis, to *Lutzomyia longipalpis*

phlebotomine sand flies. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], vol. 147, no. 1, p. 67–76, 20 Jun. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.03.004>.

MIRÓ, Guadalupe; PETERSEN, Christine; CARDOSO, Luís; BOURDEAU, Patrick; BANETH, Gad; SOLANO-GALLEGO, Laia; PENNISI, Maria Grazia; FERRER, Lluís; OLIVA, Gaetano. Novel Areas for Prevention and Control of Canine Leishmaniasis. **Trends in Parasitology**, [s. l.], vol. 33, no. 9, p. 718–730, Sep. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2017.05.005>.

MORALES-YUSTE, Manuel; MARTÍN-SÁNCHEZ, Joaquina; CORPAS-LOPEZ, Victoriano. Canine Leishmaniasis: Update on Epidemiology, Diagnosis, Treatment, and Prevention. **Veterinary Sciences**, [s. l.], vol. 9, no. 8, p. 387, 27 Jul. 2022. <https://doi.org/10.3390/vetsci9080387>.

MOREIRA, Marcela L.; COSTA-PEREIRA, Christiane; ALVES, Marina Luiza Rodrigues; MARTELETO, Bruno H.; RIBEIRO, Vitor M.; PERUHYPE-MAGALHÃES, Vanessa; GIUNCHETTI, Rodolfo C.; MARTINS-FILHO, Olindo A.; ARAÚJO, Márcio S. S. Vaccination against canine leishmaniasis increases the phagocytic activity, nitric oxide production and expression of cell activation/migration molecules in neutrophils and monocytes. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], vol. 220, p. 33–45, 15 Apr. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.02.009>.

MORENO, Javier. Assessment of Vaccine-Induced Immunity Against Canine Visceral Leishmaniasis. **Frontiers in Veterinary Science**, [s. l.], vol. 6, p. 168, 2019. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00168>.

OPAS, Organização Pan-Americana da Saúde. **Diretrizes para o tratamento das leishmanioses na Região das Américas. Segunda edição**. [S. l.]: Organização Pan-Americana da Saúde, 2022. Available at: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/56487>. Accessed on: 7 Nov. 2022.

OSTOLIN, Thais Lopes Valentim Di Paschoale; GUSMÃO, Miriã Rodrigues; MATHIAS, Fernando Augusto Siqueira; CARDOSO, Jamille Mirelle de Oliveira; ROATT, Bruno Mendes; AGUIAR-SOARES, Rodrigo Dian de Oliveira; RUIZ, Jeronimo Conceição; RESENDE, Daniela de Melo; DE BRITO, Rory Cristiane Fortes; REIS, Alexandre Barbosa. A chimeric vaccine combined with adjuvant system induces immunogenicity and protection against visceral leishmaniasis in BALB/c mice. **Vaccine**, [s. l.], vol. 39, no. 20, p. 2755–2763, 12 May 2021. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.04.004>.

PALATNIK-DE-SOUSA, Clarisa B.; DAY, Michael J. One Health: the global challenge of epidemic and endemic leishmaniasis. **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 4, p. 197, 10 Oct. 2011. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-197>.

PALTRINIERI, Saverio; GRADONI, Luigi; ROURA, Xavier; ZATELLI, Andrea; ZINI, Eric. Laboratory tests for diagnosing and monitoring canine leishmaniasis. **Veterinary Clinical Pathology**, [s. l.], vol. 45, no. 4, p. 552–578, 2016. <https://doi.org/10.1111/vcp.12413>.

PESSOA, Grasielle Caldas Davila; LOPES, Josiane Valadão; ROCHA, Marília Fonseca; PINHEIRO, Letícia C.; ROSA, Aline Cristine Luiz; MICHALSKY, Érika Monteiro; DIAS, Edelberto Santos. Baseline susceptibility to alpha-cypermethrin in *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) from Lapinha Cave (Brazil). **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 8, p. 469, 17 Sep. 2015. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-1076-y>.

PINELLI, E.; GONZALO, R. M.; BOOG, C. J.; RUTTEN, V. P.; GEBHARD, D.; DEL REAL, G.; RUITENBERG, E. J. Leishmania infantum-specific T cell lines derived from asymptomatic dogs that lyse infected macrophages in a major histocompatibility complex-restricted manner. **European Journal of Immunology**, [s. l.], vol. 25, no. 6, p. 1594–1600, Jun. 1995. <https://doi.org/10.1002/eji.1830250619>.

PRESTES-CARNEIRO, Luiz E.; DANIEL, Loris A. F.; ALMEIDA, Livia C.; D'ANDREA, Lourdes Zampieri; VIEIRA, André G.; ANJOLETE, Ivete R.; ANDRÉ, Lenira; FLORES, Edilson F. Spatiotemporal analysis and environmental risk factors of visceral leishmaniasis in an urban setting in São Paulo State, Brazil. **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 12, no. 1, p. 251, 21 May 2019. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3496-6>.

READY, Paul D. Biology of phlebotomine sand flies as vectors of disease agents. **Annual Review of Entomology**, [s. l.], vol. 58, p. 227–250, 2013. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153557>.

RIBEIRO, Raul Rio; MICHALICK, Marilene Suzan Marques; DA SILVA, Manoel Eduardo; DOS SANTOS, Cristiano Cheim Peixoto; FRÉZARD, Frédéric Jean Georges; DA SILVA, Sydnei Magno. Canine Leishmaniasis: An Overview of the Current Status and Strategies for Control. **BioMed Research International**, [s. l.], vol. 2018, p. e3296893, 29 Mar. 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3296893>.

RIVAS, Aruanai Kalú; ALCOVER, M. Magdalena; MARTÍNEZ-ORELLANA, Pamela; MONTERRAT-SANGRÀ, Sara; NACHUM-BIALA, Yaarit; FISA, Roser; RIERA, Cristina; BANETH, Gad; SOLANO-GALLEGO, Laia. Serological and molecular survey of Leishmania infection in dogs from Venezuela. **Veterinary Parasitology, Regional Studies and Reports**, [s. l.], vol. 21, p. 100420, Jul. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100420>.

ROATT, Bruno Mendes; AGUIAR-SOARES, Rodrigo Dian de Oliveira; REIS, Levi Eduardo Soares; CARDOSO, Jamille Mirelle de Oliveira; MATHIAS, Fernando Augusto Siqueira; BRITO, Rory Cristiane Fortes de; DA SILVA, Sydnei Magno; GONTIJO, Nelder De Figueiredo; FERREIRA, Sidney de Almeida; VALENZUELA, Jesus G.; CORRÊA-OLIVEIRA, Rodrigo; GIUNCHETTI, Rodolfo Cordeiro; REIS, Alexandre Barbosa. A Vaccine Therapy for Canine Visceral Leishmaniasis Promoted Significant Improvement of Clinical and Immune Status with Reduction in Parasite Burden. **Frontiers in Immunology**, [s. l.], vol. 8, 2017. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2017.00217>. Accessed on: 22 Feb. 2023.

ROMERO, Gustavo A. S.; BOELAERT, Marleen. Control of Visceral Leishmaniasis in Latin America—A Systematic Review. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], vol. 4, no. 1, p. e584, 19 Jan. 2010. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000584>.

SABATÉ, David; LLINÁS, Jorge; HOMEDES, Josep; SUST, Mariano; FERRER, Lluís. A single-centre, open-label, controlled, randomized clinical trial to assess the preventive efficacy of a domperidone-based treatment programme against clinical canine leishmaniasis in a high prevalence area. **Preventive Veterinary Medicine**, [s. l.], vol. 115, no. 1–2, p. 56–63, 1 Jul. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.03.010>.

SALOMON, Od; SINAGRA, A.; NEVOT, Mc; BARBERIAN, G.; PAULIN, P.; ESTEVEZ, Jo; RIARTE, Adelina; ESTEVEZ, J. First visceral leishmaniasis focus in Argentina. **Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz**, [s. l.], vol. 103, no. 1, p. 109–111, Feb. 2008. <https://doi.org/10.1590/s0074-02762008000100018>.

SANTOS, Cleber Vinicius Brito Dos; SEVÁ, Anaiá da Paixão; WERNECK, Guilherme Loureiro. Does deforestation drive visceral leishmaniasis transmission? A causal analysis. **Proceedings. Biological Sciences**, [s. l.], vol. 288, no. 1957, p. 20211537, 25 Aug. 2021. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1537>.

SARDAR, Ashif Ali; SAHA, Pabitra; CHATTERJEE, Moytrej; BERA, Dilip Kumar; BISWAS, Prasanta; MAJI, Dipankar; GUHA, Subhasish Kamal; BASU, Nandita; MAJI, Ardhendu Kumar. Insecticide susceptibility status of Phlebotomus argentipes and polymorphisms in voltage-gated sodium channel (vgsc) gene in Kala-azar endemic areas of West Bengal, India. **Acta Tropica**, [s. l.], vol. 185, p. 285–293, Sep. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.06.005>.

SATRAGNO, Dinora; FARAL-TELLO, Paula; CANNEVA, Bruno; VERGER, Lorenzo; LOZANO, Alejandra; VITALE, Edgardo; GREIF, Gonzalo; SOTO, Carlos; ROBELLO, Carlos; BASMADJIAN, Yester. Autochthonous Outbreak and Expansion of Canine Visceral Leishmaniasis, Uruguay. **Emerging Infectious Diseases**, [s. l.], vol. 23, no. 3, p. 536–538, Mar. 2017. <https://doi.org/10.3201/eid2303.160377>.

SEGURA, Gabriela Beatriz Rodriguez; OCHOA, Wilfredo Humberto Sosa; MATTA, Vânia Lúcia Ribeiro da; MARTÍNEZ, Mercedes; TERCERO, Carol Rodriguez; GONZALEZ, Raquel Romero; PACHECO, Carmen M. Sandoval; FLORES, Gabriela V. Araujo; SILVEIRA, Fernando Tobias; HENRIQUEZ, Maria Mercedes Rueda; LAURENTI, Márcia Dalastra. Can domestic dogs be considered a good reservoir of Leishmania (L.) infantum chagasi in an endemic area of nonulcerated cutaneous leishmaniasis in Southern Honduras? **Revista Do Instituto De Medicina Tropical De Sao Paulo**, [s. l.], vol. 65, p. e24, 2023. <https://doi.org/10.1590/S1678-9946202365024>.

SELDER, R.; WEBER, K.; BERGMANN, M.; GEISWEID, K.; HARTMANN, K. Sensitivity and specificity of an in-clinic point-of-care PCR test for the diagnosis of canine leishmaniasis. **The Veterinary Journal**, [s. l.], vol. 232, p. 46–51, 1 Feb. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2017.12.006>.

SHANG, Li-min; PENG, Wei-ping; JIN, Hong-tao; XU, Ding; ZHONG, Ni-na; WANG, Wen-long; WU, You-xi; LIU, Quan. The prevalence of canine Leishmania infantum infection in Sichuan Province, southwestern China detected by real time PCR. **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 4, no. 1, p. 173, 12 Sep. 2011. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-173>.

SHAW, Jeffrey J. Further thoughts on the use of the name Leishmania (Leishmania) infantum chagasi for the aetiological agent of American visceral leishmaniasis. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, [s. l.], vol. 101, p. 577–579, Aug. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762006000500017>.

SILVA, Jéssica Mara da Costa; MONTEIRO, Cynthia Levi Baratta; SILVA, Michelle Costa e. ASPECTOS CLÍNICOS, LABORATORIAIS E ULTRASSONOGRAFÍCOS DE CÃES NATURALMENTE INFECTADOS COM LEISHMANIA SPP. **Ciência Animal**, [s. l.], vol. 29, no. 4, p. 84–100, 31 Dec. 2019. .

SINGH, Sarman; KUMARI, Veena; SINGH, Niti. Predicting kala-azar disease manifestations in asymptomatic patients with latent Leishmania donovani infection by detection of antibody against recombinant K39 antigen. **Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology**, [s. l.], vol. 9, no. 3, p. 568–572, May 2002. <https://doi.org/10.1128/cdli.9.3.568-572.2002>.

SOLANO-GALLEGO, L.; KOUTINAS, A.; MIRÓ, G.; CARDOSO, L.; PENNISI, M. G.; FERRER, L.; BOURDEAU, P.; OLIVA, G.; BANETH, G. Directions for the diagnosis, clinical staging, treatment and prevention of canine leishmaniosis. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], vol. 165, no. 1–2, p. 1–18, 28 Oct. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.05.022>.

SOLCÀ, Manuela da Silva; ARRUDA, Maiara Reis; LEITE, Bruna Martins Macedo; MOTA, Tiago Feitosa; REBOUÇAS, Miriam Flores; JESUS, Matheus Silva de; AMORIM, Leila Denise Alves Ferreira; BORGES, Valéria Matos; VALENZUELA, Jesus; KAMHAWI, Shaden; VERAS, Patrícia Sampaio Tavares; FRAGA, Deborah Bittencourt Mothé; BRODSKY, Claudia Ida. Immune response dynamics and Lutzomyia longipalpis exposure characterize a biosignature of visceral leishmaniasis susceptibility in a canine cohort. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], vol. 15, no. 2, p. e0009137, 22 Feb. 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009137>.

THOMAZ SOCCOL, Vanete; PASQUALI, Aline Kuhn Sbruzzi; POZZOLO, Eliane Maria; LEANDRO, André de Souza; CHIYO, Luciana; BAGGIO, Rafael Antunes; MICHALISZYN, Mario Sergio; SILVA, Carlos; CUBAS, Patrícia Hoerner; PETERLLE, Ricardo; PAZ, Otacilio Lopes de Souza; BELMONTE, Ivana Lucia; BISETTO-JUNIOR, Alceu. More than the eyes can see: The

worrying scenario of canine leishmaniasis in the Brazilian side of the triple border. **PloS One**, [s. l.], vol. 12, no. 12, p. e0189182, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189182>.

TOEPP, Angela J.; BENNETT, Carolyne; SCOTT, Benjamin; SENESAC, Reid; OLESON, Jacob J.; PETERSEN, Christine A. Maternal Leishmania infantum infection status has significant impact on leishmaniasis in offspring. **PLoS neglected tropical diseases**, [s. l.], vol. 13, no. 2, p. e0007058, Feb. 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007058>.

TOLEZANO, José Eduardo; MATSUMOTO, Patrícia Sayuri Silvestre; TANIGUCHI, Helena Hilomi; BERTOLLO, Denise Maria Bussoni; PIERRE, Marcella Kelvya; BARBOSA, José Eduardo de Raeffray; GUERRA, Juliana Mariotti; FERNANDES, Natália Coelho Couto de AzevedoS; FIGUEIREDO, Ernesto Machado de; JUNIOR, Élcio Sanchez Esteves; FERNANDES, Samara Del Pino; MALTA, Roberto Carlos Grassi; GUIMARÃES, Raul Borges; HIRAMOTO, Roberto Mitsuyoshi. Avaliação da efetividade do uso de coleiras impregnadas com deltametrina no controle da leishmaniose visceral no município de Votuporanga, Estado de São Paulo, Brasil, 2014 – 2016. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, [s. l.], vol. 77, p. 1–10, 29 Mar. 2018. <https://doi.org/10.53393/rial.2018.v77.34209>.

TRAVI, Bruno L.; CORDEIRO-DA-SILVA, Anabela; DANTAS-TORRES, Filipe; MIRÓ, Guadalupe. Canine visceral leishmaniasis: Diagnosis and management of the reservoir living among us. **PLoS neglected tropical diseases**, [s. l.], vol. 12, no. 1, p. e0006082, Jan. 2018a. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006082>.

TRAVI, Bruno L.; CORDEIRO-DA-SILVA, Anabela; DANTAS-TORRES, Filipe; MIRÓ, Guadalupe. Canine visceral leishmaniasis: Diagnosis and management of the reservoir living among us. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], vol. 12, no. 1, p. e0006082, 11 Jan. 2018b. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006082>.

VAZ, Talita Pereira; GAMA-MELO, Marcella Oliveira; QUARESMA, Patrícia Flávia; GONTIJO, Célia Maria Ferreira; SANTOS, Gilmar; BARBOSA, Fernando Sérgio; FONTES, Gilberto. Evaluation of the euthanasia of seropositive dogs for canine visceral leishmaniasis as the only method of controlling the disease in the enzootic area in the Midwestern Minas Gerais. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, [s. l.], vol. 40, p. 107–112, 9 Apr. 2020. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6165>.

VERÇOSA, B. L. A.; LEMOS, C. M.; MENDONÇA, I. L.; SILVA, S. M. M. S.; DE CARVALHO, S. M.; GOTO, H.; COSTA, F. a. L. Transmission potential, skin inflammatory response, and parasitism of symptomatic and asymptomatic dogs with visceral leishmaniasis. **BMC veterinary research**, [s. l.], vol. 4, p. 45, 6 Nov. 2008. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-4-45>.

VILAS-BOAS, Diego Fernandes; NAKASONE, Eiji Kevin Nakasone; GONÇALVES, Ana Alice Maia; LAIR, Daniel Ferreira; OLIVEIRA, Diana Souza de; PEREIRA, Diogo Fonseca Soares; SILVA, Geralda Gabriele; CONRADO, Ingrid dos Santos Soares; RESENDE, Lucilene Aparecida; ZALDÍVAR, Maykelin Fuentes; MARIANO, Reysla Maria da Silveira; DUTRA, Walderez Ornelas; CHÁVEZ-FUMAGALLI, Miguel Angel; GALDINO, Alexsandro Sobreira; SILVEIRA-LEMONS, Denise; GIUNCHETTI, Rodolfo Cordeiro. Global Distribution of Canine Visceral Leishmaniasis and the Role of the Dog in the Epidemiology of the Disease. **Pathogens**, [s. l.], vol. 13, no. 6, p. 455, Jun. 2024. <https://doi.org/10.3390/pathogens13060455>.

VOLPEDO, Greta; PACHECO-FERNANDEZ, Thalia; BHATTACHARYA, Parna; OLJUSKIN, Timur; DEY, Ranadhir; GANNAVARAM, Sreenivas; SATOSKAR, Abhay R.; NAKHASI, Hira L. Determinants of Innate Immunity in Visceral Leishmaniasis and Their Implication in Vaccine Development. **Frontiers in Immunology**, [s. l.], vol. 12, p. 748325, 2021. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.748325>.

WAMAI, Richard G.; KAHN, Jorja; MCGLOIN, Jamie; ZIAGGI, Galen. Visceral leishmaniasis: a global overview. **Journal of Global Health Science**, [s. l.], vol. 2, no. 1, 14 May 2020. DOI

10.35500/jghs.2020.2.e3. Available at: <https://doi.org/10.35500/jghs.2020.2.e3>. Accessed on: 1 Feb. 2023.

WANG, Ruyuan; LAN, Caini; BENLAGHA, Kamel; CAMARA, Niels Olsen Saraiva; MILLER, Heather; KUBO, Masato; HEEGAARD, Steffen; LEE, Pamela; YANG, Lu; FORSMAN, Huamei; LI, Xingrui; ZHAI, Zhimin; LIU, Chaohong. The interaction of innate immune and adaptive immune system. **MedComm**, [s. l.], vol. 5, no. 10, p. e714, Oct. 2024. <https://doi.org/10.1002/mco2.714>.

WERNECK, Guilherme Loureiro. Visceral leishmaniasis in Brazil: rationale and concerns related to reservoir control. **Revista de Saúde Pública**, [s. l.], vol. 48, p. 851–856, Oct. 2014. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2014048005615>.

YIMAM, Yonas; MOHEBALI, Mehdi. Effectiveness of insecticide-impregnated dog collars in reducing incidence rate of canine visceral leishmaniasis: A systematic review and meta-analysis. **PLOS ONE**, [s. l.], vol. 15, no. 9, p. e0238601, 3 Sep. 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238601>.

ZAMBRANO-HERNANDEZ, Pilar; AYALA-SOTELO, Martha S.; FUYA-OVIEDO, Patricia; MONTENEGRO-PUENTES, Carlos A.; AYA-VANEGAS, Nancy M.; AGUILERA-JARAMILLO, Germán; BLÁZQUEZ, Octavio; BECERRA, Silvia; LOZANO, Carlos; ROJAS-GARCÍA, María C.; RODRÍGUEZ-TORO, Gerzain. Brote urbano de leishmaniasis visceral en Neiva, Colombia. **Rev. salud pública**, [s. l.], , p. 514–527, 2015. .

CAPÍTULO 02

Tripanossomíase Bovina: Da Distribuição Global aos Impactos Econômicos

*Priscilla Elias Ferreira da Silva*¹; *Juliana Cristina Costa Madeira*²; *Júlia Oliveira Alcântara*¹; *Indyara Natylla Castro Amaral*¹; *Matheus Santos Benzi*¹; *Isabel Rodrigues Rosado*³; *Endrigo Gabellini Leonel Alves*³; *Eustáquio Resende Bittar*³; *Ian Martin*³; *Gabriela Renata Silva Hussar*¹; *Joely Ferreira Figueiredo Bittar*³

¹Departamento de Medicina Veterinária; Universidade de Uberaba, Uberaba, Minas Gerais, Brasil

²Departamento de Bioquímica e Imunologia; Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

³Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos, Universidade de Uberaba (UNIUBE), Uberaba, Minas Gerais, Brasil

Resumo: As tripanossomíases animais incluem diversas doenças causadas por protozoários do gênero *Trypanosoma*. A depender da localização geográfica, bovinos, ovinos, caprinos, equídeos, camelídeos e suínos são suscetíveis à infecção por uma ou mais dessas espécies de *Trypanosoma*. A infecção por esses parasitos resulta em formas agudas e/ou crônicas da tripanossomíase, caracterizada pela alta morbidade e mortalidade, além do risco de infertilidade dos animais quando não tratada. *Trypanosoma vivax* é uma das principais espécies que afeta a bovinocultura e traz prejuízo econômico em regiões tropicais e subtropicais, incluindo a África Ocidental, África Oriental, Ásia e América do Sul. A transmissão ocorre através da picada da mosca Tsé-Tsé (*Glossina* spp.) infectada. *T. vivax* pode ser transmitido mecanicamente por outras espécies de moscas hematófagas como *Tabanus* spp. e *Stomoxys* spp. A compreensão da biologia e da eco-epidemiologia dos parasitos e vetores envolvidos na dinâmica de transmissão da tripanossomíase animal torna-se cada vez mais necessária, especialmente à medida que novas ferramentas e investimentos se tornam disponíveis para o seu controle. Tais abordagens serão fundamentais tanto para a prospecção de novos alvos terapêuticos quanto para a mitigação dos mecanismos de resistência já existentes.

Palavras-chave: Tripanossomíase animal; Dinâmica de transmissão; *Glossina* spp., *Trypanosoma vivax*; bovinocultura.

1. Introdução

As tripanossomíases são um grupo de doenças infecciosas causadas por protozoários do gênero *Trypanosoma*. Essas doenças afetam uma variedade de espécies animais, incluindo seres humanos, e são transmitidas por vetores, como moscas tsé-tsé ou outros insetos hematófagos. As tripanossomíases podem causar uma grande variedade de sinais clínicos, variando desde formas assintomáticas até quadros graves que comprometem a saúde dos animais e das pessoas infectadas. No contexto veterinário, uma das tripanossomíases mais importantes é a bovina, causada principalmente pelo *Trypanosoma vivax* e *Trypanosoma congolense*. Este capítulo se concentra na tripanossomíase bovina causada por *T. vivax*, abordando seus aspectos epidemiológicos, os vetores envolvidos na transmissão, os impactos econômicos da doença, os distúrbios reprodutivos causados por *T. vivax*, métodos de diagnóstico e as estratégias de controle adotadas para mitigar os efeitos dessa infecção em rebanhos.

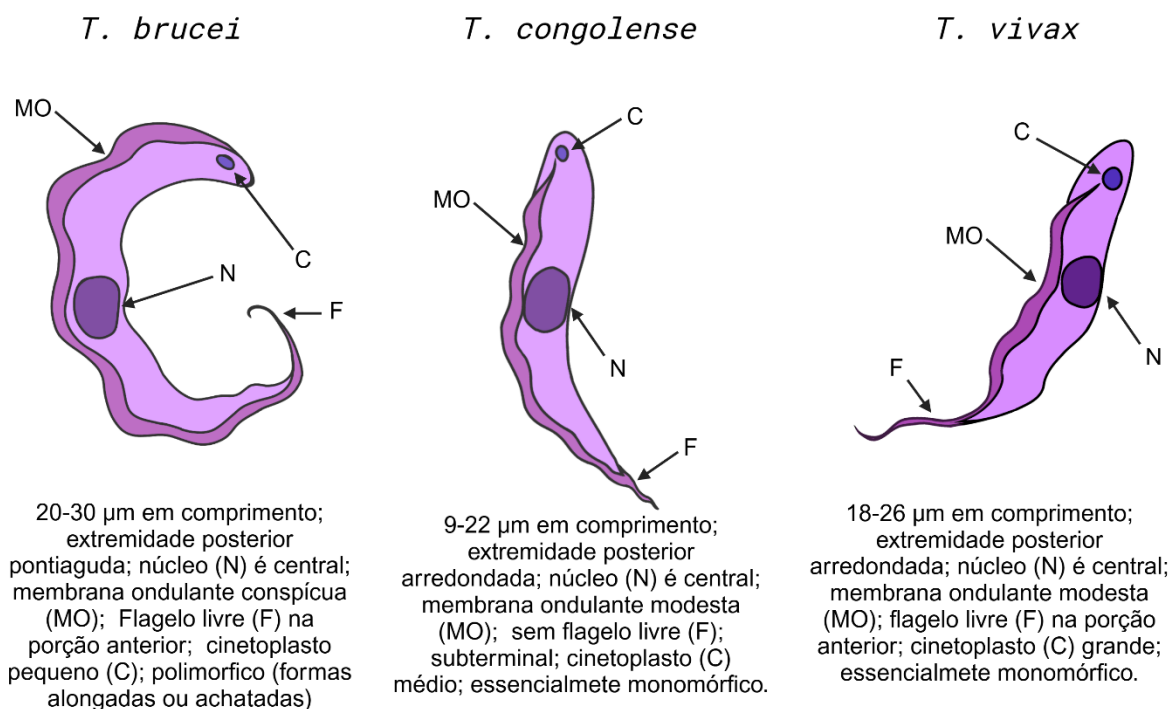
1.1. Agente etiológico

As espécies de tripanossomas mais importantes que afetam o gado na Etiópia são *T. congolense*, *T. vivax* e *T. brucei* em bovinos, ovinos e caprinos; *T. evansi* em camelos; e *T. equiperdium* em cavalo. Na Etiópia, aproximadamente cinco espécies de *Glossina* foram relatadas: *G. pallidipes*, *G. morsitans submorsitans*, *G. fuscipes*, *G. tachinoides* e *G. longipennis*. As espécies de *Trypanosoma* mais comumente relatadas e que afetam bovinos nas partes sul e sudoeste do país incluem *T. congolense*, *T. vivax* e *T. brucei* (Duguma *et al.*, 2015; Fenta *et al.*, 2024a).

G. morsitans geralmente encontrada em savanas, *G. palpalis* prefere áreas ao redor de rios e lagos, e *G. fusca* vive em áreas de floresta alta. As espécies ribeirinhas *G. palpalis*, *G. tachinoides* e *G. fuscipes* são importantes como vetores de bovinos (Duguma *et al.*, 2015; Oyda; Hailu, 2018; Seyoum *et al.*, 2022).

Quando encontrado na corrente sanguínea, a forma tripomastigota possui tamanho entre 18 a 31 μm de comprimento e 1,5 a 3 μm de largura (Figura 1). O formato desse protozoário é alongada e achatada, com flagelo livre que mede, aproximadamente 7 μm . *T. vivax* possui uma membrana ondulante atrofiada e discreta e um cinetoplasto grande (1 μm), posicionado na porção terminal do parasito e o núcleo é disposto em sua região central (Desquesnes, 2004; GIORDANI *et al.*, 2016).

Figura 1 – Morfologia de *Trypanosoma* spp.



Fonte: Adaptado de (Desquesnes, 2004; GIORDANI *et al.*, 2016). (Created in ©BioRender-biorender.com).

1.2. Vetores e suas preferências ecológicas

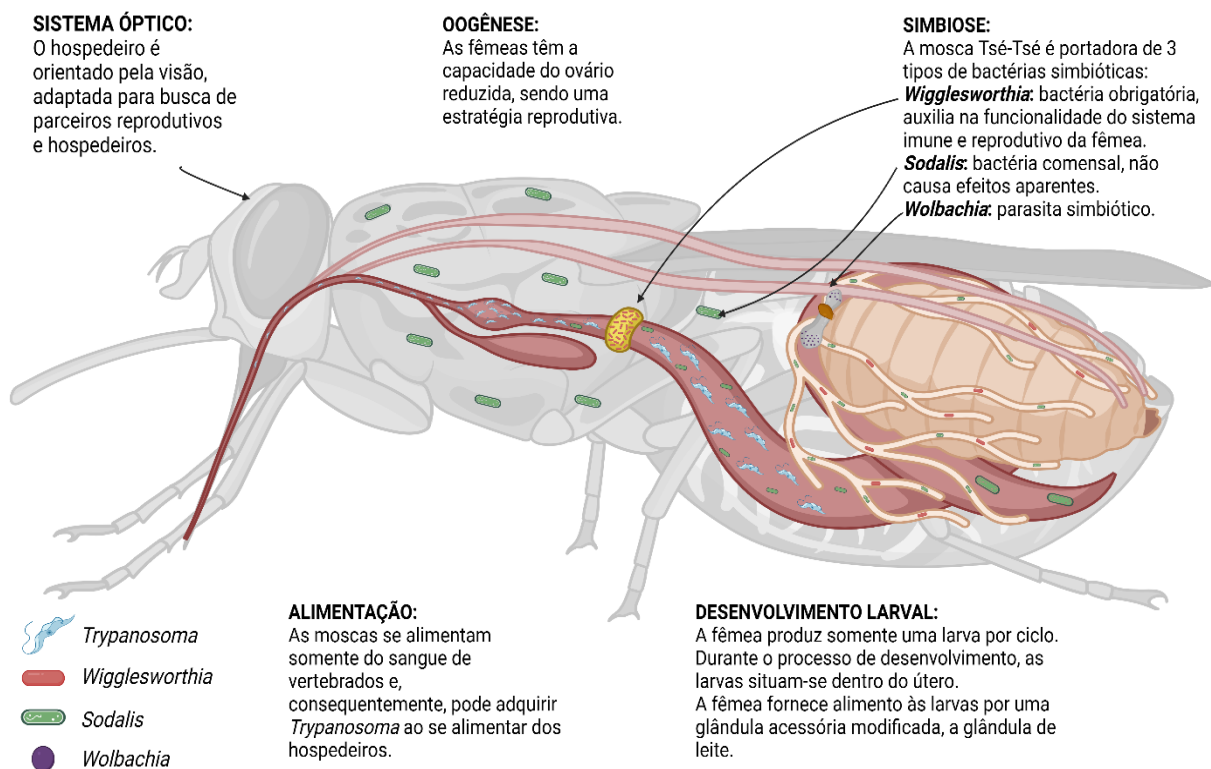
As moscas tsé-tsé pertencem ao gênero *Glossina* e foi descrita pela primeira vez pelo botânico e zoólogo sueco Carl Linnaeus em 1758, que as classificou em sua obra *Systema Naturae*. A classificação de Linnaeus lançou as bases para o estudo científico destas moscas e o seu papel como vetores da tripanossomíase (Holmes *et al.*, 2000; Milligan; Baker, 1988). As moscas possuem entre 6 e 14mm de comprimento e apresentam como característica uma longa probóscide, que utilizam para se alimentar do sangue dos seus hospedeiros. Além disso, exibem uma gama de cores do marrom ao cinza, geralmente com um padrão de listras no tórax, que facilitam a identificação de diferentes espécies de moscas tsé-tsé. As suas asas são mantidas estendidas quando em repouso e apresentam uma forma característica de “machado” (Fenta *et al.*, 2024a; Milligan; Baker, 1988).

As moscas tsé-tsé são hematófagas, ou seja, alimentam-se de sangue. Preferem alimentar-se de mamíferos, particularmente de grandes ungulados como o gado, mas também podem alimentar-se de seres humanos. O seu comportamento

alimentar é influenciado pela disponibilidade de hospedeiros e pelas suas preferências ecológicas. A mosca possui estratégia reprodutiva única, e diferentemente de outros insetos ovíparos, as fêmeas tsé-tsé produzem apenas um ovo por ciclo gonotrófico (Seyoum *et al.*, 2022). A prole tsé-tsé se desenvolve no útero da mãe. Larvas de 3º instar são depositadas, transformam-se em pupas imediatamente e após 30 dias as moscas adultas emergem. Esse modo de reprodução resulta na deposição de apenas 8–10 progênie por fêmea ao longo de sua vida. Durante a larvagênese, a progênie tsé-tsé recebe nutrição por meio de secreções de glândulas acessórias maternas altamente modificadas (chamadas de glândulas de leite) que contêm proteínas, lipídios e aminoácidos (Holmes *et al.*, 2000; Milligan; Baker, 1988; Tobe; Langley, 1978; Wang; Weiss; Aksoy, 2013).

Tsé-tsé encontram-se tipicamente na África subsaariana, particularmente em zonas com vegetação densa, como savanas, bosques e habitats ribeirinhos (Figura 4). A sua distribuição está intimamente ligada à presença dos seus animais hospedeiros e de locais de reprodução adequados. São consideradas vetores eficientes dos parasitas *T. brucei*, *T. congolense* e *T. vivax*. A dinâmica da transmissão pode variar em função das espécies vetoras, dos hospedeiros e de fatores ambientais. De forma interessante, esses insetos desempenham um papel crucial na ecologia dos seus habitats, influenciando a dinâmica populacional das suas espécies hospedeiras e contribuindo para a biodiversidade global das regiões que habitam (Ahmed *et al.*, 2016; Fenta *et al.*, 2024a; Holmes *et al.*, 2000; Seyoum *et al.*, 2022; Tsegaye *et al.*, 2021). Estas características aqui elencadas realçam a importância das moscas tsé-tsé tanto no contexto ecológico como no contexto da saúde pública, particularmente em regiões onde a tripanossomíase é endêmica.

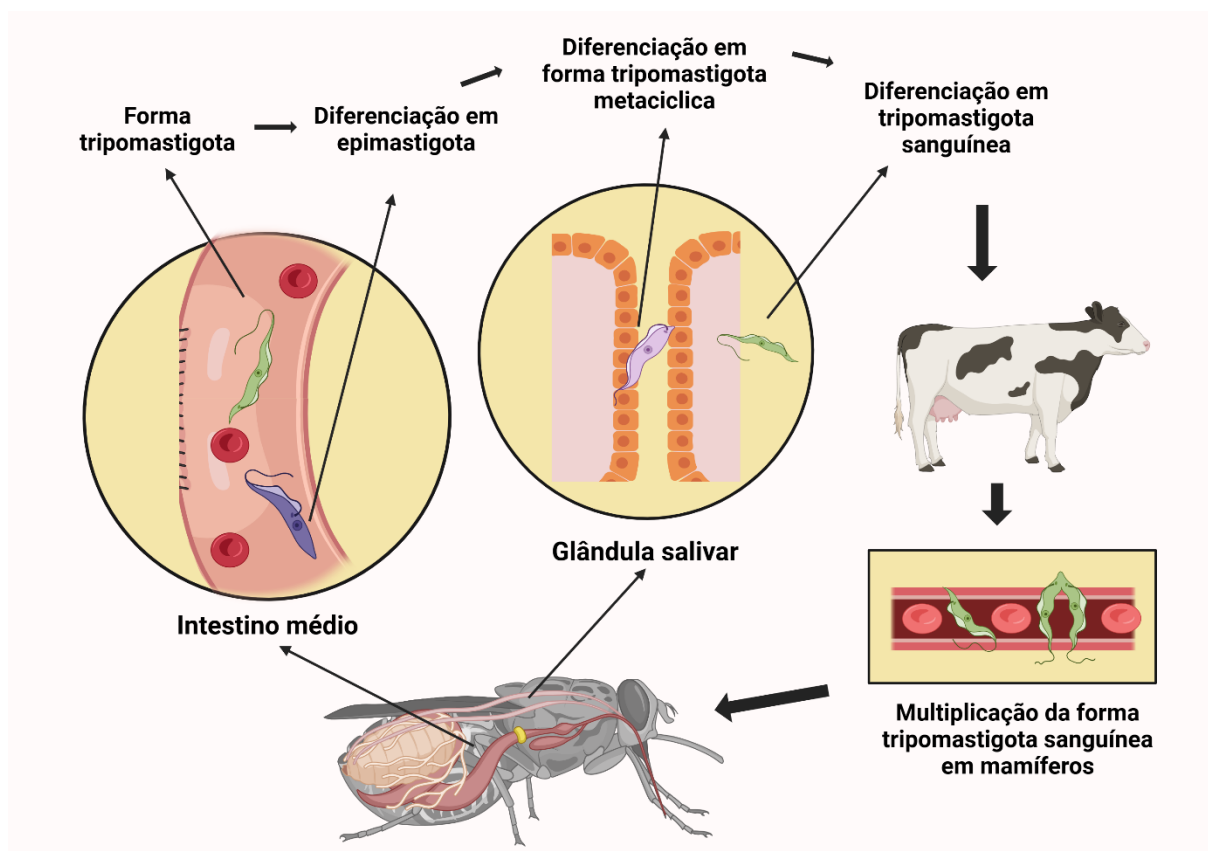
Figura 2 – Aspectos gerais da Mosca Tsé-Tsé



Fonte: Adaptado de Kariithi *et al.* (2018). TseTse Fly (Created in ©BioRender-biorender.com).

O ciclo biológico do *T. vivax* no vetor se inicia quando as moscas tsé-tsé se infectam com as formas tripomastigotas sanguíneas, que se transformam em formas epimastigotas no esôfago e na faringe da mosca. Essas formas migram para o canal alimentar da Tsé-Tsé, onde se multiplicam. Em seguida, migram novamente em direção à hipofaringe para se desenvolverem em tripomastigotas, as quais se transformarão em tripomastigotas metacíclicas, que são as formas infectantes. As tripomastigotas metacíclicas acumuladas em partes bucais e glândula salivar da mosca são transmitidas quando a mesma se alimenta de sangue de animais vertebrados, como por exemplo, bovinos (Figura 3) (Fenta *et al.*, 2024a; Magez *et al.*, 2021).

Figura 3 – Tsé-Tsé envolvida no ciclo de transmissão de *Trypanosoma vivax* em bovinos



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025. (Criado no ©BioRender-biorender.com)

2. Tripanossomíase bovina: patogenicidade e epidemiologia

Trypanosoma vivax é um protozoário de grande importância para pecuária e possui como reservatórios os animais ungulados, acarretando grandes perdas econômicas para o setor (Silva *et al.*, 2002). O parasito recebe esse nome por ser bastante ativo quando observado no exame de sangue a fresco (Osório *et al.*, 2008). Bovinos podem ser assintomáticos ou apresentarem a forma aguda ou crônica da doença (Tsegaye *et al.*, 2021).

Na fase aguda da doença pode haver alta parasitemia associada a extensas hemorragias por toda a mucosa. Na fase crônica, o bovino apresentará quadro anêmico e caquexia com sinais de apatia severa. Mais de três milhões de mortes são relatadas anualmente em regiões infestadas pela mosca tsé-tsé, e de acordo com Fenta *et al.* (2024), aproximadamente 35 de milhões de doses de medicamentos tripanocidas são administrados a cada ano com o objetivo de permitir que o gado

persista em regiões endêmicas (Duguma *et al.*, 2015; Fenta *et al.*, 2024a; Hundessa *et al.*, 2021).

O período de incubação é geralmente de uma a quatro semanas. Os principais sinais clínicos são febre intermitente, anemia e perda de peso. O bovino geralmente tem um curso crônico com alta mortalidade, especialmente se houver má nutrição ou outros fatores de estresse. A anemia resulta em uma queda progressiva no volume de células compactadas, um indicador não específico, mas útil em áreas endêmicas (Oyda; Hailu, 2018). A patogênese da tripanossomíase bovina envolve uma interação complexa entre o parasita e a resposta imune do hospedeiro. Após a picada de moscas tsé-tsé (*Glossina* spp.) infectadas com o *T. vivax* penetra na corrente sanguínea, podendo evadir da resposta imunológica do hospedeiro e estabelecer a infecção. Por passar por diferentes fases de desenvolvimento no hospedeiro, a forma sanguínea é responsável pelas manifestações clínicas na doença, com multiplicação intensa no sangue, corroborando para níveis elevados de parasitemia.

Assim como outros tripanossomatídeos, o *T. vivax* desenvolveu mecanismos para escapar à resposta imune do hospedeiro. Uma das principais estratégias é conhecida como variação antigênica, em que o parasita altera as suas glicoproteínas de superfície para evitar a detecção no sistema imune. Esse mecanismo permite que o parasita persista na corrente sanguínea (Duguma *et al.*, 2015; Fenta *et al.*, 2024a; Seyoum *et al.*, 2022).

Os sinais clínicos da infecção por *T. vivax* podem variar de acordo a fase da doença. Nos casos agudos, os sintomas podem incluir febre, anemia e letargia. Já na fase crônica, que são mais comuns, os bovinos podem apresentar anemia progressiva, perda de peso e outros sinais debilitantes. Ademais, no que se refere as alterações hematológicas, observa-se anemia normocítica normocrômica, leucocitose e trombocitopenia. Estas alterações são atribuídas à destruição dos glóbulos vermelhos, a processos imunomediados e aos efeitos do parasita na medula óssea. A presença do parasita pode causar danos nos tecidos através de efeitos diretos nas células hospedeiras e através da resposta inflamatória provocada pelo sistema imune. Complicações como linfadenopatia e disfunção orgânica estão previstas na patogênese da doença (Fenta *et al.*, 2024; Gelaye, 2020).

As infecções crônicas podem resultar em problemas de saúde significativos, incluindo a redução da produtividade em termos de produção de leite e carne, falhas

reprodutivas e maior suscetibilidade a outras doenças devido ao comprometimento dos padrões de resposta imunológica.

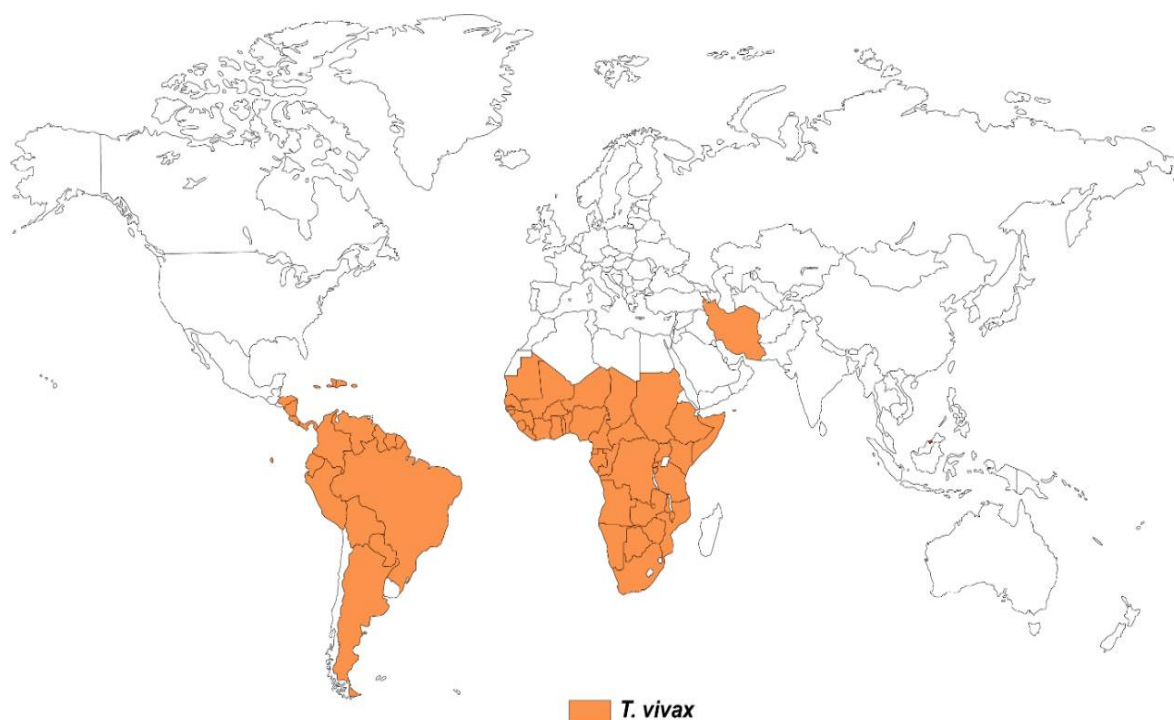
A epidemiologia da Tripanossomíase bovina é influenciada por vários fatores, incluindo a distribuição do vetor, as condições ambientais e as práticas de manejo de bovinos. *Trypanosoma vivax* está amplamente distribuído na África e em vários países da América Latina. Na África, foram registadas taxas de prevalência elevadas em países como Camarões, Etiópia, Sudão, Nigéria e Quênia. Na América do Sul, a doença foi documentada no Brasil, Venezuela, Colômbia, Equador, Peru, Bolívia, Paraguai, Guiana, Guiana Francesa e Suriname (Birhanu *et al.*, 2015).

Fora da África, o *T. vivax* está presente na América Latina, mas não na América do Norte, Austrália, Ásia e regiões do Pacífico. Acredita-se que o *T. vivax* foi introduzido na América Latina em gado e cavalos importados da África, possivelmente no século XVI, e se espalhou para diferentes países latino-americanos, incluindo Brasil, Colômbia, Guiana Francesa, Guadalupe, Guiana, Martinica, Panamá, Suriname e Venezuela (Fetene *et al.*, 2021; Gibson, 2005). Foi observado a presença do parasita na Costa Rica, Equador, El Salvador, Paraguai e Peru e, de acordo com Gardiner *et al.* (2015) ressaltam em seu estudo a presença do *T. vivax* no Caribe, representando assim uma ameaça às indústrias pecuárias. Fetene *et al.* (2021) ressaltam que o *T. vivax* é endêmico em 12 países latino-americanos, dos quais sete (Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Guiana, Peru, Venezuela) também são endêmicos para o *T. evansi* (Birhanu *et al.*, 2015; Fetene *et al.*, 2021; Hoare; Broom, 1938; Jones; Dávila, 2001).

Embora *T. vivax* possua ampla distribuição na América Latina, sendo detectado na Argentina em 2018, isso se deve à falta de estudos anteriores. Aparentemente, o *T. vivax* nunca se espalhou para a Ásia, ao contrário do *T. evansi*. A menos que haja um fator biológico ou ambiental específico impedindo o *T. vivax* de invadir o Oriente Médio e a Ásia, bem como o norte da África, a América do Norte e a Europa, devemos permanecer alertas sobre o risco de importar o *T. vivax* para países não endêmicos, como aconteceu na América Latina (Fetene *et al.*, 2021; Jones; Dávila, 2001; Touratier, 1999).

O efeito da infecção varia com o hospedeiro, pois a maioria dos animais estabelecem um equilíbrio com o parasita e permanecem como portadores clinicamente normais por longos períodos. Algumas raças de gado tripanotolerantes,

nativas da África, podem tolerar desafios leves a moderados com moscas tsé-tsé, limitando a multiplicação de tripanossomas em seu sangue e aparentemente afastando a infecção, como por exemplo o *T. vivax* (Gelaye, 2020; Losos; Ikede, 1972). O nível de tripanotolerância varia, dependendo da origem genética e ambiental. As raças cruzadas de animais taurinos e zebuínos indígenas também são mais tolerantes do que os zebuínos de raça pura. A suscetibilidade do gado à tripanossomíase depende da raça, idade, comportamento, exposição anterior e estado de saúde. Os zebrus indígenas são tripanossuscetíveis e as raças *Bos taurus* da África Ocidental são tripanotolerantes, ou seja, podem sobreviver e ser produtivas sem tratamento sob risco de tripanossomíase (Desta; Ayalew; Hegde, 2011; Gelaye, 2020). Ruminantes importados exóticos são severamente afetados do que os genótipos locais. As quatro raças de gado etíope Abigar, Gurage, Horro e Sheko estão relacionadas à tripanotolerância (Desquesnes *et al.*, 2022; Fenta *et al.*, 2024a).



World map showing the distribution of *Trypanosoma* species. The map is color-coded by country to indicate the presence of specific *Trypanosoma* species. A legend at the bottom identifies the colors:

- Blue: *T. cruzi*
- Yellow: *T. vivax*
- Red: *T. evansi*
- Green: *T. cruzi*, *T. vivax*
- Orange: *T. cruzi*, *T. vivax*, *T. evansi*
- Purple: *T. cruzi*, *T. evansi*
- Teal: *T. evansi*, *T. vivax*
- Pink: *T. vivax*, *T. congolenses*, *T. brucei*

3. Impactos econômicos da tripanossomíase bovina

4. Distúrbios reprodutivos causados por *Trypanosoma vivax*

Efeitos patogênicos de *T. vivax* em bovinos reprodutores têm sido reportados na literatura. Fatores como degeneração testicular grave dos testículos, afetam a produção e a qualidade do esperma. Essa degeneração pode envolver danos às células de *Leydig* e *Sertoli*, levando à redução da produção de testosterona e ao comprometimento da espermatogênese. Além disso, nos bovinos machos, por exemplo, podem ocorrer a perda da libido que pode resultar no declínio ou interrupção da produção de testosterona devido a danos testiculares. Observa-se ainda que os machos geralmente produzem sêmen de baixa qualidade, com relatos de espermatogênese anormal e aspermia (ausência de espermatozoides no sêmen). Os problemas de fertilidade surgem como resultado desses efeitos prejudiciais nos órgãos reprodutivos. Fatores como a inflamação genital pode levar ao aumento da inflamação escrotal, acompanhada de lesões e formação de crostas. Nesse sentido, a infecção por *T. vivax* pode resultar no esgotamento das reservas de sêmen do epidídimo, levando à esterilidade de bovinos machos (Authié, 1994; Betancur Hurtado; Jimenez Castro; Giraldo-Ríos, 2016; de Oliveira Reis *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2013).

Machos infectados podem apresentar características de sêmen deterioradas, incluindo volume reduzido, oligospermia (baixa contagem de espermatozoides) ou aspermia. Ademais, uma alta porcentagem de espermatozoides pode ser malformada, com relatos de mais de 70% de espermatozoides mortos e anormalidades morfológicas significativas (Betancur Hurtado; Jimenez Castro; Giraldo-Ríos, 2016; Couto *et al.*, 2024). Geralmente, observa-se uma redução notável na motilidade do esperma, o que é crítico para a fertilização, impactando ainda mais o potencial de fertilidade dos animais afetados (Agu; Ige; Olatunde, 1986; Batista *et al.*, 2018; Bezerra *et al.*, 2018; Couto *et al.*, 2024). Além disso, machos infectados podem apresentar tempos de ejaculação elevados, o que contribui para diminuição da eficiência reprodutiva. Estudos histológicos demonstram que lesões testiculares e epididimais persistem mesmo após o tratamento com tripanocidas, indicando potenciais efeitos de longo prazo na produção e qualidade do sêmen (Bittar *et al.*, 2015; Brilhante Bezerra; Batista, 2008).

Os problemas reprodutivos causados pela tripanossomíase são preocupações significativas para a criação e produtividade animal, particularmente em regiões onde a tripanossomíase é endêmica. O diagnóstico e o tratamento precoces podem ajudar

a mitigar alguns desses efeitos prejudiciais, embora a recuperação da qualidade do sêmen possa não ocorrer imediatamente após o tratamento (Bezerra *et al.*, 2018; Bittar *et al.*, 2015).

Os efeitos reprodutivos observados de *T. vivax* em fêmeas incluem: 1) anestro prolongado (ausência de ciclos de estro), com relatos de até seis meses em bovinos e várias irregularidades no ciclo estral. Condições como cios silenciosos e anestro temporário ou completo são relatados. 2) A tripanossomíase geralmente leva a lesões genitais graves em fêmeas, incluindo degeneração cística ovariana e ovários atróficos, o que pode resultar em disfunção reprodutiva crônica. 3) Há relatos significativos de infertilidade ou taxas de fertilidade reduzidas entre fêmeas infectadas, incluindo taxas de concepção reduzidas e complicações durante a gravidez. 4) As fêmeas podem enfrentar vários problemas relacionados à gravidez, como: abortos durante diferentes estágios da gravidez são comuns devido aos efeitos da infecção; partos prematuros e natimortos, frequentemente associados a fêmeas infectadas carregando filhotes fracos ou anêmicos; a infecção pode levar a complicações durante o parto, incluindo a retenção da placenta e a expulsão de fetos mortos ou malformados; possibilidades de transmissão transplacentária do parasita, levando a mortes neonatais e outros problemas de desenvolvimento na prole (Bittar *et al.*, 2015; Brilhante Bezerra; Batista, 2008; Couto *et al.*, 2024).

Além do que foi dito, fêmeas infectadas podem apresentar extensas alterações patológicas em seus órgãos reprodutivos, incluindo infiltração endometrial significativa e danos celulares que podem afetar adversamente a saúde reprodutiva e os resultados. Em rebanhos naturalmente infectados, a transmissão transplacentária do parasita é pouco conhecida e subestimada por fazendeiros e profissionais. Os casos publicados de transmissão placentária por *T. vivax* não descrevem lesões e parasitismo da placenta, e não mostram evidências morfológicas da infecção no feto (Silva *et al.*, 2013).

5. Diagnóstico da tripanossomíase bovina

O diagnóstico da tripanossomíase envolve tanto a avaliação clínica quanto métodos laboratoriais. Dada a natureza inespecífica dos sinais clínicos, um diagnóstico preciso será essencial para um bom prognóstico do animal acometido. No que se refere ao exame clínico o diagnóstico pode ser iniciado com a busca de

sintomas indicativos de tripanossomíase, como febre, anemia e problemas reprodutivos como abortos ou infertilidade.

5.1. Diagnóstico clínico

Dentre os sinais clínicos que poderão ser observados, destacam-se: apatia, febre, crescimento limitado, aborto espontâneo, fraqueza progressiva, sinais neurológicos, membranas mucosas pálidas, perda de apetite, letargia e perda de peso significativa. No entanto, estes sintomas são inespecíficos e podem sobrepor-se a outras doenças, fazendo com que o diagnóstico clínico, não seja suficiente.

5.2. Outras abordagens utilizadas

1) O diagnóstico parasitológico é considerado o padrão ouro para o diagnóstico de infecção por *T. vivax* e inclui várias técnicas (Bittar *et al.*, 2015; Ferreira *et al.*, 2023):

- Exame direto de esfregaço sanguíneo: uma fina camada de sangue é espalhada em uma lâmina de vidro de microscópio. A amostra é então examinada para a presença de parasitas *T. vivax* sob um microscópio óptico. As vantagens são custo-efetivo e simples de executar em condições de campo e boa especificidade. A única desvantagem é a exibição de baixa sensibilidade, especialmente durante infecções crônicas (Bittar *et al.*, 2015; Ferreira *et al.*, 2023).

- Técnica de Centrifugação de Hematócrito (HCT): Desenvolvida por Woo em 1970, esta técnica envolve a centrifugação de uma amostra de sangue para separar seus componentes, permitindo que tripanossomas móveis sejam observados entre a camada de leucócitos e o plasma. Possui como vantagens a detecção de tripanossomas mais cedo do que os métodos convencionais (6-10 dias antes da detecção em sangue fresco), além disso o método é de fácil execução. Possui baixa sensibilidade durante estágios crônicos quando a parasitemia é baixa (sensibilidade de 50% quando a parasitemia está entre 60 e 300 parasitas/mL) (Ferreira *et al.*, 2023).

- Exame da camada leucocitária (BCE): este método envolve a análise da camada de glóbulos brancos (camada leucocitária) coletada de um tubo de hematócrito. É uma abordagem rápida e prática para reconhecimento de parasitas e é mais sensível que o HCT, capaz de detectar 50% mais casos de infecção. A desvantagem relatada está relacionada ao requerimento de análise dentro de 8 horas após coleta do sangue.

- Aspiração por agulha de linfonodos pré-escapulares: esta técnica envolve a injeção de solução salina no linfonodo e a aspiração do fluido para análise. Como vantagem a aspiração é capaz de detectar diretamente os parasitos. Se trata de um método invasivo e pode não ser prático para testes em larga escala.

2) Diagnóstico imunológico: esta abordagem detecta anticorpos contra *T. vivax* e inclui vários testes como:

- Imunofluorescência Indireta (IFI); neste teste, anticorpos específicos na amostra de sangue se ligarão a antígenos do parasita, com marcações fluorescentes. O método possui boa sensibilidade para detectar infecções. Como desvantagem, a abordagem tem potencial de reatividade cruzada com outros tripanossomatídeos.

- Ensaio de imunoabsorção enzimática (ELISA) e Western Blotting: esses testes medem os níveis de anticorpos contra *T. vivax* em amostras de soro. São úteis para estudos populacionais e avaliação de exposição prévia ao parasita. Problemas com especificidade devido à reatividade cruzada com outras espécies de tripanossomíase são comumente relatadas (Ferreira *et al.*, 2023).

3) No diagnóstico molecular as técnicas moleculares detectam o DNA do *T. vivax* e são particularmente benéficas durante infecções crônicas com baixos níveis de parasitas (Ferreira *et al.*, 2023).

- Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) é um método altamente sensível que amplifica sequências específicas de DNA do parasita para confirmar a infecção. Possui alta sensibilidade e permite a detecção durante fases de baixa parasitemia. Por outro lado, a interpretação requer consideração cuidadosa devido a possíveis infecções por contaminantes e falsos positivos/negativos com base em diferentes fatores (por exemplo, métodos de extração de DNA).

- PCR quantitativa (qPCR) é uma abordagem avançada de PCR que quantifica a quantidade de DNA presente. A técnica fornece resultados mais rápidos, maior sensibilidade e menores riscos de contaminação, eficaz na identificação de infecções em estágios iniciais (Desquesnes, 2004; Ferreira *et al.*, 2023).

Isto posto, depreende-se que a combinação de técnicas é essencial para o diagnóstico correto. Exame clínico, métodos parasitológicos, sorológicos e moleculares melhoram a exatidão do diagnóstico e reduzem as possibilidades de

resultados falsos negativos. Esta abordagem multifacetada auxilia na confirmação do parasita e na compreensão dos aspectos epidemiológicos e dinâmicas de transmissão da doença (Bittar *et al.*, 2015; Desquesnes, 2004).

É importante ressaltar que testes a campo a partir de proteínas recombinantes são uma realidade em muitos países que enfrentam doenças como a tripanossomíase. São testes imunocromatográficos rápidos que não carecem equipamentos especializados e/ou ambiente hospitalar. No entanto, ressalta-se que se tratando de um parasita versátil é sempre importante realizar um teste confirmatório antes do diagnóstico final.

6. Controle da tripanossomíase bovina

O controle da tripanossomíase bovina requer uma abordagem multifacetada que inclui medidas preventivas, estratégias de tratamento e práticas de educação em saúde. Assim, o controle do vetor a partir da aplicação regular de inseticidas é imprescindível para controlar as populações de mosca tsé-tsé (Meyer *et al.*, 2016). A pulverização do gado e a utilização de armadilhas ou acessórios impregnados de inseticida podem reduzir a densidade populacional de moscas nas áreas de pastagem. Ressalta-se que a modificação do ambiente tais como a limpeza de áreas arbustivas onde as moscas se reproduzem, pode ajudar a diminuir a presença dos vetores (Meyer *et al.*, 2016; Tsegaye *et al.*, 2021).

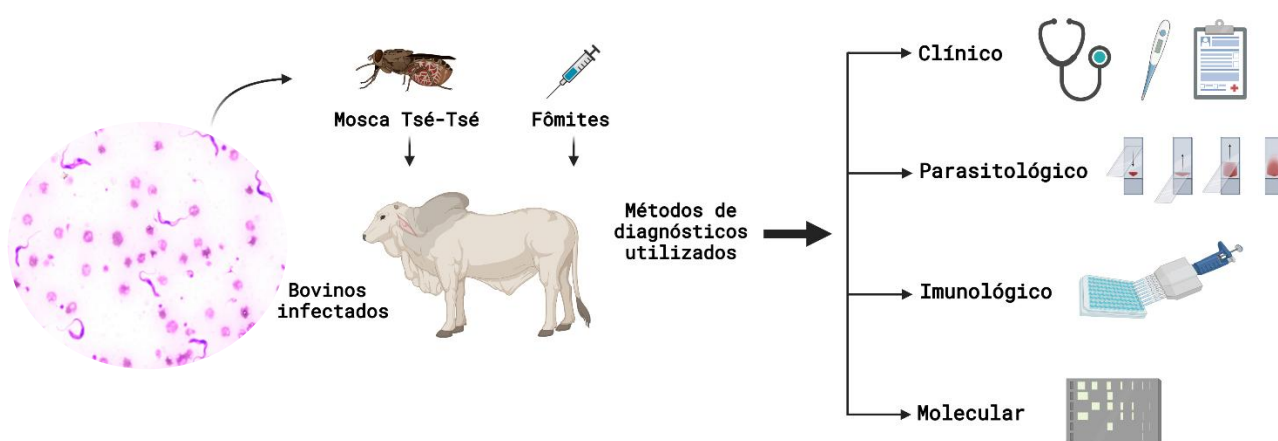
O tratamento de bovinos infectados é realizado a partir de tripanocidas como o cloreto de isometamídio e o aceturato de diminazeno. No entanto, o aparecimento de cepas resistentes aos medicamentos exige uma gestão cuidadosa dos protocolos de tratamento. Em áreas com elevada prevalência, recomenda-se o tratamento profilático para proteger os animais em risco, especialmente durante as épocas de elevada transmissão (Fenta *et al.*, 2024a; Gelaye, 2020).

Atualmente, não há vacina comercialmente disponível para o *T. vivax*. Esta abordagem preventiva poderia constituir um instrumento importante para o controle da doença no futuro. O controle sanitário e a vigilância das populações de bovinos para detectar sinais de tripanossomíase são essenciais. Isto inclui exames clínicos e testes laboratoriais para identificar precocemente os animais infectados. Além disso, a implementação de programas de gestão em saúde pode auxiliar no rastreamento da doença e controle em tempo oportuno dos surtos. Atividades voltadas à sensibilização

e educação em saúde voltada à sanidade e produção animal nos trópicos pode ser uma grande aliada junto aos agricultores e proprietários de bovinos. O conhecimento acerca da temática corrobora para o entendimento/importância do controle de vetores e assistência veterinária regulares (Fenta *et al.*, 2024b; Meyer *et al.*, 2016; Tsegaye *et al.*, 2021).

O controle da tripanossomíase bovina exige uma estratégia global que incluir o controle vetorial, o tratamento dos animais infectados, a monitorização, a educação e a investigação contínua *in loco*. Com a aplicação destas medidas, o impacto da doença na saúde e na produtividade dos animais pode ser significativamente reduzido (Silva *et al.*, 2002).

Figura 6 – Métodos diagnósticos para tripanossomíase bovina



Fonte: Adaptado de (Ferreira *et al.*, 2023) (Created in ©BioRender-biorender.com)

7. Relação parasito-hospedeiro e aspectos da resposta imunológica frente à infecção por *Trypanosoma* spp.

Apesar dos avanços recentes, o comportamento do protozoário *T. vivax* no hospedeiro mamífero ainda não é bem esclarecido (Autheman *et al.*, 2021). Das informações elencadas na literatura, depreende-se que a resposta imune ao *T. vivax* envolve mecanismos complexos, uma vez que o parasita desenvolveu estratégias para evadir a resposta imune do hospedeiro. A resposta imune inata frente ao protozoário inclui a ativação de macrófagos, células dendríticas e a liberação de citocinas pró-inflamatórias. Estas células reconhecem o parasita através de

receptores de reconhecimento de padrões (*PRRs*, do inglês *Pattern Recognition Receptors*), que induzem vias de sinalização que culminam em uma resposta inflamatória para controlar a infecção. A partir desses eventos a resposta adaptativa é ativada, o que inclui a proliferação de linfócitos T e a produção de anticorpos pelos linfócitos B. A resposta imune durante o processo infeccioso é caracterizada pela produção de anticorpos específicos contra as glicoproteínas de superfície variáveis (VSGs) do parasita, que são cruciais para a sobrevivência do parasita e para a evasão do sistema imunológico (Desquesnes *et al.*, 2022; Jamonneau *et al.*, 2010).

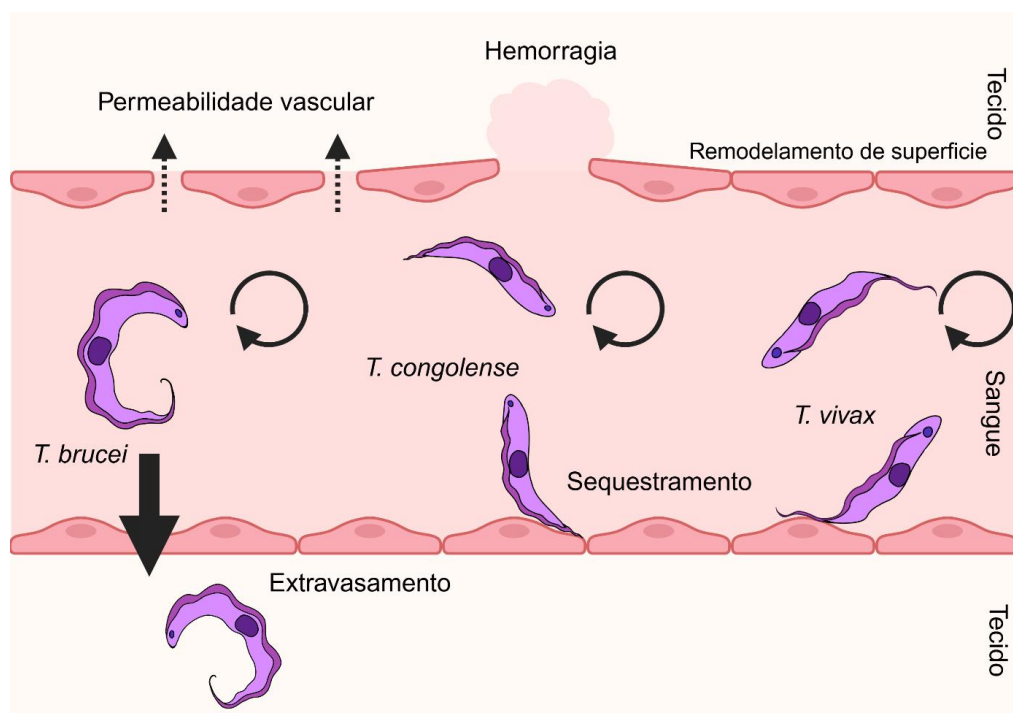
A produção de anticorpos é essencial para controlar infecções, contudo, neste contexto, a capacidade do parasita alterar as glicoproteínas de superfície resulta em uma variação antigênica, permitindo-lhe escapar da detecção do sistema imunológico do hospedeiro, sendo observado uma parasitemia flutuante, em que os níveis do parasita no sangue podem variar significativamente ao longo do tempo (Desquesnes; Dia, 2003; Silva Pereira *et al.*, 2020).

A resposta imune ao *T. vivax* é mediada por diferentes citocinas. A interleucina-10 (IL-10) pode ter efeitos imunossupressores, o que auxilia o parasita a persistir no hospedeiro. Por outro lado, as citocinas pró-inflamatórias, como o fator de necrose tumoral alfa (TNF- α), o Interferon-gama (IFN- γ) e a Interleucina-12 (IL-12) participam da resposta que controla a infecção. A IL-12 induz a diferenciação de linfócitos T em células Th1, que produzem IFN- γ . Este, juntamente com o TNF- α , ativa os macrófagos para fagocitar os parasitas e conter a replicação dos parasitos. É importante ressaltar que a produção excessiva de TNF- α pode levar a danos teciduais e contribuir para a patologia associada à tripanossomíase. IL-10 tem efeitos imunossupressores e pode inibir a produção de outras citocinas pró-inflamatórias e persistência do *T. vivax*. O perfil de resposta Th2 está associado a níveis elevados de IL-4 e IL-10 e consequentemente maior suscetibilidade ao parasita (Autheman *et al.*, 2021; Auty *et al.*, 2015; Desquesnes *et al.*, 2022; Gibson, 2005; Jones; Dávila, 2001).

A depender do padrão de resposta exibido pelo hospedeiro, o diagnóstico e o tratamento poderão ser duramente afetados. A presença de certas citocinas pode estar correlacionada com a progressão ou a resolução da doença, e a compreensão desta dinâmica pode ajudar a desenvolver terapias ou até mesmo a prospecção de vacinas.

Silva Pereira et al. (2023), comparou a sobrevivência, patologia vascular e padrões de sequestro de *T. brucei*, *T. congolense* e *T. vivax* utilizando modelos experimentais (camundongos machos C57BL/6 J). Foi observado grandes diferenças na sobrevivência do hospedeiro após infecção com as diferentes cepas de *Trypanosoma*. Curiosamente, todos os hospedeiros infectados com *T. brucei* – uma espécie que consegue atravessar o endotélio vascular do hospedeiro para estabelecer reservatórios de parasitas extravasculares –, são capazes de entrar em um estágio crônico da doença (Figura 7). Os autores observaram variações teciduais na infecção por *T. vivax*, contudo necessitarão de novos estudos para entender as razões por trás das diferenças observadas e os níveis altos de parasitemia periférica. Vale ressaltar que esse achado não é inédito, pois, em infecções naturais de bovinos, *T. vivax* foi descrito como causador esporadicamente de uma síndrome hemorrágica grave caracterizada por níveis aumentados de fibrinogênio e produtos de degradação de fibrina, coagulação intravascular difusa e trombocitopenia (Silva Pereira et al., 2023, 2020; Welde et al., 1983). Esses fatores podem estar relacionados a distúrbios na homeostase vascular e na cascata de coagulação. Extrapolando para *T. congolense*, foi possível depreender que diferenças na sobrevivência podem estar relacionadas a níveis aumentados de sequestro em órgãos mais sensíveis à inflamação, como o cérebro (Silva Pereira et al., 2022, 2023). Ao comparar as alterações de permeabilidade vascular induzidas por interações de *Trypanosoma* spp., *T. brucei* causa os efeitos menos graves na homeostase vascular. Por outro lado, as infecções por *T. congolense* e *T. vivax* resultam em patologia vascular significativa, incluindo micro-hemorragias extensas, que provavelmente contribuem para a patologia específica grave do órgão das doenças que causam. Tanto o *T. vivax* quanto o *T. congolense* parecem levar seus hospedeiros a alterações vasculares graves de maneira específica com mecanismos ainda pouco entendidos da relação intrínseca parasito-hospedeiro (Silva Pereira et al., 2023).

Figura 7 – Interações de *Trypanosoma* spp. com células endoteliais



Fonte: Adaptado de (Silva Pereira *et al.*, 2023) (Created in ©BioRender-biorender.com)

8. Considerações finais

A tripanossomíase bovina é uma doença de grande impacto na pecuária, especialmente em regiões tropicais e subtropicais. Para mitigar os desafios impostos pela doença, é sugerido em literatura e manuais de boas práticas a melhora nas práticas de gestão e criação de bovinos, sensibilização da sociedade criadora de animais, alojamento adequado, medicação dos animais acometidos e restrição da densidade de movimento da população de tsé-tsé. Nessa perspectiva, este capítulo ofereceu uma abordagem detalhada da tripanossomíase bovina em diferentes localidades, com foco no protozoário, no vetor, na interação hospedeiro-parasito e métodos diagnósticos existentes. *T. vivax* é um parasita com alta capacidade de adaptação e impacto na saúde bovina. A variabilidade na resposta imune dos bovinos, influenciada por fatores genéticos e ambientais, foi discutida como um fator relevante na progressão da doença. Ademais, as opções de tratamento existentes configuram-se em desafios relacionados à resistência medicamentosa e à necessidade de estratégias de controle integrado.

Depreende-se que a tripanossomíase bovina continua sendo uma doença de grande relevância econômica e sanitária, exigindo esforços contínuos de pesquisa e controle. A adoção de abordagens integradas, que combinem o controle vetorial, o diagnóstico precoce, o tratamento estratégico e o manejo adequado dos animais, é essencial para minimizar os impactos da doença. Diante do exposto, torna-se necessário investir na pesquisa de novas drogas e vacinas para o controle efetivo da doença, bem como abordagens multidisciplinares integradas com foco na prevenção, no diagnóstico em tempo oportuno e tratamento correto que visem a proteção da saúde animal e à sustentabilidade da produção pecuária.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade de Uberaba (UNIUBE); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), em especial aos projetos APQ-01203-23, APQ-00825-22; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio disponibilizado para o desenvolvimento deste estudo.

Referências Bibliográficas

- AGU, W. E.; IGE, K.; OLATUNDE, D. S. Evaluation of semen quality of rams infected with *Trypanosoma Vivax*. **Animal Reproduction Science**, [s. l.], vol. 11, p. 123–127, 1 Jan. 1986. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(86\)90111-9](https://doi.org/10.1016/0378-4320(86)90111-9).
- AHMED, Selma K.; RAHMAN, Ahmed H.; HASSAN, Mohammed A.; SALIH, Sir Elkhatim M.; PAONE, Massimo; CECCHI, Giuliano. An atlas of tsetse and bovine trypanosomosis in Sudan. **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 9, p. 194, 7 Apr. 2016. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1485-6>.
- AUTHEMAN, Delphine; CROSNIER, Cécile; CLARE, Simon; GOULDING, David A.; BRANDT, Cordelia; HARCOURT, Katherine; TOLLEY, Charlotte; GALAWAY, Francis; KHUSHU, Malhar; ONG, Han; ROMERO-RAMIREZ, Alessandra; DUFFY, Craig W.; JACKSON, Andrew P.; WRIGHT, Gavin J. An invariant *Trypanosoma vivax* vaccine antigen induces protective immunity. **Nature**, [s. l.], vol. 595, no. 7865, p. 96–100, Jul. 2021. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03597-x>.
- AUTHIÉ, E. Trypanosomiasis and trypanotolerance in cattle: A role for congopain? **Parasitology Today**, [s. l.], vol. 10, no. 9, p. 360–364, 1 Jan. 1994. [https://doi.org/10.1016/0169-4758\(94\)90252-6](https://doi.org/10.1016/0169-4758(94)90252-6).
- AUTY, H.; TORR, S. J.; MICHOEL, T.; JAYARAMAN, S.; MORRISON, L. J. Cattle trypanosomosis: the diversity of trypanosomes and implications for disease epidemiology and

control. **Revue Scientifique Et Technique (International Office of Epizootics)**, [s. l.], vol. 34, no. 2, p. 587–598, Aug. 2015. <https://doi.org/10.20506/rst.34.2.2382>.

BATISTA, Jael Soares; MOURA, Gabriela Hémylin Ferreira; LOPES, Francisco Canindé; PAIVA, Kalliane Alessandra Rodrigues de; ARAÚJO JÚNIOR, Hélio Noberto de; GÓIS, Ray Cezar de Souza; COSTA, Kizzy Millenn de Freitas Mendonça; COELHO, Wesley Adson Costa; FREITAS, Carlos Iberê Alves. Risk factors for trypanosomiasis by *Trypanosoma vivax* in cattle raised in Rio Grande do Norte state. **Arquivos do Instituto Biológico**, [s. l.], vol. 85, p. e0232016, 2 Aug. 2018. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000232016>.

BETANCUR HURTADO, Oscar Jaime; JIMENEZ CASTRO, Pablo David; GIRALDO-RÍOS, Cristian. Reproductive failures associated with *Trypanosoma (Duttonella) vivax*. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], vol. 229, p. 54–59, 15 Oct. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.09.017>.

BEZERRA, Nicholas Moraes; MOURA, Gabriela Hémylin Ferreira; DE ARAÚJO, Hélio Noberto; BEZERRA, Francisco Silvestre Brilhante; DE PAIVA, Kalliane Alessandra Rodrigues; DE FREITAS MENDONÇA COSTA, Kizzy Millenn; COSTA, Wirtton Peixoto; MEDEIROS, Dayse Ariane Soares; BATISTA, Jael Soares. Detection of *Trypanosoma vivax* DNA in semen from experimentally infected goats. **Veterinary Research Communications**, [s. l.], vol. 42, no. 2, p. 131–135, 1 Jun. 2018. <https://doi.org/10.1007/s11259-018-9715-3>.

BIRHANU, Hadush; FIKRU, Regassa; SAID, Mussa; KIDANE, Weldu; GEBREHIWOT, Tadesse; HAGOS, Ashenafi; ALEMU, Tola; DAWIT, Tesfaye; BERKVEN, Dirk; GODDEERIS, Bruno Maria; BÜSCHER, Philippe. Epidemiology of *Trypanosoma evansi* and *Trypanosoma vivax* in domestic animals from selected districts of Tigray and Afar regions, Northern Ethiopia. **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 8, p. 212, 9 Apr. 2015. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0818-1>.

BITTAR, Joely FF; BASSI, Paula B.; MOURA, Dênia M.; GARCIA, Guilherme C.; MARTINS-FILHO, Olindo Assis; VASCONCELOS, André B.; COSTA-SILVA, Matheus F.; BARBOSA, Cristiano P.; ARAÚJO, Márcio SS; BITTAR, Eustáquio R. Evaluation of parameters related to libido and semen quality in Zebu bulls naturally infected with *Trypanosoma vivax*. **BMC Veterinary Research**, [s. l.], vol. 11, no. 1, p. 261, 14 Oct. 2015. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0571-x>.

BRILHANTE BEZERRA, Francisco Silvestre; BATISTA, Jael. EFEITOS DA INFECÇÃO POR *Trypanosoma vivax* SOBRE A REPRODUÇÃO: UMA REVISÃO. **Acta Veterinaria Brasilica**, [s. l.], vol. 2, 31 Oct. 2008.

COUTO, Luiz Felipe Monteiro; BASTOS, Thiago Souza Azeredo; MORAIS, Igor Maciel Lopes de; SALVADOR, Vanessa Ferreira; LEAL, Luccas Lourenzzo Lima Lins; FALAVIGNA, Ricardo Backstron; SPRICIGO, José Felipe Warmling; MOTA, Rinaldo Aparecido; CRUZ, Breno Cayero; COLLI, Marcos Henrique Alcantara; SCARPA, Alexandre Braga; SOARES, Vando Edesio; FERREIRA, Lorena Lopes; LOPES, Welber Daniel Zanetti. Reproductive, productive and financial consequences of chronic *Trypanosoma vivax* infection in a dairy cattle herd in a region without a cyclic vector. **Veterinary Parasitology**, [s. l.], vol. 330, p. 110221, 1 Aug. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2024.110221>.

DE OLIVEIRA REIS, Matheus; SOUZA, Fernanda Rezende; ALBUQUERQUE, Adriana Silva; MONTEIRO, Fernanda; DOS SANTOS OLIVEIRA, Luan Francisco; RAYMUNDO, Djeison Lutier; WOUTERS, Flademir; WOUTERS, Angélica Terezinha Barth; PECONICK, Ana Paula; VARASCHIN, Mary Suzan. Epizootic Infection by *Trypanosoma vivax* in Cattle from the State

of Minas Gerais, Brazil. **The Korean Journal of Parasitology**, [s. l.], vol. 57, no. 2, p. 191–195, Apr. 2019. <https://doi.org/10.3347/kjp.2019.57.2.191>.

DESQUESNES, Marc. Diagnosis and overall epidemiology. In: Livestock Trypanosomes and their Vectors in Latin America. **CIRAD French Agricultural Research Centre for International Development**, [s. l.], 1 Jan. 2004. .

DESQUESNES, Marc; DIA, Mamadou Lamine. Trypanosoma vivax: mechanical transmission in cattle by one of the most common African tabanids, Atylotus agrestis. **Experimental Parasitology**, [s. l.], vol. 103, no. 1–2, p. 35–43, 2003. [https://doi.org/10.1016/s0014-4894\(03\)00067-5](https://doi.org/10.1016/s0014-4894(03)00067-5).

DESQUESNES, Marc; SAZMAND, Alireza; GONZATTI, Marisa; BOULANGÉ, Alain; BOSSARD, Géraldine; THÉVENON, Sophie; GIMONNEAU, Geoffrey; TRUC, Philippe; HERDER, Stéphane; RAVEL, Sophie; SERENO, Denis; WALECKX, Etienne; JAMONNEAU, Vincent; JACQUIET, Philippe; JITTAPALAPONG, Sathaporn; BERTHIER, David; SOLANO, Philippe; HÉBERT, Laurent. Diagnosis of animal trypanosomoses: proper use of current tools and future prospects. **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 15, no. 1, p. 235, 27 Jun. 2022. <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05352-1>.

DESTA, Takele Taye; AYALEW, Workneh; HEGDE, B P. Breed and trait preferences of Sheko cattle keepers in southwestern Ethiopia. **Tropical animal health and production**, [s. l.], vol. 43, no. 4, p. 851–856, 1 Apr. 2011. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9772-2>.

DUGUMA, Reta; TASEW, Senbeta; OLANI, Abebe; DAMENA, Delesa; ALEMU, Dereje; MULATU, Tesfaye; ALEMAYEHU, Yoseph; YOHANNES, Moti; BEKANA, Merga; HOPPENHEIT, Antje; ABATIH, Emmanuel; HABTEWOLD, Tibebu; DELESPAUX, Vincent; DUCHATEAU, Luc. Spatial distribution of Glossina sp. and Trypanosoma sp. in south-western Ethiopia. **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 8, no. 1, p. 430, 19 Aug. 2015. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-1041-9>.

FENTA, Melkie Dagnaw; MEBRATU, Atsede Solomon; GETNET, Kalkidan; MARU, Moges; MENGISTU, Bemrew Admassu. Epidemiology, risk factors and vector density of trypanosomosis in cattle in Ethiopia: Systematic review and meta-analysis. **Parasite Epidemiology and Control**, [s. l.], vol. 27, p. e00388, 1 Nov. 2024a. <https://doi.org/10.1016/j.parepi.2024.e00388>.

FENTA, Melkie Dagnaw; MEBRATU, Atsede Solomon; GETNET, Kalkidan; MARU, Moges; MENGISTU, Bemrew Admassu. Epidemiology, risk factors and vector density of trypanosomosis in cattle in Ethiopia: Systematic review and meta-analysis. **Parasite Epidemiology and Control**, [s. l.], vol. 27, p. e00388, 1 Nov. 2024b. <https://doi.org/10.1016/j.parepi.2024.e00388>.

FERREIRA, André V. F.; GARCIA, Guilherme C.; ARAÚJO, Fernanda Fortes de; NOGUEIRA, Laís Moreira; BITTAR, Joely Ferreira Figueiredo; BITTAR, Eustáquio Resende; PANDOLFI, Izabela Andrade; MARTINS-FILHO, Olindo Assis; GALDINO, Alexsandro Sobreira; ARAÚJO, Marcio Sobreira Silva. Methods Applied to the Diagnosis of Cattle Trypanosoma vivax Infection: An Overview of the Current State of the Art. **Current Pharmaceutical Biotechnology**, [s. l.], vol. 24, no. 3, p. 355–365, 1 Mar. 2023. <https://doi.org/10.2174/1389201024666221108101446>.

FETENE, Eyerusalem; LETA, Samson; REGASSA, Fikru; BÜSCHER, Philippe. Global distribution, host range and prevalence of Trypanosoma vivax: a systematic review and meta-analysis. **Parasites & Vectors**, [s. l.], vol. 14, no. 1, p. 80, 25 Jan. 2021. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04584-x>.

GELAYE, Abaynew. Bovine Trypanosomiasis in Ethiopia: Epidemiology, Diagnosis and its Economic Impact- A Review. 2., 8 Jul. 2020., journalAbbreviation: JBGSR. **Open Access Journal of Biogeneric Science and Research** [...]. [S. l.: s. n.], 8 Jul. 2020. vol. 2, . DOI 10.46718/JBGSR.2020.02.000059. Available at: <https://biogenericpublishers.com/jbgsr.ms.ID.000059.text/>. Accessed on: 24 Jan. 2025.

GIBSON, Wendy. Livestock Trypanosomoses and their Vectors in Latin America, Marc Desquesnes (CIRAD-EMVT). OIE, Paris, 2004. ii + 174 pp., paperback, ISBN: 92-9044-634-X, (€40). **Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, [s. l.], vol. 99, no. 9, p. 716, 1 Sep. 2005. <https://doi.org/10.1016/j.trstmh.2005.04.005>.

GIORDANI, FEDERICA; MORRISON, LIAM J.; ROWAN, TIM G.; DE KONING, HARRY P.; BARRETT, MICHAEL P. The animal trypanosomiasis and their chemotherapy: a review. **Parasitology**, [s. l.], vol. 143, no. 14, p. 1862–1889, Dec. 2016. <https://doi.org/10.1017/S0031182016001268>.

HOARE, C. A.; BROOM, J. C. Morphological and taxonomic studies on mammalian trypanosomes: IV. Biometrical Study of the Relationship between *Trypanosoma uniforme* and *T. vivax*. **Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, [s. l.], vol. 31, no. 5, p. 517–534, 17 Mar. 1938. [https://doi.org/10.1016/S0035-9203\(38\)90020-3](https://doi.org/10.1016/S0035-9203(38)90020-3).

HOLMES, P. H.; KATUNGUKA-RWAKISHAYA, E.; BENNISON, J. J.; WASSINK, G. J.; PARKINS, J. J. Impact of nutrition on the pathophysiology of bovine trypanosomiasis. **Parasitology**, [s. l.], vol. 120, no. 7, p. 73–85, May 2000. <https://doi.org/10.1017/S0031182099005806>.

HUNDESSA, Nato; ESRAEL, Eshetu; FESSEHA, Haben; MATHEWOS, Mesfin. Study on Prevalence of Trypanosomosis in Cattle of Sodo Zuriya District, Wolaita Zone, Southern Ethiopia. **Journal of Parasitology Research**, [s. l.], vol. 2021, no. 1, p. 4472480, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/4472480>.

JAMONNEAU, Vincent; BUCHETON, Bruno; KABORÉ, Jacques; ILBOUDO, Hamidou; CAMARA, Oumou; COURTIN, Fabrice; SOLANO, Philippe; KABA, Dramane; KAMBIRE, Roger; LINGUE, Kouakou; CAMARA, Mamadou; BAELMANS, Rudy; LEJON, Veerle; BÜSCHER, Philippe. Revisiting the immune trypanolysis test to optimise epidemiological surveillance and control of sleeping sickness in West Africa. **PLoS neglected tropical diseases**, [s. l.], vol. 4, no. 12, p. e917, 21 Dec. 2010. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000917>.

JONES, Tudor W.; DÁVILA, Alberto M. R. *Trypanosoma vivax* – out of Africa. **Trends in Parasitology**, [s. l.], vol. 17, no. 2, p. 99–101, 1 Feb. 2001. [https://doi.org/10.1016/S1471-4922\(00\)01777-3](https://doi.org/10.1016/S1471-4922(00)01777-3).

LOSOS, G. J.; IKEDE, B. O. Review of Pathology of Diseases in Domestic and Laboratory Animals Caused by *Trypanosoma congolense*, *T. vivax*, *T. brucei*, *T. rhodesiense* and *T. gambiense*. **Veterinary Pathology**, [s. l.], vol. 9, no. 1_suppl, p. 1–79, 1 Jan. 1972. <https://doi.org/10.1177/030098587200901s01>.

MAGEZ, Stefan; PINTO TORRES, Joar Esteban; OH, Seoyeon; RADWANSKA, Magdalena. Salivarian Trypanosomes Have Adopted Intricate Host-Pathogen Interaction Mechanisms That Ensure Survival in Plain Sight of the Adaptive Immune System. **Pathogens**, [s. l.], vol. 10, no. 6, p. 679, Jun. 2021. <https://doi.org/10.3390/pathogens10060679>.

MEYER, Anne; HOLT, Hannah R.; SELBY, Richard; GUITIAN, Javier. Past and Ongoing Tsetse and Animal Trypanosomiasis Control Operations in Five African Countries: A

Systematic Review. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], vol. 10, no. 12, p. e0005247, 27 Dec. 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005247>.

MILLIGAN, P. J. M.; BAKER, R. D. A model of tsetse-transmitted animal trypanosomiasis. **Parasitology**, [s. l.], vol. 96, no. 1, p. 211–239, Feb. 1988. <https://doi.org/10.1017/S0031182000081774>.

OSÓRIO, Ana Luiza Alves Rosa; MADRUGA, Claudio Roberto; DESQUESNES, Marc; SOARES, Cleber Oliveira; RIBEIRO, Laura Raquel Rios; COSTA, Sylvio Celso Gonçalves da. *Trypanosoma* (Duttonella) *vivax*: its biology, epidemiology, pathogenesis, and introduction in the New World - a review. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, [s. l.], vol. 103, p. 1–13, Feb. 2008. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762008000100001>.

OYDA, Semayat; HAILU, Maireg. Review on prevalence of bovine trypanosomosis in Ethiopia. **African Journal of Agricultural Research**, [s. l.], vol. 13, no. 1, p. 1–6, 4 Jan. 2018. <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12755>.

SEYOUUM, Wasihun; TORA, Ephrem; KORE, Kokeb; LEJEBO, Firew. Seasonal Patterns: Bovine Trypanosomosis, *Glossina pallidipes* Density, and Infection in Rift Valleys of Gamo Zone, Southern Ethiopia. **Frontiers in Veterinary Science**, [s. l.], vol. 9, 28 Feb. 2022. DOI 10.3389/fvets.2022.805564. Available at: <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2022.805564/full>. Accessed on: 24 Jan. 2025.

SHAW, A. P. M.; CECCHI, G.; WINT, G. R. W.; MATTIOLI, R. C.; ROBINSON, T. P. Mapping the economic benefits to livestock keepers from intervening against bovine trypanosomosis in Eastern Africa. **Preventive Veterinary Medicine**, [s. l.], vol. 113, no. 2, p. 197–210, 1 Feb. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.10.024>.

SILVA PEREIRA, Sara; BRÁS, Daniela; PORQUEDDU, Teresa; NASCIMENTO, Ana M.; DE NIZ, Mariana. Investigation of *Trypanosoma*-induced vascular damage sheds insights into *Trypanosoma vivax* sequestration. **The Cell Surface**, [s. l.], vol. 10, p. 100113, 15 Dec. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2023.100113>.

SILVA PEREIRA, Sara; DE ALMEIDA CASTILHO NETO, Kayo J. G.; DUFFY, Craig W.; RICHARDS, Peter; NOYES, Harry; OGUGO, Moses; ROGÉRIO ANDRÉ, Marcos; BENGALY, Zakaria; KEMP, Steve; TEIXEIRA, Marta M. G.; MACHADO, Rosangela Z.; JACKSON, Andrew P. Variant antigen diversity in *Trypanosoma vivax* is not driven by recombination. **Nature Communications**, [s. l.], vol. 11, no. 1, p. 844, 12 Feb. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14575-8>.

SILVA PEREIRA, Sara; DE NIZ, Mariana; SERRE, Karine; OUARNÉ, Marie; COELHO, Joana E.; FRANCO, Cláudio A.; FIGUEIREDO, Luisa M. Immunopathology and *Trypanosoma congolense* parasite sequestration cause acute cerebral trypanosomiasis. **eLife**, [s. l.], vol. 11, p. e77440, 5 Jul. 2022. <https://doi.org/10.7554/eLife.77440>.

SILVA, R. A. M. S.; RIVERA DÁVILA, A. M.; SEIDL, A.; RAMIREZ. *Trypanosoma evansi* e *trypanosoma vivax*: biologia, diagnóstico e controle. - Portal Embrapa. 2002. Available at: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/810940/trypanosoma-evansi-e-trypanosoma-vivax-biologia-diagnostico-e-controle>. Accessed on: 6 May 2025.

SILVA, Taciana MF; OLINDA, Roberio G.; RODRIGUES, Carla MF; CÂMARA, Antônio CL; LOPES, Francisco C.; COELHO, Wesley AC; RIBEIRO, Múcio FB; FREITAS, Carlos IA; TEIXEIRA, Marta MG; BATISTA, Jael S. Pathogenesis of reproductive failure induced by *Trypanosoma vivax* in experimentally infected pregnant ewes. **Veterinary Research**, [s. l.], vol. 44, no. 1, p. 1, 4 Jan. 2013. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-44-1>.

TOBE, S. S.; LANGLEY, P. A. Reproductive Physiology of Glossina. **Annual Review of Entomology**, [s. l.], vol. 23, no. Volume 23, 1978, p. 283–307, 1 Jan. 1978. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.23.010178.001435>.

TOURATIER, L. The Office International des epizooties ad hoc group on non tsetse animal trypanosomoses: its origin, scope and perspectives. **Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz**, [s. l.], vol. 94, no. 2, p. 191–194, 1999. <https://doi.org/10.1590/s0074-02761999000200012>.

TSEGAW, Teshome; GADISA, Endalamaw; SEID, Ahmed; ABERA, Adugna; TESHOME, Aklilu; MULUGETA, Abate; HERRERO, Merce; ARGAW, Daniel; JORGE, Alvar; ASEFFA, Abraham. Identification of environmental parameters and risk mapping of visceral leishmaniasis in Ethiopia by using geographical information systems and a statistical approach. **Geospatial Health**, [s. l.], vol. 7, no. 2, p. 299–308, May 2013. <https://doi.org/10.4081/gh.2013.88>.

TSEGAYE, Dereje; TEREFE, Getachew; DELEMA, Deresse; TADESSE, Abebayehu. Bovine trypanosomosis and its vectors: prevalence and control operations in Kellem Wollega, Western Ethiopia. **Ethiopian Veterinary Journal**, [s. l.], vol. 25, no. 2, p. 60–84, 6 Sep. 2021. <https://doi.org/10.4314/evj.v25i2.5>.

WANG, Jingwen; WEISS, Brian L.; AKSOY, Serap. Tsetse fly microbiota: form and function. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, [s. l.], vol. 3, 29 Oct. 2013. DOI 10.3389/fcimb.2013.00069. Available at: <https://www.frontiersin.org/journals/cellular-and-infection-microbiology/articles/10.3389/fcimb.2013.00069/full>. Accessed on: 24 Jan. 2025.

WELLDE, B. T.; CHUMO, D. A.; ADOYO, M.; KOVATCH, R. M.; MWONGELA, G. N.; OPIYO, E. A. Haemorrhagic syndrome in cattle associated with trypanosoma vivax infection. **Tropical Animal Health and Production**, [s. l.], vol. 15, no. 2, p. 95–102, 1 Jun. 1983. <https://doi.org/10.1007/BF02239803>.

CAPÍTULO 03

Óleos Essenciais: Um Olhar Sobre a Obtenção e Suas Aplicações

Priscilla Elias Ferreira da Silva¹; Ana Flávia Mendonça Santana²; Juliana Cristina Costa Madeira³; Júlia Oliveira Alcântara¹; Matheus Santos Benzi¹; Isabel Rodrigues Rosado⁴; Endrigo Gabellini Leonel Alves⁴; Eustáquio Resende Bittar⁴; Ian Martin⁴; Joely Ferreira Figueiredo Bittar⁴

¹Departamento de Medicina Veterinária; Universidade de Uberaba, Uberaba, Minas Gerais, Brasil

²Departamento de Engenharia Química, Universidade de Uberaba, Uberaba, Minas Gerais, Brasil

³Departamento de Bioquímica e Imunologia; Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

⁴Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos, Universidade de Uberaba (UNIUBE), Uberaba, Minas Gerais, Brasil

Resumo: Óleos essenciais são extratos líquidos voláteis e lipofílicos presentes em espécies vegetais. De interesse acadêmico e comercial, a investigação da atividade antimicrobiana direta de óleos essenciais líquidos se tornou uma constante. Os efeitos dos óleos essenciais dependerão da qualidade e quantidade de seus componentes, que são afetados por diversos fatores, tais como: condições ambientais da estação de crescimento da planta e métodos de extração empregados. Estudos demonstram que as nanopartículas funcionalizadas com óleos essenciais têm potencial antimicrobiano significativo contra patógenos multirresistentes devido à degradação minimizada dos compostos ativos do óleo essencial e a aplicação de óleos essenciais encapsulados aumenta a biodisponibilidade e eficácia contra microrganismos multirresistentes. Para superar a barreira imposta pela resistência, a nanoencapsulação de óleos essenciais e a compreensão da sinergia entre espécies vegetais parece ser a abordagem mais promissora. Assim, estudos envolvendo as interações que levam aos efeitos aditivos, sinérgicos ou antagônicos são encorajados no meio científico. Nessa perspectiva, este capítulo tem como proposta fornecer um panorama geral das propriedades de diferentes óleos essenciais e seus efeitos em microrganismos, perpassando pela atividade inseticida e biossíntese de nanopartículas metálicas.

Palavras-chave: biossíntese, nanopartículas metálicas, extratos vegetais, doenças infecciosas e parasitárias

1. Óleos essenciais: da obtenção à aplicação

Os óleos essenciais são substâncias naturais extraídas de plantas aromáticas, formados através de compostos voláteis com altas concentrações, conhecido pelas suas propriedades farmacêuticas, terapêuticas, medicinais ou por sua intensa fragrância. Caracteriza-se pela solubilidade em gordura (lipossolubilidade) e menor densidade que a água, o que facilita a extração por diferentes tipos de destilação (Silveira; Lazzarotto, 2021). Tais componentes podem ser extraídos por diferentes métodos, tais como: hidrodestilação, destilação a vapor, prensagem a frio, extração por solventes, entre outros (Antunes Filho *et al.*, 2023; Burt, 2004). Cada óleo possui uma composição química única, conforme aponta a norma 9235 da *International Organization for Standardization* (ISO) (ISO, 2013). Vale ressaltar que dentre estes métodos de extração convencionais ainda se encontra desafios tais como alto consumo de energia, gases de efeito estufa e produção de aerossóis. A seguir são destacados os principais métodos de extração:

- 1) Maceração: os óleos são usados como solventes para extração de óleos essenciais de matérias vegetais. Esse tipo de extração ocorre em recipiente fechado, colocando o óleo em contato com o material vegetal cortado e triturado. Em seguida a mistura é colocada sob agitação e o líquido é separado após uma semana. O armazenamento é realizado em recipiente hermético em local fresco e seco por até 12 meses. Esse tipo de extração captura moléculas vegetais pesadas/maiores (Antunes Filho *et al.*, 2023).
- 2) Enfleurage: método antigo de extração de óleos essenciais de pétalas de flores, implementando o uso de gordura. As gorduras vegetais ou animais devem ser inodoras e sólidas à temperatura ambiente. Durante o processo é espalhado sobre as folhas gordura inodora que absorverá os odores que emanam delas. Em seguida a gordura é removida e o óleo essencial é extraído com álcool, obtendo-se óleo puro após a evaporação do álcool. Na enfleurage quente, a diferença é que as gorduras são aquecidas a 40-60 °C (Banerjee; Rout; Mishra, 2021; Burt, 2004).
- 3) Prensagem a frio: método de extração antigo utilizado para extrair óleos essenciais de plantas, flores, sementes e frutas cítricas. O óleo prensado por expulsão, em baixa temperatura e pressão, é 100% puro e retém todas as características da planta (Aziz *et al.*, 2018). Na técnica, a fruta inteira é colocada

em um dispositivo e então prensada mecanicamente quando as glândulas de óleo essencial são esmagadas ou quebradas para liberar o óleo. A separação do óleo essencial é realizada a partir da centrifugação.

- 4) Destilação a vapor: método mais usado para extração de óleos essenciais de plantas. Destila-se a mistura de compostos a uma temperatura inferior ao seu ponto de ebulição com variação de tempo entre uma e dez horas. Utiliza-se plantas secas e picadas em recipiente específico acima de uma fonte de vapor (Babu; Kaul, 2005).
- 5) Hidrodestilação: método antigo de extração de óleos essenciais à seco, como por exemplo, madeiras ou flores. O processo envolve a imersão do material vegetal em água, fervendo-o. O princípio da técnica baseia-se na destilação isotrópica. À medida que a água ferve, a mistura deve ser agitada, evitando assim aglomerados de material que, de outra forma, se depositariam no fundo e se degradariam termicamente. A água e os óleos essenciais evaporam e são condensados em uma fração aquosa, separando-os em um decantador (Kant; Kumar, 2022).
- 6) Hidrodifusão: difere da destilação a vapor por fornecer vapor pela parte superior do gerador e não pela parte inferior, como no caso da destilação a vapor. Além disso, neste processo, são utilizadas apenas plantas secas, que não são danificadas na temperatura de ebulição (Antunes Filho *et al.*, 2023).
- 7) Extração por solvente: utilizado para extrair óleos essenciais sensíveis ao calor, utilizando acetona, éter, metanol e hexano como solventes. O solvente é misturado com o material vegetal e então aquecido para extrair o óleo essencial. Após a extração, a mistura líquida contendo o óleo essencial é filtrada. O filtrado, que é uma combinação de cera, fragrância e óleo essencial, é então misturado com álcool puro para dissolver o óleo essencial nele. Após destilar o álcool em baixa temperatura, o óleo absoluto permanece.
- 8) Micro-ondas sem solvente: requer um tempo de extração mais curto, custos acessíveis e melhor rendimento. Foi desenvolvido por Cheat e colaboradores e consiste em extrair óleos essenciais sem adicionar solvente, com destilação seca da planta à pressão controlada sem adição de água.
- 9) Fluido supercrítico: técnica relativamente nova para obtenção de óleos essenciais, usando o CO₂ (não é inflamável, explosivo ou tóxico). É acessível

a baixo custo, de alta pureza, facilmente removido dos extratos e a difusividade é duas ou três vezes maior do que outros fluidos (Kant; Kumar, 2022).

- 10) Água subcrítica: conhecida como extração de água quente pressurizada ou extração de água de baixa polaridade pressurizada. Nesta técnica utiliza-se água no estado subcrítico em temperaturas entre 100-374°C e pressão alta o suficiente para manter o estado líquido (Aziz *et al.*, 2018; Kant; Kumar, 2022).
- 11) Extração assistida por ultrassom: extrai óleos voláteis de flores, folhas ou sementes. Os ultrassons possuem vibrações mecânicas que à medida que se movem criam ciclos de expansão e compressão dentro do meio. O método envolve submeter material vegetal imerso em água ou solvente ao ultrassom. Dentre as vantagens descritas destacam-se a redução do tempo de extração e consumo de energia (Sneha *et al.*, 2022).

2. Métodos empregados na avaliação de óleos essenciais e breve panorama do mercado global

Os métodos mais utilizados para análise de óleos essenciais são a cromatográfica (cromatografia em camada delgada e cromatografia gasosa) e a espectroscópica (espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier). A cromatografia em camada fina (*Thin layer chromatography* – TLC) é um procedimento simples, rápido e de preço acessível capaz de analisar misturas complexas qualitativa e quantitativamente. A cromatografia gasosa é bastante utilizada nos procedimentos de extração de óleos essenciais uma vez que devido à sua natureza volátil, requer técnicas de análises sofisticadas. Tal técnica é acoplada à espectrometria de massas (GC-MS) e detecção por ionização de chama (GC-FID) (Antunes Filho *et al.*, 2023; Pinto, Magalhães; Freitas, 2017). *Fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR) ou Espectroscopia de absorção na região do infravermelho com transformada de Fourier é utilizada para propósitos qualitativos e quantitativos e configura-se numa alternativa aos métodos clássicos baseados em cromatografia gasosa.

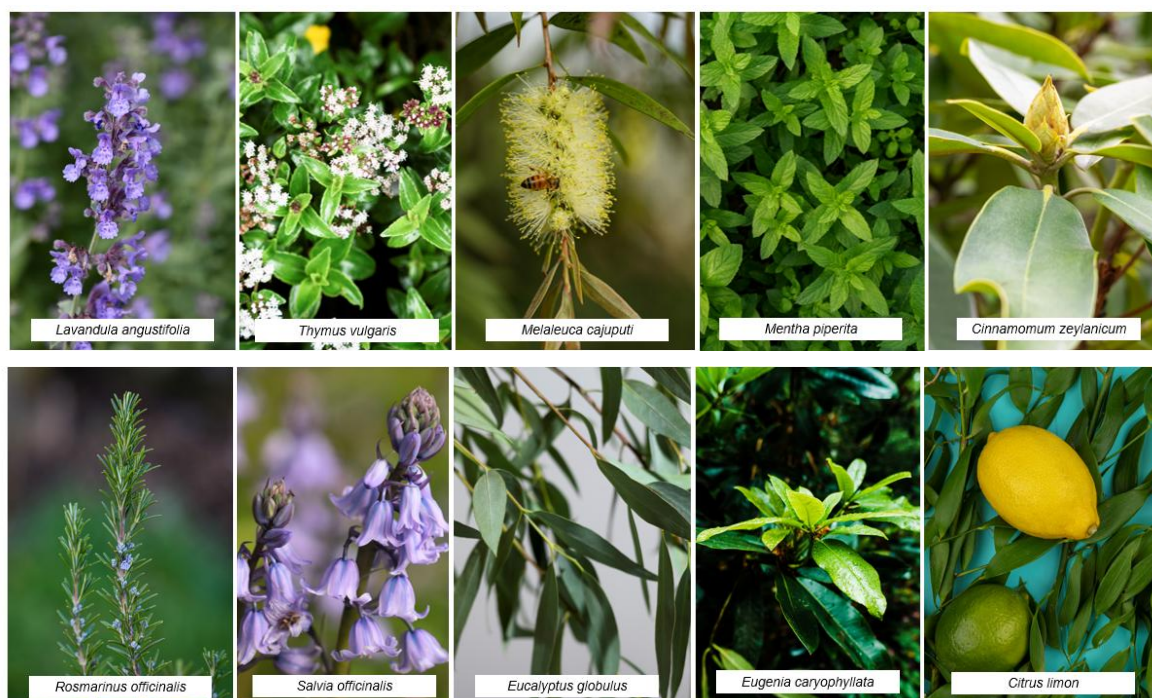
A organização da produção e distribuição dos óleos essenciais é atribuída à Associação Brasileira de Produtores de Óleos Essenciais (ABRAPOE), criada em 2009 com a finalidade de conectar os produtores aos centros de pesquisa no Brasil. O objetivo da associação é melhorar a qualidade dos óleos essenciais por meio de pesquisas e estudos padronizados, ação ao mercado e a representatividade da área junto aos órgãos e programas governamentais (Bueno *et al.*, 2021). Os autores Bizzo

e Rezende (2022), no estudo intitulado “O mercado de óleos essenciais no Brasil e no Mundo na última década”, realizaram uma análise dos dados econômicos relacionados ao setor de óleos essenciais tanto no Brasil quanto no cenário internacional. De acordo com os pesquisadores, esse mercado movimentou mais de US\$ 10 bilhões em 2021, apresentando uma tendência de crescimento contínuo, que em 2026 este valor possa atingir US\$ 16 bilhões. Os países que mais se destacam nesse cenário como maiores exportadores de óleos essenciais são os Estados Unidos, China, Índia, França e Brasil, porém Espanha também entra na lista (Bizzo; Rezende, 2022).

No mercado global, os óleos essenciais de maior relevância (Figura 1) são os de laranja (*Citrus sinensis* L.), menta japonesa (*Mentha arvensis* L.), eucalipto (*Eucalyptus globulus* L.), limão siciliano (*Citrus limon* L.), hortelã-pimenta (*Mentha x piperita* L.), cravo-folha (*Syzygium aromaticum* L.), menta (*Mentha spicata* L.), cedro da Virgínia (*Juniperus virginiana* L.) e citronela (*Cymbopogon winterianus*) (Bizzo; Rezende, 2022). No Brasil, os óleos essenciais mais importados incluem os de menta, laranja, limão siciliano e eucalipto. Já os mais comercializados internamente são os de limão siciliano, limão tahiti, petitgrain, eucalipto, menta, vetiver, pau-rosa, entre outros (Basavegowda; Patra; Baek, 2020).

A produção de óleo essencial da *Melaleuca alternifolia*, conhecida como Melaleuca ou *Tea Tree* vem aparecendo no sul do país, no estado do Paraná com importante visibilidade. Contudo, ainda é necessário adquiri-la através da importação e mais investimentos financeiros para cultivo de mudas. Dentre os seus quase 100 componentes, destacam-se o terpinen-4-ol, que é o mais abundante, representando de 30% a 40% e responsável por sua atividade antimicrobiana, e γ -terpineno e α -terpineno, que juntos correspondem a cerca de 70% da composição total do óleo (Bueno *et al.*, 2021).

Figura 1 – Espécies vegetais com relevância científica e comercial



Fonte das imagens: Wirestock in Freepik, 2025 (Adaptado pelos autores).

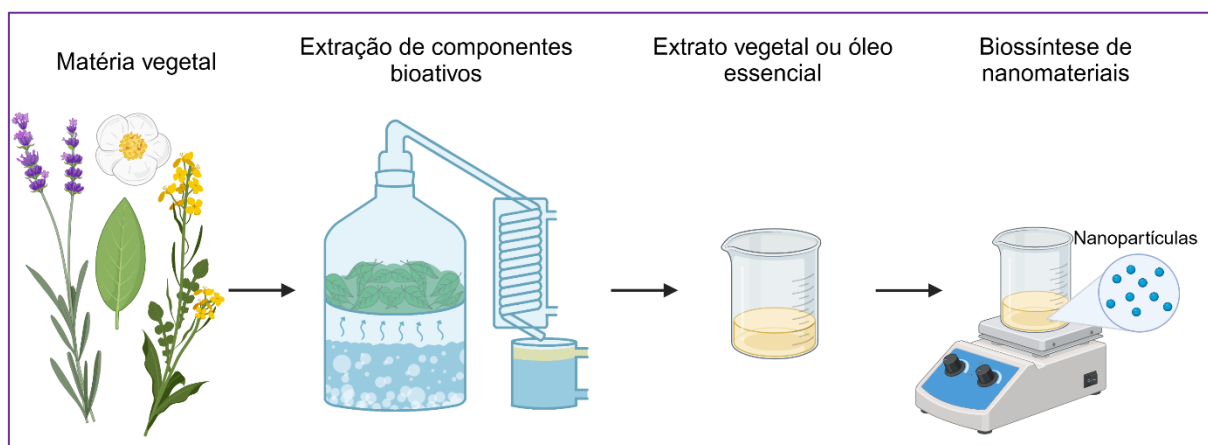
3. Sinergia entre biotecnologia e nanotecnologia: óleos essenciais em destaque

A maioria das moléculas com propriedades farmacológicas presentes nas plantas é composta por metabólitos secundários envolvidos em diferentes processos, como por exemplo a defesa contra microrganismos e a própria polinização (Fongang Fotsing *et al.*, 2021). Dentre as diferentes substâncias com ação farmacológica encontradas nas plantas, destacam-se os flavonoides, taninos, saponinas e terpenos. Os terpenos são compostos voláteis, insolúveis em água, e estão envolvidos nos odores liberados pelas plantas, proteção e defesa contra estresses abióticos e bióticos (Ninkuu *et al.*, 2021). Das propriedades farmacológicas relatadas, evidencia-se o limoneno presente em frutas cítricas e com atividade antitumoral, antiparasitária e neuroprotetora relatadas (Aziz *et al.*, 2018). Os alcaloides possuem uma variedade de moléculas com propriedades biológicas, é o caso da morfina e a codeína utilizadas como analgésicos; a cafeína como agente estimulante e as quinonas utilizadas no tratamento da malária (Bhambhani; Kondhare; Giri, 2021). Os flavonoides, por sua vez, são amplamente utilizados no tratamento de condições cardíacas, diabetes, tumores, distúrbios neuronais e doenças inflamatórias. Há relato de sua utilização em tratamentos antienvelhecimento (Antunes Filho *et al.*, 2023; Dias *et al.*, 2021). Os

taninos estão associados ao seu papel adstringente, antioxidante e antimicrobiano (Dias *et al.*, 2021).

Da perspectiva do desenvolvimento sustentável, a natureza, através dos recursos das plantas medicinais e extração de seus óleos, auxilia a nanotecnologia a partir de funções biológicas que favorecem a interação entre a nanoestrutura e o meio em que será dispersa (Figura 2). Soma-se a esses fatores a possibilidade de desenvolvimento de agentes microbianos que interajam com o meio dispersivo natural e nanoestrutura em diversas frentes de trabalho (Basavegowda; Patra; Baek, 2020; Velumani *et al.*, 2022).

Figura 2 – Método de extração por hidrodestilação e associação do óleo essencial a nanopartículas metálicas



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025. (Created in ©BioRender-biorender.com)

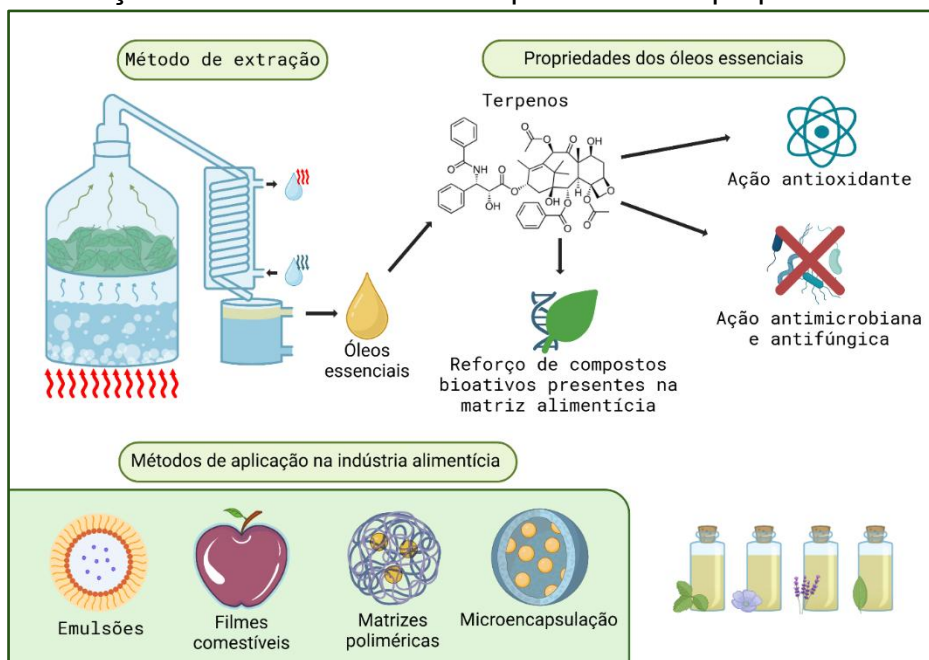
A nanociência é o estudo de estruturas atômicas e moleculares que possuem dimensões na escala nanométrica e a manipulação e aplicação dessas estruturas nanométricas é chamado de nanotecnologia. Dentre os diferentes produtos e aplicações da nanotecnologia, os nanomateriais têm um potencial clínico na medicina devido a sua nanoescala e características físico-químicas tais como: tamanho, morfologia, carga, luminescência e magnetismo (Antunes Filho *et al.*, 2023).

A síntese do nanomaterial é crucial para sua citotoxicidade, características físico-químicas e propriedades biológicas. As sínteses tradicionais utilizam solventes e compostos que são prejudiciais ao meio ambiente, à saúde humana e animal. A síntese verde, síntese biológica ou síntese biogênica são termos utilizados para se referir à síntese ecologicamente corretas de nanopartículas. Essa metodologia respeita o ciclo de vida do nanomaterial uma vez que serão extratos vegetais e

solventes de toxicidade zero ou baixa (Behzad *et al.*, 2021; Velumani *et al.*, 2022). Para realizar a síntese, é necessário ter uma fonte precursora que pode ter uma composição inorgânica, orgânica ou metálica. Além disso, ao lado do precursor, é necessário ter compostos orgânicos, como biomoléculas, que sejam capazes de reduzir e estabilizar os precursores iônicos em átomos (Hischier; Walser, 2012). O primeiro estágio da síntese verde é chamado de biorredução. Os agentes redutores presentes nos extratos vegetais/óleos essenciais, como flavonoides, carotenoides e polissacarídeos, podem reduzir íons precursores a átomos. Após a biorredução, a segunda etapa é a nucleação; nesta etapa, os átomos são unidos em sinergia com a blindagem da bioatividade, formando nanopartículas. Essas nanopartículas formam um nanossistema com bioatividade que estabiliza o processo de síntese (Figura 3). Durante o processamento destas etapas, fatores físico-químicos podem influenciar a estabilidade das nanopartículas e as propriedades dos nanomateriais (Antunes Filho *et al.*, 2023; Hischier; Walser, 2012).

Os extratos vegetais podem ser obtidos a partir de diferentes partes de uma planta tais como folhas, frutos, sementes, raízes, caules e flores. Todos esses órgãos possuem estruturas fundamentais no processo de síntese verde, como óleos essenciais, carotenoides e fenólicos, compostos responsáveis pelo potencial antioxidante do nanossistema (Antunes Filho *et al.*, 2023; Behzad *et al.*, 2021).

Figura 3 – Obtenção de óleo essencial e compreensão das propriedades e aplicações



Fonte: Adaptado de (Salanță; Cropotova, 2022) (Created in ©BioRender-biorender.com)

Diferentes estudos evidenciam o sucesso da utilização de nanopartículas metálicas sintetizadas com extratos de várias espécies vegetais dopadas com compostos fitoquímicos. Nanopartículas de prata com tamanho de 15 a 20 nm e estrutura cúbica, em contato com o extrato aquoso do rizoma de *Coptis chinensis* forma o que chamamos de biopolímero de quitosana; esse nanossistema antibacteriano pode ser utilizado com êxito contra *Escherichia coli* e *Bacillus subtilis* por meio de danos à parede celular e geração de espécies reativas de oxigênio, causando danos e liberação de biomoléculas e estruturas intracelulares bacterianas. O mesmo efeito foi observado em AgNPs biossintetizadas com extrato da folha de *Ocimum gratissimum* contra *E. coli* e *Staphylococcus aureus*. Nanopartículas de ZnO sintetizadas utilizando o extrato de *Dysphania ambrosioides*, com tamanho de 5 a 30 nm também exibiram atividade antibacteriana. Nanossistemas se apresentam como potencial alternativa à crescente ocorrência de infecções com microrganismos multirresistentes à antibióticos (Ahmad *et al.*, 2017; Antunes Filho *et al.*, 2023; Moosavy *et al.*, 2023; Pormohammad *et al.*, 2023; Saba *et al.*, 2024).

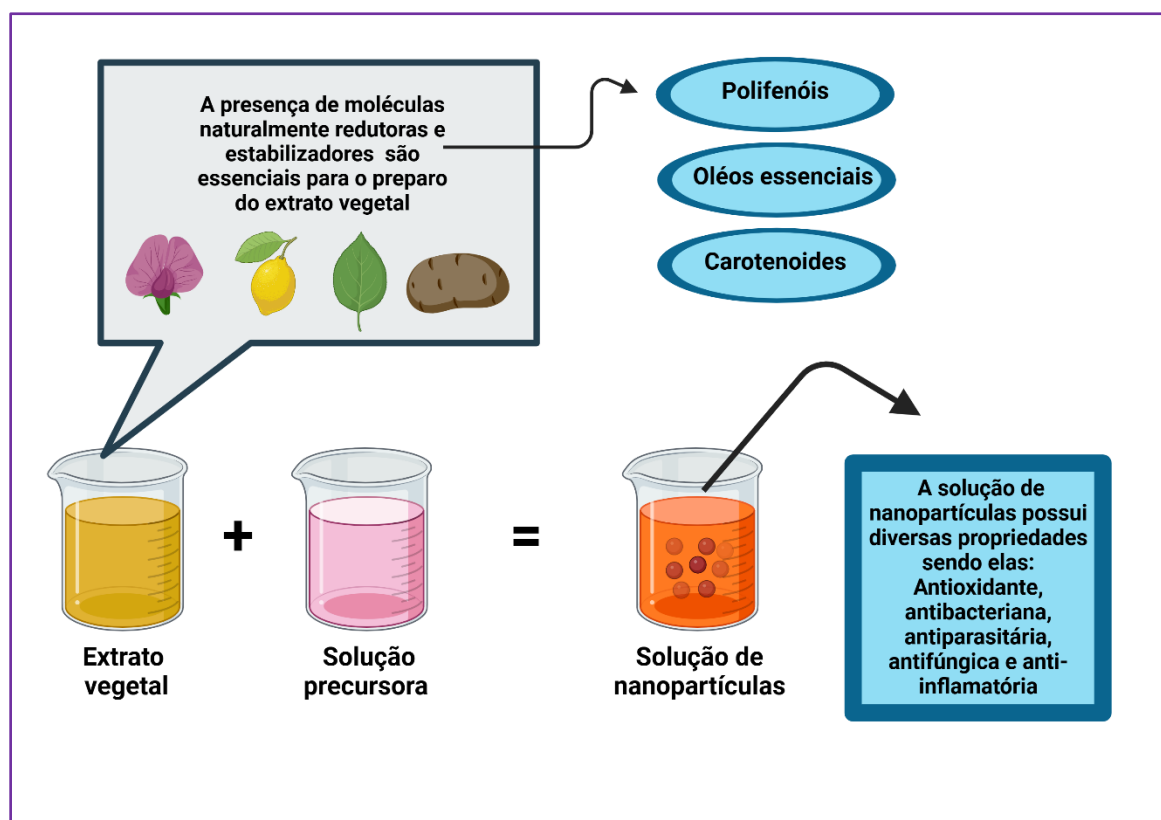
3.1. O futuro dos agentes antimicrobianos a partir de nanopartículas biossintetizadas

Como evidenciado no tópico anterior, o campo da nanotecnologia transforma estruturas de átomos ou moléculas em propriedades desejadas uma vez que possui aplicações em diferentes áreas do conhecimento (biomédico, biossensores, catálise, eletrônica, optoeletrônica, armazenamento de informações e espectroscopia). As nanopartículas metálicas são estudadas extensivamente devido às suas aplicações e propriedades distintas. Como o nome indica, nanopartículas (NPs) monometálicas contêm um único metal, que pode ser preparado por métodos biológicos ou químicos, enquanto NPs bi e trimetálicas são formados pela combinação de dois ou mais metais. Estas últimas têm atraído maior interesse devido às possibilidades aplicações ópticas, elétricas e catalíticas em vários campos além de serem utilizadas como catalisadoras em reações orgânicas (Antunes Filho *et al.*, 2023; Mishra; Basavegowda; Lee, 2015; Saba *et al.*, 2024). Antunes Filho *et al.* (2023) evidenciam em seu trabalho que é possível ajustar a forma, o tamanho e as propriedades das NPs como heterodímeros, nanoliga em outras aplicações catalíticas capazes de atingir baterias resistentes.

A biossíntese de nanopartículas metálicas com extratos vegetais exhibe capacidade de internalização celular aprimorada, ausência de citotoxicidade e

capacidade de ligação aprimorada (Figura 4). Observa-se inicialmente um aumento da atividade antibacteriana e capacidade de gerar espécies reativas do oxigênio (EROs). EROs estão envolvidos na proteção do sistema imunológico contra infecções. A compreensão das características das bactérias e sua sensibilidade às EROs esclarece as dúvidas frente à relação parasita-hospedeiro. É importante ressaltar ainda que existem microrganismos que sobrevivem ao estresse oxidativo e dependem das espécies reativas do oxigênio para garantir a sua existência (Saba *et al.*, 2024).

Figura 4 – Síntese verde de nanopartículas metálicas



Fonte: Adaptado de (Salanță; Cropotova, 2022) (Criado em ©BioRender-biorender.com)

O estudo de Mohammed *et al.* (2024) utilizou o extrato de *Melaleuca alternifolia* como um agente biogênico para a fabricação de nanopartículas de ferro (FeNPs) e nanopartículas de zinco (ZnNPs). *M. alternifolia* possui atividades de amplo espectro contra fungos, bactérias e vírus (Mohammed *et al.*, 2024; Qi *et al.*, 2021). Os autores testaram a eficácia antimicrobiana do óleo da árvore do chá (*Tea Tree Oil* - TTO) utilizando nanopartículas metálicas contra os microrganismos *Porphyromonas gingivalis*, *Enterococcus faecalis* e *Streptococcus mutans*. Dentre os resultados observados, os extratos de TTO converteram íons Zn e Fe em NPs, tendo um tamanho

médio de 97,50 (ZnNPs) e 102,4 nm (FeNPs). Todos os agentes testados tiveram eficácia antibacteriana significativa contra os microrganismos orais testados. O tratamento combinado de TTO com antibióticos resultou em efeitos aditivos parciais contra *P. gingivalis* e efeitos antagonistas parciais contra *E. faecalis*, *S. mutans* e enxaguatórios bucais comuns (Clorexidina e Oral B). Os autores destacam os efeitos antagônicos observados com os enxaguantes bucais os quais podem representar maior risco de resistência microbiana clínica (Mohammed *et al.*, 2024).

Saba *et al.* (2024) utilizou um nanocomposto de manganês-ferrita/prata ($\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{Ag-NC}$) e extratos vegetais de eucalipto e de alho, a fim de avaliar a atividade antibacteriana contra *Pseudomonas syringae*. A Concentração Inibitória Mínima (CIM) do $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{Ag-NC}$ foi reduzida em oito vezes com os dois óleos essenciais de eucalipto e alho (de 20 para $2,5 \mu\text{g mL}^{-1}$). No entanto, a interação com o óleo de eucalipto foi sinérgica (CIF: 0,5), enquanto a interação com o óleo de alho foi aditiva (CIF: 0,75). A análise da curva de tempo-morte, em que a CIM da combinação de $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{Ag-NC}$ e o óleo essencial de eucalipto provocou um rápido efeito bactericida, corroborando um forte sinergismo (Saba *et al.*, 2024).

Pormohammad *et al.* (2023) sintetizou nanopartículas de cobre (Cu-NPs) usando extrato de repolho roxo como agente redutor e estabilizador. Em seguida tais nanopartículas foram carregadas a um novo complexo de prata contendo base de Schiff 1,3,5-triazina como ligante para formar o nanocompósito Cu@Ag-CPX. As propriedades inibitórias dos compostos sintetizados foram avaliadas *in vitro* contra quatro bactérias Gram-negativas e duas Gram-positivas, bem como duas cepas de fungos. Os valores da concentração inibitória mínima (Minimum Inhibitory Concentration - MIC), concentração bacteriana mínima (Minimum Bacterial Concentration - MBC) e concentração fungicida mínima (Minimum Fungicidal Concentration - MFC) variaram de 128 a $4.096 \mu\text{g/mL}^{-1}$. O crescimento de todas as cepas microbianas testadas foi inibido pelo nanocompósito Cu@Ag-CPX, tornando-o um novo agente antimicrobiano promissor (Pormohammad *et al.*, 2023).

Nanopartículas de prata (AgNPs) e óleo essencial de alho demonstram ser agentes redutores proficientes, é o que demonstram Sarangi *et al.* (2024). A análise espectroscópica FTIR confirmou que as moléculas de enxofre presentes no óleo essencial desempenham um papel importante na redução de íons de prata em nanopartículas de prata. AgNPs sintetizadas exibiram atividade antibacteriana contra *S. aureus*, *B. subtilis*, *E. coli* e *P. aeruginosa*. AgNPs associadas ao óleo essencial de

alho podem ser usadas como um agente bactericida promissor para superar a resistência antimicrobiana (Sarangi *et al.*, 2024).

Nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) exibem propriedades antimicrobianas, principalmente contra patógenos transmitidos por alimentos. Velumani *et al.* (2022) realizou a síntese verde de nanopartículas de zinco (ZnONPs) a partir do óleo essencial de *Cananga odorata*. A atividade bactericida das ZnONPs biossintetizadas foi testada para *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*. Os resultados *in vitro* demonstraram que as ZnONPs possuem excelente atividade antibacteriana e que os mecanismos bactericidas e bacteriostáticos são baseados na produção de EROs e dependem de sua penetração e interação com células bacterianas. De acordo com os autores, ZnONPs não foi tóxico para *Caenorhabditis elegans* até 1 g/L e exercem atividade antibacteriana reduzindo o crescimento e a colonização de patógenos. O tratamento com zinco aumentou a taxa média de sobrevivência de *C. elegans* infectados por *P. aeruginosa* e *S. aureus* em 56,6% e 62,4%, respectivamente (Velumani *et al.*, 2022).

Nanopartículas de ouro associadas ao óleo essencial de *Lavandula angustifolia* demonstram propriedades antibacterianas contra *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* resistente à metilina (MRSA) e *Staphylococcus aureus* com valores de MIC 32, 16 e 16 µg/mL, respectivamente. AuNPs associadas à *Lavandula angustifolia* demonstrou uma eficácia poderosa na cicatrização de feridas com um fechamento de feridas de 96,78%. De acordo com os autores, a nanoemulsão podem inibir o crescimento bacteriano e acelerar a taxa de cicatrização de feridas (Fadel *et al.*, 2023).

Mossavy *et al.* (2023) realizou a biossíntese de nanopartículas de ouro (AuNPs) e nanopartículas de prata (AgNPs) e óleo essencial de *Mentha spicata* L. a fim de avaliar os efeitos antibacterianos, antioxidantes e citotóxicos *in vitro*. O óleo essencial foi misturado com soluções de ácido cloroáurico (HAuCl₄) e nitrato de prata aquoso (AgNO₃) separadamente e incubado em temperatura ambiente por 24h. De acordo com os autores, AgNPs exibiram melhor atividade antimicrobiana contra as bactérias do que os AuNPs. Zonas de inibição variando de 9,0 a 16,0 mm foram registradas para os AgNPs, enquanto zonas de 8,0 a 10,33 mm foram observadas para os AuNPs. No ensaio ABTS, AuNPs e o AgNPs revelaram uma atividade dependente da dose e as nanopartículas sintetizadas exibiram maior atividade antioxidante do que os MSEO

em ambos os ensaios. O óleo essencial de *Mentha spicata* pode ser usado com sucesso na síntese verde de AuNPs e AgNPs (Moosavy *et al.*, 2023).

O estudo de Shaverdi *et al.* (2024) realizou a biossíntese de AgNPs utilizando óleo essencial de *Salvia mirzayanii*. Os autores investigaram a atividade antibacteriana do óleo essencial frente a bactérias resistentes a antibióticos, *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) e *Escherichia coli* (*E. coli*). Os resultados evidenciaram que os valores de MIC para o óleo essencial e AgNPs contra *S. aureus* foram 1,65 µL/mL e 0,125 mg/mL, respectivamente. O MBC foi atingido em 6,25 µL/mL, e 0,25 mg/mL, para o óleo essencial e AgNPs, respectivamente. Os valores de MIC para óleo essencial e AgNPs contra *E. coli* foram 3,12 µL/mL e 0,06 mg/mL, respectivamente. O MBC foi determinado como sendo 50 µL/mL e 0,25 mg/mL para óleo essencial e AgNPs, respectivamente (Shaverdi *et al.*, 2024).

4. Efeitos dos óleos essenciais em microrganismos, ação inseticida e repelente

4.1. Bactérias

A ação antibacteriana dos componentes dos óleos essenciais ocorre por três mecanismos: alteração da membrana celular, aumentando sua permeabilidade, perda de constituintes celulares e interferência em sistemas enzimáticos essenciais, afetando a produção de energia, síntese estrutural e integridade do material genético (Silvestri *et al.*, 2010).

Os óleos essenciais de melaleuca e alecrim se destacaram pela atividade antimicrobiana, sendo o de melaleuca o mais eficaz contra bactérias causadoras da acne (*Propionibacterium acnes*, *Staphylococcus epidermidis* e a *Staphylococcus aureus*) são as bactérias associadas à patogenicidade dessa doença, apresentando-se como uma alternativa promissora aos antibióticos no tratamento da condição (Gioppo; Zancanaro; Bellaver, 2019).

O estudo de Carmo *et al.* (2022) avaliou os efeitos dos óleos essenciais de *Taxandria fragrans*, *Melaleuca alternifolia* e *Boswellia serrata*, sozinhos e combinados com cetoconazol, e nanopartículas de ouro (AuNPs) contra *Trichophyton interdigitale* tanto *in vitro* quanto *in vivo*. Nanopartículas de ouro revestidas com *T. fragrans* e nanopartículas de ouro revestidas com *M. alternifolia* apresentaram atividade antidermatofítica *in vivo*, com capacidade de reduzir a carga fúngica e preservar a arquitetura do tecido (Carmo *et al.*, 2021).

Syzygium aromaticum L. demonstrou atividade inibitória de amplo espectro contra patógenos. O óleo essencial de cravo (*S. aromaticum*) possui propriedades lipofílicas e pode permear através da membrana celular, além disso, pode inibir bactérias Gram-negativas tais como *E. coli*, *Salmonella*, *Klebsiella pneumoniae*, *Erwinia carotovora*, *Agrobacterium* e *Pseudomonas aeruginosa* e bactérias Gram-positivas *S. aureus*, *Streptococcus* e *L. monocytogenes*, *Aspergillus A. flavus*, *A. parasiticus* e *A. ochraceus*, *Penicillium*, *C. albicans* e leveduras (Haro-González *et al.*, 2021). Ademais, é capaz de inibir bactérias Gram-positivas em maior extensão do que bactérias Gram-negativas. Isso é atribuído a uma camada de mucopéptido difusível em bactérias Gram-positivas que as torna suscetíveis a agentes antimicrobianos. Em contraste, a camada complexa de lipopolissacarídeo na membrana celular externa de bactérias Gram-negativas pode reduzir significativamente a taxa de difusão de compostos antibacterianos lipofílicos através da membrana célula (Haro-González *et al.*, 2021).

Sneha *et al.* (2022), analisaram óleos essenciais de diferentes espécies de manjerição *Ocimum basilicum*, *O. gratissimum*, *O. tenuiflorum* e *O. canum* acerca de suas propriedades antimicrobianas (contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enteritidis*) e controle de larvas de mosquitos. A atividade antibacteriana foi alta em *O. basilicum* e *O. gratissimum* ($p < 0,05$) e a atividade larvicida foi de maior sensibilidade contra *Aedes albopictus* e *Culex tritaeniorhynchus*, enquanto *Armigeres subalbatus* foi mais resistente (Sneha *et al.*, 2022).

Ashokkumar *et al.* (2022) demonstra em seu estudo que o óleo essencial de noz-moscada (*Myristica fragrans*), inibe o crescimento de microrganismos e são insolúveis em água. *M. fragrans* em concentração de 0,5% foi suficiente para a suprimir o crescimento de *E. faecalis* e *S. mutans*. Resultado semelhante é encontrado utilizando a concentração de 0,2 % contra a bactéria *Pasteurella multocida*. Segundo os autores, a combinação do óleo essencial de noz-moscada e aluminometasilicato de magnésio (1%) amplia o espectro de atividade antimicrobiana (Ashokkumar *et al.*, 2022; Matulyte *et al.*, 2020). Soni *et al.* (2016) observou que a diluição de *M. fragrans* de 8 para 14 µL apresentou atividade antibacteriana contra cepas gram-negativas de *E. coli*, *P. vulgaris* e *K. pneumoniae* e gram-positivas como *S. aureus* e *B. subtilis*; além disso observaram atividade antibacteriana contra *S. typhimurium* com valor de

concentração inibitória mínima (MIC) de 1,6 µg/ml (Ashokkumar *et al.*, 2022; Soni; Sharma; Jasuja, 2016).

As propriedades fitoquímicas e biológicas dos óleos essenciais de tangerina (*Citrus reticulata* L.), toranja (*Citrus paradisi* L.), limão (*Citrus lemon* L.) e canela (*Cinnamomum zeylanicum*) têm sido relatadas frequentemente. Suas atividades antioxidantes e antimicrobianas destes óleos essenciais foram minuciosamente estudadas por Denkova-Kostova *et al.* (2021). Na ocasião, a partir de ensaios de eliminação de radicais livres α , α -difeníl- β -picrilhidrazil (DPPH) e difusão em disco, os autores observaram atividade antimicrobiana contra *Bacillus subtilis*, *Penicillium chrysogenum*, *Fusarium moniliforme*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, e *Saccharomyces cerevisiae*. Além das bactérias patogênicas *Escherichia coli*, *Salmonella abony*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans*, com a maior atividade inibitória observada no óleo essencial de canela, seguido pela toranja, tangerina e limão; a concentração inibitória mínima (MIC) variou de 6 a 60 ppm. Todos os compostos exibiram importante atividade antioxidante, destacando o óleo essencial de raspas de toranja, limão, tangerina e canela. Os resultados demonstrados no estudo justificam a inclusão no desenvolvimento de estratégias de biopreservação extratos vegetais (Bueno *et al.*, 2021; Denkova-Kostova *et al.*, 2021).

Silvestri *et al.* (2010), cita que a busca por substâncias antibacterianas e antioxidantes naturais tem sido amplamente estudada, destacando-se as propriedades antimicrobianas de especiarias *in natura*, seus óleos essenciais e extratos das plantas manjerição (*Ocimum basilicum* L.), cravo (*Eugenia caryophyllata*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*), alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e menta (*Mentha piperita* L.). Esse interesse crescente deve-se à necessidade de encontrar alternativas naturais especialmente para a indústria alimentícia, devido à resistência dos patógenos aos antimicrobianos sintéticos utilizados. O trabalho desenvolvido por Silvestri *et al.* (2010) teve como foco o cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata*), o perfil de sua composição química, no qual é constituída principalmente por eugenol, e a relação de atividades antibacteriana e antioxidante. Os testes antimicrobianos foram realizados por dois métodos: difusão em placas e crescimento bacteriano indireto. Dezoito microrganismos foram analisados, incluindo bactérias Gram-positivas, como *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus mutans*, e Gram-negativas, como *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* e mostraram bons resultados para quase todos os

microrganismos avaliados. O óleo essencial do cravo-da-índia apresentou sua maior atividade antibacteriana contra *Staphylococcus aureus*, com uma zona de inibição de 32,5 mm utilizando 15 µL (Silvestri *et al.*, 2010).

Para Carmo *et al.* (2021), o óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* se destaca por suas diversas atividades biológicas, com ênfase em sua potente ação antimicrobiana contra à *Cutibacterium acnes*, tornando-se uma opção promissora para tratamentos faciais. Seu alto potencial no combate à acne deve-se à sua eficácia na redução de lesões e à capacidade de auxiliar na cicatrização de feridas (Carmo *et al.*, 2021).

4.2. Protozoários

Testes com óleos essenciais mostraram resultados promissores no controle de doenças parasitárias em peixes, especialmente contra protozoários, helmintos e crustáceos. A aplicação pode ser feita por meio da ração, com administração oral, ou por banhos terapêuticos. O estudo de Chagas *et al.* (2015) através do portal da Embrapa Amazônia Ocidental, foca nos monogenoides, helmintos que afetam as brânquias e o corpo dos peixes, podendo causar lesões que facilitam infecções bacterianas secundárias, com conduções de ensaios *in vitro* e posteriormente os *in vivo*. As metodologias ou protocolos aplicados no documento foram validados para os óleos essenciais de hortelã-pimenta (*Mentha piperita*), alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum*), erva-cidreira (*Lippia alba*), alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*) e gengibre (*Zingiber officinale*) (Chagas *et al.*, 2015).

Giardíase e amebíase são infecções dos tratos gastrointestinais superior e inferior, respectivamente. Consideradas problemas de saúde pública, apresentam desafios distintos em termos de tratamento, prevenção e controle. Azadbakht *et al.* (2020) avaliaram a atividade antiparasitária dos óleos essenciais *Allium sativum*, *Artemisia sieberi*, *Zatraria multiflora*, *Chenopodium botrys* e *Eucalyptus globulus* em cistos de *Giardia lamblia* e trofozoítos de *Entamoeba histolytica*, isolados de fezes de amostras infectadas. Os parasitas foram tratados por quatro concentrações (0,2, 0,1, 0,01 e 0,001 µg/mL) de óleos essenciais, separadamente por 30 min a 37°C. Foi possível observar que na concentração de 0,1 e 0,2 µg/mL houve efeito parasiticida ($p < 0,05$). *Eucalyptus globulus* apresentou eficácia máxima contra *G. lamblia* e *E. histolytica*, com taxas de mortalidade de 79,7% e 87,6% em 30 minutos (Azadbakht *et al.*, 2020). A esquistossomose é uma doença parasitária, diretamente relacionada ao

saneamento precário, causada pelo *Schistosoma mansoni*. O indivíduo adquire a infecção quando entra em contato com água doce onde existam caramujos infectados pelos vermes causadores da esquistossomose. Diferentes espécies vegetais demonstraram atividade contra *S. mansoni* como por exemplo *Apium graveolens* L. na dose 2-10 mg apresentou efeitos cercaricidas e quimiotáticos. *Juniperus virginiana* L. foi capaz de alterar os processos fisiológicos relacionados à osmorregulação. Já *Baccharis dracunculifolia* e *Plectranthus neochilus* na dose 10, 50 e 100 µg/mL apresentou efeito citotóxico significativo (Islam *et al.*, 2020).

Baccegá *et al.* (2019) demonstraram em seu estudo o efeito in vitro de óleos essenciais de *Ocimum basilicum* e *Eucalyptus globulus* contra trofozoítos de *Trichomonas gallinae*. Os ensaios evidenciaram que as nanoemulsões a 1,5% oriundas dos vegetais extraídos reduziram a viabilidade dos trofozoítos em 100% (Baccegá *et al.*, 2019). Beraldo-Borazzo *et al.* (2009) revela em seu estudo a atividade antiparasitário do composto orgânico aromático *p-Cimeno* sobre formas promastigotas e amastigotas axênicas de *Leishmania amazonensis*. O estudo foi conduzido in vitro e após 72 horas de cultivo, o *p-Cimeno* apresentou concentração inibitória de 50% (IC₅₀) igual à 65,0 µg/mL e 55,0 µg/mL sobre as formas promastigotas e amastigotas axênicas, respectivamente. Foram realizadas análises de citotoxicidade do *p-Cimeno* pelo método colorimétrico da sulforodamina-B sobre macrófagos J774G8 e a concentração citotóxica para 50% das células (CC₅₀) foi de 54,0 µg/mL. Os resultados indicaram efeitos promissores contra *Leishmania amazonensis*, especialmente sobre as formas amastigotas (Beraldo-Borazzo *et al.*, 2019).

Toxoplasma gondii é um protozoário que possui prevalência cosmopolita, causando graves problemas de saúde pública. Embora a quimioterapia para toxoplasmose esteja prontamente disponível, a maioria tem efeitos colaterais. Faham *et al.* (2022) utilizou-se o óleo essencial de *Dracocephalum polychaetum* e avaliou os efeitos contra taquizoítos de *T. gondii* em diferentes concentrações. Observou-se que *D. polychaetum* tem eficácia valiosa in vitro, superando a pirimetamina e a sulfadiazina em 30 e 90 minutos após a exposição ($p < 0,05$). O óleo essencial de *D. polychaetum* mostrou atividade anti-*Toxoplasma* na linhagem celular (CI₅₀: 241,7 µg/mL). Após células Vero infectadas por *T. gondii* terem sido incubadas com diferentes concentrações do óleo essencial de *D. polychaetum*, sua viabilidade diminuiu de maneira dose-dependente. Em conclusão, o extrato de *D. polychaetum* como um

medicamento fitoterápico pode ser uma alternativa valiosa à quimioterapia de rotina para toxoplasmose (Khamesipour; Pourmohammad; Jafarian-Dehkordi, 2022).

Curcuma zedoaria em comparação com o metronidazol possui efeito significativo no tratamento da infecção por cistos e trofozoítos de *Giardia lamblia* (Albalawi; Alanazi, 2023). A avaliação dos efeitos foi realizada a partir de isolados clínicos de *G. lamblia* (cistos e trofozoítos) tratados em várias concentrações de *C. zedoaria* (25–100 µg/mL) por 10–360 minutos. Camundongos BALB/c infectados receberam o extrato vegetal oralmente em doses de 200–600 µg/kg/dia por 7 dias. O antígeno do parasito nas fezes dos camundongos testados foi detectado por ELISA nos dias 5, 10, 15 e 20 após a infecção. Com base em GC/MS, os principais componentes foram curzerenona (28,6%), 1,8-cineol (21,3%) e delta-3-careno (10,6%), respectivamente. *C. zedoaria* reduziu significativamente ($p<0,0001$) a viabilidade de cistos e trofozoítos de *G. lamblia* como uma resposta dependente da dose. A maior redução do antígeno de *Giardia* foi detectada em camundongos curados com *C. zedoria* na dose de 600 µg/kg; nos dias 5, 10, 15 e 20, a taxa de redução foi de 85,97%, 77,86%, 97,09% e 98,75%, respectivamente (Albalawi; Alanazi, 2023).

4.3. Fungos

O óleo de *Melaleuca alternifolia* (*Tea Tree*), oriunda da Austrália, com maior escala de produção, é amplamente reconhecido por suas propriedades antifúngicas, atribuídas principalmente ao seu composto ativo mais abundante, o terpinen-4-ol de 30% a 40%. Ele é eficaz contra uma variedade de infecções fúngicas, como candidíase, onicomicose (infecção fúngica nas unhas das mãos e pés) e dermatofitoses (infecção fúngica na pele, mais conhecida como pé de atleta ou micose de pele). Estudos demonstram que o óleo de melaleuca pode inibir o crescimento de fungos, danificar suas membranas celulares e interromper processos metabólicos essenciais, mas deve ser diluído para evitar irritações (Bueno *et al.*; 2021; Pereira *et al.*, 2010; Gioppo; Zancanaro; Bellaver, 2019).

O óleo essencial de *Litsea cubeba* e seu componente citral são capazes de exibir atividade antifúngica contra *Fusarium moniliforme*, *F. solani*, *Alternaria alternata* e *A. niger*, a partir da inibição da biossíntese de DNA, RNA, proteínas e peptideoglicanos. Ademais, podem inibir a biossíntese de ergosterol por *C. albicans*. *oriaria nepalensis* e *Coriandrum sativum* exibem efeitos semelhantes, tanto pelos óleos essenciais integrais quanto por alguns de seus componentes, que atuam por

meio da interrupção das vias biossintéticas normais dos esteróis, levando à redução da biossíntese de ergosterol, um composto semelhante ao colesterol, presente na membrana celular fúngica. É sabido que a ausência ou presença reduzida de ergosterol nas membranas fúngicas resulta em instabilidade osmótica e metabólica da célula fúngica, comprometendo a reprodução e a atividade infecciosa (Kerekes *et al.*, 2013; Nazzaro *et al.*, 2017).

Óleos essenciais, especialmente o de *Anethum graveolens*, podem afetar a eficácia mitocondrial inibindo a ação das desidrogenases mitocondriais, envolvidas na biossíntese de ATP, como a lactato desidrogenase, malato desidrogenase e succinato desidrogenase. Chen *et al.* (2013) evidenciaram que essa espécie vegetal foi capaz de atuar como agente antifúngico por meio de perturbação do ciclo do ácido cítrico e inibição da síntese de ATP nas mitocôndrias de *Candida albicans* (Chen, Yuxin *et al.*, 2013). Óleos essenciais de *Origanum compactum*, *Artemisia herba alba* e *Cinnamomum camphora* aumentaram os danos mitocondriais de *Saccharomyces cerevisiae* (Nazzaro *et al.*, 2017).

De acordo com Donadu *et al.* (2021) o óleo essencial de *Ruta graveolens* possui efeitos contra as cepas clínicas de *Candida albicans*, *C. parapsilopsis*, *C. glabrata* e *C. tropicalis*. Segundo os autores, *C. tropicalis* e *C. albicans* foram as cepas mais sensíveis, apresentando concentrações inibitórias mínimas (CIM) de 4,1 e 8,2 µg/mL de *R. graveolens*. Além disso, 40% do biofilme formado por *C. albicans* foi erradicado com 8,2 µg/mL de óleo essencial de *R. graveolens* após 1 h de exposição. O estudo demonstrou que o índice de concentração inibitória fracionada (FICI) demonstrou efeitos sinérgicos do óleo essencial combinado com Anfotericina B. *R. graveolens* provocou uma ruptura na integridade da membrana celular, confirmando que a membrana plasmática é o alvo do modo de ação do óleo essencial contra *C. albicans* e *C. tropicalis* (Donadu *et al.*, 2021).

4.4. Vírus

Óleos essenciais possuem propriedades farmacológicas, incluindo atividade antiviral, e são considerados promissores contra o SARS-CoV-2 (Covid-19). Devido à sua lipofilicidade, conseguem penetrar e romper a membrana viral. Estudos de Elsebai; Albalawi (2022), revisaram óleos essenciais amplamente disponíveis, destacando sua eficácia contra vírus envelopados, como HSV e influenza. Durante a pandemia, eles foram investigados por suas propriedades antimicrobianas, antivirais,

anti-inflamatórias e imunomoduladoras, oferecendo suporte sintomático, embora não substituam tratamentos convencionais. Elsebai; Albalawi (2022), identificaram e expuseram as características e estruturas dos óleos como o de eucalipto (rico em eucaliptol), alho, louro e menta com potencial antiviral e anti-inflamatório, mas mais pesquisas são necessárias para o combate contra o coronavírus (Elsebai; Albalawi, 2022).

O óleo essencial de *Salvia desoleana* suprimiu as cepas de HSV-2 resistentes ao aciclovir com um valor de concentração efetiva de 50% (IC₅₀) de 28,57 µg/mL, muito menor que o do aciclovir (71,84 µg/mL). O mesmo efeito pode ser visto na utilização de óleos essenciais de *Zataria multiflora*, *Artemisia kermanensis*, *Eucalyptus caesia*, *Satureja hortensis*, *Rosmarinus officinalis* (Cagno *et al.*, 2017; Ma; Yao, 2020). Óleos essenciais de anis-estrelado, melaleuca australiana, orégano, *Eucalyptus caesia*, exibem altas atividades anti-HSV-1 *in vitro*. Merece destaque o óleo essencial de anis-estrelado com valor de IC₅₀ de 1 µg/mL e um valor de SI de 160, valores esses longes do ponto de corte recomendado (IC₅₀<100 µg/mL; SI > 4). Nesse perspectiva, *Mentha suaveolens* e melaleuca australiana também se apresentaram antivirais eficientes (Ma; Yao, 2020). No que se refere a eficácia antiviral dos componentes derivados destes óleos essenciais, o β-cariofileno se destacou com valores de IC₅₀ e SI de 0,25 µg/mL (igual a 1,2 µM) e 140, respectivamente. Depreende-se que plantas contendo β-cariofileno, como pimenta-do-reino, *cannabis*, canela, orégano e cravo, podem servir como fontes potenciais para a seleção de antivirais para HSV (Ma; Yao, 2020).

Óleos essenciais de eucalipto, melaleuca e tomilho e seus principais compostos monoterpênicos α-terpineno, γ-terpineno, α-pineno, *p*-cimeno, terpinen-4-ol, α-terpineol, timol, citral e 1,8-cineol possuem atividade antiviral contra o vírus herpes simplex tipo 1 (HSV-1) em estudos *in vitro*. Observou-se que esses óleos essenciais reduziram a infectividade viral em >96%, os monoterpênicos inibiram o HSV em cerca de >80% (Pourghanbari *et al.*, 2016).

Experimentos *in vitro* utilizando *E. caesia* na concentração 0,03% contra HSV-1 e HSV-2 demonstrou efeito inibitório significativo na formação de placas de HSV-1, IC₅₀ de 0,009% para HSV-1 e 0,008% para HSV-2. Ademais reduziu os títulos virais em 57,9% para HSV-1 e 75,4% para HSV-2. Dentre os mecanismos de ação observados destaca-se a ligação direta ao vírus livre (Schnitzler; Schön; Reichling, 2001).

Um estudo realizado na Argentina avaliou os efeitos de *Heterothalamus alienus* e *Buddleja cordobensis* frente ao vírus herpes simplex tipo 1 (HSV-1), vírus da dengue tipo 2 (DENV-2) e vírus Junin (JUNV). Apesar da ação virucida variável dos óleos essenciais testados, a melhor relação entre citotoxicidade e ação antivírus foi observada com os óleos essenciais de *H. alienus* e *B. cordobensis* contra JUNV, com valores de concentração virucida 50% (VC₅₀) de 44,2 e 39,0 ppm e índices terapêuticos (razão citotoxicidade para atividade virucida) de 3,3 e 4,0, respectivamente (Duschatzky *et al.*, 2005).

4.5. Atividade inseticida e repelente

Alguns óleos essenciais oferecem solução natural para repelir insetos e agirem como um inseticida natural. Por isso, esse método alternativo vem ganhando destaque no controle de microrganismos quando comparado ao controle convencional/químico, isso se dá devido à sua alta volatilidade e substâncias presentes, especialmente na família dos *Citrus* (Denkova-Kostova *et al.*, 2021; Martins *et al.*, 2017).

Syzygium aromaticum L. pertence à família *Myrtaceae*, a concentração de efeito observado (CEO) demonstrou altos níveis de repelência e toxicidade em pulgas, pulgões, instares ninfais, ácaros, formigas vermelhas, baratas (Elzayyat *et al.*, 2018; Haro-González *et al.*, 2021). A atividade de dissuasão de oviposição pôde ser observada em outras espécies de artrópodes vetores: *Anopheles stephensi*, *An. subpictus*, *Ae. aegypti*, *C. pipiens*, *Ae. albopictus*, *Culex quinquefasciatus* e *Culex tritaeniorhynchus*. Ademais, dentre os resultados observados, destacou-se o efeito larvicida contra *Aedes japonicus*, *Aedes Aegypti* e *Culex quinquefasciatus*. *S. aromaticum* demonstrou ação repelente em laboratório e em campo contra adultos de *Ae. aegypti*, *Ae. cinereus* e *Ae. communis* (Haro-González *et al.*, 2021).

O óleo essencial de *Meloidogyne incognita* possui efeito contra nematoides que acometem galhas. Essa espécie vegetal inibe a eclosão de ovos de *T. castaneum* e a sobrevivência das larvas na faixa de concentração de 1,4-3,2 mg/mL (Huang *et al.*, 1997). A concentração de 10 mg/mL de óleo essencial *M. incognita* revelou a maior ação fumigante e toxicidade de contato contra adultos de mosca-branca e ninfas de mosca-branca, respectivamente (Huang *et al.*, 1997; Wagan *et al.*, 2017). Outras aplicações do óleo essencial de noz-moscada se mostraram eficaz contra larvas de *Lymantria dispar*, *Callosobruchus maculatus* e adultos de *C. maculatus*. A mosca doméstica adulta (*Musca domestica*) e *Chrysomya albiceps* foram submetidas a

experimentos contendo óleo essencial de noz-moscada e os autores observaram valores de CL₅₀ de 2,74 g/ml e 3,65 g/ml, respectivamente, presumindo-se, portanto, significativa atividade inseticida contra os dois vetores (Adedire, 2002; Ashokkumar *et al.*, 2022; Cossetin *et al.*, 2021; Gioppo; Zancanaro; Bellaver, 2019; Kostić *et al.*, 2013).

A composição química, atividades antimicrobianas e larvicidas dos óleos essenciais das folhas de *Syzygium attopuense* e *Syzygium tonkinense* coletados no Vietnã foram analisadas por Huong *et al.* (2013). Para atingir seus objetivos de extração dos óleos essenciais, os autores utilizaram a técnica de hidrodestilação e, em seguida, analisaram a sua composição através da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. O estudo indicou a presença de uma alta porcentagem de sesquiterpenos em ambos os óleos essenciais. Os principais componentes do óleo essencial de *S. attopuense* foi biciclogermacreno (24,26%), (E)-cariofileno (11,72%) e (E)-β-ocimeno (6,75%), enquanto o óleo essencial de *S. tonkinense* foi dominado por (E)-cariofileno (80,80%). Além disso, a atividade larvicida dos óleos essenciais foi testada usando larvas de quarto ínstar de *Aedes aegypti*. Os resultados revelaram que ambos os óleos essenciais tiveram um excelente efeito inibitório contra larvas de *A. aegypti* com valores de LC₅₀ de 25,55 a 30,18 µg/mL e valores de LC₉₀ de 33,00 a 39,01 µg/mL. Nessa perspectiva, o óleo essencial extraído de *S. attopuense* e *S. tonkinense* são fontes potenciais de antimicrobianos naturais e podem atuar como agentes larvicidas de mosquitos baratos (Huong *et al.*, 2023).

Junior (2009) relaciona em seu trabalho a atividade inseticida do óleo essencial de *Citrus* spp. de diferentes partes da planta. Ele observou que a parte anatômica foliar teve atividade significativa contra o *Aedes aegypti*. Ao processar a casca de *Citrus aurantifolia* observou atividade contra diferentes artrópodes: *Callosobruchus maculatus*, *Dermanyssus gallinae*, *Pediculus humanus*, *Tyrophagus putrescentiae*, *Bactrocera oleae* e *Tetranychus urticae*. O óleo essencial comercial de *C. aurantium* teve atividade contra *Liposcelis bostrychophila*, *Tyrophagus putrescentiae*, *Cadra Cautella*, *Plutella xylostella*, *Cotesia glomerata*, *Lycoriella mali*, *Trialeurodes vaporariorum*, *Dermanyssus gallinae*.

As sementes de *C. limon* L. tem efeitos sobre *Atta sexdens* e a casca dessa espécie vegetal apresentou efeitos sobre *Callosobruchus maculatus*, *Sitophilus zeamais*, *Boophilus microplus* e *Aedes aegypti*. Já as folhas, flores, raízes, casca e sementes de *Citrus sinensis* apresentou efeitos sobre *Tyrophagus putrescentiae*, *Boophilus microplus*, *Callosobruchus maculatus*, *Culex pipens molestus*, *Aedes*

aegypti, *Sitophilus zeamais*. A casca de *Citrus tangerina* foi avaliada e observou-se efeitos contra os artrópodes *Liposcelis bostrychophila*, *Callosobruchus maculatus* e *Sitophilus zeamais*.

A Tabela 1 apresenta um consolidado de ensaios *in vitro* utilizando óleos essenciais extraídos e avaliados bem como seus respectivos efeitos sobre bactérias, fungos e protozoários. Nos trabalhos dirigidos por Menezes *et al.* (2022); Mutlu-Ingok *et al.*; (2020); Echeverría *et al.* (2019); Islam *et al.* (2020) é possível encontrar a concentração utilizada ou o percentual de eliminação da espécie vegetal testada (Menezes *et al.*, 2022; Echeverría *et al.*, 2019; Islam *et al.*, 2020; Mutlu-Ingok *et al.*, 2020).

Tabela 1 – Óleos essenciais e seus efeitos sobre microrganismos

Óleo Essencial	Bactéria avaliada	Concentração de efetividade ou percentual de eliminação	Referência
<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	4–42,67 µL/mL	(Messaoudi Moussii <i>et al.</i> , 2020; Mutlu-Ingok <i>et al.</i> , 2020)
<i>Anethum graveolens</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Campylobacter coli</i> , <i>Campylobacter jejuni</i>	0,012-3,75 µL/mL	(Mutlu-Ingok <i>et al.</i> , 2019)
<i>Backhousia citriodora</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	0,16–0,62 (%)	(Mutlu-Ingok; Karbancioglu-Guler, 2017)
<i>Brassica</i> spp.	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Pectobacterium carotovorum</i> , <i>Salmonella</i> entérica subsp. entérica, <i>Staphylococcus aureus</i>	12,5–200 µg/mL	(Nirmal <i>et al.</i> , 2018)
<i>Cinnamomum camphora</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	2–4 mg/mL	(Clemente <i>et al.</i> , 2016; Purkait <i>et al.</i> , 2020; Tu <i>et al.</i> , 2018)
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Pectobacterium carotovorum</i> , <i>Salmonella enterica</i> subsp. enterica, <i>Listeria monocytogenes</i>	0,12–0,25 mg/mL; 100-400 µg/mL; 72,27–114,63 µL/mL	(Clemente <i>et al.</i> , 2016; Denkova-Kostova <i>et al.</i> , 2021; Tu <i>et al.</i> , 2018)
<i>Canela zeylanicum</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Campylobacter jejuni</i>	1,25 µL/mL; 0,06–7,25 µL/mL	(El amrani <i>et al.</i> , 2019; Pesavento <i>et al.</i> , 2015)
<i>Cuminum cyminum</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Campylobacter coli</i> , <i>Campylobacter jejuni</i>	3,75–15 µL/mL; 0,05 µL/mL	(Mutlu-Ingok <i>et al.</i> , 2019; Mutlu-Ingok; Karbancioglu-Guler, 2017)

<i>Citrus cymbopogon</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	6,25 µL/mL	(Gishen <i>et al.</i> , 2020)
<i>Cymbopogon nardus</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	2–4 mg/mL	(Tu <i>et al.</i> , 2018)
<i>Cymbopogon winterianus</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	4,03–8,37 mg/mL	(Imane <i>et al.</i> , 2020)
<i>Elettaria cardamomum</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Campylobacter coli</i> , <i>Campylobacter jejuni</i>	3,75–7,50 µL/mL; 0,025 µL/mL	(Mutlu-Ingok <i>et al.</i> , 2019; Mutlu-Ingok; Karbancioglu-Guler, 2017)
<i>Eugenia caryophyllus</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	1,25–10 µL/mL	(El amrani <i>et al.</i> , 2019)
<i>Lavandula angustifolia</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	1,33–42,67 µL/mL; 125–250 µL/mL	(Gishen <i>et al.</i> , 2020; Messaoudi Moussii <i>et al.</i> , 2020)
<i>Lavandula mairei</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Listeria innocua</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	0,6–1,2 mg/mL	(El Hamdaoui <i>et al.</i> , 2018)
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	0,55–17,6 mg/mL	(Imane <i>et al.</i> , 2020)
<i>Mentha haplocalyx</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	2–4 mg/mL	(Tu <i>et al.</i> , 2018)
<i>Mentha piperita</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	62,5 µL/mL	(Gishen <i>et al.</i> , 2020)
<i>Mentha pulegium</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	0,25 a 2 mg/mL	(Bouyahya <i>et al.</i> , 2017)
<i>Origanum vulgare</i>	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	0,016–1 µL/mL; 160–640 µg/mL	(Boskovic <i>et al.</i> , 2015; Pesavento <i>et al.</i> , 2015)
<i>Pimpinella anisum</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	0,5–2 mg/mL	(Tu <i>et al.</i> , 2018)
<i>Pimpinella saxifraga</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	0,78–3,12 mg/mL	(Ksouda <i>et al.</i> , 2019)

<i>Piger nigerium</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	81,64–124,47 µL/mL	(Purkait <i>et al.</i> , 2020)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Campylobacter jejuni</i>	0,5 a >2 mg/mL; 0,67–10,8 mg/mL; 0,5–85 µL/mL	(Bouyahya <i>et al.</i> , 2017; Imane <i>et al.</i> , 2020; Pesavento <i>et al.</i> , 2015)
<i>Sálvia officinalis</i>	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Campylobacter jejuni</i>	1,56–60 µL/mL	(Pesavento <i>et al.</i> , 2015)
<i>Salvia sclarea</i> L.	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i>	1,38–44,23 mg/mL	(Imane <i>et al.</i> , 2020)
<i>Satureja hortensis</i> L.	<i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2–4 mg/mL	(El-Sayed; Kamel, 2020)
<i>Syzygium aromaticum</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0,5–1 mg/mL; 0,21 mg/mL; 0,304 mg/mL; 58,54–85,67 µL/mL	(Nirmal <i>et al.</i> , 2018; Purkait <i>et al.</i> , 2020; Radünz <i>et al.</i> , 2019; Tu <i>et al.</i> , 2018)
<i>Thymus algeriensis</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1–4,5 µL/mL	(Messaoudi Moussii <i>et al.</i> , 2020)
<i>Thymus daenensis</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	20 µg/mL	(Golkar; Mosavat; Jalali, 2020)
<i>Timo vulgaris</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Campylobacter jejuni</i>	20 µg/mL; 320–640 µg/mL; 0,12–0,25 µL/mL	(Boskovic <i>et al.</i> , 2015; Golkar; Mosavat; Jalali, 2020; Pesavento <i>et al.</i> , 2015)
<i>Zanthoxylum bungeanum</i>	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	1–4 mg/mL	(Tu <i>et al.</i> , 2018)
<i>Zataria multiflora</i>	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	5–10 µg/mL	(Golkar; Mosavat; Jalali, 2020)

<i>Zingiber officinale</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	0,15–9,85 mg/mL	(Imane <i>et al.</i> , 2020)
----------------------------	--	-----------------	------------------------------

Óleo Essencial	Fungo avaliado	Concentração de efetividade ou percentual de eliminação	Referência
<i>Anacyclus valentinus</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Penicillium expansum</i> , <i>Penicillium citrinum</i> , <i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium moniliforme</i>	1,25–2,5 µL/mL	(Houicher <i>et al.</i> , 2018)
<i>Brassica nigra</i>	<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus nomius</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium cinnamopurpureum</i> , <i>Penicillium expansum</i> , <i>Penicillium viridicatum</i> , <i>Penicillium roqueforti</i> , <i>Penicillium verrucosum</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Botryotinia fuckeliana</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Geotrichum</i> spp., <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i>	0,012–0,06 µg/mL; 0,8–50 µg/mL	(Clemente; Aznar; Nerín, 2019; Reyes-Jurado <i>et al.</i> , 2019)
<i>Bupleurum falcatum</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Fusarium oxysporum</i>	0,5–2 µg/mL	(Mohammadi <i>et al.</i> , 2014)
<i>Carum carvi</i>	<i>Penicillium carneum</i> , <i>Penicillium cavernicola</i> , <i>Penicillium aurantiogriseum</i> , <i>Penicillium nalgiovense</i> , <i>Penicillium polonicum</i> , <i>Mucor racemosus</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Penicillium brevicompactum</i> , <i>Penicillium expansum</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium italicum</i> , <i>Penicillium commune</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Rhizopus lyococcus</i>	0,7–1,5 µL/mL; 1–3,6 µL/mL; 100% de inibição a 500 ppm	(Kocić-Tanackov <i>et al.</i> , 2020; Mohammadifar <i>et al.</i> , 2012; Zabka; Pavela; Slezakova, 2009)
<i>Carum</i> spp.	<i>Aspergillus ochraceus</i>	0,625 µL/mL	(Moghadam <i>et al.</i> , 2019)
<i>Canela</i> spp.	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Penicillium</i> spp., <i>Cladosporium</i> spp.	0,078 µL/mL; 60 µL /L; 100% de inibição a 20 µL	(Jeong <i>et al.</i> , 2014; Moghadam <i>et al.</i> , 2019; Xing, Fuguo <i>et al.</i> , 2014)

<i>Cinnamomum camphora</i>	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i>	2 mg/mL	(Tu <i>et al.</i> , 2018)
<i>Cinnamomum casia</i>	<i>Aspergillus carbonarius</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Penicillium viridacatum</i>	100% de inibição a 50–100 μL/L; 1,67, >5 μL/mL	(Lappa <i>et al.</i> , 2017; Tu <i>et al.</i> , 2018; Wang <i>et al.</i> , 2018)
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium</i> <i>expansum</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus</i> <i>parasiticus</i>	0,062–0,125 mg/mL; 100% de inibição a 500 μL/L	(Císarová <i>et al.</i> , 2016; Kohiyama <i>et al.</i> , 2015; Tu <i>et al.</i> , 2018)
<i>Citrus aurantifolia</i>	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium digitatum</i> , <i>Trichoderma</i> <i>viride</i>	625 a >2500 μg/mL	(Simas <i>et al.</i> , 2017)
<i>Citrus limon</i> L.	<i>Aspergillus parasiticus</i>	≥1500 ppm	(Youssef <i>et al.</i> , 2016)
<i>Citrus limon</i>	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium digitatum</i> , <i>Trichoderma</i> <i>viride</i>	312 a >2500 μg/mL	(Simas <i>et al.</i> , 2017)
<i>Cuminum cyminum</i>	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Penicillium citrinum</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Rhodotorula glutinis</i> , <i>Botrytis</i> <i>cinerea</i>	2,5 μL/mL; 750–1000 ppm; 1,5 mg/mL; 1000–2000 μg/mL; 80,9–91,4% de inibição a 10 μL	(Kedia <i>et al.</i> , 2014; Khosravi <i>et al.</i> , 2011; Moghadam <i>et al.</i> , 2019; Romagnoli <i>et al.</i> , 2010; Sharifzadeh <i>et al.</i> , 2016)
<i>Curcuma longa</i>	<i>Fusarium verticillioides</i>	73,7 μg/mL	(Avanço <i>et al.</i> , 2017) (Božik <i>et al.</i> , 2017;
<i>Cymbopogon citrati</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Aspergillus westerdijkiae</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Fusarium oxysporum</i>	15,625 μL/L; 96% de inibição a 500 μL/L; 31,25 ppm	Císarová <i>et al.</i> , 2020; Soni; Sharma; Jasuja, 2016)
<i>Cymbopogon</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus carbonarius</i> , <i>Penicillium viridacatum</i>	1,67, >5 μL/mL	(Wang <i>et al.</i> , 2018)
<i>Cymbopogon nardus</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Penicillium brevicompactum</i> , <i>Penicillium</i> <i>expansum</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus</i> <i>fumigatus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i>	0,6–6,7 μL/mL; 1–2 mg/mL	(Tu <i>et al.</i> , 2018; Zabka; Pavela; Slezakova, 2009)

<i>Eucalypto camaldulensis</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Fusarium proliferatum</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>Fusarium subglutinans</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium asiaticum</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Botrytis cinerea</i>	7–8 µL/mL; 33–75% de inibição a 1000 µL/L	(Davari; Ezazi, 2017; Gakuubi; Maina; Wagacha, 2017)
<i>Eucalypto globulus</i>	<i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i>	9–27% de inibição a 500 µL/L; 100% de inibição a 500 µL	(Reyes-Jurado <i>et al.</i> , 2019; Vilela <i>et al.</i> , 2009)
<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Fusarium proliferatum</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Phytophthora capsici</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Fusarium fujikuroi</i>	3,25–10 mg/mL; 1,5 a >2 µL/mL	(Chen, Fengli <i>et al.</i> , 2020; Kostić <i>et al.</i> , 2013; Ksouda <i>et al.</i> , 2019)
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium expansum</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Alternaria alternaria</i> , <i>Aspergillus varicolor</i> , <i>Fusarium acuminatum</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>Fusarium tabacinum</i> , <i>Moliniana fruticicola</i> , <i>Rhizoctonia saloni</i> , <i>Sclerotinia minor</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Trichophyton mentagrophytes</i> , <i>Aspergillus glaucus</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Colletotrichum musae</i> , <i>Fusarium semitectum</i>	2–6 mL/L	(Li <i>et al.</i> , 2017)
<i>Mentha haplocalyx</i>	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Mucor racemosus</i> , <i>Penicillium aurantiogriseum</i> , <i>Penicillium carneum</i> , <i>Penicillium cavernicola</i> , <i>Penicillium nalgiovense</i> , <i>Penicillium polonicum</i>	1–2 mg/mL; 125 ppm 0,5–4 µL/mL; 0,5–10 µg/mL; 90–100% de inibição a 0,2%	(Desam <i>et al.</i> , 2019; Freire <i>et al.</i> , 2012; Li <i>et al.</i> , 2017; Saharkhiz <i>et al.</i> , 2012; Sharma <i>et al.</i> , 2017)
<i>Ocimum basilicum</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Fusarium verticillioides</i>	1–2 µL/mL; 4,5–9 µL/mL	(Dambolena <i>et al.</i> , 2010; Kocić-Tanackov <i>et al.</i> , 2020)
<i>Ocimum gratissimum</i>	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium expansum</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Penicillium oxalicum</i> , <i>Penicillium minioluteum</i> , <i>Fusarium verticillioides</i>	0,6–0,7 µL/mL; 0,3–5 µL/mL	(Dambolena <i>et al.</i> , 2010; Prakash <i>et al.</i> , 2011)
<i>Origanum majorana</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Penicillium brevicompactum</i> , <i>Penicillium</i>	5000–10.000 µg/mL; 350–650 ppm	(Camiletti <i>et al.</i> , 2014; Nikkhah <i>et al.</i> , 2017; Pizzolitto <i>et al.</i> , 2020)
<i>Pelargonium roseum</i> L.		0,8–5,1 µL/mL	(Zabka; Pavela; Slezakova, 2009)

	<i>expansum</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i>		
<i>Pimpinella anisum</i>	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i>	0,5–1 mg/mL	(Li <i>et al.</i> , 2017)
<i>Poliomintha longiflora</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Penicillium expansum</i>	0,8–1,4 g/L	(Cid-Pérez <i>et al.</i> , 2016)
<i>Rosmarinus officinalis L.</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Fusarium proliferatum</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Mucor pusillus</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium expansum</i> , <i>Alternaria alternata</i>	50% de inibição em 1122–1641 µL/L; 93–100% de inibição a 20 µg/mL	(Ferdes <i>et al.</i> , 2017; Pitarokili; and Loukis, 2008)
<i>Satureja khuzistanica</i>	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium digitatum</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i>	600–1200 µL/L	(Farzaneh <i>et al.</i> , 2015)
<i>Schinus molle</i>	<i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Fusarium moniliforme</i>	4,4–15,3% de inibição a 500 µL/L	(López-Meneses <i>et al.</i> , 2015)
<i>Stachys pubescens</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Fusarium oxysporum</i>	0,5–1 µg/mL	(Mohammadi <i>et al.</i> , 2014)
<i>Syzygium aromaticum</i>	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Penicillium citrinum</i> , <i>Rhizopus nigricans</i>	100% de inibição a 200 µL/L; 0,25 mg/mL; 31,25 ppm; 100% de inibição a 500 µL/L	(Božik <i>et al.</i> , 2017; Jahani; Pira; Aminifard, 2020; Li <i>et al.</i> , 2017; Xing, Yage <i>et al.</i> , 2010)
<i>Thymus algeriensis</i>	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Fusarium soloni</i>	1–2 µL/mL	(Zouari <i>et al.</i> , 2011)
<i>Thymus broussonnetii hannonis</i>	<i>G. citri-aurantii</i> , <i>Penicillium digitatum</i> , <i>Penicillium italicum</i>	>4000 µL/L	(Boubaker <i>et al.</i> , 2016)
<i>Timo capitatos</i>	<i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Fusarium moniliforme</i>	77,7–91,2% de inibição a 500 µL/L	(López-Meneses <i>et al.</i> , 2015)
<i>Thymus daenensis</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Fusarium oxysporum</i>	1–4 µg/mL	(Mohammadi <i>et al.</i> , 2014)
<i>Thymus kotschyanus</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Fusarium oxysporum</i>	0,5–1 µg/mL	(Mohammadi <i>et al.</i> , 2014)
<i>Leptobotrys do timo</i>	<i>Geotrichum citri-aurantii</i> , <i>Penicillium digitatum</i> , <i>Penicillium italicum</i>	<500 µL/L	(Boubaker <i>et al.</i> , 2016)
<i>Thymus mongolicus</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus carbonarius</i> , <i>Penicillium viridacatum</i>	2,33, >5 µL/mL	(Boubaker <i>et al.</i> , 2016)

<i>Timo riatarum</i>	<i>Geotrichum citri-aurantii</i> , <i>Penicillium digitatum</i> , <i>Penicillium italicum</i>	<500–1000 µL/L	(Boubaker <i>et al.</i> , 2016)
<i>Timo</i> spp.	<i>Aspergillus niger</i>	100% de inibição a 200 µL/L	(Jahani; Pira; Aminifard, 2020)
<i>Timo viloso</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus niger</i>	0,32–2,5 µL/mL	(Pinto, Eugénia <i>et al.</i> , 2013)
<i>Timo vulgaris</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Fusarium</i> <i>oxysporum</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Penicillium</i> <i>brevicompactum</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Botrytis</i> <i>cinerea</i> , <i>Penicillium expansum</i>	0,8–2,3 µL/mL	(Zabka; Pavela; Slezakova, 2009)
<i>Thymus zygis</i>	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus</i> <i>fumigatus</i>	0,16–0,64 µL/mL	(Gonçalves <i>et al.</i> , 2010)
<i>Xylopietiope</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Fusarium</i> <i>oxysporum</i>	3000–4000 ppm	(Sokamte Tegang <i>et al.</i> , 2018)
<i>Zingiber officinale</i>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Penicillium citrinum</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> , <i>Fusarium verticillioides</i>	1250–2500 µg/mL	(Sharifzadeh <i>et al.</i> , 2016)

Óleo Essencial	Protozoário avaliado	Concentração de efetividade ou percentual de eliminação	Referência
<i>Annona vepretorum</i>	<i>Trypanosoma cruzi</i>	32 µg/mL	(Costa, Emmanoel Vilaça <i>et al.</i> , 2012)
<i>Syzygium cumini</i> L.	<i>Leishmania amazonensis</i>	60 mg/L	(Dias, Clarice N. <i>et al.</i> , 2013)
<i>Xylopietiope</i>	<i>Trypanosoma cruzi</i>	15 a 30 µg/mL	(Dias, Clarice N. <i>et al.</i> , 2013)
<i>Bursera graveolens</i>	<i>Leishmania amazonensis</i>	36.7 mg/L	(Monzote <i>et al.</i> , 2012)
<i>Piper auritum</i>	<i>Leishmania major</i>	29.1 µg/mL	
<i>Piper auritum</i>	<i>Leishmania mexicana</i>	63.3 µg/mL	(Rodríguez <i>et al.</i> , 2013)
<i>Piper auritum</i>	<i>Leishmania braziliensis</i>	52.1 µg/mL	
<i>Piper auritum</i>	<i>Leishmania donovani</i>	12.8 µg/mL	
<i>Syzygium cumini</i> L.	<i>Leishmania amazonensis</i>	60 mg/L	(da Silva <i>et al.</i> , 2013)
<i>Bursera graveolens</i>	<i>Leishmania amazonensis</i>	36.7 mg/L	(Monzote <i>et al.</i> , 2012)

<i>Piper ossanum</i>	<i>Plasmodium falciparum</i>	1.5 µg/mL	
<i>Piper ossanum</i>	<i>Trypanosoma brucei</i>	8.1 µg/mL	(Gutiérrez et al., 2016)
<i>Piper ossanum</i>	<i>Trypanosoma cruzi</i>	8.0 µg/mL	
<i>Piper ossanum</i>	<i>Leishmania amazonensis</i>	19.3 µg/mL	
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	<i>Plasmodium berghei</i>	200, 300 e 500 mg/kg	(Tchoumboungang et al., 2005)
<i>Bixa orellana</i> L.	<i>Leishmania amazonensis</i>	8.5 mg/L	(Monzote et al., 2014)
<i>Piper ossanum</i>	<i>Plasmodium falciparum</i>	2.8 µg/mL	
<i>Piper ossanum</i>	<i>Trypanosoma brucei</i>	8.4 µg/mL	(Gutiérrez et al., 2016)
<i>Piper ossanum</i>	<i>Trypanosoma cruzi</i>	8.6 µg/mL	
<i>Alpinia speciosa</i>	<i>Trypanosoma cruzi</i>	92 µg/mL	(Pereira et al., 2018)
<i>Alpinia speciosa</i>	<i>Leishmania brasiliensis</i>	67 µg/mL	
<i>Ocotea odorifera</i>	<i>Leishmania amazonensis</i>	11.7 µg/mL	(Alcoba et al., 2018)
<i>Piper cubeba</i> L.	<i>Trypanosoma cruzi</i>	87.9 µg/mL	(Moraes et al., 2020)
<i>Alpinia zerumbet</i>	<i>Plasmodium falciparum</i>	66.2 µg/mL	(Mendiola Martínez et al., 2015)
<i>Piper aduncum</i> L.	<i>Leishmania amazonensis</i>	23.8 µg/mL	
<i>Piper aduncum</i> L.	<i>Leishmania donovani</i>	7.7 µg/mL	(Monzote et al., 2014)
<i>Piper aduncum</i> L.	<i>Leishmania infantum</i>	8.1 µg/mL	
<i>Piper ossanum</i>	<i>Plasmodium falciparum</i>	1.5 e 2.8 µg/mL	
<i>Piper ossanum</i>	<i>Trypanosoma brucei</i>	8.1 e 8.4 µg/mL	(Gutiérrez et al., 2016)
<i>Piper ossanum</i>	<i>Trypanosoma cruzi</i>	8.0 e 8.6 µg/mL	
<i>Artemisia absinthium</i> L.	<i>Leishmania aethiopica</i>	8 µg/mL	(Tariku et al., 2011)
<i>Artemisia absinthium</i> L.	<i>Leishmania donovani</i>	42 µg/mL	(Bouyahya et al., 2017)
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	<i>Leishmania major</i>	1.2 µg/mL	
<i>Artemisia absinthium</i> L.	<i>Trypanosoma cruzi</i>	84% de inibição a 200 µg/mL	(Sainz et al., 2019)
<i>Artemisia pedemontana assoana</i>	<i>Trypanosoma cruzi</i>	20 a 70% de inibição a 200 µg/mL	(Sainz et al., 2019)
<i>Salvia recognita</i>	<i>Plasmodium falciparum</i>	17 a 12 µg/mL	(Tabanca et al., 2006)
<i>Thymus hirtus</i> sp. <i>algeriensis</i>	<i>Leishmania major</i>	0.43 µg/mL	(Fampa et al., 2021)
<i>Thymus hirtus</i> sp. <i>algeriensis</i>	<i>Leishmania infantum</i>	0.25 µg/mL	
<i>Casearia sylvestris</i>	<i>Leishmania amazonensis</i>	24.2 µg/mL	(Moreira et al., 2019)
<i>Eugenia gracillima</i>	<i>Leishmania braziliensis</i>	74.6 µg/mL	(Gomes Vidal
<i>Eugenia gracillima</i>	<i>Leishmania infantum</i>	80.4 µg/mL	Sampaio et al., 2021)

<i>Guatteria australis</i>	<i>Leishmania infantum</i>	30.7 µg/mL	(Siqueira <i>et al.</i> , 2015)
<i>Lantana camara</i> L.	<i>Trypanosoma cruzi</i>	201.94 µg/mL	(Barros <i>et al.</i> , 2016)
<i>Lantana camara</i> L.	<i>Leishmania braziliensis</i>	72.31 µg/mL	(Moreira <i>et al.</i> , 2019)
<i>Melampodium divaricatum</i>	<i>Leishmania amazonensis</i>	10.7 µg/mL	(Capello <i>et al.</i> , 2015)
<i>Piper cernuum</i>	<i>Leishmania amazonensis</i>	Inibição de 115 a 10 µg/mL	(Moura do Carmo <i>et al.</i> , 2012)
<i>Piper duckei</i>	<i>Leishmania amazonensis</i>	42–46 µg/mL	(Moreira <i>et al.</i> , 2017)
<i>Piper duckei</i>	<i>Leishmania guyanensis</i>	15.2 µg/mL	(da Silva <i>et al.</i> , 2013)
<i>Vernonia polyanthes</i>	<i>Leishmania infantum</i>	19.4 µg/mL	(Regalado <i>et al.</i> , 2011)
<i>Xylopia frutescens</i>	<i>Trypanosoma cruzi</i>	15 a 30 µg/mL	(Giongo <i>et al.</i> , 2017)
<i>Tagetes lucida</i>	<i>Plasmodium berghei</i>	72 µg/mL	(Oliveira de Souza <i>et al.</i> , 2017)
<i>Aniba canelilla</i>	<i>Trypanosoma evansi</i>	Inibição a 0.5%, 1.0% e 2.0%	(Rodríguez <i>et al.</i> , 2013)
<i>Hypenia salzmännii</i>	<i>Trypanosoma cruzi</i>	35–42 µg/mL	(GC/GC-MS Analysis, Isolation and Identification of Bioactive Essential Oil Components from the Bhutanese Medicinal Plant, Pleurospermum Amabile - Phurpa Wangchuk, Paul A. Keller, Stephen G. Pyne, Malai Taweechotipatr, Sumalee Kamchonwongpaisan, 2013, [s. d.])
<i>Piper auritum</i> Kunt	<i>Leishmania major</i>	29.1 µg/mL	
<i>Piper auritum</i> Kunt	<i>Leishmania mexicana</i>	63.3 µg/mL	
<i>Piper auritum</i> Kunt	<i>Leishmania braziliensis</i>	52.1 µg/mL	
<i>Piper auritum</i> Kunt	<i>Leishmania donovani</i>	12.8 µg/mL	
<i>Pleurospermum amabile</i>	<i>Plasmodium falciparum</i>	79 µg/mL	

<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	<i>Trypanosoma brucei</i>	2.1 µg/mL	(Kpoviessi <i>et al.</i> , 2014)
<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	<i>Plasmodium falciparum</i>	43.1 µg/mL	(Mendiola Martínez <i>et al.</i> , 2015)
<i>Alpinia zerumbet</i>	<i>Plasmodium falciparum</i>	71.4 µg/mL	(Monzote <i>et al.</i> , 2014)
<i>Bursera graveolens</i>	<i>Leishmania amazonensis</i>	36.7 mg/L	(Monzote <i>et al.</i> , 2017)
<i>Piper aduncum</i> L.	<i>Leishmania amazonensis</i>	23.8 µg/mL	
<i>Piper aduncum</i> L.	<i>Leishmania donovani</i>	7.7 µg/mL	
<i>Piper aduncum</i> L.	<i>Leishmania infantum</i>	8.1 µg/mL	
<i>Piper ossanum</i>	<i>Plasmodium falciparum</i>	1.5 e 2.8 µg/mL	(Gutiérrez <i>et al.</i> , 2016)
<i>Piper ossanum</i>	<i>Trypanosoma brucei</i>	8.1 e 8.4 µg/mL	
<i>Piper ossanum</i>	<i>Trypanosoma cruzi</i>	8.0 e 8.6 µg/mL	
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.	<i>Leishmania amazonensis</i>	54–162 µg/mL	(Andrade <i>et al.</i> , 2016)
<i>Ocotea odorifera</i>	<i>Leishmania amazonensis</i>	11.7 µg/mL	(Alcoba <i>et al.</i> , 2018)
<i>Piper auritum</i>	<i>Leishmania major</i>	29.1 µg/mL	
<i>Piper auritum</i>	<i>Leishmania mexicana</i>	63.3 µg/mL	
<i>Piper auritum</i>	<i>Leishmania braziliensis</i>	52.1 µg/mL	(Monzote <i>et al.</i> , 2010)
<i>Piper auritum</i>	<i>Leishmania donovani</i>	12.8 µg/mL	
<i>Apium graveolens</i> L.	<i>Schistosoma mansoni</i>	2–10 mg	
<i>Eucalyptus</i> spp.	<i>Schistosoma mansoni</i>	20 mg/ml	(Islam <i>et al.</i> , 2020; Mendes <i>et al.</i> , 1990)
<i>Juniperus virginiana</i> L.	<i>Schistosoma mansoni</i>	2–10 mg	(Islam <i>et al.</i> , 2020; Naples; Shiff; Rosler, 1992)
<i>Pterodon pubescens</i>	<i>Schistosoma mansoni</i>	2–10 mg	(Islam <i>et al.</i> , 2020; Katz <i>et al.</i> , 1993)
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	<i>Schistosoma mansoni</i>	10, 50 e 100 µg/ml	(Parreira <i>et al.</i> , 2010)
<i>Plectranthus neochilus</i>	<i>Schistosoma mansoni</i>	10, 50 e 100 µg/ml	(Caixeta <i>et al.</i> , 2011)
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	<i>Schistosoma mansoni</i>	10, 50 e 100 µg/ml	(de Melo <i>et al.</i> , 2011)
<i>Baccharis trimera</i>	<i>Schistosoma mansoni</i>	24, 48, 91 e 130 µg/ml	(de Oliveira <i>et al.</i> , 2012)
<i>Melaleuca armillaris</i>	<i>Schistosoma mansoni</i>	150 mg/kg	(Rizk; Ibrahim; El-Rigal, 2012)
<i>Mentha</i>	<i>Schistosoma mansoni</i>	1, 10, 100, 250, 500 e 1,000 µg/ml	(Matos-Rocha <i>et al.</i> , 2013)
<i>Tetradenia riparia</i>	<i>Schistosoma mansoni</i>	50 e 100 µg/ml	(de Melo <i>et al.</i> , 2015)

<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Schistosoma mansoni</i>	10, 50 e 100 µg/ml	(Wakabayashi <i>et al.</i> , 2015)
<i>Citrus limon</i> L.	<i>Schistosoma mansoni</i>	12.5, 25, 50 e 100 µg/ml	(Moreira <i>et al.</i> , 2017)
<i>Dysphania ambrosioides</i> L.	<i>Schistosoma mansoni</i>	12.5 e 25 µg/ml	(Soares <i>et al.</i> , 2017)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

5. Considerações finais

Este capítulo explorou a aplicação multifacetada dos óleos essenciais, desde seu papel e crescimento no mercado global até suas potentes propriedades antimicrobianas e seu potencial como alternativas naturais aos pesticidas sintéticos em uso. O mercado de óleos essenciais está em franca expansão, impulsionado pela crescente demanda por produtos naturais e sustentáveis em diversas indústrias, como a de cosméticos, alimentos, bebidas e principalmente a farmacêutica. O Brasil se destaca no cenário mundial por apresentar uma grande diversidade de espécies vegetais, que se deve à presença de flora diversa, rica biodiversidade e por ser detentor de biomas específicos e alta capacidade de manipulação de extratos vegetais.

Ademais, os óleos essenciais demonstraram eficácia contra uma ampla gama de microrganismos, incluindo bactérias, fungos, protozoários e vírus, abrindo caminho para o desenvolvimento de novos produtos antimicrobianos naturais. O encorajamento de pesquisa científica nessa área pode desvendar os mecanismos de ação dos compostos, principalmente àqueles com potencial para combater infecções resistentes aos antibióticos e outros patógenos. Os extratos vegetais emergem como alternativas promissoras aos pesticidas sintéticos, oferecendo uma abordagem mais segura e ecologicamente correta para o controle de pragas que assolam a agricultura. Suas propriedades inseticidas, repelentes e antifúngicas podem contribuir para a produção de alimentos mais saudáveis e sustentáveis. O futuro dos óleos essenciais é promissor, com um vasto potencial a ser explorado em diversas áreas e a busca por alternativas naturais e sustentáveis impulsiona a demanda por essa tecnologia, o que abre oportunidades para o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias. Os óleos essenciais representam um recurso valioso com aplicações diversas e um futuro promissor, impulsionado pela busca por soluções naturais e sustentáveis.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade de Uberaba (UNIUBE); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), em especial ao projeto em andamento APQ-01203-23; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio disponibilizado para o desenvolvimento deste estudo.

Referências Bibliográficas

ADEDIRE, C. O. Use of nutmeg *Myristica fragrans* (Houtt.) powder and oil for the control of cowpea storage bruchid, *Callosobruchus maculatus* Fabricius / Verwendung von Pulver und Ölaus Samen der Muskatnuss (*Myristica fragrans* Houtt.) zur Bekämpfung von *Callosobruchus maculatus* Fabricius, einem Lagerschädling an Kudebohnen. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz / Journal of Plant Diseases and Protection**, [s. l.], vol. 109, no. 2, p. 193–199, 2002. .

AHMAD, Aftab; WEI, Yun; SYED, Fatima; TAHIR, Kamran; REHMAN, Aziz Ur; KHAN, Arifullah; ULLAH, Sadeeq; YUAN, Qipeng. The effects of bacteria-nanoparticles interface on the antibacterial activity of green synthesized silver nanoparticles. **Microbial Pathogenesis**, [s. l.], vol. 102, p. 133–142, Jan. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2016.11.030>.

ALBALAWI, Aishah E; ALANAZI, Abdullah D. Chemical Composition, in vitro, and in vivo Antiparasitic Effects of *Curcuma zedoaria* Rhizome Essential Oil Against *Giardia lamblia*. **Pharmacognosy Magazine**, [s. l.], vol. 19, no. 2, p. 418–426, 1 Jun. 2023. <https://doi.org/10.1177/09731296231166055>.

ALCOBA, Ana E. T.; Melo ,Daiana C. de; de Andrade ,Priscila M.; Dias ,Herbert J.; Pagotti ,Mariana C.; Magalhães ,Lizandra G.; Júnior ,Walnir G. F.; Crotti ,Antônio E. M.; AND MIRANDA, Mayker L. D. Chemical composition and in vitro antileishmanial and cytotoxic activities of the essential oils of *Ocotea dispersa* (Nees) Mez and *Ocotea odorifera* (Vell) Rohwer (Lauraceae). **Natural Product Research**, [s. l.], vol. 32, no. 23, p. 2865–2868, 2 Dec. 2018. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1385007>.

ANDRADE, Milene Aparecida; AZEVEDO, Clênia dos Santos; MOTTA, Flávia Nader; SANTOS, Maria Lucília dos; SILVA, Camila Lasse; SANTANA, Jaime Martins de; BASTOS, Izabela M. D. Essential oils: in vitro activity against *Leishmania amazonensis*, cytotoxicity and chemical composition. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, [s. l.], vol. 16, no. 1, p. 444, 8 Nov. 2016. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1401-9>.

ANTUNES FILHO, Sérgio; DOS SANTOS, Mayara Santana; DOS SANTOS, Otávio Augusto L.; BACKX, Bianca Pizzorno; SORAN, Maria-Loredana; OPRIŞ, Ocsana; LUNG, Ildiko; STEGARESCU, Adina; BOUOUDINA, Mohamed. Biosynthesis of Nanoparticles Using Plant Extracts and Essential Oils. **Molecules (Basel, Switzerland)**, [s. l.], vol. 28, no. 7, p. 3060, 29 Mar. 2023. <https://doi.org/10.3390/molecules28073060>.

ASHOKKUMAR, Kaliyaperumal; SIMAL-GANDARA, Jesus; MURUGAN, Muthusamy; DHANYA, Mannanail Krishnankutty; PANDIAN, Arjun. Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) essential oil: A review on its composition, biological, and pharmacological activities. **Phytotherapy research: PTR**, [s. l.], vol. 36, no. 7, p. 2839–2851, Jul. 2022. <https://doi.org/10.1002/ptr.7491>.

AVANÇO, Geleys Brado; FERREIRA, Flavio Dias; BOMFIM, Natália Silva; SANTOS, Paula Andréia de Souza Rodrigues dos; PERALTA, Rosane Marina; BRUGNARI, Tatiane; MALLMANN, Carlos Augusto; ABREU FILHO, Benício Alves de; MIKCHA, Jane Martha Graton; MACHINSKI JR., Miguel. *Curcuma longa* L. essential oil composition, antioxidant effect, and effect on *Fusarium verticillioides* and fumonisin production. **Food Control**, [s. l.], vol. 73, p. 806–813, 1 Mar. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.09.032>.

AZADBAKHT, Mohammad; CHABRA*, Aroona; SAEEDI AKBARABADI, Ali; MOTAZEDIAN, Mohammad Hossein; MONADI, Taha; AKBARI, Fatemeh. Anti-parasitic Activity of Some Medicinal Plants Essential Oils on *Giardia lamblia* and *Entamoeba histolytica*, In Vitro. **Research Journal of Pharmacognosy**, [s. l.], vol. 7, no. 1, p. 41–47, 1 Jan. 2020. <https://doi.org/10.22127/rjp.2019.168142.1462>.

AZIZ, Zarith; AHMAD, Akil; MOHD-SETAPAR, Siti; KARAKUCUK, Alptug; AZIM, Muhammad; LOKHAT, David; KAMAL, Mohammad; ASHRAF, Ghulam. Essential Oils: Extraction Techniques, Pharmaceutical And Therapeutic Potential - A Review. **Current Drug Metabolism**, [s. l.], vol. 19, 23 Jul. 2018. <https://doi.org/10.2174/1389200219666180723144850>.

BABU, Kiran G. D.; KAUL, V. K. Variation in essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* sp.) distilled by different distillation techniques. **Flavour and Fragrance Journal**, [s. l.], vol. 20, no. 2, p. 222–231, 2005. <https://doi.org/10.1002/ffj.1414>.

BACCEGA, Bruna; ALVES, Mirna Samara Dié; NEVES, Raquel Nascimento; VELHO, Maiara Callegaro; GODOI, Samantha Nunes de; OURIQUE, Aline Ferreira; VILLELA, Marcos Marreiro; VIANNA, Elvia Elena Silveira; FARIAS, Nara Amélia da Rosa; OLIVEIRA, Camila Belmonte. Free essential oils and nanostructured on *Trichomonas gallinae* trophozoites. **Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas**, [s. l.], vol. 20, no. 3, p. 337–354, 2019. .

BANERJEE, Shri; ROUT, Akanksha; MISHRA, Namita. AROMATHERAPY AND ITS BENEFITS. [S. l.: s. n.], 2021. p. Chapter 7: Page no. 119.

BARROS DE MENEZES, Renata Priscila; SCOTTI, Luciana; SCOTTI, Marcus Tullius; GARCÍA, Jesús; GONZÁLEZ, Rosalia; MONZOTE, Lianet; SETZER, William N. Machine Learning Analysis of Essential Oils from Cuban Plants: Potential Activity against Protozoa Parasites. **Molecules**, [s. l.], vol. 27, no. 4, p. 1366, Jan. 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27041366>.

BARROS, Luiz Marivando; DUARTE, Antonia Eliene; MORAIS-BRAGA, Maria Flaviana Bezerra; WACZUK, Emily Pansera; VEGA, Celeste; LEITE, Nadghia Figueiredo; DE MENEZES, Irwin Rose Alencar; COUTINHO, Henrique Douglas Melo; ROCHA, João Batista Teixeira; KAMDEM, Jean Paul. Chemical Characterization and Trypanocidal, Leishmanicidal and Cytotoxicity Potential of *Lantana camara* L. (Verbenaceae) Essential Oil. **Molecules**, [s. l.], vol. 21, no. 2, p. 209, Feb. 2016. <https://doi.org/10.3390/molecules21020209>.

BASAVEGOWDA, Nagaraj; PATRA, Jayanta Kumar; BAEK, Kwang-Hyun. Essential Oils and Mono/bi/tri-Metallic Nanocomposites as Alternative Sources of Antimicrobial Agents to Combat Multidrug-Resistant Pathogenic Microorganisms: An Overview. **Molecules (Basel, Switzerland)**, [s. l.], vol. 25, no. 5, p. 1058, 27 Feb. 2020. <https://doi.org/10.3390/molecules25051058>.

BEHZAD, Farahnaz; NAGHIB, Seyed Morteza; KOUHBANANI, Mohammad Amin Jadidi; TABATABAEI, Seyede Nafise; ZARE, Yasser; RHEE, Kyong Yop. An overview of the plant-mediated green synthesis of noble metal nanoparticles for antibacterial applications. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, [s. l.], vol. 94, p. 92–104, 25 Feb. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2020.12.005>.

BERALDO-BORRAZZO, Jesieli; SANTOS, Adriana Oliveira dos; FILHO, Benício Alves de Abreu; QUINTANS-JÚNIOR, Lucindo José; NAKAMURA, Celso Vataru. Atividade anti-protozoário in vitro do p-Cimeno sobre *Leishmania amazonensis*. **LUMINÁRIA**, [s. l.], vol. 21, no. 02, 2019. DOI 10.33871/23594373.2019.21.02.3157. Available at: <https://periodicos.unespar.edu.br/luminaria/article/view/3157>. Accessed on: 8 Apr. 2025.

BHAMBHANI, Sweta; KONDHARE, Kirtikumar R.; GIRI, Ashok P. Diversity in Chemical Structures and Biological Properties of Plant Alkaloids. **Molecules (Basel, Switzerland)**, [s. l.], vol. 26, no. 11, p. 3374, 3 Jun. 2021. <https://doi.org/10.3390/molecules26113374>.

BIZZO, Humberto R.; REZENDE, Claudia M. O MERCADO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO BRASIL E NO MUNDO NA ÚLTIMA DÉCADA. **Química Nova**, [s. l.], vol. 45, p. 949–958, 28 Oct. 2022. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170889>.

BOSKOVIC, Marija; ZDRAVKOVIC, Nemanja; IVANOVIC, Jelena; JANJIC, Jelena; DJORDJEVIC, Jasna; STARCEVIC, Marija; BALTIC, Milan Z. Antimicrobial Activity of Thyme (*Tymus vulgaris*) and Oregano (*Origanum vulgare*) Essential Oils against Some Food-borne Microorganisms. **Procedia Food Science**, The 58th International Meat Industry Conference (MeatCon2015). [s. l.], vol. 5, p. 18–21, 1 Jan. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.09.005>.

BOUBAKER, H.; KARIM, H.; EL HAMDAOUI, A.; MSANDA, F.; LEACH, D.; BOMBARDA, I.; VANLOOT, P.; ABBAD, A.; BOUDYACH, E. H.; AIT BEN AOUMAR, A. Chemical characterization and antifungal activities of four *Thymus* species essential oils against postharvest fungal pathogens of citrus. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], vol. 86, p. 95–101, 1 Aug. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.036>.

BOUYAHYA, Abdelhakim; ET-TOUYS, Abdeslam; BAKRI, Youssef; TALBAUI, Ahmed; FELLAH, Hajiba; ABRINI, Jamal; DAKKA, Nadia. Chemical composition of *Mentha pulegium* and *Rosmarinus officinalis* essential oils and their antileishmanial, antibacterial and antioxidant activities. **Microbial Pathogenesis**, [s. l.], vol. 111, p. 41–49, 1 Oct. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.08.015>.

BOŽIK, Matěj; CÍSAROVÁ, Miroslava; TANČINOVÁ, Dana; KOUŘIMSKÁ, Lenka; HLEBA, Lukáš; KLOUČEK, Pavel. Selected essential oil vapours inhibit growth of *Aspergillus* spp. in oats with improved consumer acceptability. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], vol. 98, p. 146–152, 1 Apr. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.044>.

BUENO, Carla Cristina; DYNA, Fabíola Adriana Garcia Mello; OLIVEIRA, Fabricia Alessandra Garcia Mello de; SILVA, Thainá Aparecida Rafael; LEMBI, Michelle Karine dos Santos; MORITZ, Cristiane Mengue Feniman; SAKAI, Otávio Akira. Perfil da exportação e importação de óleos essenciais no Brasil, entre os anos de 2020 e 2021, e a predominância do óleo essencial de Melaleuca alternifolia no Paraná. **Research, Society and Development**, [s. l.], vol. 10, no. 13, p. e560101321574–e560101321574, 21 Oct. 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21574>.

BURT, Sara. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], vol. 94, no. 3, p. 223–253, 1 Aug. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>.

CAGNO, Valeria; SGORBINI, Barbara; SANNA, Cinzia; CAGLIERO, Cecilia; BALLERO, Mauro; CIVRA, Andrea; DONALISIO, Manuela; BICCHI, Carlo; LEMBO, David; RUBIOLO, Patrizia. In vitro anti-herpes simplex virus-2 activity of *Salvia desoleana* Atzei & V. Picci essential oil. **PLOS ONE**, [s. l.], vol. 12, no. 2, p. e0172322, 16 Feb. 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172322>.

CAIXETA, Soraya C.; MAGALHÃES, Lizandra G.; DE MELO, Nathalya I.; WAKABAYASHI, Kamila A. L.; AGUIAR, Gabriela de P.; AGUIAR, Daniela de P.; MANTOVANI, André L. L.; ALVES, Jacqueline M.; OLIVEIRA, Pollyanna F.; TAVARES, Denise C.; GROppo, Milton; RODRIGUES, Vanderlei; CUNHA, Wilson R.; VENEZIANI, Rodrigo C. S.; DA SILVA FILHO, Ademar A.; CROTTI, Antônio E. M. Chemical composition and in vitro schistosomicidal activity of the essential oil of *Plectranthus neochilus* grown in Southeast Brazil. **Chemistry & Biodiversity**, [s. l.], vol. 8, no. 11, p. 2149–2157, Nov. 2011. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201100167>.

CAMILETTI, Boris X.; ASENSIO, Claudia M.; PECCI, María de la Paz Giménez; LUCINI, Enrique I. Natural control of corn postharvest fungi *Aspergillus flavus* and *Penicillium* sp. using essential oils from plants grown in Argentina. **Journal of Food Science**, [s. l.], vol. 79, no. 12, p. M2499-2506, Dec. 2014. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12700>.

CAPELLO, Tabata M.; MARTINS, Euder G. A.; DE FARIAS, Camyla F.; FIGUEIREDO, Carlos R.; MATSUO, Alisson L.; PASSERO, Luiz Felipe D.; OLIVEIRA-SILVA, Diogo; SARTORELLI, Patricia; LAGO, João Henrique G. Chemical Composition and in vitro Cytotoxic and Antileishmanial Activities of Extract and Essential Oil from Leaves of *Piper cernuum*. **Natural Product Communications**, [s. l.], vol. 10, no. 2, p. 1934578X1501000217, 1 Feb. 2015. <https://doi.org/10.1177/1934578X1501000217>.

CARMO, Paulo H. F.; COSTA, Marliete C.; FRANCO, Pedro H. C.; LAGE, Anna C. P.; ROCHA, Cláudia E. V.; CHAVES, Claudilene R.; FARACO, André A. G.; LADEIRA, Luiz O.; AGUILAR, Jorge L. López; CÉSAR, Isabela C.; PAIXÃO, Tatiane A.; RESENDE-STOIANOFF, Maria A.; SANTOS, Daniel A. Essential oils of *Taxandria fragrans* and *Melaleuca alternifolia* have effective antidermatophytic activities in vitro and in vivo that are antagonised by ketoconazole and potentiated in gold nanospheres. **Natural Product Research**, [s. l.], vol. 35, no. 22, p. 4694–4697, Nov. 2021. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1709186>.

CHAGAS, E. C.; MACIEL, P. O.; PORTO, S. M. A.; MAJOLO, C.; BOIJINK, S. L. Protocolo para o emprego de óleos essenciais no controle de monogenoides, parasita de brânquias de peixes. [s. l.], no. 1 ed., 2015. .

CHEN, Fengli; GUO, Yu; KANG, Jie; YANG, Xiaohui; ZHAO, Ziyue; LIU, Shasha; MA, Yibo; GAO, Wenbin; LUO, Duqiang. Insight into the essential oil isolation from *Foeniculum vulgare* Mill. fruits using double-condensed microwave-assisted hydrodistillation and evaluation of its antioxidant, antifungal and cytotoxic activity. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], vol. 144, p. 112052, 1 Feb. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112052>.

CHEN, Yuxin; ZENG, Hong; TIAN, Jun; BAN, Xiaoquan; MA, Bingxin; WANG, Youwei. Antifungal mechanism of essential oil from *Anethum graveolens* seeds against *Candida albicans*. **Journal of Medical Microbiology**, [s. l.], vol. 62, no. Pt 8, p. 1175–1183, Aug. 2013. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.055467-0>.

CID-PÉREZ, Teresa S.; Torres-Muñoz ,José V.; Nevárez-Moorillón ,Guadalupe V.; Palou ,Enrique; AND LÓPEZ-MALO, Aurelio. Chemical characterization and antifungal activity of *Poliomintha longiflora* Mexican oregano. **Journal of Essential Oil Research**, [s. l.], vol. 28, no. 2, p. 157–165, 3 Mar. 2016. <https://doi.org/10.1080/10412905.2015.1083490>.

CÍSAROVÁ, Miroslava; HLEBA, Lukáš; MEDO, Juraj; TANČINOVÁ, Dana; MAŠKOVÁ, Zuzana; ČUBOŇ, Juraj; KOVÁČIK, Anton; FOLTINOVÁ, Denisa; BOŽIK, Matěj; KLOUČEK, Pavel. The *in vitro* and *in situ* effect of selected essential oils in vapour phase against bread spoilage toxicogenic aspergilli. **Food Control**, [s. l.], vol. 110, p. 107007, 1 Apr. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107007>.

CÍSAROVÁ, Miroslava; TANČINOVÁ, Dana; MEDO, Juraj; KAČÁNIOVÁ, Miroslava. The in vitro effect of selected essential oils on the growth and mycotoxin production of *Aspergillus* species. **Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, [s. l.], vol. 51, no. 10, p. 668–674, 2 Oct. 2016. <https://doi.org/10.1080/03601234.2016.1191887>.

CLEMENTE, Isabel; AZNAR, Margarita; NERÍN, Cristina. Synergistic properties of mustard and cinnamon essential oils for the inactivation of foodborne moulds in vitro and on Spanish

bread. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], vol. 298, p. 44–50, 2 Jun. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.03.012>.

CLEMENTE, Isabel; AZNAR, Margarita; SILVA, Filomena; NERÍN, Cristina. Antimicrobial properties and mode of action of mustard and cinnamon essential oils and their combination against foodborne bacteria. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], vol. 36, p. 26–33, 1 Aug. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.05.013>.

COSSETIN, Luciana F.; SANTI, Eduarda M. T.; GARLET, Quelen I.; MATOS, Antônio F. I. M.; DE SOUZA, Tiago P.; LOEBENS, Luiza; HEINZMANN, Berta M.; MONTEIRO, Sílvia G. Comparing the efficacy of nutmeg essential oil and a chemical pesticide against *Musca domestica* and *Chrysomya albiceps* for selecting a new insecticide agent against synanthropic vectors. **Experimental Parasitology**, [s. l.], vol. 225, p. 108104, 1 Jun. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2021.108104>.

COSTA, Anna Carolina Borges Pereira da; TEODORO, Guilherme Rodrigues; FERREIRA, Tatiane Moraes; SILVA, Fernando de Sá; MARIA, Aguida; KHOURI, Sônia. Atividade antifúngica do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* sobre leveduras isoladas de candidíase bucal de gestantes HIV positivas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, [s. l.], vol. 69, no. 3, p. 403–407, 1 Mar. 2010. <https://doi.org/10.53393/rial.2010.v69.32643>.

COSTA, Emmanoel Vilaça; DUTRA, Livia Macedo; NOGUEIRA, Paulo Cesar de Lima; MORAES, Valéria Regina de Souza; SALVADOR, Marcos José; RIBEIRO, Luis Henrique Gonzaga; GADELHA, Fernanda Ramos. Essential Oil from the Leaves of *Annona vepretorum*: Chemical Composition and Bioactivity. **Natural Product Communications**, [s. l.], vol. 7, no. 2, p. 1934578X1200700240, 1 Feb. 2012. <https://doi.org/10.1177/1934578X1200700240>.

DA SILVA, Thanany Brasil; MENEZES, Leociley Rocha Alencar; SAMPAIO, Marília Fernanda Chaves; MEIRA, Cássio Santana; GUIMARÃES, Elisalva Teixeira; SOARES, Milena Botelho Pereira; DO NASCIMENTO PRATA, Ana Paula; DE LIMA NOGUEIRA, Paulo Cesar; COSTA, Emmanoel Vilaça. Chemical Composition and Anti-Trypanosoma cruzi Activity of Essential Oils Obtained from Leaves of *Xylopia frutescens* and *X. laevigata* (Annonaceae). **Natural Product Communications**, [s. l.], vol. 8, no. 3, p. 1934578X1300800332, 1 Mar. 2013. <https://doi.org/10.1177/1934578X1300800332>.

DAMBOLENA, José S.; ZUNINO, Maria P.; LÓPEZ, Abel G.; RUBINSTEIN, Héctor R.; ZYGADLO, Julio A.; MWANGI, Julius W.; THOITHI, Grace N.; KIBWAGE, Isaac O.; MWALUKUMBI, Josphat M.; KARIUKI, Samuel T. Essential oils composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum gratissimum* L. from Kenya and their inhibitory effects on growth and fumonisin production by *Fusarium verticillioides*. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], vol. 11, no. 2, p. 410–414, 1 Apr. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.08.005>.

DAVARI, M.; EZAZI, R. Chemical composition and antifungal activity of the essential oil of *Zhumeria majdae*, *Heracleum persicum* and *Eucalyptus* sp. against some important phytopathogenic fungi. **Journal de Mycologie Médicale**, [s. l.], vol. 27, no. 4, p. 463–468, 1 Dec. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2017.06.001>.

DE MELO, Nathalya I.; MAGALHAES, Lizandra G.; DE CARVALHO, Carlos E.; WAKABAYASHI, Kamila A. L.; DE P AGUIAR, Gabriela; RAMOS, Rafael C.; MANTOVANI, Andre L. L.; TURATTI, Izabel C. C.; RODRIGUES, Vanderlei; GROPPPO, Milton; CUNHA, Wilson R.; VENEZIANI, Rodrigo C. S.; CROTTI, Antônio E. M. Schistosomicidal activity of the essential oil of *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae) against adult *Schistosoma mansoni* worms. **Molecules (Basel, Switzerland)**, [s. l.], vol. 16, no. 1, p. 762–773, 18 Jan. 2011. <https://doi.org/10.3390/molecules16010762>.

DE MELO, Nathalya I.; MANTOVANI, André L. L.; DE OLIVEIRA, Pollyanna F.; GROppo, Milton; FILHO, Ademar A. Da Silva; RODRIGUES, Vanderlei; CUNHA, Wilson R.; TAVARES, Denise C.; MAGALHÃES, Lizandra G.; CROTTI, Antônio E. M. Antischistosomal and Cytotoxic Effects of the Essential Oil of *Tetradenia riparia* (Lamiaceae). **Natural Product Communications**, [s. l.], vol. 10, no. 9, p. 1627–1630, Sep. 2015. .

DE OLIVEIRA, Rosimeire Nunes; REHDER, Vera Lúcia Garcia; SANTOS OLIVEIRA, Adriana S.; JÚNIOR, Ílio Montanari; DE CARVALHO, João Ernesto; DE RUIZ, Ana Lúcia Tasca Gois; JERALDO, Veronica de Lourdes Sierpe; LINHARES, Arício Xavier; ALLEGRETTI, Silmara Marques. Schistosoma mansoni: in vitro schistosomicidal activity of essential oil of *Baccharis trimera* (less) DC. **Experimental Parasitology**, [s. l.], vol. 132, no. 2, p. 135–143, Oct. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2012.06.005>.

DENKOVA-KOSTOVA, Rositsa; TENEVA, Desislava; TOMOVA, Teodora; GORANOV, Bogdan; DENKOVA, Zapryana; SHOPSKA, Vesela; SLAVCHEV, Aleksandar; HRISTOVA-IVANOVA, Yana. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of essential oils from tangerine (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.), lemon (*Citrus lemon* L.) and cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* Blume). **Zeitschrift Fur Naturforschung. C, Journal of Biosciences**, [s. l.], vol. 76, no. 5–6, p. 175–185, 26 May 2021. <https://doi.org/10.1515/znc-2020-0126>.

DESAM, Nagarjuna Reddy; AL-RAJAB, Abdul Jabbar; SHARMA, Mukul; MYLABATHULA, Mary Moses; GOWKANAPALLI, Ramachandra Reddy; ALBRATTY, Mohammed. Chemical constituents, *in vitro* antibacterial and antifungal activity of *Mentha* × *Piperita* L. (peppermint) essential oils. **Journal of King Saud University - Science**, [s. l.], vol. 31, no. 4, p. 528–533, 1 Oct. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2017.07.013>.

DIAS, Clarice N.; RODRIGUES, Klinger A. F.; CARVALHO, Fernando A. A.; CARNEIRO, Sabrina M. P.; MAIA, Jose G. S.; ANDRADE, Eloisa H. A.; MORAES, Denise F. C. Molluscicidal and Leishmanicidal Activity of the Leaf Essential Oil of *Syzygium cumini* (L.) Skeels from Brazil. **Chemistry & Biodiversity**, [s. l.], vol. 10, no. 6, p. 1133–1141, 2013. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201200292>.

DIAS, Maria Celeste; PINTO, Diana C. G. A.; SILVA, Artur M. S. Plant Flavonoids: Chemical Characteristics and Biological Activity. **Molecules (Basel, Switzerland)**, [s. l.], vol. 26, no. 17, p. 5377, 4 Sep. 2021. <https://doi.org/10.3390/molecules26175377>.

DONADU, Matthew Gavino; PERALTA-RUIZ, Yeimmy; USAI, Donatella; MAGGIO, Francesca; MOLINA-HERNANDEZ, Junior Bernando; RIZZO, Davide; BUSSU, Francesco; RUBINO, Salvatore; ZANETTI, Stefania; PAPARELLA, Antonello; CHAVES-LOPEZ, Clemencia. Colombian Essential Oil of *Ruta graveolens* against Nosocomial Antifungal Resistant *Candida* Strains. **Journal of Fungi**, [s. l.], vol. 7, no. 5, p. 383, May 2021. <https://doi.org/10.3390/jof7050383>.

DUSCHATZKY, Claudia B; POSSETTO, Mirta L; TALARICO, Laura B; GARCÍA, Cybele C; MICHIS, Fabiana; ALMEIDA, Norma V; DE LAMPASONA, Marina P; SCHUFF, Carola; DAMONTE, Elsa B. Evaluation of Chemical and Antiviral Properties of Essential Oils from South American Plants. **Antiviral Chemistry and Chemotherapy**, [s. l.], vol. 16, no. 4, p. 247–251, 1 Aug. 2005. <https://doi.org/10.1177/095632020501600404>.

ECHEVERRÍA, Javier; DUARTE GALHARDO DE ALBUQUERQUE, Ricardo Diego. Nanoemulsions of Essential Oils: New Tool for Control of Vector-Borne Diseases and In Vitro Effects on Some Parasitic Agents. **Medicines**, [s. l.], vol. 6, no. 2, p. 42, 27 Mar. 2019. <https://doi.org/10.3390/medicines6020042>.

EL AMRANI, S.; EL OUALI LALAMI, A.; EZ ZOUBI, Y.; MOUKHAFI, K.; BOUSLAMTI, R.; LAIRINI, S. Evaluation of antibacterial and antioxidant effects of cinnamon and clove essential oils from Madagascar. **Materials Today: Proceedings**, International Conference on Materials and Environmental Science, ICMES2018, Mohammed Premier University, Oujda, Morocco, April 26-28, 2018. [s. l.], vol. 13, p. 762–770, 1 Jan. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.04.038>.

EL HAMDAOUI, A.; MSANDA, F.; BOUBAKER, H.; LEACH, D.; BOMBARDA, I.; VANLOOT, P.; EL AOUD, N.; ABBAD, A.; BOUDYACH, E. H.; ACHEMCHAM, F.; ELMOSLIH, A.; AIT BEN AOUMAR, A.; EL MOUSADIK, A. Essential oil composition, antioxidant and antibacterial activities of wild and cultivated *Lavandula mairei* Humbert. **Biochemical Systematics and Ecology**, [s. l.], vol. 76, p. 1–7, 1 Feb. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2017.11.004>.

EL-SAYED, Amr; KAMEL, Mohamed. Climatic changes and their role in emergence and re-emergence of diseases. **Environmental Science and Pollution Research International**, [s. l.], vol. 27, no. 18, p. 22336–22352, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08896-w>.

ELSEBAL, Mahmoud Fahmi; ALBALAWI, Marzough Aziz. Essential Oils and COVID-19. **Molecules (Basel, Switzerland)**, [s. l.], vol. 27, no. 22, p. 7893, 15 Nov. 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27227893>.

ELZAYYAT, Elham; ELLEBOUDY, Noha; MOUSTAFA, Azza; AMMAR, Asmaa. Insecticidal, Oxidative, and Genotoxic Activities of *Syzygium aromaticum* and *Eucalyptus globulus* on *Culex pipiens* Adults and Larvae. **Turkiye Parazitolojii Dergisi**, [s. l.], vol. 42, no. 3, p. 213–222, Sep. 2018. <https://doi.org/10.5152/tpd.2018.5626>.

FADEL, Balqis A.; ELWAKIL, Bassma H.; FAWZY, Esraa E.; SHAABAN, Marwa M.; OLAMA, Zakia A. Nanoemulsion of *Lavandula angustifolia* Essential Oil/Gold Nanoparticles: Antibacterial Effect against Multidrug-Resistant Wound-Causing Bacteria. **Molecules (Basel, Switzerland)**, [s. l.], vol. 28, no. 19, p. 6988, 9 Oct. 2023. <https://doi.org/10.3390/molecules28196988>.

FAMPA, Patrícia; FLORENCIO, Melissa; SANTANA, Raissa Couto; ROSA, Dayana; SOARES, Deivid Costa; DE MATOS GUEDES, Herbert Leonel; DA SILVA, Anabela Cordeiro; CHAVES, Douglas Siqueira A.; PINTO-DA-SILVA, Lucia H. Anti-Leishmania Effects of Volatile Oils and Their Isolates. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s. l.], vol. 31, no. 5, p. 561–578, 1 Oct. 2021. <https://doi.org/10.1007/s43450-021-00146-5>.

FARZANEH, Mohsen; KIANI, Hossein; SHARIFI, Rohollah; REISI, Mojtaba; HADIAN, Javad. Chemical composition and antifungal effects of three species of *Satureja* (*S. hortensis*, *S. spicigera*, and *S. khuzistanica*) essential oils on the main pathogens of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, [s. l.], vol. 109, p. 145–151, 1 Nov. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.014>.

FERDES, M.; AL JUHAIMI, F.; ÖZCAN, M. M.; GHAFOR, K. Inhibitory effect of some plant essential oils on growth of *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Mucor pusillus* and *Fusarium oxysporum*. **South African Journal of Botany**, [s. l.], vol. 113, p. 457–460, 1 Nov. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.09.020>.

FONGANG FOTSING, Yannick Stephane; KEZETAS BANKEU, Jean Jules; BATIHA, Gaber; ALI, Iftikhar; LENTA, Bruno. Extraction of Bioactive Compounds from Medicinal Plants and Herbs. [S. l.: s. n.], 2021. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98602>.

FREIRE, Marcelo Moreira; JHAM, Gulab Newandram; DHINGRA, Onkar Dev; JARDIM, Carolina Marangon; BARCELOS, Rosimeire Coura; VALENTE, Vânia Maria Moreira.

Composition, Antifungal Activity and Main Fungitoxic Components of the Essential Oil of *Mentha Piperita* L. **Journal of Food Safety**, [s. l.], vol. 32, no. 1, p. 29–36, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2011.00341.x>.

GAKUUBI, Martin Muthee; MAINA, Angeline W.; WAGACHA, John M. Antifungal Activity of Essential Oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. against Selected *Fusarium* spp. **International Journal of Microbiology**, [s. l.], vol. 2017, no. 1, p. 8761610, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8761610>.

GC/GC-MS ANALYSIS, ISOLATION AND IDENTIFICATION OF BIOACTIVE ESSENTIAL OIL COMPONENTS FROM THE BHUTANESE MEDICINAL PLANT, *PLEUROSPERMUM AMABILE* - PHURPA WANGCHUK, PAUL A. KELLER, STEPHEN G. PYNE, MALAI TAWEECHOTIPATR, SUMALEE KAMCHONWONGPAISAN, 2013. [s. d.]. Available at: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1934578X1300800930>. Accessed on: 17 Mar. 2025.

GIONGO, Janice L.; VAUCHER, Rodrigo A.; DA SILVA, Aleksandro S.; OLIVEIRA, Camila B.; DE MATTOS, Cristiane B.; BALDISSERA, Matheus D.; SAGRILLO, Michele R.; MONTEIRO, Silvia G.; CUSTÓDIO, Dayana L.; SOUZA DE MATOS, Marcielly; SAMPAIO, Paulo T.; TEIXEIRA, Helder F.; KOESTER, Letícia S.; DA VEIGA JUNIOR, Valdir F. Trypanocidal activity of the compounds present in *Aniba canelilla* oil against *Trypanosoma evansi* and its effects on viability of lymphocytes. **Microbial Pathogenesis**, [s. l.], vol. 103, p. 13–18, 1 Feb. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2016.12.006>.

GIOPPO, Alessandra; ZANCANARO, Vilma; BELLAVER, Emyr Hiago. Atividade antibacteriana do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* frente a isolados multirresistentes produtores de ESBL e KPC causadores de infecções hospitalares. **Biotemas**, [s. l.], vol. 32, no. 3, p. 35–42, 20 Aug. 2019. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n3p35>.

GISHEN, Nigus Zegeye; TADDESE, Solomon; ZENEBE, Tizazu; DIRES, Kassahun; TEDLA, Abebe; MENGISTE, Berhan; SHENKUTE, Demissew; TESEMA, Alemnesh; SHIFERAW, Yoseph; LULEKAL, Ermias. In vitro antimicrobial activity of six Ethiopian medicinal plants against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans*. **European Journal of Integrative Medicine**, [s. l.], vol. 36, p. 101121, 1 Jun. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2020.101121>.

GOLKAR, Pooran; MOSAVAT, Nima; JALALI, Seyed Amir Hossein. Essential oils, chemical constituents, antioxidant, antibacterial and *in vitro* cytotoxic activity of different *Thymus* species and *Zataria multiflora* collected from Iran. **South African Journal of Botany**, [s. l.], vol. 130, p. 250–258, 1 May 2020. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.12.005>.

GOMES VIDAL SAMPAIO, Mariana; Bezerra Dos Santos ,Cícero Ramon; Cortez Sombra Vandesmet ,Lilian; Souza Dos Santos ,Bruno; Bianca Da Silva Santos ,Izabelly; Correia ,Maria Tereza dos Santos; Lima de Berrêdo Martins ,Arthur; Nascimento da Silva ,Luis Claudio; De Alencar Menezes ,Irwin Rose; Veja Gomez ,Maria Celeste; AND DA SILVA, Márcia Vanusa. Chemical composition, antioxidant and antiprotozoal activity of *Eugenia gracillima* Kiaersk. leaves essential oil. **Natural Product Research**, [s. l.], vol. 35, no. 11, p. 1914–1918, 3 Jun. 2021. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1644506>.

GONÇALVES, M. J.; CRUZ, M. T.; CAVALEIRO, C.; LOPES, M. C.; SALGUEIRO, L. Chemical, antifungal and cytotoxic evaluation of the essential oil of *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], vol. 32, no. 1, p. 70–75, 1 Jul. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.03.005>.

GUTIÉRREZ, Yamilet; MONTES, Rodny; SCULL, Ramón; SÁNCHEZ, Arturo; COS, Paul; MONZOTE, Lianet; SETZER, William N. Chemodiversity Associated with Cytotoxicity and Antimicrobial Activity of *Piper aduncum* var. *ossanum*. **Chemistry & Biodiversity**, [s. l.], vol. 13, no. 12, p. 1715–1719, 2016. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201600133>.

HARO-GONZÁLEZ, José Nabor; CASTILLO-HERRERA, Gustavo Adolfo; MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ, Moisés; ESPINOSA-ANDREWS, Hugo. Clove Essential Oil (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): Extraction, Chemical Composition, Food Applications, and Essential Bioactivity for Human Health. **Molecules (Basel, Switzerland)**, [s. l.], vol. 26, no. 21, p. 6387, 22 Oct. 2021. <https://doi.org/10.3390/molecules26216387>.

HISCHIER, Roland; WALSER, Tobias. Life cycle assessment of engineered nanomaterials: state of the art and strategies to overcome existing gaps. **The Science of the Total Environment**, [s. l.], vol. 425, p. 271–282, 15 May 2012. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.001>.

HOUICHER, Abderrahmane; HAMDÍ, Mahfoud; HECHACHNA, Hind; ÖZOGUL, Fatih. Chemical composition and antifungal activity of *Anacyclus valentinus* essential oil from Algeria. **Food Bioscience**, [s. l.], vol. 25, p. 28–31, 1 Oct. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.07.005>.

HUANG, Y.; TAN, J. M. W. L.; KINI, R. M.; HO, S. H. Toxic and antifeedant action of nutmeg oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. **Journal of Stored Products Research**, [s. l.], vol. 33, no. 4, p. 289–298, 1 Oct. 1997. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(97\)00009-X](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(97)00009-X).

HUONG, L. T.; THINH, B. B.; HUNG, N. H.; PHU, H. V.; HIEU, N. C.; DAI, D. N. Chemical composition, antimicrobial and larvicidal activities of essential oils of two *Syzygium* species from Vietnam. **Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira De Biologia**, [s. l.], vol. 84, p. e270967, 2023. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.270967>.

IMANE, Nait Irahali; FOUZIA, Hmimid; AZZAHRA, Lahlou Fatima; AHMED, Errami; ISMAIL, Guenaou; IDRISSE, Diawara; MOHAMED, Kettani-Halabi; SIRINE, Fahde; L'HOUCINE, Ouafik; NOUREDDINE, Bourhim. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of some essential oils against multidrug resistant bacteria. **European Journal of Integrative Medicine**, [s. l.], vol. 35, p. 101074, 1 Apr. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2020.101074>.

ISLAM, Muhammad Torequl; MARTORELL, Miquel; SALEHI, Bahare; SETZER, William N.; SHARIFI-RAD, Javad. Anti-Schistosoma mansoni effects of essential oils and their components. **Phytotherapy research: PTR**, [s. l.], vol. 34, no. 8, p. 1761–1769, Aug. 2020. <https://doi.org/10.1002/ptr.6643>.

JAHANI, Mahdi; PIRA, Masoumeh; AMINIFARD, Mohammad Hossein. Antifungal effects of essential oils against *Aspergillus niger* *in vitro* and *in vivo* on pomegranate (*Punica granatum*) fruits. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], vol. 264, p. 109188, 5 Apr. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109188>.

JEONG, Eun-Jeong; LEE, Nam Keun; OH, Jisun; JANG, Seong Eun; LEE, Jai-Sung; BAE, In-Hyu; OH, Hyun Hee; JUNG, Hoo Kil; JEONG, Yong-Seob. Inhibitory effect of cinnamon essential oils on selected cheese-contaminating fungi (*Penicillium* spp.) during the cheese-ripening process. **Food Science and Biotechnology**, [s. l.], vol. 23, no. 4, p. 1193–1198, 1 Aug. 2014. <https://doi.org/10.1007/s10068-014-0163-8>.

KANT, Ravi; KUMAR, Anil. Review on essential oil extraction from aromatic and medicinal plants: Techniques, performance and economic analysis. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, [s. l.], vol. 30, p. 100829, 1 Dec. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100829>.

KATZ, N.; DOS SANTOS FILHO, D.; SARTI, S. J.; MENDES, N. M.; ROCHA FILHO, P. A.; ARAUJO, N. [Chemoprophylactic activity on Schistosomiasis mansoni of soaps containing essential oil from the fruits of *Pterodon pubescens*]. **Revista Do Instituto De Medicina Tropical De Sao Paulo**, [s. l.], vol. 35, no. 2, p. 183–191, 1993. .

KEDIA, Akash; PRAKASH, Bhanu; MISHRA, Prashant K.; DUBEY, N. K. Antifungal and antiaflatoxic properties of *Cuminum cyminum* (L.) seed essential oil and its efficacy as a preservative in stored commodities. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], vol. 168–169, p. 1–7, 3 Jan. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.10.008>.

KEREKES, E.-B.; DEÁK, É; TAKÓ, M.; TSERENNADMID, R.; PETKOVITS, T.; VÁGVÖLGYI, C.; KRISCH, J. Anti-biofilm forming and anti-quorum sensing activity of selected essential oils and their main components on food-related micro-organisms. **Journal of Applied Microbiology**, [s. l.], vol. 115, no. 4, p. 933–942, Oct. 2013. <https://doi.org/10.1111/jam.12289>.

KHAMESIPOUR, Faham; POURMOHAMMAD, Amirhossein; JAFARIAN-DEHKORDI, Mohsen. Anti-Toxoplasma Effects of *Dracocephalum Polychaetum* Essential Oil. **Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases**, [s. l.], vol. 2022, no. 1, p. 6091834, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6091834>.

KHOSRAVI, A. R.; MINOOEIANHAGHIGHI, M. H.; SHOKRI, H.; EMAMI, S. A.; ALAVI, S. M.; ASILI, J. The potential inhibitory effect of *cuminum cyminum*, *ziziphora clinopodioides* and *nigella sativa* essential oils on the growth of *Aspergillus fumigatus* and *Aspergillus flavus*. **Brazilian Journal of Microbiology**, [s. l.], vol. 42, p. 216–224, Mar. 2011. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000100027>.

KOCIĆ-TANACKOV, Sunčica; DIMIĆ, Gordana; ĐERIĆ, Nataša; MOJOVIĆ, Ljiljana; TOMOVIĆ, Vladimir; ŠOJIĆ, Branislav; ĐUKIĆ-VUKOVIĆ, Aleksandra; PEJIN, Jelena. Growth control of molds isolated from smoked fermented sausages using basil and caraway essential oils, *in vitro* and *in vivo*. **LWT**, [s. l.], vol. 123, p. 109095, 1 Apr. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109095>.

KOHIYAMA, Cássia Yumie; YAMAMOTO RIBEIRO, Milene Mayumi; MOSSINI, Simone Aparecida Galerani; BANDO, Erika; BOMFIM, Natália da Silva; NERILO, Samuel Botião; ROCHA, Gustavo Henrique Oliveira; GRESPAN, Renata; MIKCHA, Jane Martha Graton; MACHINSKI, Miguel. Antifungal properties and inhibitory effects upon aflatoxin production of *Thymus vulgaris* L. by *Aspergillus flavus* Link. **Food Chemistry**, [s. l.], vol. 173, p. 1006–1010, 15 Apr. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.135>.

KOSTIĆ, Igor; PETROVIĆ, Olivera; MILANOVIĆ, Slobodan; POPOVIĆ, Zorica; STANKOVIĆ, Sladjan; TODORVIĆ, Goran; KOSTIĆ, Miroslav. Biological activity of essential oils of *Athamanta haynaldii* and *Myristica fragrans* to gypsy moth larvae. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], vol. 41, p. 17–20, 1 Jan. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.03.039>.

KPOVIESSI, Salomé; BERO, Joanne; AGBANI, Pierre; GBAGUIDI, Fernand; KPADONOU-KPOVIESSI, Bénédicte; SINSIN, Brice; ACCROMBESSI, Georges; FRÉDÉRICH, Michel; MOUDACHIROU, Mansourou; QUETIN-LECLERCQ, Joëlle. Chemical composition, cytotoxicity and *in vitro* antitrypanosomal and antiplasmodial activity of the essential oils of four *Cymbopogon* species from Benin. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], vol. 151, no. 1, p. 652–659, 10 Jan. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.027>.

KSOUDA, Ghada; SELLIMI, Sabrine; MERLIER, Franck; FALCIMAIGNE-CORDIN, Aude; THOMASSET, Brigitte; NASRI, Moncef; HAJJI, Mohamed. Composition, antibacterial and antioxidant activities of *Pimpinella saxifraga* essential oil and application to cheese preservation as coating additive. **Food Chemistry**, [s. l.], vol. 288, p. 47–56, 1 Aug. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.103>.

LAPPA, Iliada K.; SIMINI, Eleni; NYCHAS, George-John E.; PANAGOU, Efstathios Z. *In vitro* evaluation of essential oils against *Aspergillus carbonarius* isolates and their effects on Ochratoxin A related gene expression in synthetic grape medium. **Food Control**, Special issues from the '29th EFFoST International Conference.' [s. l.], vol. 73, p. 71–80, 1 Mar. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.08.016>.

LI, Yonghua; SHAO, Xingfeng; XU, Jiayu; WEI, Yingying; XU, Feng; WANG, Hongfei. Effects and possible mechanism of tea tree oil against *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* in vitro and in vivo test. **Canadian Journal of Microbiology**, [s. l.], vol. 63, no. 3, p. 219–227, Mar. 2017. <https://doi.org/10.1139/cjm-2016-0553>.

LÓPEZ-MENESES, Ana Karenth; PLASCENCIA-JATOMEA, Maribel; LIZARDI-MENDOZA, Jaime; ROSAS-BURGOS, Ema Carina; LUQUE-ALCARAZ, Ana Guadalupe; CORTEZ-ROCHA, Mario Onofre. Antifungal and antimycotoxigenic activity of essential oils from *Eucalyptus globulus*, *Thymus capitatus* and *Schinus molle*. **Food Science and Technology**, [s. l.], vol. 35, p. 664–671, Dec. 2015. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6732>.

MA, Li; YAO, Lei. Antiviral Effects of Plant-Derived Essential Oils and Their Components: An Updated Review. **Molecules**, [s. l.], vol. 25, no. 11, p. 2627, Jan. 2020. <https://doi.org/10.3390/molecules25112627>.

MARTINS, Moara H. G.; FRACAROLLI, Leticia; VIEIRA, Tatiana M.; DIAS, Herbert J.; CRUZ, Michele G.; DEUS, Cassia C. H.; NICOLELLA, Heloiza D.; STEFANI, Ricardo; RODRIGUES, Vanderlei; TAVARES, Denise C.; MAGALHAES, Lizandra G.; CROTTI, Antonio E. M. Schistosomicidal Effects of the Essential Oils of *Citrus limonia* and *Citrus reticulata* Against *Schistosoma mansoni*. **CHEMISTRY & BIODIVERSITY**, Weinheim, vol. 14, no. 1, p. e1600194, Jan. 2017. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201600194>.

MATOS-ROCHA, Thiago José; DOS SANTOS CAVALCANTI, Marília Gabriela; BARBOSA-FILHO, José Maria; LÚCIO, Ana Silvia Suassuna Carneiro; VERAS, Dyana Leal; FEITOSA, Ana Paula Sampaio; DE SIQUEIRA JÚNIOR, José Pinto; DE ALMEIDA, Reinaldo Nóbrega; MARQUES, Márcia Ortiz Mayo; ALVES, Luiz Carlos; BRAYNER, Fábio André. In vitro evaluation of schistosomicidal activity of essential oil of *Mentha x villosa* and some of its chemical constituents in adult worms of *Schistosoma mansoni*. **Planta Medica**, [s. l.], vol. 79, no. 14, p. 1307–1312, Sep. 2013. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1350732>.

MATULYTE, Inga; JEKABSONE, Aiste; JANKAUSKAITE, Lina; ZAVISTANAVICIUTE, Paulina; SAKIENE, Vytaute; BARTKIENE, Elena; RUZAUSKAS, Modestas; KOPUSTINSKIENE, Dalia M.; SANTINI, Antonello; BERNATONIENE, Jurga. The Essential Oil and Hydrolats from *Myristica fragrans* Seeds with Magnesium Aluminometasilicate as Excipient: Antioxidant, Antibacterial, and Anti-inflammatory Activity. **Foods (Basel, Switzerland)**, [s. l.], vol. 9, no. 1, p. 37, 2 Jan. 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9010037>.

MENDES, N. M.; ARAÚJO, N.; DE SOUZA, C. P.; PEREIRA, J. P.; KATZ, N. [Molluscicide and cercariacide activity of different species of *Eucalyptus*]. **Revista Da Sociedade Brasileira De Medicina Tropical**, [s. l.], vol. 23, no. 4, p. 197–199, 1990. <https://doi.org/10.1590/s0037-86821990000400002>.

MENDIOLA MARTÍNEZ, Judith; PINO, Jorge; FERNÁNDEZ-CALIENES, A; MENDOZA, D; HERRERA, P. Chemical composition and in vitro antiplasmodial activity of essential oil of leaves and flowers of *alpinia zerumbet* grown in Cuba. **Pharmacologyonline**, [s. l.], vol. 2, p. 1–5, 30 Aug. 2015. .

MESSAOUDI MOUSSII, Imane; NAYME, Kaotar; TIMINOUNI, Mohammed; JAMALEDDINE, Jamal; FILALI, Houda; HAKKOU, Farid. Synergistic antibacterial effects of Moroccan *Artemisia herba alba*, *Lavandula angustifolia* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. **Synergy**, [s. l.], vol. 10, p. 100057, 1 Jun. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.synres.2019.100057>.

MISHRA, Kanchan; BASAVEGOWDA, Nagaraj; LEE, Yong Rok. Biosynthesis of Fe, Pd, and Fe–Pd bimetallic nanoparticles and their application as recyclable catalysts for [3 + 2] cycloaddition reaction: a comparative approach. **Catalysis Science & Technology**, [s. l.], vol. 5, no. 5, p. 2612–2621, 28 Apr. 2015. <https://doi.org/10.1039/C5CY00099H>.

MOGHADAM, Zohreh Abdi; HOSSEINI, Hedayat; HADIAN, Zahra; ASGARI, Bitia; MIRMOGHHTADAIE, Leila; MOHAMMADI, Abdorreza; SHAMLOO, Ehsan; JAVADI, Nasrin Haji Seyed. Evaluation of the Antifungal Activity of Cinnamon, Clove, Thymes, Zataria Multiflora, Cumin and Caraway Essential Oils against Ochratoxigenic *Aspergillus ochraceus*. **Journal of Pharmaceutical Research International**, [s. l.], , p. 1–16, 15 Mar. 2019. <https://doi.org/10.9734/jpri/2019/v26i130126>.

MOHAMMADI, A.; NAZARI, H.; IMANI, S.; AMROLLAHI, H. Antifungal activities and chemical composition of some medicinal plants. **Journal de Mycologie Médicale**, [s. l.], vol. 24, no. 2, p. e1–e8, 1 Jun. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2014.02.006>.

MOHAMMADIFAR, Mehrnoosh; Norabadi ,Maryam Tavakol; Hasanzadeh ,Mostafa; Dashtipoor ,Samane; Etebarian ,Hassan Reza; AND SAHEBANI, Navazollah. Study of antifungal activities of seven essential oils from some Iranian medicinal plants against various postharvest phytopathogenic fungi. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, [s. l.], vol. 45, no. 17, p. 2046–2056, 1 Oct. 2012. <https://doi.org/10.1080/03235408.2012.720771>.

MOHAMMED, Afrah E.; ALDAHASI, Reham M.; RAHMAN, Ishrat; SHAMI, Ashwag; ALOTAIBI, Modhi; BINSHABAIB, Munerah S.; ALHARTHI, Shatha S.; AABED, Kawther. The antimicrobial activity of tea tree oil (*Melaleuca alternifolia*) and its metal nanoparticles in oral bacteria. **PeerJ**, [s. l.], vol. 12, p. e17241, 6 Jun. 2024. <https://doi.org/10.7717/peerj.17241>.

MONZOTE, Lianet; GARCÍA, Marley; MONTALVO, Ana Margarita; SCULL, Ramón; MIRANDA, Migdalia. Chemistry, cytotoxicity and antileishmanial activity of the essential oil from *Piper auritum*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, [s. l.], vol. 105, p. 168–173, Mar. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762010000200010>.

MONZOTE, Lianet; GARCÍA, Marley; SCULL, Ramón; CUELLAR, Armando; SETZER, William N. Antileishmanial Activity of the Essential Oil from *Bixa orellana*. **Phytotherapy Research**, [s. l.], vol. 28, no. 5, p. 753–758, 2014. <https://doi.org/10.1002/ptr.5055>.

MONZOTE, Lianet; HILL, Gabrielle M.; CUELLAR, Armando; SCULL, Ramón; SETZER, William N. Chemical Composition and Anti-Proliferative Properties of *Bursera graveolens* Essential Oil. **Natural Product Communications**, [s. l.], vol. 7, no. 11, p. 1934578X1200701130, 1 Nov. 2012. <https://doi.org/10.1177/1934578X1200701130>.

MONZOTE, Lianet; SCULL, Ramón; COS, Paul; SETZER, William N. Essential Oil from *Piper aduncum*: Chemical Analysis, Antimicrobial Assessment, and Literature Review. **Medicines**, [s. l.], vol. 4, no. 3, p. 49, Sep. 2017. <https://doi.org/10.3390/medicines4030049>.

MOOSAVY, Mir-Hassan; DE LA GUARDIA, Miguel; MOKHTARZADEH, Ahad; KHATIBI, Seyed Amin; HOSSEINZADEH, Neda; HAJIPOUR, Nasser. Green synthesis, characterization, and biological evaluation of gold and silver nanoparticles using *Mentha spicata* essential oil. **Scientific Reports**, [s. l.], vol. 13, no. 1, p. 7230, 4 May 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33632-y>.

MORAIS, Mayara Castro de; SOUZA, Jucieudo Virgulino de; DA SILVA MAIA BEZERRA FILHO, Carlos; DOLABELLA, Silvio Santana; SOUSA, Damião Pergentino de. Trypanocidal Essential Oils: A Review. **Molecules**, [s. l.], vol. 25, no. 19, p. 4568, Jan. 2020. <https://doi.org/10.3390/molecules25194568>.

MOREIRA, Raquel Regina Duarte; Martins, Gilmarcio Zimmermann; Varandas, Raquel; Cogo, Juliana; Perego, Caio Humberto; Roncoli, Giovana; Sousa, Maria do Céu; Nakamura, Celso Vataru; Salgueiro, Lígia; AND CAVALEIRO, Carlos. Composition and leishmanicidal activity of the essential oil of *Vernonia polyanthes* Less (Asteraceae). **Natural Product Research**, [s. l.], vol. 31, no. 24, p. 2905–2908, 17 Dec. 2017. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1299723>.

MOREIRA, Raquel Regina Duarte; SANTOS, André Gonzaga Dos; CARVALHO, Flavio Alexandre; PEREGO, Caio Humberto; CREVELIN, Eduardo José; CROTTI, Antônio Eduardo Miller; COGO, Juliana; CARDOSO, Mara Lane Carvalho; NAKAMURA, Celso Vataru. Antileishmanial activity of *Melampodium divaricatum* and *Casearia sylvestris* essential oils on *Leishmania amazonensis*. **Revista Do Instituto De Medicina Tropical De Sao Paulo**, [s. l.], vol. 61, p. e33, 1 Jul. 2019. <https://doi.org/10.1590/S1678-9946201961033>.

MOURA DO CARMO, Dominique F.; AMARAL, Ana Cláudia Fernandes; MACHADO, Gêrzia M. C.; LEON, Leonor Laura; SILVA, Jefferson Rocha de Andrade. Chemical and Biological Analyses of the Essential Oils and Main Constituents of Piper Species. **Molecules**, [s. l.], vol. 17, no. 2, p. 1819–1829, Feb. 2012. <https://doi.org/10.3390/molecules17021819>.

MUTLU-INGOK, Aysegul; DEVECIOGLU, Dilara; DIKMETAS, Dilara Nur; KARBANCIOGLU-GULER, Funda; CAPANOGLU, Esra. Antibacterial, Antifungal, Antimycotoxigenic, and Antioxidant Activities of Essential Oils: An Updated Review. **Molecules (Basel, Switzerland)**, [s. l.], vol. 25, no. 20, p. 4711, 14 Oct. 2020. <https://doi.org/10.3390/molecules25204711>.

MUTLU-INGOK, Aysegul; KARBANCIOGLU-GULER, Funda. Cardamom, Cumin, and Dill Weed Essential Oils: Chemical Compositions, Antimicrobial Activities, and Mechanisms of Action against *Campylobacter* spp. **Molecules**, [s. l.], vol. 22, no. 7, p. 1191, Jul. 2017. <https://doi.org/10.3390/molecules22071191>.

MUTLU-INGOK, Aysegul; TASIR, Seda; SEVEN, Ayse; AKGUN, Necibe; KARBANCIOGLU-GULER, Funda. Evaluation of the single and combined antibacterial efficiency of essential oils for controlling *Campylobacter coli*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and mixed cultures. **Flavour and Fragrance Journal**, [s. l.], vol. 34, no. 4, p. 280–287, 2019. <https://doi.org/10.1002/ffj.3501>.

NAPLES, J. M.; SHIFF, C. J.; ROSLER, K. H. *Schistosoma mansoni*: cercaricidal effects of cedarwood oil and various of its components. **The Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, [s. l.], vol. 95, no. 6, p. 390–396, Dec. 1992. .

NAZZARO, Filomena; FRATIANNI, Florinda; COPPOLA, Raffaele; FEO, Vincenzo De. Essential Oils and Antifungal Activity. **Pharmaceuticals**, [s. l.], vol. 10, no. 4, p. 86, Dec. 2017. <https://doi.org/10.3390/ph10040086>.

NIKKHAH, Mehdi; HASHEMI, Maryam; HABIBI NAJAFI, Mohammad B.; FARHOOSH, Reza. Synergistic effects of some essential oils against fungal spoilage on pear fruit. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], vol. 257, p. 285–294, 18 Sep. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.021>.

NINKUU, Vincent; ZHANG, Lin; YAN, Jianpei; FU, Zhenchao; YANG, Tengfeng; ZENG, Hongmei. Biochemistry of Terpenes and Recent Advances in Plant Protection. **International Journal of Molecular Sciences**, [s. l.], vol. 22, no. 11, p. 5710, 27 May 2021. <https://doi.org/10.3390/ijms22115710>.

NIRMAL, Nilesh Prakash; MEREDDY, Ram; LI, Li; SULTANBAWA, Yasmina. Formulation, characterisation and antibacterial activity of lemon myrtle and anise myrtle essential oil in water nanoemulsion. **Food Chemistry**, [s. l.], vol. 254, p. 1–7, 15 Jul. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.173>.

OLIVEIRA DE SOUZA, Larissa Isabela; BEZZERA-SILVA, Patrícia Cristina; DO AMARAL FERRAZ NAVARRO, Daniela Maria; DA SILVA, Alexandre Gomes; DOS SANTOS CORREIA, Maria Tereza; DA SILVA, Márcia Vanusa; DE FIGUEIREDO, Regina Celia Bressan Queiroz. The chemical composition and trypanocidal activity of volatile oils from Brazilian Caatinga plants. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, [s. l.], vol. 96, p. 1055–1064, 1 Dec. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.11.121>.

PARREIRA, Natália A.; MAGALHÃES, Lizandra G.; MORAIS, Denis R.; CAIXETA, Soraya C.; DE SOUSA, João P. B.; BASTOS, Jairo K.; CUNHA, Wilson R.; SILVA, Márcio L. A.; NANAYAKKARA, N. P. D.; RODRIGUES, Vanderlei; DA SILVA FILHO, Ademar A. Antiprotozoal, schistosomicidal, and antimicrobial activities of the essential oil from the leaves of *Baccharis dracunculifolia*. **Chemistry & Biodiversity**, [s. l.], vol. 7, no. 4, p. 993–1001, Apr. 2010. <https://doi.org/10.1002/cbdv.200900292>.

PEREIRA, Pedro S.; MAIA, Ana J.; DUARTE, Antônia E.; OLIVEIRA-TINTINO, Cícera Datiane M.; TINTINO, Saulo R.; BARROS, Luiz M.; VEGA-GOMEZ, Maria C.; ROLÓN, Miriam; CORONEL, Cathia; COUTINHO, Henrique D. M.; DA SILVA, Teresinha G. Cytotoxic and anti-kinetoplastid potential of the essential oil of *Alpinia speciosa* K. Schum. **Food and Chemical Toxicology**, 3rd International Symposium on Phytochemicals in Medicine and Food (3-ISPMF). [s. l.], vol. 119, p. 387–391, 1 Sep. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.01.024>.

PESAVENTO, G.; CALONICO, C.; BILIA, A. R.; BARNABEI, M.; CALESINI, F.; ADDONA, R.; MENCARELLI, L.; CARMAGNINI, L.; DI MARTINO, M. C.; LO NOSTRO, A. Antibacterial activity of Oregano, Rosmarinus and Thymus essential oils against *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* in beef meatballs. **Food Control**, [s. l.], vol. 54, p. 188–199, 1 Aug. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.01.045>.

PINTO, Ana Flávia Magalhães; FREITAS, Felipe da Silva. Luiza Bairros – uma “bem lembrada” entre nós, 1953-2016. **Afro-Ásia**, [s. l.], no. 55, 10 Mar. 2017. DOI 10.9771/aa.v0i55.24316. Available at: <https://periodicos.ufba.br/index.php/afroasia/article/view/24316>. Accessed on: 12 Mar. 2023.

PINTO, Eugénia; GONÇALVES, Maria José; HRIMPENG, Karnjana; PINTO, Jéssica; VAZ, Sara; VALE-SILVA, Luís André; CAVALEIRO, Carlos; SALGUEIRO, Lúcia. Antifungal activity of the essential oil of *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus* against *Candida*, *Cryptococcus*, *Aspergillus* and dermatophyte species. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], vol. 51, p. 93–99, 1 Nov. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.08.033>.

PITAROKILI, Danae; Tzakou, Olga; AND LOUKIS, Anargyros. Composition of the Essential Oil of Spontaneous *Rosmarinus officinalis* from Greece and Antifungal Activity Against

Phytopathogenic Fungi. **Journal of Essential Oil Research**, [s. l.], vol. 20, no. 5, p. 457–459, 1 Sep. 2008. <https://doi.org/10.1080/10412905.2008.9700058>.

PIZZOLITTO, Romina P.; JACQUAT, Andrés G.; USSEGLIO, Virginia L.; ACHIMÓN, Fernanda; CUELLO, Alejandro E.; ZYGADLO, Julio A.; DAMBOLENA, José S. Quantitative-structure-activity relationship study to predict the antifungal activity of essential oils against *Fusarium verticillioides*. **Food Control**, [s. l.], vol. 108, p. 106836, 1 Feb. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106836>.

PORMOHAMMAD, Elham; GHAMARI KARGAR, Pouya; BAGHERZADE, Ghodsieh; BEYZAEI, Hamid. Loading of green-synthesized Cu nanoparticles on Ag complex containing 1,3,5-triazine Schiff base with enhanced antimicrobial activities. **Scientific Reports**, [s. l.], vol. 13, no. 1, p. 20421, 21 Nov. 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47358-4>.

POURGHANBARI, Gholamhosein; NILI, Hasan; MOATTARI, Afagh; MOHAMMADI, Ali; IRAJI, Aida. Antiviral activity of the oseltamivir and *Melissa officinalis* L. essential oil against avian influenza A virus (H9N2). **Virus Disease**, [s. l.], vol. 27, no. 2, p. 170–178, 1 Jun. 2016. <https://doi.org/10.1007/s13337-016-0321-0>.

PRAKASH, Bhanu; SHUKLA, Ravindra; SINGH, Priyanka; MISHRA, Prashant Kumar; DUBEY, Nawal Kishore; KHARWAR, Ravindra Nath. Efficacy of chemically characterized *Ocimum gratissimum* L. essential oil as an antioxidant and a safe plant based antimicrobial against fungal and aflatoxin B1 contamination of spices. **Food Research International**, [s. l.], vol. 44, no. 1, p. 385–390, 1 Jan. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.002>.

PURKAIT, S.; BHATTACHARYA, A.; BAG, A.; CHATTOPADHYAY, R. R. Synergistic antibacterial, antifungal and antioxidant efficacy of cinnamon and clove essential oils in combination. **Archives of Microbiology**, [s. l.], vol. 202, no. 6, p. 1439–1448, Aug. 2020. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-01858-3>.

QI, Jianyan; GONG, Min; ZHANG, Rui; SONG, Yumeng; LIU, Qian; ZHOU, Hongyan; WANG, Jue; MEI, Yufeng. Evaluation of the antibacterial effect of tea tree oil on *Enterococcus faecalis* and biofilm in vitro. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], vol. 281, p. 114566, 5 Dec. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114566>.

RADÜNZ, Marjana; DA TRINDADE, Maria Luiza Martins; CAMARGO, Taiane Mota; RADÜNZ, André Luiz; BORGES, Caroline Dellenghausen; GANDRA, Eliezer Avila; HELBIG, Elizabete. Antimicrobial and antioxidant activity of unencapsulated and encapsulated clove (*Syzygium aromaticum*, L.) essential oil. **Food Chemistry**, [s. l.], vol. 276, p. 180–186, 15 Mar. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.173>.

REGALADO, Erik L.; Fernández, Miguel D.; Pino, Jorge A.; Mendiola, Judith; AND ECHEMENDIA, Olga A. Chemical Composition and Biological Properties of the Leaf Essential Oil of *Tagetes lucida* Cav. from Cuba. **Journal of Essential Oil Research**, [s. l.], vol. 23, no. 5, p. 63–67, 1 Sep. 2011. <https://doi.org/10.1080/10412905.2011.9700485>.

REYES-JURADO, Fatima; CERVANTES-RINCÓN, Tomas; BACH, Horacio; LÓPEZ-MALO, Aurelio; PALOU, Enrique. Antimicrobial activity of Mexican oregano (*Lippia berlandieri*), thyme (*Thymus vulgaris*), and mustard (*Brassica nigra*) essential oils in gaseous phase. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], vol. 131, p. 90–95, 1 May 2019. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.036>.

RIZK, M.; IBRAHIM, N.; EL-RIGAL, N. Comparative in vivo antioxidant levels in *Schistosoma mansoni* infected mice treated with praziquantel or the essential oil of *Melaleuca armillaris*

leaves. **Pakistan journal of biological sciences: PJBS**, [s. l.], vol. 15, no. 20, p. 971–978, 15 Oct. 2012. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2012.971.978>.

RODRÍGUEZ, Elisa Jorge; SAUCEDO-HERNÁNDEZ, Yanelis; HEYDEN, Yvan Vander; SIMÓ-ALFONSO, Ernesto F.; RAMIS-RAMOS, Guillermo; LERMA-GARCÍA, María Jesús; MONTEAGUDO, Urbano; BRAVO, Luis; MEDINILLA, Mildred; DE ARMAS, Yuriam; HERRERO-MARTÍNEZ, José Manuel. Chemical Analysis and Antioxidant Activity of the Essential Oils of Three Piperaceae Species Growing in the Central Region of Cuba. **Natural Product Communications**, [s. l.], vol. 8, no. 9, p. 1934578X1300800935, 1 Sep. 2013. <https://doi.org/10.1177/1934578X1300800935>.

ROMAGNOLI, Carlo; Andreotti, Elisa; Maietti, Silvia; Mahendra, Rai; AND MARES, Donatella. Antifungal activity of essential oil from fruits of Indian *Cuminum cyminum*. **Pharmaceutical Biology**, [s. l.], vol. 48, no. 7, p. 834–838, 1 Jul. 2010. <https://doi.org/10.3109/13880200903283715>.

SABA, Iram; BATOO, Khalid M.; WANI, Kaiser; VERMA, Ritesh; HAMEED, Saif. Exploration of Metal-Doped Iron Oxide Nanoparticles as an Antimicrobial Agent: A Comprehensive Review. **Cureus**, [s. l.], vol. 16, no. 9, p. e69556, Sep. 2024. <https://doi.org/10.7759/cureus.69556>.

SAHARKHIZ, Mohammad Jamal; MOTAMEDI, Marjan; ZOMORODIAN, Kamiar; PAKSHIR, Keyvan; MIRI, Ramin; HEMYARI, Kimia. Chemical Composition, Antifungal and Antibiofilm Activities of the Essential Oil of *Mentha piperita* L. **International Scholarly Research Notices**, [s. l.], vol. 2012, no. 1, p. 718645, 2012. <https://doi.org/10.5402/2012/718645>.

SAINZ, Paula; ANDRÉS, María Fe; MARTÍNEZ-DÍAZ, Rafael A.; BAILÉN, María; NAVARRO-ROCHA, Juliana; DÍAZ, Carmen E.; GONZÁLEZ-COLOMA, Azucena. Chemical Composition and Biological Activities of *Artemisia pedemontana* subsp. *assoana* Essential Oils and Hydrolate. **Biomolecules**, [s. l.], vol. 9, no. 10, p. 558, Oct. 2019. <https://doi.org/10.3390/biom9100558>.

SALANŢĂ, Liana Claudia; CROPOTOVA, Janna. An Update on Effectiveness and Practicability of Plant Essential Oils in the Food Industry. **Plants**, [s. l.], vol. 11, no. 19, p. 2488, Jan. 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11192488>.

SARANGI, Ashirbad; DAS, Bhabani Shankar; PANIGRAHI, Lipsa Leena; ARAKHA, Manoranjan; BHATTACHARYA, Debapriya. Formulation of Garlic Essential Oil-assisted Silver Nanoparticles and Mechanistic Evaluation of their Antimicrobial Activity against a Spectrum of Pathogenic Microorganisms. **Current Topics in Medicinal Chemistry**, [s. l.], vol. 24, no. 22, p. 2000–2012, 2024. <https://doi.org/10.2174/0115680266322180240712055727>.

SCHNITZLER, P.; SCHÖN, K.; REICHLING, J. Antiviral activity of Australian tea tree oil and eucalyptus oil against herpes simplex virus in cell culture. **Die Pharmazie**, [s. l.], vol. 56, no. 4, p. 343–347, Apr. 2001. .

SHARIFZADEH, A.; JEBELI JAVAN, A.; SHOKRI, H.; ABBASZADEH, S.; KEYKHOSRAVY, K. Evaluation of antioxidant and antifungal properties of the traditional plants against foodborne fungal pathogens. **Journal de Mycologie Médicale**, [s. l.], vol. 26, no. 1, p. e11–e17, 1 Mar. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2015.11.002>.

SHARMA, Abhishek; RAJENDRAN, Sasireka; SRIVASTAVA, Ankit; SHARMA, Satyawati; KUNDU, Bishwajit. Antifungal activities of selected essential oils against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* 1322, with emphasis on *Syzygium aromaticum* essential oil. **Journal of**

Bioscience and Bioengineering, [s. l.], vol. 123, no. 3, p. 308–313, 1 Mar. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2016.09.011>.

SHAVERDI, Miaad; RAFIEE, Zahra; RAZMJOUÉ, Damoun; ORYAN, Ahmad; GHAEDI, Mehrorang; ABIDI, Hassan. Antibacterial, antioxidant, and anti-giardia properties of the essential oil, hydroalcoholic extract, and green synthesis of the silver nanoparticles of *Salvia mirzayanii* plant. **Scientific Reports**, [s. l.], vol. 14, no. 1, p. 22866, 1 Oct. 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74039-7>.

SILVEIRA, A. C. da; LAZZAROTTO, M. **Óleos essenciais de espécies de eucaliptos**. [S. l.]: In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JUNIOR, J. E. (Ed.). O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 18., 2021. Available at: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1131890>. Accessed on: 14 Feb. 2025.

SILVESTRI, Jandimara Doninelli Fior; PAROUL, Natalia; CZYEWSKI, Eliane; LERIN, Lindomar; ROTAVA, Ieda; CANSIAN, Rogério Luis; MOSSI, Altemir; TONIAZZO, Geciane; OLIVEIRA, Débora de; TREICHEL, Helen. Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). **Revista Ceres**, [s. l.], vol. 57, p. 589–594, Oct. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000500004>.

SIMAS, Daniel L. R.; DE AMORIM, Silésia H. B. M.; GOULART, Fatima R. V.; ALVIANO, Celuta S.; ALVIANO, Daniela S.; DA SILVA, Antonio Jorge R. Citrus species essential oils and their components can inhibit or stimulate fungal growth in fruit. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], vol. 98, p. 108–115, 1 Apr. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.01.026>.

SIQUEIRA, Carlos Alberto Theodoro; Serain ,Alessandra Freitas; Pascoal ,Aislan Cristina Rheder Fagundes; Andreadza ,Nathalia Luiza; de Lourenço ,Caroline Caramano; Góis Ruiz ,Ana Lúcia T.; de Carvalho ,João Ernesto; de Souza ,Ana Cláudia Oliveira; Tonini Mesquita ,Juliana; Tempone ,Andre Gustavo; AND SALVADOR, Marcos José. Bioactivity and chemical composition of the essential oil from the leaves of *Guatteria australis* A.St.-Hil. **Natural Product Research**, [s. l.], vol. 29, no. 20, p. 1966–1969, 18 Oct. 2015. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1015017>.

SNEHA, Kuzhimbattil; NARAYANANKUTTY, Arunaksharan; JOB, Joice Tom; OLATUNJI, Opeyemi Joshua; ALFARHAN, Ahmed; FAMUREWA, Ademola C.; RAMESH, Varsha. Antimicrobial and Larvicidal Activities of Different *Ocimum* Essential Oils Extracted by Ultrasound-Assisted Hydrodistillation. **Molecules (Basel, Switzerland)**, [s. l.], vol. 27, no. 5, p. 1456, 22 Feb. 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27051456>.

SOARES, Marina H.; DIAS, Herbert J.; VIEIRA, Tatiana M.; DE SOUZA, Maria G. M.; CRUZ, Ana F. F.; BADOÇO, Fernanda R.; NICOLELLA, Heloiza D.; CUNHA, Wilson R.; GROPPPO, Milton; MARTINS, Carlos H. G.; TAVARES, Denise C.; MAGALHAES, Lizandra G.; CROTTI, Antonio E. M. Chemical Composition, Antibacterial, Schistosomicidal, and Cytotoxic Activities of the Essential Oil of *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin & Clemants (Chenopodiaceae). **CHEMISTRY & BIODIVERSITY**, Weinheim, vol. 14, no. 8, p. e1700149, Aug. 2017. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201700149>.

SOKAMTE TEGANG, Alphonse; NTSAMO BEUMO, Thierry Marcel; JAZET DONGMO, Pierre Michel; TATSADJIEU NGOUNE, Leopold. Essential oil of *Xylopi aethiopica* from Cameroon: Chemical composition, antiradical and *in vitro* antifungal activity against some mycotoxigenic fungi. **Journal of King Saud University - Science**, [s. l.], vol. 30, no. 4, p. 466–471, 1 Oct. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2017.09.011>.

SONI, Rajgovind; SHARMA, Gaurav; JASUJA, Nakuleshwar Dut. Essential Oil Yield Pattern and Antibacterial and Insecticidal Activities of *Trachyspermum ammi* and *Myristica fragrans*. **Scientifica**, [s. l.], vol. 2016, p. 1428194, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/1428194>.

TABANCA, Nurhayat; DEMIRCI, Betul; BASER, Kemal Husnu Can; AYTAC, Zeki; EKICI, Murat; KHAN, Shabana I.; JACOB, Melissa R.; WEDGE, David E. Chemical Composition and Antifungal Activity of *Salvia macrochlamys* and *Salvia recognita* Essential Oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], vol. 54, no. 18, p. 6593–6597, 1 Sep. 2006. <https://doi.org/10.1021/jf0608773>.

TARIKU, Yinebeb; HYMETE, Ariaya; HAILU, Asrat; ROHLOFF, Jens. In vitro Evaluation of Antileishmanial Activity and Toxicity of Essential Oils of *Artemisia absinthium* and *Echinops kebericho*. **Chemistry & Biodiversity**, [s. l.], vol. 8, no. 4, p. 614–623, 2011. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201000331>.

TCHOUMBOUGNANG, F.; ZOLLO, P. H. Amvam; DAGNE, E.; MEKONNEN, Y. In Vivo Antimalarial Activity of Essential Oils from *Cymbopogon citratus* and *Ocimum gratissimum* on Mice Infected with *Plasmodium berghei*. **Planta Medica**, [s. l.], vol. 71, p. 20–23, 27 Jan. 2005. <https://doi.org/10.1055/s-2005-837745>.

TU, Xiao-Fang; HU, Fei; THAKUR, Kiran; LI, Xiao-Li; ZHANG, Ying-Shuo; WEI, Zhao-Jun. Comparison of antibacterial effects and fumigant toxicity of essential oils extracted from different plants. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], vol. 124, p. 192–200, 15 Nov. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.065>.

VELUMANI, Muthusamy; THIRUPPATHI, Govindhan; MOHANKUMAR, Amirthalingam; KALAISELVI, Duraisamy; SUNDARARAJ, Palanisamy; PREMASUDHA, Paramasivam. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Cananga odorata* essential oil and its antibacterial efficacy in vitro and in vivo. **Comparative biochemistry and physiology. Toxicology & pharmacology: CBP**, [s. l.], vol. 262, p. 109448, Dec. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2022.109448>.

VILELA, Georgia Rocha; DE ALMEIDA, Gustavo Steffen; D'ARCE, Marisa Aparecida Bismara Regitano; MORAES, Maria Heloisa Duarte; BRITO, José Otávio; DA SILVA, Maria Fátima das G. F.; SILVA, Sebastião Cruz; DE STEFANO PIEDADE, Sônia Maria; CALORI-DOMINGUES, Maria Antonia; DA GLORIA, Eduardo Micotti. Activity of essential oil and its major compound, 1,8-cineole, from *Eucalyptus globulus* Labill., against the storage fungi *Aspergillus flavus* Link and *Aspergillus parasiticus* Speare. **Journal of Stored Products Research**, [s. l.], vol. 45, no. 2, p. 108–111, 1 Apr. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2008.10.006>.

WAGAN, Tufail Ahmed; WANG, Wenjun; HUA, Hongxia; CAI, Wanlun. Chemical constituents and toxic, repellent, and oviposition-deterrent effects of ethanol-extracted *Myristica fragrans* (Myristicaceae) oil on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **The Florida Entomologist**, [s. l.], vol. 100, no. 3, p. 594–601, 2017. .

WAKABAYASHI, Kamila A. L.; DE MELO, Nathalya I.; AGUIAR, Daniela P.; DE OLIVEIRA, Pollyanna F.; GROppo, Milton; DA SILVA FILHO, Ademar A.; RODRIGUES, Vanderlei; CUNHA, Wilson R.; TAVARES, Denise C.; MAGALHÃES, Lizandra G.; CROTTI, Antônio E. M. Anthelmintic effects of the essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill., Apiaceae) against *Schistosoma mansoni*. **Chemistry & Biodiversity**, [s. l.], vol. 12, no. 7, p. 1105–1114, Jul. 2015. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201400293>.

WANG, Haiwei; YANG, Zhixin; YING, Guangyao; YANG, Meihua; NIAN, Yujiao; WEI, Fang; KONG, Weijun. Antifungal evaluation of plant essential oils and their major components

against toxigenic fungi. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], vol. 120, p. 180–186, 15 Sep. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.053>.

XING, Fuguo; HUA, Huijuan; SELVARAJ, Jonathan Nimal; ZHAO, Yueju; ZHOU, Lu; LIU, Xiao; LIU, Yang. Growth inhibition and morphological alterations of *Fusarium verticillioides* by cinnamon oil and cinnamaldehyde. **Food Control**, [s. l.], vol. 46, p. 343–350, 1 Dec. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.04.037>.

XING, Yage; LI, Xihong; XU, Qinglian; YUN, Juan; LU, Yaqing. Original article: Antifungal activities of cinnamon oil against *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus flavus* and *Penicillium expansum* in vitro and in vivo fruit test. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], vol. 45, no. 9, p. 1837–1842, 1 Sep. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02342.x>.

YOOUSSEF, M. M.; PHAM, Q.; ACHAR, P. N.; SREENIVASA, M. Y. Antifungal activity of essential oils on *Aspergillus parasiticus* isolated from peanuts. **Journal of Plant Protection Research**, [s. l.], vol. 56, no. 2, 2016. DOI 10.1515/jppr-2016-0021. Available at: <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-22f9c8ec-fee4-4a4f-8bc6-efeaab99dc91>. Accessed on: 17 Mar. 2025.

ZABKA, Martin; PAVELA, Roman; SLEZAKOVA, Ludmila. Antifungal effect of *Pimenta dioica* essential oil against dangerous pathogenic and toxinogenic fungi. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], vol. 30, no. 2, p. 250–253, 1 Sep. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.04.002>.

ZOUARI, Nacim; FAKHFAKH, Nahed; ZOUARI, Sami; BOUGATEF, Ali; KARRAY, Aida; NEFFATI, Mohamed; AYADI, M. A. Chemical composition, angiotensin I-converting enzyme inhibitory, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of Tunisian *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut. (Lamiaceae). **Food and Bioproducts Processing**, [s. l.], vol. 89, no. 4, p. 257–265, 1 Oct. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.11.006>.

CAPÍTULO 04

Efeito da Cipermetrina, Clorpirifós e Butóxido de Piperonila no Controle de Moscas em Bovinos da Raça Gir

Indyara Natylla Castro Amaral¹; Bruno Borges Santana¹; Júlia Oliveira Alcântara¹; Matheus Santos Benzi¹; Daniel Santos de Paula¹; Bárbara Vitória Corrêa Alves¹; Gabriel Henrique Santos Silveira²; Giovanna Rodrigues Goulart³; Priscilla Elias Ferreira da Silva⁴; Joely Ferreira Figueiredo Bittar⁵

¹ Bolsista de Iniciação Científica - Graduação em Medicina Veterinária. Universidade do AGRO UNIUBE

² Doutorando Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical e Infectologia (PPGMTI-UFTM)

³ Mestranda Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos, Universidade do AGRO UNIUBE

⁴ Bolsista BDCTI-I/FAPEMIG - Universidade do AGRO UNIUBE

⁵ Docente/pesquisadora na Universidade do AGRO UNIUBE

Resumo: Muito se aborda sobre os incontáveis prejuízos provocados pela presença de moscas hematófagas na criação de bovinos, tal fato acarreta perdas significativas no que se diz respeito da pecuária nacional. O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficácia do tratamento na redução da população de ectoparasitas. Incluiu-se a aplicação em intervalos de 21 dias do medicamento em bovinos em um campo experimental e a contagem das moscas em intervalos de 30 dias. Os resultados mostraram uma redução de 70,43% na contagem de moscas após a primeira aplicação e de 90,10% após a segunda. Elucidou-se que, apesar da resistência crescente a pesticidas, a combinação de sinergistas como o butóxido de piperonila é eficaz para o controle de moscas hematófagas, destacando a importância de abordagens integradas no manejo de ectoparasitas em rebanhos.

Palavras-chaves: Moscas; Cipermetrina; Controle; Resistência; Bovinos.

1. Introdução

Diante do cenário da pecuária brasileira e na criação de bovinos em diferentes localidades do país, muito se discute sobre a prevalência de ectoparasitas de diferentes espécies. Moscas de diversos gêneros se encaixam neste contexto, ao passo que sua disseminação provoca grandes perdas econômicas para os produtores, tais como o comprometimento da qualidade do couro, da produção e do bem-estar animal, além de ocasionarem, em sua maioria, a transmissão de patógenos. Dessa forma, torna-se necessário o uso de medicamentos que combinem substâncias praguicidas capazes de diminuir a população destes insetos (Da Costa *et al.*, 2023).

Dípteras do gênero *Haematobia irritans* e *Stomoxys calcitrans* são artrópodes facilmente encontrados em rebanhos de diversas regiões do território nacional cujo clima tropical e subtropical favorecem seu ciclo reprodutivo (Gonzalez, 2017). São insetos hematófagos que promovem a disseminação de doenças de importância econômica em bovinos independente da raça, podendo ser consideradas de notificação obrigatória pela OMS (Organização Mundial de Saúde) e/ou com potencial zoonótico (De Souza, 2021).

São exemplos de enfermidades que acarretam perdas significativas na produção animal a tripanossomíase bovina causada pelo protozoário *Trypanosoma vivax* (Bastos *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2021) e Tristeza parasitária bovina (TPB), causada pelos protozoários *Babesia bovis* e *B. bigemina* e pela bactéria *Anaplasma marginale*. Ambas podem ser transmitidas mecanicamente por moscas hematófagas sendo essas consideradas importantes no impacto econômico da criação de bovinos (Bastos *et al.*, 2020).

A cipermetrina é um princípio ativo piretróide cuja ação ectoparasiticida abrange diferentes espécies do Filo Arthropoda. Além disso, esse composto é comumente usado em conjunto com os organofosforados, tal como o clorpirifós, sendo que este possui seu espectro ectoparasiticida associado ao combate de moscas do gênero *Dermatobia* spp. (Spinosa; Górnjak; Bernardi, 2017). O butóxido de piperonila (PBO) atua como sinergista nesta combinação, uma vez que aumenta o potencial ectoparasiticida da cipermetrina e demais piretróides (Protopopoff *et al.*, 2023).

Isto posto, este estudo teve como objetivo elucidar o controle de dípteras em bovinos da raça Gir que se encontravam em um campo experimental a partir da

utilização do ectoparasiticida *Pour-on* (*Insemax*®), nos quais estão presentes como princípios ativos a cipermetrina, clorpirifós e o butóxido de piperonila.

2. Epidemiologia da *Haematobia irritans* e *Stomoxys calcitrans* associadas ao clima/ambiente e perdas econômicas na bovinocultura

O primeiro surto de *S. calcitrans* no Brasil ocorreu em 1973, na cidade de Piracicaba-São Paulo, e foi relatado por Barros *et al.* (2019). Nessa perspectiva, observa-se que atualmente esse díptera possui tropismo em áreas onde há presença de usinas sucroalcoleiras (Barros *et al.*, 2019). O descarte de matéria orgânica como restos de cana oriundos da produção de açúcar e álcool são pontos-chaves para a disseminação e reprodução do inseto (De Souza, 2021). Regiões pecuaristas onde há elevada produção de cana-de-açúcar nas proximidades estão ligeiramente expostas a surtos de moscas-dos-estábulo (*S. calcitrans*) (Barros *et al.*, 2019; Bastos *et al.*, 2020). Já os fatores predisponentes ao aumento da prevalência de moscas, tanto da *H. irritans* quanto da *S. calcitrans* está em paralelo com a variação climática e com o ambiente, de maneira que regiões onde a temperatura varia entre 13°C e 29°C são predispostas a atingirem os picos de infestação em rebanhos (Hansen *et al.*, 2023; Holderman *et al.*, 2020).

3. Efeito sinérgico do butóxido de piperonila associado ao uso da cipermetrina no controle de ectoparasitas

O uso de medicamentos para o controle de ectoparasitas tem aumentado na última década no cenário da criação de bovinos no Brasil, uma vez que o clima e o ambiente favorecem a disseminação de artrópodes como as moscas hematófagas e carrapatos *Rhipicephalus (B.) microplus* (Barros *et al.*, 2019; Gonzalez, 2017). A grande problemática envolvida está associada ao uso indiscriminado de fármacos que possuem como princípio ativo os piretróides e sua notável e bem descrita resistência em relação ao alvo a ser combatido (Barros *et al.*, 2019; Spinosa; Górniak; Bernardi, 2017). Contudo, tornou-se necessário a combinação de fármacos que atuam como sinérgicos em misturas pesticidas, mesmo que seus respectivos modos de ação não estejam associados ao efeito inseticida. É sabido que alguns dípteros desenvolveram enzimas metabólicas os quais designaram resistência a uma ampla classe de inseticidas. O PBO (Piperonyl Butoxide) aumenta a toxicidade do medicamento

porque promove a diminuição desintoxicante das oxidases (Protopopoff *et al.*, 2023; Zhou *et al.*, 2022).

Na Índia, um estudo revelou que o uso do PBO em redes impregnadas com um piretróide sintético se mostrou eficaz no combate e letalidade de mosquitos *Anopheles* spp., vetores da malária (Protopopoff *et al.*, 2023). Apesar de não ter propriedades inseticidas, o butóxido de piperonila demonstrou eficácia significativa quando combinado com as permetrinas, piretróides e organofosforados (Protopopoff *et al.*, 2023; Spinosa; Górnaiak; Bernardi, 2017).

4. Efeito fisiológico e antiparasitário da cipermetrina combinada com o clorpirifós no controle de moscas hematófagas

Em 1980, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) determinou que a mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans*) precisava ser combatida constantemente em rebanhos por meio do uso de praguicidas (Spinosa; Górnaiak; Bernardi, 2017). Nessa perspectiva, diferentes piretróides entraram em ação, dentre os mais utilizados destacou-se a cipermetrina, que atualmente está inclusa na classe de inseticidas piretróides, sendo que seu efeito ectoparasiticida está associado ao modo de ação que atua diretamente no metabolismo do ectoparasita (Spinosa; Górnaiak; Bernardi, 2017).

Por se tratar de uma substância lipofílica, as moléculas de Cipermetrina conseguem penetrar na barreira lipídica do exoesqueleto quitinoso (cutícula) dos artrópodes (Gonzalez, 2017; Spinosa; Górnaiak; Bernardi, 2017). A partir disso, o sistema hemolinfático do inseto irá conduzir o fármaco até as células nervosas que irá agir diretamente nos canais de sódio, sendo que, haverá um desencadeamento da capacidade desse íon de conduzir correntes elétricas (contundência). Do ponto de vista fisiológico, os dípteros apresentarão um comportamento de inquietação e limitada coordenação dos seus movimentos, podendo resultar, portanto, em morte (Shafiq *et al.*, 2023).

O Clorpirifós é uma base de organofosforado amplamente utilizada em combinação com princípios ativos piretróides, sendo capaz de proporcionar o aumento do seu espectro de ação ectoparasiticida (Spinosa; Górnaiak; Bernardi, 2017). Esse organofosforado se diferencia em Oxon do clorpirifós pois inibe a hidrólise da cipermetrina no organismo através da inibição das enzimas esterases,

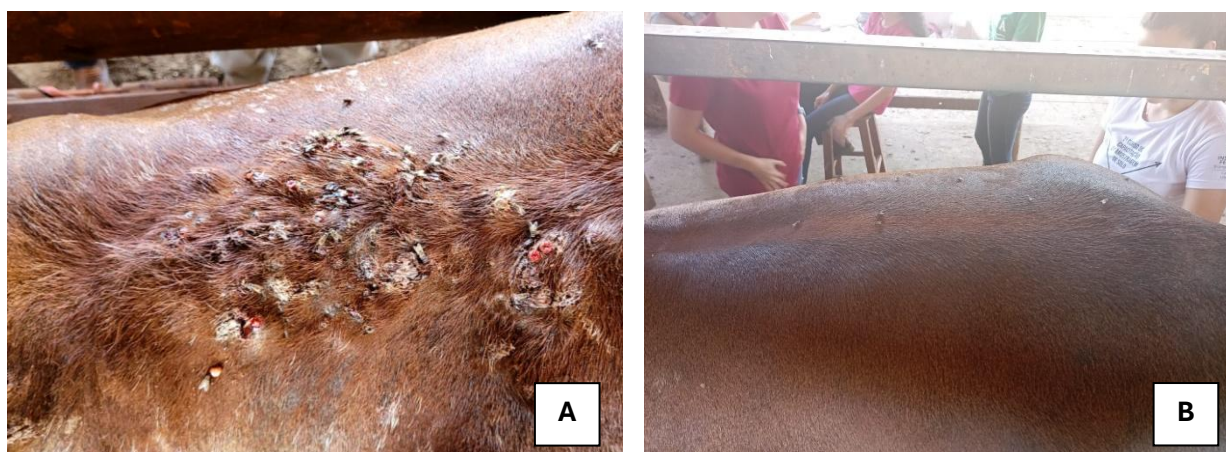
potencializando o efeito de ação do piretróide no organismo (Honrg-lee *et al.*, 2023; Spinosa; Górnaiak; Bernardi, 2017).

5. Materiais e métodos

Neste estudo foram utilizados 24 bovinos machos adultos da raça Gir, de aproximadamente 410,05 kg e 3,6 anos de idade, cujo testes aconteceram na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG Oeste) / Campo Experimental Getúlio Vargas - Unidade Mercês, Uberaba, Minas Gerais. Os animais foram contidos em um sistema de pastejo rotativo com eventuais fornecimentos de silagem. Para a aplicação do ectoparasiticida, além do seguimento das diretrizes do fabricante, levou-se em consideração a relação peso (kg) e dose (ml) de cada animal, resultando em 10ml/100kg. Ademais, com vistas ao atendimento dos objetivos desse estudo, tabelas e bancos de dados foram construídos para acompanhamento das informações básicas de cada animal. No que se refere à via de aplicação do produto, preconizou-se a aplicação padrão no dorso de cada animal em uma linha imaginária entre as primeiras vértebras cervicais e as primeiras vértebras torácicas.

Para melhor entendimento dos procedimentos metodológicos, foi elaborada uma linha do tempo que compreende o início do experimento e as rotinas de aplicações. Nesse sentido, determinou-se que a contagem de ectoparasitas iriam ser realizadas em intervalos de 21 dias, enquanto a aplicação do produto a cada 30 dias, totalizando dois meses de tratamento.

Figura 1 - Visualização de moscas em região dorsal (A) e região lombar (B) em diferentes bovinos contidos no campo experimental



Fonte: dos autores, 2024.

Figura 2 - Aplicação do produto via *Pour-on* em região de cupim (C)



Fonte: dos autores, 2024.

Para a contagem de moscas utilizou-se câmeras fotográficas de dispositivos atuais, tal como o aparelho celular moderno ou *smartphones* e contadores manuais (Figuras 1 e 2). Ademais, foi estabelecido que as fotos deveriam abarcar o terço anterior, o terço médio, o terço final, o membro anterior, o membro posterior e a região de cupim, os quais são consideradas regiões de melhor visualização dos dípteros em bovinos. Após capturas fotográficas, as imagens eram encaminhadas para a contagem visual e registro dos dados obtidos em banco de dados específicos.

6. Resultados e discussão

Após o fim das aplicações no período estimado do experimento, foi analisado minuciosamente a relação da contagem de moscas quanto ao uso dos inseticidas cipermetrina, clorpirifós e butóxido de piperonila. No dia um, obteve-se um total de 274 moscas, esses dados foram analisados levando em consideração os diferentes parâmetros analisados no estudo. Após 30 dias da primeira aplicação, obteve-se a contagem de 81 moscas em todos os animais e, com 60 dias, após duas aplicações do medicamento, foram contadas 19 moscas.

De modo geral, os dados obtidos revelaram uma queda no percentual de contagem de dípteros em relação ao uso da cipermetrina e demais bases, sendo que na segunda contagem, após o uso do produto, foi constatado queda de 70,43% em relação à primeira contagem. Logo em seguida, atingiu-se o percentual de 90,10% de

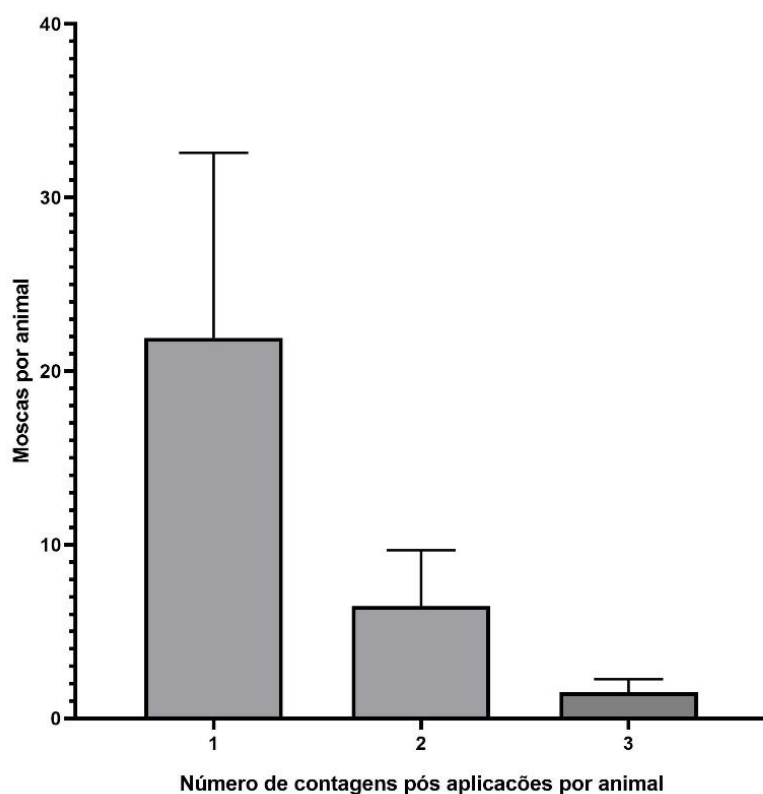
queda na terceira contagem do número total de moscas em comparação à primeira contagem.

Tabela 1 - Contagens de moscas por animal nos tempos 0, 30 e 60 dias

Identificação do animal	Contagem 1 (dia 0)	Contagem 2 (30 dias)	Contagem 3 (60 dias)
1	5	4	1
2	8	2	1
3	4	0	0
4	28	3	2
5	23	2	0
6	19	1	1
7	2	2	0
8	23	2	1
9	5	1	2
10	28	9	1
11	13	10	0
12	3	1	0
13	16	5	2
14	13	0	1
15	3	1	1
16	6	12	2
17	2	0	0
18	9	9	1
19	17	1	1
20	7	2	0
21	8	0	0
22	0	0	0
23	29	1	2
24	3	13	0
TOTAL	274	81	19

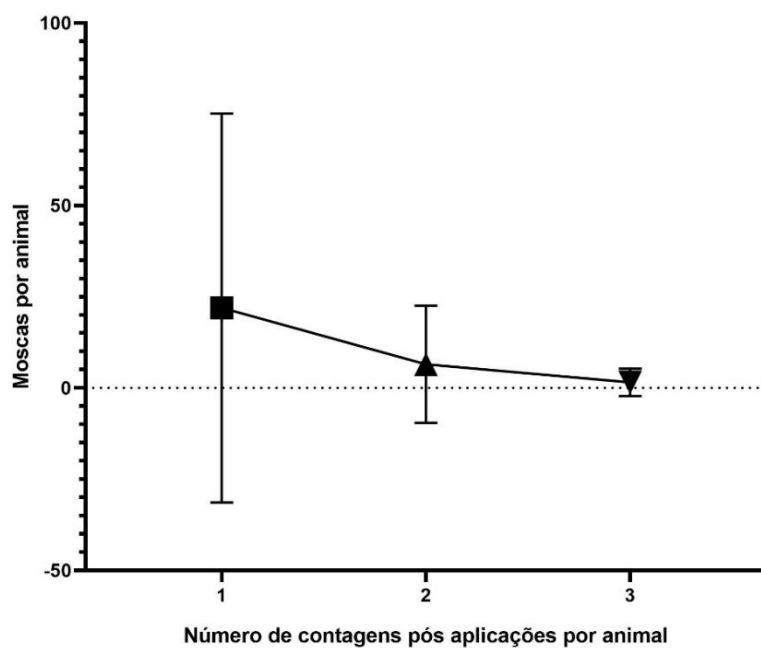
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Gráfico 1 - Quantidade de moscas por animal observadas por contagem



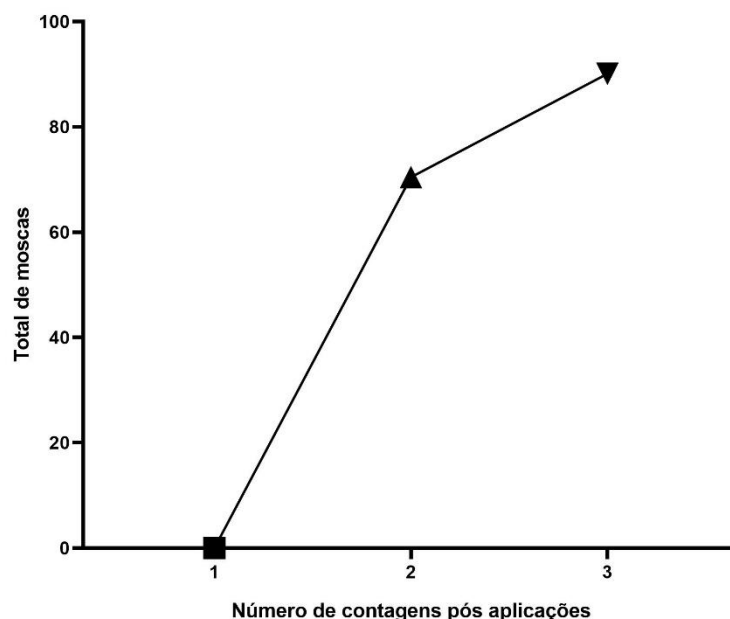
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Gráfico 2 - Queda de moscas por animal observado por contagem



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Gráfico 3 - Percentual de controle total observado por contagem



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os resultados aqui apresentados mostraram-se promissores, uma vez que a literatura revela que existe uma grande resistência associada ao uso contínuo de piretróides e organofosforados durante a erradicações de populações de mosca-dos-estábulo e mosca-dos-chifres em rebanhos brasileiros (Barros *et al.*, 2019). A busca por recomendações de prevenção e controle de moscas hematófagas ainda é considerada um desafio para os criadores pecuaristas, haja visto as problemáticas enfrentadas na resistência aos inseticidas de uso agropecuário (Lorn *et al.*, 2022; Patra *et al.*, 2018; Protopopoff *et al.*, 2023; Spinosa; Górnaiak; Bernardi, 2017).

Diante das dificuldades elencadas e relacionadas à resistência de artrópodes vetores, o controle químico com o uso das permetrinas ainda é uma alternativa eficaz (Zhou *et al.*, 2022). Um estudo realizado na Tailândia reuniu duas espécies de moscas (*S. calcitrans* e *S. indicus*) onde foram coletadas, encaminhadas para bioensaios e tratadas com diversas bases inseticidas (Lorn *et al.*, 2022). Em síntese, a cipermetrina comercial gerou um “*knockdown*” completo, ou seja, obtiveram 100% de mortalidade nas ambas populações presentes nos bioensaios (Lorn *et al.*, 2022).

Adicionalmente, um outro estudo conduzido em 2016 por Barros *et al.* (2016), testou a eficácia do uso da cipermetrina em mosca-dos-chifres contidas em bioensaios, sendo que estas foram coletadas em algumas áreas no estado do Mato

Grosso do Sul (Barros *et al.*, 2019). Tal pesquisa revelou baixas taxas de resistência variando entre 6,8% e 38,6% , considerado um valor abaixo do estimado (Barros *et al.*, 2019).

Em suma, os resultados obtidos no presente trabalho foram fiéis a elucidação abordada na literatura, uma vez que nela são bem relatadas a resistência de algumas bases piretróides. Isto posto, a escolha correta e o manejo adequado da medicação onde há a combinação do piretróide e do organofosforado com um potente sinergista, o PBO, reduziu significativamente tal fator de bloqueio, mostrando-se eficaz no controle de moscas hematófagas em rebanhos de bovinos da raça Gir (Lorn *et al.*, 2022; Protopopoff *et al.*, 2023; Spinosa; Górnaiak; Bernardi, 2017).

7. Considerações finais

O uso de ectoparasiticidas, como por exemplo o que contém cipermetrina e clorpirifós em rebanhos da raça Gir culminou em resultados satisfatórios com queda importante de moscas e carrapatos e controle efetivo em condições de campo. Tratam-se produtos que combinam princípios ativos piretróides e organofosforados, e são bem relatados na literatura científica. É fato que existam as resistências associadas ao descontrole e desinformação populacional quanto ao uso irracional de pesticidas, contudo a taxa de resistência ainda se mostra baixa tornando assim uma alternativa eficaz o uso de medicamentos com combinações sinergistas.

Agradecimentos

CNPq, PAPE UNIUBE; FAPEMIG (APQ-01203-23; APQ-03623-22; APQ-00825-22; UNIUBE/Universidade do Agro). Agradecemos à JA Saúde Animal e Campo Experimental da EPAMIG, pelo apoio durante a condução da pesquisa.

Referências Bibliográficas

BARROS, Antonio Thadeu Medeiros de *et al.* Resistance of the stable fly, *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae), to cypermethrin in outbreak areas in Midwestern Brazil. **Revista Brasileira De Parasitologia Veterinaria = Brazilian Journal of Veterinary Parasitology: Orgao Oficial Do Colegio Brasileiro De Parasitologia Veterinaria**, v. 28, n. 4, p. 802–806, 2019.

BASTOS, Thiago Souza Azeredo *et al.* Epidemiological and molecular identification of *Trypanosoma vivax* diagnosed in cattle during outbreaks in central Brazil. **Parasitology**, v. 147, n. 12, p. 1313–1319, out. 2020.

COSTA, Mariah, Oliveira *et al.* **Visão dos desafios do complexo de sela da parasita bovina – BPS**. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16148/14431>>. Acesso em: 21 set. 2024.

DA COSTA, Alvimar José *et al.* First report of the efficacy of a fluralaner-based pour-on product (Exzolt® 5%) against ectoparasites infesting cattle in Brazil. **Parasites & Vectors**, v. 16, p. 336, 26 set. 2023.

DE SOUZA, Tacyan Ferreira. TÂMIRIS APARECIDA DOS SANTOS SILVA Orientadora: Dra. Andréa Alves do Egito. 2021.

GONZALEZ, Silvia, Monteiro. **Parasitologia na Medicina Veterinária segunda edição S. monteiro gonzales - Baixar pdf de Doceru.com**. Disponível em: <<https://doceru.com/doc/ce85e8>>. Acesso em: 7 out. 2024.

HANSEN, Anna C. *et al.* **Comportamentos defensivos e produção de leite de gado leiteiro criado em pastagens em resposta a moscas do estábulo, moscas dos chifres e moscas da face - PMC**. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10741233/>>. Acesso em: 14 out. 2024.

HOLDERMAN, Chris J. *et al.* Laboratory Methods for Rearing Horn Flies (Diptera: Muscidae). **Journal of Insect Science**, v. 20, n. 6, p. 10, 2 nov. 2020.

HONRG-LEE, Chern *et al.* **Envenenamento humano com mistura de pesticidas de clorpirifós e cipermetrina: avaliação do resultado clínico de casos internados em um hospital de cuidados terciários em Taiwan - PMC**. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10614644/>>. Acesso em: 10 out. 2024.

LORN, Sokchan *et al.* Pyrethroid Susceptibility in *Stomoxys calcitrans* and *Stomoxys indicus* (Diptera: Muscidae) Collected from Cattle Farms in Southern Thailand. **Insects**, v. 13, n. 8, p. 711, ago. 2022.

PATRA, Gautam *et al.* *Stomoxys calcitrans* and its importance in livestock: a review. 2018.

PROTOPOPOFF, Natacha *et al.* Effectiveness of piperonyl butoxide and pyrethroid-treated long-lasting insecticidal nets (LLINs) versus pyrethroid-only LLINs with and without indoor residual spray against malaria infection: third year results of a cluster, randomised controlled, two-by-two factorial design trial in Tanzania. **Malaria Journal**, v. 22, p. 294, 3 out. 2023.

SHAFIQ, Maryam *et al.* Development of alpha-cypermethrin resistance and its effect on biological parameters of yellow fever mosquito, *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). **Parasitology Research**, v. 123, n. 1, p. 14, 7 dez. 2023.

SPINOSA, Helenice de Souza; GÓRNIK, Silvana Lima; BERNARDI, Maria Martha. **Farmacologia Aplicada Medicina Veterinária 6º Edição.pdf**. Disponível em: <https://drive.google.com/file/u/0/d/1EuyvIH-jf_wZBrDmYFKW5S-HpPeIVfgh/view?usp=embed_facebook>. Acesso em: 19 set. 2024.

ZHOU, Guofa *et al.* Emerging Mosquito Resistance to Piperonyl Butoxide-Synergized Pyrethroid Insecticide and Its Mechanism. **Journal of Medical Entomology**, v. 59, n. 2, p. 638–647, 16 mar. 2022.

CAPÍTULO 05

O Uso de Carrapaticidas no Controle de *Rhipicephalus microplus*: Breve Abordagem do Uso em Condições de Campo

Gabriel Henrique Santos Silveira¹; Júlia Oliveira Alcântara²; Daniel Sobreira Rodrigues³;
Priscilla Elias Ferreira da Silva⁴; Eustáquio Resende Bittar⁵; Joely Ferreira Figueiredo Bittar⁵

¹Laboratório de Imunologia e Parasitologia Aplicadas, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil

²Universidade de Uberaba (UNIUBE), Uberaba, MG, Brasil

³Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, Minas Gerais, Brasil

⁴Bolsista Desenvolvimento em Ciência, Tecnologia e Inovação, nível I (BDCTI-I)

⁵Programa de Pós-graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos – PPGSPAT, Universidade de Uberaba/UNIUBE, Uberaba, MG Brasil

Resumo: O *Rhipicephalus microplus*, conhecido popularmente como carrapato-do-boi, é um dos principais desafios sanitários da pecuária bovina no Brasil sendo responsável por grandes perdas econômicas devido à queda na produção de carne, leite e couro, além de transmitir agentes causadores da Tristeza Parasitária Bovina (*Babesia bovis*, *B. bigemina* e *Anaplasma marginale*). O carrapato possui um ciclo de vida monoxênico, dividido em fase parasitária (no animal) e não parasitária (no meio ambiente). Apenas 5% da população de *R. microplus* está nos bovinos, enquanto 95% permanece na pastagem, dificultando as medidas de controle. O método mais utilizado no combate ao *R. microplus* é o controle químico aplicados de diferentes formas: injetável, pour-on, pulverização e imersão. O uso inadequado e indiscriminado desses produtos acarretou resistência múltipla em diversas regiões do Brasil, comprometendo a eficácia do tratamento. Desse modo, faz-se necessário a realização de manejo integrado de carrapatos com o uso estratégico de acaricidas em períodos críticos; rotação e repouso de pastagens; introdução de gramíneas repelentes; controle biológico com fungos entomopatogênicos e vacinação do rebanho. Isto posto, este capítulo reforça que o controle do *R. microplus* exige estratégias sustentáveis e integradas, combinando ciência, manejo e responsabilidade no uso de carrapaticidas, com vistas a garantir a produtividade e a sanidade da pecuária brasileira.

Palavras-chave: Carrapato-do-boi; Controle estratégico; Bovinocultura; Resistência; Ectoparasita.

1. Introdução

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2023, o Brasil possui um rebanho aproximado de 238,6 milhões de bovinos, destinados à produção de carne e leite e detém o maior rebanho comercial do mundo, além de ser o quinto maior produtor de leite e o segundo maior produtor de carne bovina em escala mundial (FAO, 2022).

A produtividade desse setor é crucial para a economia nacional. Contudo, enfrenta perdas econômicas significativas devido às parasitoses, entre elas as causadas pelo *Rhipicephalus microplus*, também conhecido como “carrapato-do-boi”, ectoparasito que afeta a cadeia produtiva de bovinos no Brasil, causando prejuízos na produção de carne, leite e couro, além de representar um risco direto para a saúde animal e gerar despesas consideráveis com o seu controle (Rodrigues; Leite, 2013; Grisi *et al.*, 2014; Calvano *et al.*, 2019).

Segundo a classificação do *National Center for Biotechnology Information – NCBI* (txid6941), o *R. microplus* (Figura 1) é um organismo pertencente ao Super reino Eukariota, Reino Metazoa, Filo Arthropoda, Classe Arachnida, Subclasse Acari, Superordem Parasitiformes, Ordem Ixodida, Superfamília Ixodoidea, Família Ixodidae, Subfamília Rhipicephalinae, Gênero *Rhipicephalus*, Subgênero *Boophilus*, Espécie *R. microplus*.

Originário da Ásia, *R. microplus* foi disseminado em grande parte dos países tropicais e subtropicais por meio da importação de gados dessa região. Sua ocorrência tem sido registrada em rebanhos bovinos de várias regiões, incluindo América Central e do Sul, África, Ásia e Oceania (Pereira; Labruna, 2008). Fatores como as condições climáticas e disponibilidade de raças europeias de bovinos, favoreceram a dispersão de *R. microplus* por todo o território brasileiro (Garcia *et al.*, 2019; Perez-Martinez *et al.*, 2023).

Figura 1 - Fêmeas ingurgitadas de *Rhipicephalus microplus*



Fonte: dos autores, 2024.

Além de impactar sistemicamente o hospedeiro durante o parasitismo, esse ectoparasita desempenha um papel crucial como vetor de doenças, sendo responsável pela transmissão da Tristeza Parasitária Bovina, causada pela *Rickettsia Anaplasma marginale*, e pelos protozoários intraeritrocitários *Babesia bovis* e *Babesia bigemina* (Labruna; Machado, 2006; Garcia *et al.*, 2019).

Durante anos, têm sido realizados esforços para reduzir os impactos causados pelo *R. microplus*. O controle deste carrapato é um desafio constante na bovinocultura, demandando uma abordagem multifacetada (Jonsson; Piper; Constantinoiu, 2014; Rodríguez-Vivas; Jonsson; Bhushan, 2018). Tradicionalmente, o controle químico com carrapaticidas tem sido a principal estratégia adotada (Higa *et al.*, 2016). No entanto, a utilização de forma incorreta e indiscriminada desses produtos contribuiu para o surgimento de populações de carrapatos resistentes a estes produtos (Higa *et al.*, 2016; Valsoni *et al.*, 2021).

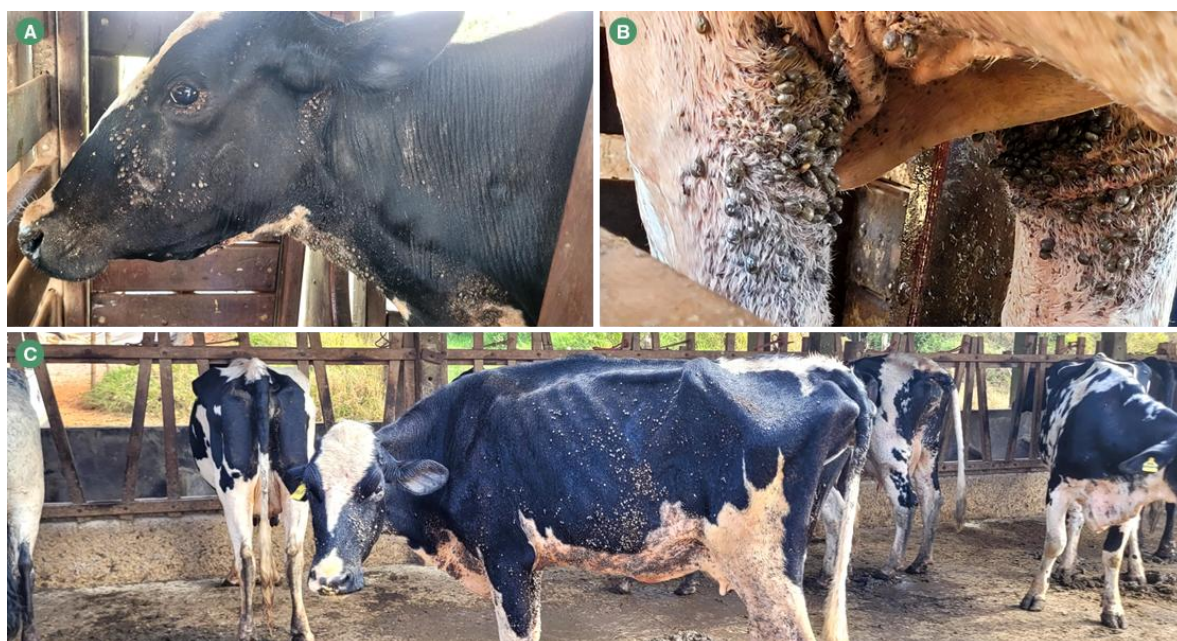
Diante desse cenário, o entendimento aprofundado da biologia do *R. microplus* e de sua interação com o hospedeiro torna-se essencial para o desenvolvimento de estratégias de controle mais eficientes, sustentáveis e economicamente viáveis, capazes de minimizar os prejuízos produtivos, ambientais e financeiros associados à sua infestação.

2. Biologia

2.1. Ciclo de vida

O *R. microplus* é um ectoparasita hematófago, monoxênico, completando todo o seu ciclo de vida em um único hospedeiro, tendo como hospedeiro primário os bovinos (*Bos taurus*) (Garcia *et al.*, 2019). Contudo, em ambientes com alta carga parasitária, pode ocasionalmente infestar outros animais que coexistem no mesmo ambiente (Pereira *et al.*, 2008; Ma *et al.*, 2016). Nos hospedeiros, os carrapatos tendem a se concentrar principalmente em áreas com maior vascularização e menor acesso durante o *grooming*, como a barbela, axilas, região esternal, abdome, úbere, virilhas, períneo, face, pavilhão auditivo e região perianal (Figura 2). O ciclo de vida desse ectoparasita é dividido em duas fases distintas: a parasitária e não parasitária, que se intercalam entre o hospedeiro e o ambiente.

Figura 2 - Infestação por *Rhipicephalus microplus*. A – Região de face, barbela; B – Região de axila; C- Animal com intenso parasitismo



Fonte: dos autores, 2024.

2.2. Fase não parasitária

A fase não parasitária do *Rhipicephalus microplus* ocorre no solo e tem início com o desprendimento da fêmea ingurgitada (teleógina) do hospedeiro (Figura 3). Após o repasto sanguíneo e desprendimento, a teleógina busca locais úmidos e protegidos do sol para realizar a oviposição (Pereira *et al.*, 2008; Beys-da-Silva *et al.*,

2020). Decorridos três a quatro dias, cada teleóquina pode depositar entre 2.000 e 4.000 ovos, com taxas de eclosão variando de 85% a 95% (Guglielmone *et al.*, 2006). O processo de oviposição dura, em média, de 15 a 17 dias (Brovini *et al.*, 2003). O intervalo entre o desprendimento e a eclosão dos ovos é fortemente influenciado por fatores ambientais, especialmente temperatura e umidade (Pereira *et al.*, 2008). Em condições ideais temperaturas próximas a 27 °C e umidade relativa entre 80% e 85%.

Após a eclosão, as larvas ainda não estão aptas ao parasitismo, apresentam movimentos lentos e a cutícula transparente, após curto período de exposição ao ar, a cutícula sofre oxidação, ficando mais escura e resistente (Lopes *et al.*, 2015). Decorridos alguns dias, as larvas se tornam ativas e migram para o topo das gramíneas, onde aguardam o contato com um hospedeiro (Pereira *et al.*, 2008; Guglielmone *et al.*, 2006).

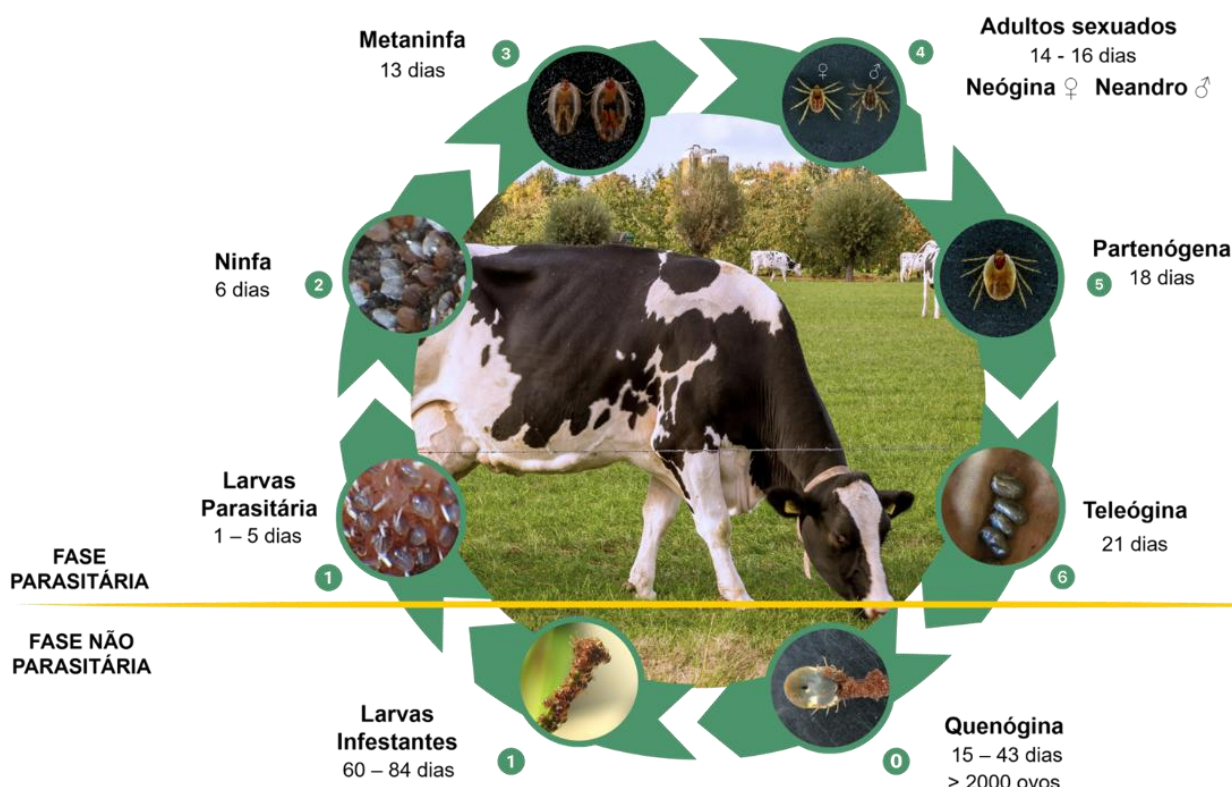
O período de incubação, compreendido entre o início da oviposição e a eclosão das primeiras larvas, varia conforme a estação do ano: cerca de 30 dias no verão e até 70 dias no inverno (Brovini *et al.*, 2003). As larvas podem permanecer viáveis na pastagem por mais de 80 dias (Gauss; Furlong, 2002). A duração dessa fase livre está diretamente relacionada às condições climáticas. A fase não parasitária se encerra quando as larvas conseguem fixar-se em um hospedeiro ou morrem devido à ausência de contato com um animal suscetível.

2.3. Fase parasitária

A fase parasitária tem início quando as larvas se fixam ao hospedeiro e termina com o desprendimento da fêmea ingurgitada. Durante esse período, ocorre uma sequência de transformações nos estágios de desenvolvimento do carrapato: as larvas evoluem para ninfas, as ninfas transformam-se em adultos, e as fêmeas adultas passam pelo processo de ingurgitamento (Guglielmone *et al.*, 2006; Pereira *et al.*, 2008; Beys-da-Silva *et al.*, 2020). Assim que se fixam ao hospedeiro, as larvas iniciam a alimentação. Após um período de 4 a 7, as larvas realizam a primeira ecdise, transformando-se em ninfas, caracterizadas pela presença de quatro pares de patas, mas ainda sem maturidade reprodutiva. Essa fase dura aproximadamente 7 a 9 dias. Durante os 13 dias subsequentes, as ninfas continuam a se alimentar até realizarem uma nova ecdise, dando origem à fase de metaninfa, na qual ocorre a diferenciação sexual, resultando em machos e fêmeas adultos. Em um intervalo de 14 a 16 dias, os adultos copulam, permitindo que as fêmeas fecundadas iniciem um intenso processo

de alimentação, culminando no ingurgitamento. No 18º dia, algumas fêmeas ingurgitadas começam a se desprender do hospedeiro, embora a maior parte se solte no 21º dia (Hitchcock, 1955; Furlong, 2005; Pereira *et al.*, 2008; Andreotti; Garcia; Koller, 2019). Os machos podem permanecer no hospedeiro por até 70 dias após a infestação, à procura de outras fêmeas para cópula (Hitchcock, 1955). Após o desprendimento das fêmeas ingurgitadas inicia-se novamente a fase de vida não parasitária. Estima-se que aproximadamente 95% da população total de carrapatos esteja presente no ambiente, enquanto apenas cerca de 5% encontram-se parasitando bovinos (Campos Pereira *et al.*, 2008). Essa distribuição representa um desafio importante para o controle da espécie, já que a maioria das estratégias de manejo é direcionada apenas aos indivíduos na fase parasitária, que compõem a menor fração da população (Figura 4).

Figura 3 - Esquema do ciclo de vida do carrapato *Rhipicephalus microplus*



Fonte: Fotografias de estágios evolutivos cedidas por Daniel Sobreira Rodrigues; figura elaborada pelo autor (2024).

Figura 4 - Distribuição da população de *Rhipicephalus microplus* de acordo com a fase de vida



Fonte: dos autores, 2024.

3. Importância na produção animal

Tendo o bovino como seu principal hospedeiro, o *R. microplus*, destaca-se como o carrapato de maior importância na pecuária, acarretando significativas perdas econômicas (Figura 5). Conforme apontado por Grisi *et al.* (2014), estima-se que as doenças parasitárias causem prejuízos de aproximadamente US\$14 bilhões na pecuária brasileira, com cerca de US\$3,24 bilhões atribuídos especificamente ao *R. microplus*. Em escala global, estima-se que carrapatos e as doenças por eles transmitidas acarretem prejuízos econômicos anuais entre US\$22 e US\$30 bilhões (Lew-Tabor; Rodriguez Valle, 2016).

Cada fêmea ingurgitada é capaz de ingerir entre 0,5 mL e 1,0 mL de sangue ao longo de seu ciclo parasitário, esse valor, multiplicado pelo número de carrapatos sobre cada animal, permite estimar a expressiva perda sanguínea dos hospedeiros durante infestações (Pereira *et al.*, 2008). Infestações elevadas comprometem diretamente a saúde e a produtividade dos animais, resultando em queda no ganho de peso, redução na produção de leite e carne, prejuízos à eficiência reprodutiva (Garcia *et al.*, 2019). Além dos danos causados pela espoliação sanguínea, provocando irritações, lesões cutâneas, inoculação de toxinas e consequentemente depreciação do couro (Rodrigues; Leite, 2013; Lopes *et al.*, 2015; Calvano *et al.*, 2019).

Adicionalmente, *R. microplus* atua como vetor de agentes patogênicos como *Babesia bovis*, *Babesia bigemina* e *Anaplasma marginale*, que são os principais patógenos do complexo de doenças causadoras da Tristeza Parasitária Bovina (TPB), enfermidades que induzem extrema emaciação no gado, culminando muitas vezes em morte (Labruna; Machado, 2006; Garcia *et al.*, 2019).

Figura 5 - Animal com intenso parasitismo por *Rhipicephalus microplus*, apresentando áreas de alopecia



Fonte: dos autores, 2024.

4. Controle do *Rhipicephalus microplus*

O controle do *R. microplus* continua sendo um dos principais desafios sanitários enfrentados pela pecuária bovina no Brasil, exigindo estratégias sustentáveis e multifacetadas de manejo integrado (Higa *et al.*, 2019) (Figura 6). Dentre as abordagens atualmente disponíveis, o método predominante ainda é o controle químico, baseado no uso de acaricidas químicos (Lopes *et al.*, 2015).

Figura 6 - Pilares do controle estratégico do carrapato-do-boi (*R. microplus*)



Fonte: dos autores, 2024.

A aplicação estratégica de produtos químicos constitui como a principal medida para o controle direto dos ectoparasitos nos animais, sendo baseada no conhecimento da biologia do carrapato e da dinâmica de suas infestações, o que permite a definição de períodos críticos de tratamento (Andreotti; Garcia; Koller, 2019). No entanto, a eficácia dos produtos químicos está diretamente relacionada à adoção de uma série de boas práticas, como a escolha adequada do princípio ativo, o modo correto de aplicação, a frequência dos períodos de tratamento (Furlong, 2005). A utilização inadequada dessas medidas tem contribuído significativamente para o surgimento de populações de *R. microplus* com altos níveis de resistência aos principais princípios ativos utilizados no país, comprometendo a eficácia do controle químico e agravando os impactos econômicos e produtivos causados pelo parasitismo (Higa *et al.*, 2016; Valsoni *et al.*, 2021).

Diversos estudos conduzidos em regiões distintas do Brasil evidenciam níveis preocupantes de resistência, incluindo casos de múltipla resistência. Na Paraíba, foram observadas resistências simultâneas a cipermetrina, clorpirifós, amitraz e ivermectina (Vilela *et al.*, 2020); no Amazonas, à cipermetrina e deltametrina (Sousa *et al.*, 2022); e em Mato Grosso do Sul, ao fluazuron, ivermectina e fipronil (Valsoni *et al.*, 2021). No Sudeste, foram relatadas resistências em São Paulo a piretroides sintéticos e organofosforados (Mendes; Pereira; Prado, 2007; Mendes *et al.*, 2011;

Higa *et al.*, 2016), enquanto em Minas Gerais e no Espírito Santo verificaram-se resistências a piretroides e organofosforados, respectivamente (Higa *et al.*, 2016).

Diante da crescente ineficácia dos acaricidas convencionais e dos impactos ambientais decorrentes de seu uso contínuo, tem-se intensificado a busca por alternativas que componham programas de manejo integrado de carrapatos (Andreotti; Garcia; Koller, 2019). Entre essas estratégias destacam-se a seleção de animais geneticamente resistentes, o manejo racional de rebanhos, práticas de manejo ambiental, que buscam reduzir a pressão parasitária e melhorar a eficácia das medidas químicas, controle imunológico por meio de vacinas e o controle biológico também vem ganhando destaque, especialmente com o uso de inimigos naturais como fungos entomopatogênicos (Jonsson; Piper; Constantinoiu, 2014; Rodríguez-Vivas; Jonsson; Bhushan, 2018).

Nos bovinos parasitados é comum a presença simultânea de *R. microplus* em diferentes estágios de desenvolvimento, essa dinâmica populacional, assegura que, mesmo entre os intervalos de aplicação de acaricidas, haja carrapatos se desprendendo dos hospedeiros e completando seu ciclo no ambiente, resultando em constantes reinfestações (Furlong; Prata, 2005; Andreotti; Garcia; Koller, 2019). Por essa razão, é fundamental que os tratamentos sejam realizados antes que as fêmeas estejam completamente ingurgitadas, evitando assim que atinjam o solo em condições ideais para a postura de ovos, assim, interromper o ciclo parasitário e reduzir a carga ambiental de formas imaturas, responsáveis pelas reinfestações subsequentes (Andreotti; Garcia; Koller, 2019).

Desse modo, o controle estratégico do *R. microplus* consiste na aplicação programada de acaricidas ao final dos períodos desfavoráveis ao desenvolvimento do carrapato na pastagem, com o objetivo de reduzir a infestação antes do início do ciclo reprodutivo em larga escala (Rodríguez-Vivas; Jonsson; Bhushan, 2018; Andreotti; Garcia; Koller, 2019). Essa abordagem deve ser adaptada às condições climáticas de cada região, uma vez que fatores como temperatura, umidade e altitude influenciam diretamente na dinâmica sazonal do parasita (Nicaretta *et al.*, 2021). Recomenda-se a realização de cinco tratamentos consecutivos com acaricidas de contato, em intervalos de 21 dias (Furlong; Sales, 2007; Andreotti; Garcia; Koller, 2019).

Durante a estação seca, o ambiente se torna hostil à sobrevivência das larvas, que tendem a se abrigar em partes mais protegidas das plantas, apresentando maior mortalidade, especialmente em regiões mais frias e de maior altitude. Esse cenário

favorece a adoção do controle estratégico ao final da seca, quando as populações ainda estão reduzidas (Furlong; Sales, 2007; Pereira *et al.*, 2008). Com o início das chuvas, o ciclo do carrapato se acelera e a população tende a aumentar rapidamente (Furlong; Sales, 2007). Portanto, a aplicação antecipada de tratamentos visa impedir surtos populacionais no verão, sendo essencial agir quando a população ambiental se encontra em declínio natural (Pereira *et al.*, 2008).

O manejo estratégico inclui ainda medidas como a rotação e o repouso de pastagens, a introdução de gramíneas com propriedades repelentes, como *Melinis minutiflora* e *Andropogon gayanus*, e o uso criterioso de acaricidas, com o objetivo de reduzir a pressão seletiva sobre as populações de carrapatos e promover um controle mais eficaz e ambientalmente responsável (Thompson; Roa; Romero, 1978; Fernandez-Ruvalcaba *et al.*, 2004; Andreotti; Garcia; Koller, 2019).

A seleção adequada do carrapaticida representa o primeiro passo fundamental para a implementação de um programa eficaz de controle. No Brasil, encontram-se disponíveis diversos princípios ativos destinados ao combate do *Rhipicephalus microplus*, com centenas de produtos carrapaticidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2025). Atualmente, existe aproximadamente mais de 250 produtos comercializados para o controle químico de carrapatos no país (Klafke *et al.*, 2024; Brasil, 2025). Os produtos utilizados no controle do *R. microplus* podem ser classificados em duas categorias conforme seu modo de ação. A primeira corresponde aos produtos de ação por contato, nos quais o carrapato precisa ter contato direto com a substância para que ocorra o efeito. A segunda categoria abrange os produtos de ação sistêmica, que exigem a metabolização do composto pelo organismo do animal hospedeiro, sendo o princípio ativo absorvido pelo carrapato durante o repasto sanguíneo (Andreotti; Garcia; Koller, 2019). No Quadro 1, estão listados as principais classes químicas e grupos, modo de ação e apresentação disponíveis para tratamento do *R. microplus*.

Os produtos comerciais utilizados no controle do *R. microplus* são disponibilizados nas formas injetável, pour-on e por meio de pulverização ou imersão (Higa *et al.*, 2019). A formulação injetável é aplicada diretamente nos bovinos por via subcutânea. Já o método pour-on consiste na aplicação do produto ao longo da linha dorsal do animal, permitindo sua dispersão sobre a superfície corporal. A pulverização envolve a aplicação do carrapaticida diluído em água, utilizando equipamentos apropriados para garantir a cobertura adequada do corpo do animal. No método por

imersão, os bovinos são conduzidos por estruturas específicas onde são completamente mergulhados em uma solução diluída do produto (Furlong *et al.*, 2007; Higa *et al.*, 2019).

Quadro 1 - Principais classes acaricidas e seus respectivos modo de ação, apresentação, principais grupos disponíveis para tratamento e mecanismos de ação

Classe química	Modo de ação	Apresentação	Princípios ativos mais comuns	Mecanismo de ação
Organofosforados	Contato	Pulverização e Pour-on	Clorpirifós Clorfenvinfós Coumafós Diazinon Diclorvós Fention Triclorfon	Inibidor de acetilcolinesterase
Piretróide	Contato	Pulverização e Pour-on	Alfametrina Cipermetrina Ciflutrina Deltametrina Flumetrina Permetrina	Modulador de canais de sódio
Amidinas	Contato	Pulverização	Amitraz	Agonista da octopamina
Fenilpirazole	Contato	Pour-on	Fipronil	Bloqueador do canal de cloro
Benzofeniluréias	Sistêmico	Pulverização, Pour-on e Injetável	Fluazuron	Inibe a síntese de Quitina
Lactona macrocíclica	Sistêmico	Pour-on e Injetável	Abamectina Doramectina Eprinomectina Ivermectina	Ativador de canal de cloro

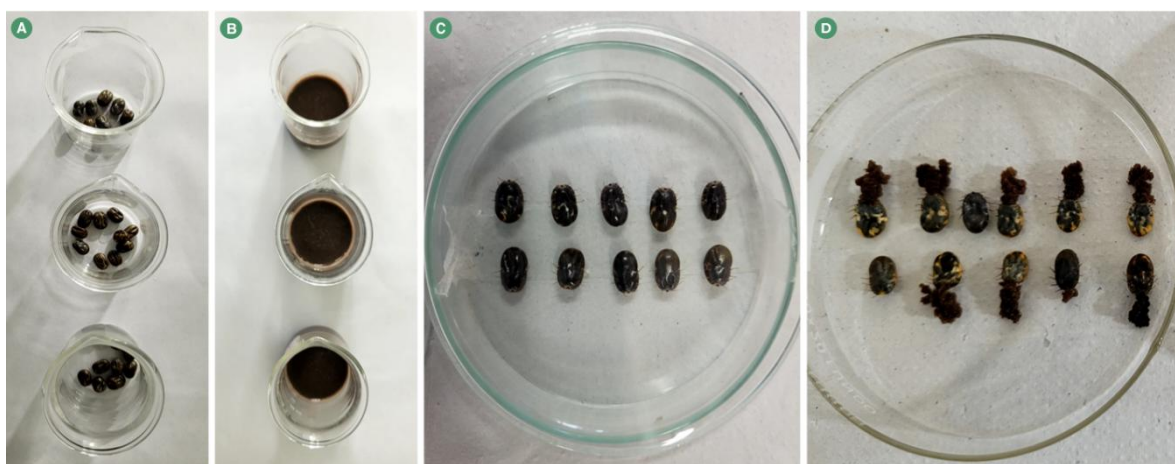
Fonte: Tabela adaptada de Rodriguez-Vivas; Jonsson; Bhushan, (2018) e Higa *et al.*, (2019).

A resistência do *R. microplus* aos carrapaticidas é um fenômeno evolutivo favorecido principalmente pelo uso contínuo e inadequado desses produtos (Abbas *et al.*, 2014; Andreotti; Garcia; Koller, 2019). Mesmo quando aplicados corretamente, é possível que parte da população de carrapatos apresente resistência natural por mutações genéticas pré-existentes ou adquira resistência ao longo do tempo devido à pressão seletiva imposta pelo produto (Furlong; Sales 2007). Esse processo resulta na sobrevivência e reprodução dos indivíduos resistentes, promovendo o aumento gradual da frequência dos alelos de resistência na população (Abbas *et al.*, 2014). Os mecanismos biológicos envolvidos na resistência incluem modificações no tegumento que dificultam a penetração do produto, alterações metabólicas que neutralizam o composto químico, mudanças na excreção e adaptação do local-alvo (Abbas *et al.*, 2014; Tabor *et al.*, 2017; Giachetto *et al.*, 2020).

Para minimizar a seleção de resistência, o manejo racional dos carrapaticidas é indispensável. A rotação criteriosa entre diferentes grupos químicos deve ser realizada apenas quando há evidências claras de perda de eficácia (Furlong; Sales, 2007). O uso estratégico, com base em tratamentos seletivos e integrados a boas práticas de manejo ambiental, é fundamental. Além disso, testes simples de eficácia *in vitro*, utilizando fêmeas ingurgitadas, permitem ao produtor identificar precocemente

a resistência e evitar trocas indiscriminadas de produtos (Drummond *et al.*, 1973; Andreotti; Garcia; Koller, 2019). A adoção consciente dessas estratégias é essencial para preservar a eficácia dos poucos carrapaticidas disponíveis e manter o controle sobre as infestações de forma sustentável.

Figura 7 - Teste de eficácia carrapaticida em *Rhipicephalus microplus*



(A, B) Fêmeas ingurgitadas submetidas à imersão em diferentes soluções acaricidas. (C) Fêmeas tratadas com produto eficaz, evidenciando morte antes da oviposição. (D) Fêmeas submetidas a tratamento ineficaz, apresentando postura parcial de ovos.

Fonte: dos autores, 2024.

5. Considerações finais

O *R. microplus* representa um dos maiores entraves sanitários da pecuária bovina nacional, impactando diretamente a produtividade e a rentabilidade do setor. Seu ciclo de vida, altamente adaptado ao ambiente e ao hospedeiro, aliado à sua capacidade de transmitir agentes etiológicos de doenças graves, reforça a necessidade de estratégias de controle eficazes, sustentáveis e baseadas no conhecimento aprofundado da biologia e da ecologia desse ectoparasito.

Embora o controle químico permaneça como principal ferramenta no combate ao carrapato, seu uso inadequado tem favorecido o surgimento e a disseminação de populações resistentes, comprometendo a eficácia dos tratamentos e tornando o problema ainda mais complexo. Nesse contexto, a adoção de programas de manejo integrado, que combinem controle químico racional, práticas de manejo ambiental, seleção de animais mais resistentes, controle biológico e o monitoramento contínuo

da eficácia dos produtos, surge como uma abordagem indispensável para a sustentabilidade do controle a longo prazo.

Portanto, enfrentar o desafio imposto por *R. microplus* exige um esforço coordenado entre produtores, pesquisadores e técnicos, promovendo uma mudança de paradigma no controle do carrapato. Somente por meio de ações integradas, planejamento estratégico e uso criterioso dos recursos disponíveis será possível reduzir a pressão parasitária nos rebanhos, preservar a eficácia dos acaricidas e garantir a sanidade e produtividade da pecuária brasileira.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade de Uberaba (UNIUBE); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), projetos APQ-01203-23; APQ-00825-22; APQ-03623-22. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências Bibliográficas

ABBAS, R. Z. et al. Acaricide resistance in cattle ticks and approaches to its management: the state of play. **Veterinary Parasitology**, v. 203, n. 1–2, p. 6–20, 16 jun. 2014.

ANDREOTTI, R.; GARCIA, M. V.; KOLLER, W. W. **Carrapatos na Cadeia Produtiva de Bovinos**. 1. ed. Brasília, EMBRAPA, 2019. Cap. 10., p. 137-147.

BEYS-DA-SILVA, W. O. et al. Updating the application of *Metarhizium anisopliae* to control cattle tick *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). **Experimental Parasitology**, v. 208, p. 107812, 1 jan. 2020.

BROVINI, C. N., FURLONG, J., CHAGAS, A. D. S. Influência dos fatores climáticos na biologia e no comportamento de fêmeas ingurgitadas de *Boophilus microplus* a campo. **Bioscience Journal**, v. 19, p. 71-76, 2003.

CAMPOS PEREIRA, M.; LABRUNA, M.B. *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. Chapter 3. In: CAMPOS PEREIRA, M.; LABRUNA, M. B.; SZABÓ, M. P. J.; KLAFKE, G. M. (Eds.). *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*: biologia, controle e resistência. Medicina Veterinária, São Paulo, 2008. 169 p.

CALVANO, M. P. C. A. et al. Economic efficiency of *Rhipicephalus microplus* control and effect on beef cattle performance in the Brazilian Cerrado. **Experimental & Applied Acarology**, v. 79, n. 3–4, p. 459–471, dez. 2019.

DRUMMOND, R. O. et al. *Boophilus annulatus* and *B. microplus*: laboratory tests of insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v. 66, n. 1, p. 130–133, fev. 1973.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO - FAOSTAT. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data>> Acesso em: 10 jun. 2024.

FERNANDEZ-RUVALCABA, M. et al. Anti-tick effects of *Melinis minutiflora* and *Andropogon gayanus* grasses on plots experimentally infested with *Boophilus microplus* larvae. **Experimental & Applied Acarology**, v. 32, n. 4, p. 293–299, 2004.

FURLONG, J. **Carrapatos: problemas e soluções**. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, 65 p., 2005.

FURLONG, J.; SALES, R. DE O. Controle Estratégico De Carrapatos Nos Bovinos De Leite: Uma Revisão. *Revista Brasileira De Higiene E Sanidade Animal*, V. 1, N. 2, P. 44–72, 30 Dez. 2007.

GARCIA, M. V. et al. Biologia e importância do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. In: ANDREOTTI, R.; GARCIA, M. V.; KOLLER, W. W. **Carrapatos na Cadeia Produtiva de Bovinos**. 1. ed. Brasília, EMBRAPA, 2019. Cap. 1., p. 17-27.

GAUSS, C. L. B.; FURLONG, J. Comportamento de larvas infestantes de *Boophilus microplus* em pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, v. 32, p. 467–472, jun. 2002.

GIACHETTO, P. F. et al. Gene Expression in the Salivary Gland of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* Fed on Tick-Susceptible and Tick-Resistant Hosts. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 9, p. 477, 2020.

GRISI, L. et al. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 23, p. 150–156, jun. 2014.

GUGLIELMONE, A. A. et al. Diversidade e importância de carrapatos na sanidade animal. In: BARROS-BATTESTI, D. M.; ARZUA, M.; BECHARA, G. H. **Carrapatos de importância médico-veterinária da região neotropical: um guia ilustrado para identificação de espécies**. 1. Ed. São Paulo. 2006. Cap. 7. p.115-124.

HIGA, L. O. S. et al. Controle do Carrapato-do-boi por meio de acaricidas. In: ANDREOTTI, R.; GARCIA, M. V.; KOLLER, W. W. **Carrapatos na Cadeia Produtiva de Bovinos**. 1. ed. Brasília, EMBRAPA, 2019. Cap. 10., p. 137-147.

HIGA, L. DE O. S. et al. Evaluation of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) resistance to different acaricide formulations using samples from Brazilian properties. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 25, p. 163–171, 7 jun. 2016.

HITCHCOCK, L. F. Studies on the parasitic stages of the cattle tick. *Boophilus microplus* (Canestrini)(Acarina: Ixodidae). **Australian Journal of Zoology**, v. 3, p. 145-155, 1955.

JONSSON, N. N.; PIPER, E. K.; CONSTANTINOIU, C. C. Host resistance in cattle to infestation with the cattle tick *Rhipicephalus microplus*. **Parasite Immunology**, v. 36, n. 11, p. 553–559, nov. 2014.

KLAFKE, G. M. et al. Brazil's battle against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* ticks: current strategies and future directions. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 33, p. e001423, 21 jun. 2024.

LABRUNA, M. B.; MACHADO, R. Z. Agentes transmitidos por carrapatos na região Neotropical. In: BARROS-BATTESTI, D. M.; ARZUA, M.; BECHARA, G. H. **Carrapatos de importância médico-veterinária da região neotropical: um guia ilustrado para identificação de espécies**. 1. Ed. São Paulo. 2006. Cap. 7. p.115-124.

LEW-TABOR, A. E.; RODRIGUEZ VALLE, M. A review of reverse vaccinology approaches for the development of vaccines against ticks and tick borne diseases. **Ticks and Tick-Borne Diseases**, v. 7, n. 4, p. 573–585, jun. 2016.

LOPES, L. B.; RODRIGUES, D. S.; LEITE, R. C.; PIRES, E. M.; CAMPOS, A. K. . INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS CARRAPATOS DE IMPORTÂNCIA PARA A PRODUÇÃO ANIMAL. In: Evaldo Martins Pires; Lílian Rigatto Martins; Artur Kanadani Campos. (Org.). **Parasitologia Aplicada aos Animais de Produção - OS ARTRÓPODES**. 1ed.: , 2015, v. , p. 188-224.

MA, M. *et al.* Biological Parameters of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) Fed on Rabbits, Sheep, and Cattle. **The Korean Journal of Parasitology**, v. 54, n. 3, p. 301–305, jun. 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Produtos veterinários farmacêuticos registrados no Brasil - 2025. Disponível em: <https://mapa-indicadores.agricultura.gov.br/publico/single/?appid=a3e9ce67-d63b-43ff-a295-20123996ead7&sheet=4c2ec12f-be27-47f2-8136-e2fd18cbb54a&lang=pt-BR&opt=ctxmenu&select=clearall>

MENDES, M. C. *et al.* Resistance to cypermethrin, deltamethrin and chlorpyrifos in populations of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) from small farms of the State of São Paulo, Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 178, n. 3–4, p. 383–388, 10 jun. 2011.

MENDES, M. C.; PEREIRA, J. R.; PRADO, A. P. Sensitivity Of *Boophilus Microplus* (Acari: Ixodidae) To Pyrethroids And Organophosphate In Farms In The Vale Do Paraíba Region, São Paulo, BRAZIL. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 74, p. 81–85, jul. 2007.

National Center for Biotechnology Information. Taxonomy Browser. *Rhipicephalus microplus* (NCBI-ID: 6941). Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=6941>.

NICARETTA, J. E. *et al.* *Rhipicephalus microplus* seasonal dynamic in a Cerrado biome, Brazil: An update data considering the global warming. **Veterinary Parasitology**, v. 296, p. 109506, ago. 2021.

PEREIRA, M. C. *et al.* ***Rhipicephalus (Boophilus) microplus: biologia, controle e resistência***. 1. Ed. São Paulo. MedVet Livros. 2008.

PEREIRA, M.C.; LABRUNA, M. B. In: *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. PEREIRA, M. C. *et al.* ***Rhipicephalus (Boophilus) microplus: biologia, controle e resistência***. 1. Ed. São Paulo. MedVet Livros. 2008. Cap 3. p. 15-53.

PEREZ-MARTINEZ, M. B. *et al.* Worldwide comparison between the potential distribution of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) under climate change scenarios. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 37, n. 4, p. 745–753, dez. 2023.

RODRIGUES, D. S.; LEITE, R. C. Economic impact of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: estimate of decreased milk production on a dairy farm. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 1570–1572, out. 2013.

RODRIGUEZ-VIVAS, R. I.; JONSSON, N. N.; BHUSHAN, C. Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. **Parasitology Research**, v. 117, n. 1, p. 3–29, 2018.

SOUSA, A. B. B. DE *et al.* First Description of Acaricide Resistance in Populations of *Rhipicephalus microplus* Tick from the Lower Amazon, Brazil. **Animals**, v. 12, n. 21, p. 2931, jan. 2022.

TABOR, A. E. *et al.* Cattle Tick *Rhipicephalus microplus*-Host Interface: A Review of Resistant and Susceptible Host Responses. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 7, 11 dez. 2017.

THOMPSON, K. C.; ROA E, J.; ROMERO N, T. Anti-tick grasses as the basis for developing practical tropical tick control packages. **Tropical Animal Health and Production**, v. 10, n. 3, p. 179–182, ago. 1978.

VALSONI, L. M. *et al.* Status of *Rhipicephalus microplus* resistance to ivermectin, fipronil and fluazuron in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 30, p. e025220, 12 fev. 2021.

VILELA, V. L. R. *et al.* Multiple acaricide-resistant *Rhipicephalus microplus* in the semi-arid region of Paraíba State, Brazil. **Ticks and Tick-Borne Diseases**, v. 11, n. 4, p. 101413, jul. 2020.

CAPÍTULO 06

A Tripanossomíase Bovina: Breve Revisão De Literatura

*Ana Clara Silva Paiva¹, Giovanna Rodrigues Goulart², Amanda Tomé Rocha Resende²,
Tiago Antônio de Oliveira Mendes³, Márcio Sobreira Silva Araújo⁴, Olindo Assis Martins
Filho⁴, Priscilla Elias Ferreira da Silva⁵, Edilane Aparecida da Silva⁶, Gabriela Renata Silva
Hussar⁷, Eustáquio Resende Bittar⁸, Joely Ferreira Figueiredo Bittar⁸*

¹Graduanda em Medicina Veterinária. Universidade de Uberaba (UNIUBE), Uberaba, MG, Brasil

²Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Sanidade Mestrado em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos. Universidade de Uberaba (UNIUBE), Uberaba, MG, Brasil

³Pesquisador na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil

⁴Grupo Integrado de Pesquisas em Biomarcadores do Instituto Pesquisas René Rachou/FIOCRUZ, Minas Gerais, Brasil

⁵Bolsista BDCTI-I/FAPEMIG - Universidade do AGRO UNIUBE

⁶Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, Minas Gerais, Brasil

⁷Departamento de Medicina Veterinária; Universidade de Uberaba (UNIUBE), Uberaba, MG, Brasil

⁸Pesquisador/Professor do Programa de Pós-graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos – PPGSPAT, Universidade de Uberaba/UNIUBE, Uberaba, MG Brasil

Resumo: A Tripanossomíase Bovina é uma doença ocasionada pelo protozoário *Trypanosoma vivax*, originário do continente Africano. O parasito sobrevive no plasma sanguíneo dos animais e pode ocasionar a enfermidade de forma aguda, subaguda ou crônica. Ela é considerada um desafio em meio a pecuária devido à alta taxa de disseminação, ao tratamento de alto custo (e muitas vezes resistente) e aos impactos financeiros gerados. Dentre os principais sinais clínicos, destacam-se as perdas reprodutivas, queda na produção, alteração na qualidade espermática, anemia, emagrecimento progressivo, dificuldade de locomoção, abortos, sinais neurológicos e, em casos extremos, a morte. Observa-se ainda que os casos assintomáticos atrasam o diagnóstico e influenciam na maior contaminação de outros animais. Neste sentido, torna-se premente a realização de novos estudos acerca da tripanossomíase bovina com vistas a garantir uma menor taxa de contaminação e prejuízos aos criadores. Assim, o presente capítulo configura-se em uma revisão, abarcando atualizações sobre a doença.

Palavras-chaves: *Trypanosoma vivax*, Rebanho Bovino, Brasil.

1. Aspectos epidemiológicos da tripanossomíase bovina

O protozoário *Trypanosoma vivax* foi introduzido na América Latina por meio da importação de gado infectado da África, sendo disseminado por diversos países (Jones e Dávila, 2001). A tripanossomíase bovina mediada por *T. vivax* foi relatada pela primeira vez na região amazônica do Brasil em búfalos do Pará (Shaw e Lainson, 1972) e em bovinos do Amapá (Serra-Freire, 1981). Posteriormente, infecções em rebanhos bovinos ocorreram frequentemente em outros estados do Norte (Linhares *et al.*, 2006), Nordeste (Batista *et al.*, 2007; Guerra *et al.*, 2013; Lopes *et al.*, 2018), Centro-Oeste (Silva *et al.*, 1996; Osório *et al.*, 2008), Sudeste (Carvalho *et al.*, 2012; Cadioli *et al.*, 2012) e Sul do Brasil (Silva *et al.*, 2009). Atualmente, *T. vivax* é considerado endêmico em algumas regiões do Pantanal e da Floresta Amazônica (Samoel, 2024).

No sul do Brasil, apesar dos relatos de infecção por *T. vivax* em bovinos (Silva *et al.*, 2009) e equinos naturalmente infectados (Silva *et al.*, 2011), não há dados sobre o estado de circulação do patógeno no Rio Grande do Sul. Este Estado está geograficamente localizado entre territórios que apresentam características que podem favorecer a disseminação da doença (Samoel, 2024).

A região da Argentina que faz fronteira com o Brasil possui numerosos rebanhos bovinos e a cultura da prática de rodeios, além de diversos relatos de tráfico de animais para o Brasil. Isso pode representar um fator de risco para a introdução de doenças nos rebanhos brasileiros (Samoel, 2024).

A ampla extensão territorial do Brasil proporciona condições climáticas diversas que determinam diferentes condições epidemiológicas da tripanossomíase bovina brasileira (Caymmi, 2022). As condições ambientais da região norte e do Pantanal viabilizam o estabelecimento enzoótico de *T. vivax* devido à grande disponibilidade de vetores nestes locais. Assim, desde o primeiro surto da doença que ocorreu no estado do Pará em 1946, até o início dos anos 2000, a ocorrência de *T. vivax* esteve concentrada nessas regiões (Boulhosa, 1946; Shaw e Larson, 1972; Serrafreire, 1984; Silva *et al.*, 1996; Paiva *et al.*, 1997).

Os estudos epidemiológicos abrangentes, que avaliam a prevalência e distribuição de *T. vivax* por meio de exames mais sensíveis e em populações significativas, ainda são escassos no país, restritos aos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará (Madruga *et al.*, 2006), Minas Gerais (Meneses, 2016), Pernambuco (Guerra *et al.*, 2013) e Goiás (Bastos *et al.*, 2020). As terras baixas

alagadiças do pantanal mato-grossense fornecem um ambiente favorável para tripanossomíase, com soropositividade média maior que 50%, assim como em Belém do Pará e na Ilha de Marajó, que apresentam maiores prevalências devido à característica climática local, que possibilita infestação constante de vetores (Madruga *et al.*, 2006; Guedes Junior *et al.*, 2008). Estas regiões são consideradas áreas de estabilidade enzoótica, onde as características ambientais possibilitam o estabelecimento endêmico da doença e a exposição constante dos animais ao agente favorece a manutenção da imunidade do hospedeiro, que se torna portador assintomático (Rodrigues, 2016).

As regiões semiáridas do país são consideradas áreas de instabilidade enzoótica, onde as condições ambientais são desfavoráveis à proliferação de vetores durante a maior parte do ano e possibilitam a ocorrência de animais sem memória imunológica, suscetíveis a infecções mais severas da doença, que ocorre na forma de surtos epizooticos nessas regiões (Batista *et al.*, 2007; Batista *et al.*, 2008; Guerra *et al.*, 2013; Andrade Neto *et al.*, 2019).

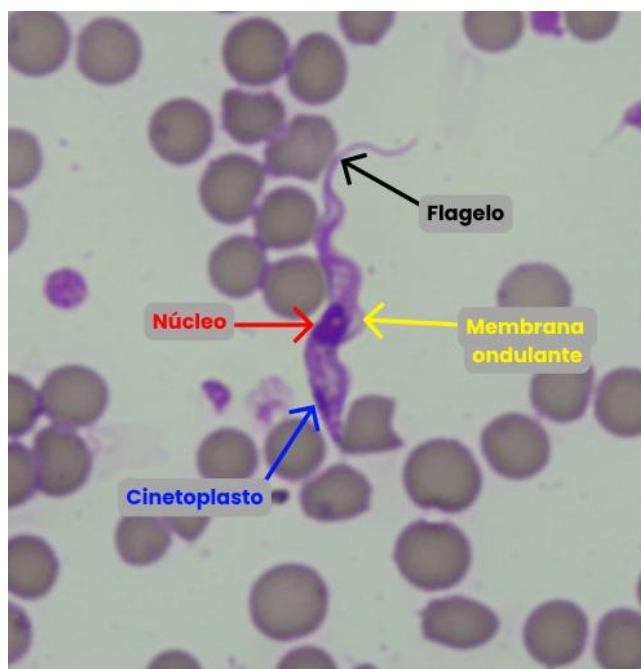
As taxas de infecção em bovinos nas áreas endêmicas variam consideravelmente e podem atingir números superiores a 60% (Radostits *et al.*, 2002). Já o coeficiente de morbidade durante surtos pode alcançar 70% e a mortalidade é influenciada por características do agente patogênico e pelo grau de resistência do hospedeiro (Radostits *et al.*, 2002).

2. O agente etiológico: taxonomia e aspectos biológicos

Trypanosoma vivax é um protozoário hemoflagelado que pode infectar diversas espécies de vertebrados (Figura 1). A confirmação e identificação das espécies de *Trypanosoma* são importantes para diagnosticar o agente causador das tripanossomíases nos animais domésticos e silvestres, além de especificar o tratamento e aumentar as chances de cura (Fritzen, 2025).

Trypanosoma vivax é o agente etiológico de maior importância na tripanossomíase bovina (Germano *et al.*, 2018). Ele é classificado como um organismo unicelular, eucariótico, flagelado, da classe Mastigophora, ordem Kinetoplastida, família Trypanosomatidae, subordem Trypanosomatina e do subgênero *Dutonella* (Hoare, 1972).

Figura 1 - Microscopia óptica de esfregaço de sanguíneo em aumento de imersão (100x) evidenciando o *Trypanosoma vivax*



Fonte: Arquivo pessoal Bittar; Borges, 2024.

T. vivax é um parasita pleomórfico, ou seja, sua forma varia durante todo o ciclo biológico, sendo a forma tripomastigota (Figura 1) encontrada na corrente sanguínea dos hospedeiros vertebrados, especialmente bovinos, bubalinos, ovinos e caprinos e a forma epimastigota encontrada nos dípteros do gênero *Glossina* (moscas tsé-tsé), único hospedeiro invertebrado onde há a multiplicação do parasito (Martins *et al.*, 2008). Morfologicamente este protozoário se caracteriza pela presença de membrana ondulante desenvolvida, flagelo livre, e grande cinetoplasto situado na extremidade posterior (variando entre uma forma circular e elíptica), sendo uma importante característica diagnóstica em esfregaços sanguíneos (Hoare, 1972; Osório *et al.*, 2008; Gonzatti *et al.*, 2013).

3. O ciclo biológico de *Trypanosoma vivax*

O ciclo biológico do protozoário é dividido em duas fases e envolve obrigatoriamente um hospedeiro mamífero e o inseto hematófago. O parasito, ao se aderir à parede interna da probóscide do vetor, através da região flagelar, se diferencia em epimastigota, perdendo a camada de moléculas complexas superficiais denominadas glicoproteínas. Em seguida, há uma intensa multiplicação da forma epimastigota e o protozoário adquire uma nova camada de glicoproteínas, dando

origem a forma tripomastigota metacíclica. Por fim, após essa evolução, os parasitos que se diferenciaram em formas tripomastigotas metacíclicas tornam-se infectantes podendo ser inoculados nos animais pelos insetos durante o repasto sanguíneo (Gardiner, 1989). Nos hospedeiros vertebrados, as formas tripomastigotas metacíclicas irão trocar novamente a glicoproteína de superfície, diferenciando-se em tripomastigotas sanguíneos, nos quais se multiplicam na corrente sanguínea por divisão não binária, onde não há estágios de evolução intracelular (Gardiner, 1989).

As formas sanguíneas são transmitidas diretamente do hospedeiro mamífero através da picada dos insetos hematófagos ou por transmissão iatrogênica, como por exemplo, o uso de uma mesma agulha em vários animais durante a aplicação de medicamentos ou vacinações, sendo mais comum a aplicação de ocitocina em vacas produtoras de leite (Vargas; Arellano, 1997; Jones; Dávila, 2001). Apesar da multiplicação de *T. vivax* ocorrer na corrente circulatória, o período septicêmico é seguido pela migração extravascular do parasita (Gardiner, 1989). Esse fator parece estar relacionado à fisiopatologia das lesões inflamatórias e degenerativas, nas quais atingem potencialmente o trato reprodutivo (Silva *et al.*, 2004).

4. Transmissão do *Trypanosoma vivax*

Na América Central e do Sul, *T. vivax* adaptou-se à transmissão mecânica em que formas sanguíneas são transferidas de um mamífero para outro através de dípteras hematófagos das famílias Tabanidae, Stomoxidae e Hippoboscidae (Hoare, 1972; Paiva *et al.*, 2000; Batista *et al.*, 2007). Sabe-se que o patógeno tem um tempo de sobrevivência reduzido no aparelho bucal do vetor e que a transmissão é diretamente afetada pelo nível de parasitemia dos hospedeiros vertebrados (Gonzatti *et al.*, 2013). Carrapatos da espécie *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* e *Amblyomma cajennense* e piolhos da espécie *Haematopinus tuberculatus* também já foram detectados como positivos para a presença do parasito, entretanto seu papel no ciclo de transmissão mecânica de *T. vivax* é desconhecido (Bolivar, 2013; Dyonisio *et al.*, 2020). Outra forma de transmissão é a iatrogênica, através de fômites, que ocorre pelo uso compartilhado de seringas e agulhas contaminadas entre os animais, hábito muito comum durante a aplicação de ocitocina em vacas leiteiras no território brasileiro (Figura 3) (Batista *et al.*, 2012). Deste modo, é indicado separar uma seringa e agulha para cada animal e esterilizá-la com iodo antes da aplicação e nunca utilizar a agulha de outro animal a fim de prevenir doenças contagiosas (Leal *et al.*, 2025).

Após a inoculação na pele, o parasito cresce por poucos dias alcançando os gânglios linfáticos e em seguida, o sangue. Neste tecido, ele se reproduz por fissão binária e atinge o pico de parasitemia, que é acompanhado por sinais clínicos como depressão, febre, anorexia, perda de peso, anemia, edema e sinais neurológicos, além de abortos espontâneos e diarreia, evidenciando um agravamento do quadro do animal (Somé, 2024).

O estudo de Leal *et al.* (2025), mostrou que pode haver transmissão de *T. vivax* através da palpação retal, pela reutilização de luvas entre os animais. Os autores enfatizam que nenhum *T. vivax* viável foi observado quando se utilizou a solução de iodo a 0,5% e a 0.5%+10% do volume total de solução de fezes. Essas duas soluções foram 100% eficazes contra as formas tripomastigotas do protozoário após 10 segundos de exposição à solução contendo o desinfetante. A contagem de tripomastigotas viáveis por ml presentes em solução contendo 0.5% de iodo e 0.5% de iodo+10% do volume total de fezes foi menor ($p \leq 0.05$) comparado com a contagem presente em solução contendo água e água+fezes, de 10 segundos até cinco horas de exposição (Leal *et al.*, 2025).

No Brasil, nenhum estudo confirma a transmissão mecânica de *T. vivax* por insetos hematófagos para bovinos (Batista *et al.*, 2007; Batista *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2009; Cuglovici *et al.*, 2010; Cadioli *et al.*, 2012; Vieira *et al.*, 2017; Snak *et al.*, 2018; Costa *et al.*, 2020; Alcindo *et al.*, 2022). Heller *et al.* (2024) demonstrou que a transmissão mecânica de *T. vivax* pela mosca dos estábulos (*Stomoxys calcitrans*) também não ocorre ou não é confirmada no Brasil. Nesse sentido, pode-se inferir que a transmissão epidemiológica significativa para bovinos ocorre pela via iatrogênica (Desquesnes e Dia, 2003, 2004; Bastos *et al.*, 2020a, b; Bastos *et al.*, 2021; Melo-Junior *et al.*, 2022; Heller *et al.*, 2024).

5. Sinais clínicos da tripanossomíase bovina e implicações na reprodução

O surgimento da patogênese está diretamente relacionado a fatores do próprio hospedeiro, como idade, susceptibilidade do animal, condição nutricional, ciclo de gestação ou lactação, infecções recorrentes, quadro imunológico, raça, entre outros (Anosa, 1983; Katunguka-Rwakishaya *et al.*, 1997). De acordo com um estudo realizado por Uribe (2018), animais com bom estado nutricional apresentam maior resistência e levam mais tempo para apresentar os sinais característicos da doença. As alterações clínicas da tripanossomíase bovina são observadas principalmente em

razão da anemia e imunossupressão. Isso ocorre a partir do momento que as formas tripomastigotas são inoculadas na derme dos bovinos pelos insetos ou pelos fômites, dando continuidade ao ciclo (Radostits *et al.*, 2002).

É importante ressaltar que animais infectados podem apresentar-se assintomáticos e posteriormente evoluir da fase aguda para a fase crônica da doença (Osório *et al.*, 2008), sendo indispensável analisar os animais diariamente. De acordo com Batista *et al.* (2008), após a inoculação do *T. vivax* por via intravenosa, o período pré-patente é em média de quatro dias, e de sete dias por via intramuscular. Em meio ao surgimento da patogenia, episódios agudos podem persistir por alguns dias, onde há o risco de ocorrer a evolução da doença para a fase subaguda, e posteriormente, a depender do quadro, para a fase crônica (Radostits *et al.*, 2002).

No estudo conduzido por Uribe (2018), um surto pode iniciar cerca de dois meses após a entrada de um animal infectado na fazenda; se não tratados em tempo oportuno terão um tempo médio de vida de 15 a 21 dias após a infecção. Os bovinos infectados demonstram alta parasitemia na fase aguda, porém com sinais inespecíficos, como redução na produção, anemia intensa, apatia, fraqueza, perda de peso, linfonodos palpáveis aumentados, frequências cardíaca e respiratória aumentadas, mucosas apresentando petéquias e equimoses, abortos, sinais neurológicos e até morte, levando a confusão do diagnóstico com outras doenças com a mesma sintomatologia (Batista *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2008; Cadioli *et al.*, 2012; Frange, 2013; Germano *et al.*, 2017).

Os animais assintomáticos são aqueles que representam maior risco para o rebanho, pois prejudicam os programas de controle que dependem da manifestação clínica da doença. Em casos de suspeita de animais assintomáticos compondo o rebanho, é recomendando que o proprietário juntamente com o médico veterinário implemente o tratamento em todos os animais da propriedade, pois é bem provável que nestas ocasiões já tenham ocorrido a exposição em larga escala; sugere-se ainda a testagem de todos os bovinos a fim de separar os animais infectados dos hígidos (Berthier *et al.*, 2016).

No que se refere aos casos crônicos, é possível observar que nas áreas endêmicas com infecção natural haverá evolução da doença, sendo relatados diversos sinais, tais como: anemia proeminente, linfonodos aumentados, fraqueza progressiva, redução na produção leiteira, apatia, prostração, perda de peso, hipoglicemia, linfadenopatia, abortamentos, cegueira, sinais neurológicos

caracterizados por tremores musculares, incoordenação motora e hipertermia (Gonzatti, *et al.*, 2014) (Batista *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2009; Batista *et al.*, 2012).

Além dos sinais já citados, Frange *et al.* (2013) e Bezerra e Batista (2008) observaram em seus estudos que a tripanossomíase apresenta efeitos sobre a reprodução como a repetição de cio, infertilidade, subfertilidade, natimortos ou nascimento de crias fracas, abortos, anestro temporário ou permanente, partos distócicos e filhotes com baixo escore corporal (Ogwu *et al.*, 1984; Rodrigues *et al.*, 2013). Essas alterações são observadas em bovinos susceptíveis e causam prejuízos na queda produção da produção leiteira e interrupção do ciclo (Bezerra e Batista, 2008). Os animais infectados variam de uma infecção crônica assintomática a uma doença altamente debilitante com alterações hematológicas, sinais neurológicos e óbito, variando em função de fatores associados ao parasita e ao hospedeiro, como imunidade, escore corporal e quantidade de formas infectantes inoculadas (Ventura *et al.*, 2001; Andrade *et al.*, 2019). O período de incubação da doença é variável, em cabras e ovelhas dura em torno de 4 a 12 dias e em bovinos de 9 a 14 dias (Chamond *et al.*, 2010; Dagnachew; Tessema, 2015). Estudos recentes em ovelhas demonstraram que a prenhez causa uma exacerbação da infecção, levando a uma parasitemia elevada e persistente, seguida de hipertermia.

Distúrbios hormonais também são presentes e ocasionados pela degeneração do hipotálamo, hipófise e gônadas, o que resulta na diminuição da secreção de hormônios essenciais nos processos reprodutivos, um exemplo é a progesterona, que apresentou níveis séricos reduzidos em animais infectados (Silva *et al.*, 2013). Nos machos, *T. vivax* causa lesões em testículo e epidídimo e pode resultar em diminuição da libido, retardo da puberdade, queda na qualidade do sêmen e diminuição do volume seminal (Sekoni; Rekwot; Bawa, 2004).

Batista *et al.* (2017) demonstrou que mesmo em vacas fora do período de parasitemia de *T. vivax*, os efeitos adversos da infecção na parte reprodutiva persistem na infecção crônica (Batista *et al.*, 2017; Bastos *et al.*, 2017). Contudo, não é possível saber se isso ocorre devido a essas desordens reprodutivas ou devido à redução no leite de vacas com *T. vivax* ou se isso acontece devido a soma dos dois fatores. Uma consequência reprodutiva notável foi o aumento no número de procedimentos como por exemplo, a Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) requeridos por uma vaca cronicamente infectada por *T. vivax* em comparação a vacas prenhas positivas e

negativas. No estudo conduzido por Batista *et al.* (2017), observou-se que vacas cronicamente contaminadas apresentaram um retardo no aparecimento do primeiro estro pós parto e aumento da incidência da repetição de cio. Estudos anteriores com vacas e pequenos ruminantes sugerem que isso se deve a infecção pelo protozoário que é capaz de provocar no indivíduo acometido lesões e degeneração do hipotálamo, hipófise, ovários e útero (Massake, 1980; Ogwu *et al.*, 1986; Batista *et al.*, 2007; Rodrigues *et al.*, 2013; Abah *et al.*, 2021). Ademais, *T. vivax* tem a habilidade de produzir neuraminidase, uma enzima que pode interferir no desenvolvimento embrionário e na implantação, causando a infertilidade (Ogwu *et al.*, 1984).

Ademais, lesões na adeno-hipófise pode refletir diretamente nos hormônios responsáveis pela atividade do estro, como as gonadotropinas (GnRH - hormônio liberador de gonadotrofina, FSH - hormônio folículo-estimulante e LH - hormônio luteinizante) e esteroides (estrógeno e progesterona). Mudanças nas concentrações desses hormônios podem inibir a atividade de ciclagem e levar ao anestro (Losos, 1972; Masake, 1980), que de acordo com Batista (2008), pode ser definitivo. Outra consequência reprodutiva induzida pelo protozoário é o aborto entre 82 e 144 dias de gestação. Vacas cronicamente infectadas por *T. vivax* são quatro vezes mais propícias a apresentarem perda gestacional comparadas as soronegativas (Batista, 2008; Somé, 2024).

O efeito vascular da infecção também deve ser considerado relacionado a explicação na redução de plaquetas, com danos vasculares e coagulopatias observadas na infecção por *T. vivax* em vasos do cérebro, coração, pulmão, fígado, baço, pâncreas, rins e tecido adiposo em experimentos com camundongos. (Fritzen, 2025).

6. Métodos diagnósticos para detecção de *Trypanosoma vivax*

Dentre os testes parasitológicos mais empregados para diagnosticar a presença de *T. vivax* no Brasil, destacam-se o esfregaço sanguíneo, o método de micro hematócrito de Woo, método de esfregaço sanguíneo com a camada leucocitária de *Buffy coat* e o aspirado de linfonodo, esta utilização é justificada pela facilidade de realização a campo e pelo menor custo, porém possuem uma baixa especificidade e sensibilidade principalmente quando a carga parasitária é baixa (Woo, 1970; Murray, 1977; Silva *et al.*, 2002; Cortez *et al.*, 2009).

As principais técnicas sorológicas utilizadas atualmente são o teste imunoenzimático de ELISA e a Reação de Imunofluorescência Indireta (RIFI). O teste de ELISA indireto é bastante utilizado por ser simples e útil para avaliação de um número grande de animais (Osório *et al.*, 2008; Gonzatti *et al.*, 2013). A RIFI tem mostrado boa sensibilidade, no entanto, recomenda-se a associação de dois métodos diagnósticos, haja visto que a presença de anticorpos não significa necessariamente que a infecção esteja ativa no animal (Bassi *et al.*, 2018). Para o diagnóstico molecular destacam-se a Reação em Cadeia da Polimerase (Polymerase Chain Reaction - PCR) utilizando marcadores de microssatélites (Masiga *et al.*, 1992; Morlais *et al.*, 2001), técnicas de RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) baseadas em distintas enzimas de restrição (GEYSEN; DELESPAUX; GEERTS, 2003), técnicas de marcação de polimorfismo com sondas de fluorescência intituladas FFLB (Fluorescent Fragment Length Barcoding) (Hamilton *et al.*, 2011) e ainda técnicas de amplificação convencional e em tempo real (Fidelis Junior *et al.*, 2019).

7. Tratamentos utilizados na tripanossomíase bovina

No Brasil, os dois medicamentos mais utilizados no tratamento da tripanossomose em bovinos, ovinos e caprinos são o acetato de diminazeno e o cloreto de isometamidium (Gonzatti *et al.*, 2013; Germano *et al.*, 2018), contudo, vale ressaltar que esses fármacos não asseguram a eliminação completa do parasita, podendo haver reativação da infecção em situações de comprometimento imunológico (Linhares *et al.*, 2006).

Alguns estudos já demonstram a resistência com recidiva clínica ao tratamento com acetato de diminazeno, sendo o cloreto de isometamidium atualmente o fármaco de escolha (Cadioli *et al.*, 2012; Giordani *et al.*, 2016). A opção por cloreto de isometamidium se baseia na capacidade terapêutica e profilática promovendo um período de proteção que varia de 118 a 195 dias em função do acúmulo do fármaco nos tecidos (Peregrine, 1994; Giordani *et al.*, 2016).

De modo geral, a literatura revela que após o tratamento, os animais infectados mostraram um aumento da produção de leite e que o consumo de matéria seca não foi afetado. Isto posto, é possível depreender que o tratamento com cloreto de isometamidium combinado com protetor hepático e vitamina B12 é considerado efetivo (Fritzen, 2025).

8. Medidas de prevenção e controle

A profilaxia para a Tripanossomíase deve ser feita pela testagem dos animais antes de introduzi-los a um rebanho hígido ou pela realização de quarentena em todo animal adquirido. As estratégias para prevenir a AAT (African Animal Trypanosomiasis) baseiam-se tipicamente no controle de vetores, utilizando inseticidas, armadilhas ou manejo de pastagens, em combinação com a profilaxia com medicamentos tripanocidas. No entanto, a resistência generalizada aos medicamentos e o custo contínuo de manter o controle transnacional significam que, em uma situação ideal, uma vacina é a solução preferencial e sustentável (Ramirez, 2022).

Outro fator relevante para a disseminação da tripanossomíase bovina é a falta de protocolos padronizados para o controle da doença em áreas onde a infecção não é considerada endêmica. O manejo inadequado pode facilitar a disseminação de diversos agentes patogênicos entre o rebanho, reforçando a necessidade de educação sanitária e adoção de boas práticas, especialmente em propriedades leiteiras que realizam procedimentos frequentes de administração hormonal ou terapêutica (Leal, 2025).

9. Considerações finais

Trypanosoma vivax, agente causador da tripanossomíase bovina, é o protozoário responsável pelo adoecimento de diversos animais diariamente no território brasileiro, ocasionando prejuízos aos produtores rurais e criadores de gado. Assim, nota-se a importância da doença a nível nacional, sendo primordial o aprofundamento de estudos e pesquisas a respeito do protozoário para desenvolver um imunizante eficaz que consiga prevenir ou impedir a forma grave da doença, diminuindo sua disseminação e impactos causados.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro concedido por meio dos projetos APQ-03623-22 e APQ-00825-22, e ao Programa de Apoio à Pesquisa da Universidade de Uberaba (PAPE-UNIUBE), pelo incentivo à produção e divulgação científica.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, Â. M. F. D.; DANTAS, M. M. D. O.; DANTAS, K. E. F. M.; SANTOS, F. G. D. A. Tripanossomíase causada por *T. cruzi* e *T. evansi* em vertebrados – revisão de literatura. In: CRUZ, D. L. V. et al. (org.). Saúde pública no século XXI: uma abordagem multidisciplinar. São Paulo: Editora Omnis Scientia, 2024. p. 211-225. DOI: 10.47094/978-65-6036-259-8/211-225.
- BATISTA, J. S.; FREITAS, C. I. A.; SILVA, J. B.; CAVALCANTI, T. V.; PAIVA, K. A. R.; LOPES, F. C.; LIRA, R. *Clinical evaluation and reproductive indices of dairy cows naturally infected with Trypanosoma vivax*. 2017. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n5p3031
- CASTELLI, G.; SILVA, R.; COSTA, A.; MARCILI, A. *Trypanosoma vivax*: uma breve revisão. 2020.
- CAVALCANTI, F. V. P.; SILVA, T. R.; CADIOLI, F. A. As consequências da dificuldade do diagnóstico da infecção por *Trypanosoma vivax* em bovinos: revisão de literatura. 2021. DOI: 10.37885/211106724.
- CAYMMI, L. G. Caracterização de surtos de infecção natural por *Trypanosoma vivax* em bovinos: aspectos clínicos, epidemiológicos e tratamento. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Salvador, 2022.
- COUTO, L. et al. Reproductive, productive and financial consequences of chronic *Trypanosoma vivax* infection in a dairy cattle herd in a region without a cyclic vector. *Veterinary Parasitology*, 2024.
- ENGSTLER, M.; PFOHL, T. et al. Hydrodynamic flow-mediated protein sorting on the cell surface of trypanosomes. *Cell*, 2007. Disponível em: <https://www.cell.com/>. Acesso em: 14 maio 2025.
- FRITZEN, A.; VITT, M.; DEOLINDO, G. Outbreak of *Trypanosoma vivax* in dairy cows: hematologic, immunological and antioxidant responses before and after treatment with isometamidium chloride. *Pathogens*, v. 14, n. 2, 2025. DOI: 10.3390/pathogens14020143.
- SAMOEL, G. V. A.; FERNANDES, F. D.; ROMAN, I. J.; RODRIGUES, B. T.; MILETTI, L. C.; BRÄUNIG, P. et al. Detection of anti-*Trypanosoma* spp. antibodies in cattle from southern Brazil. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, v. 33, n. 1, e013723, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612024002>.
- SILVA PEREIRA, S.; BRÁS, D.; PORQUEDDU, T.; NASCIMENTO, A. M.; DE NIZ, M. Investigation of *Trypanosoma*-induced vascular damage sheds insights into *Trypanosoma vivax* sequestration. *The Cell Surface*, v. 10, 2023. ISSN 2468-2330. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2023.100113>.
- SOMÉ, G. F.; SÉRÉ, M.; SOMDA, B. M. et al. Immune response in cattle trypanosomosis and trypanotolerance: main findings and gaps. *Parasite Immunology*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/pim.13075>.

CAPÍTULO 07

Controle Biológico Do Carrapato *Rhipicephalus microplus*: Ênfase No Uso De Fungos Entomopatogênicos

Gabriel Henrique Santos Silveira¹; Júlia Oliveira Alcântara²; Isabel Cristina Padula Paz³; Alexandre Martins Guimarães³; Daniel Sobreira Rodrigues⁴; Priscilla Elias Ferreira da Silva⁵; Eustáquio Resende Bittar⁶; Joely Ferreira Figueiredo Bittar⁶

¹Doutorando no programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical e Infectologia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM

²Discente de graduação no curso de Medicina Veterinária da Universidade do AGRO - UNIUBE (Universidade de Uberaba)

³Biota Innovations, Uberaba, Minas Gerais, Brasil

⁴Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, Minas Gerais, Brasil

⁵Departamento de Medicina Veterinária; Universidade de Uberaba, Uberaba, Minas Gerais, Brasil

⁶Docente do curso Medicina Veterinária, Universidade do AGRO UNIUBE, Pesquisador no Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos (PPGSPAT-UNIUBE)

Resumo: O controle do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, importante ectoparasita de bovinos e vetor de agentes patogênicos, representa um desafio constante para a pecuária, especialmente diante da resistência crescente aos acaricidas químicos disponíveis no mercado. Nesse contexto, torna-se premente a inserção de novas abordagens que sejam capazes de mitigar esse problema, destacando-se, portanto, a utilização de fungos entomopatogênicos como alternativa biológica sustentável no manejo de ectoparasitas. *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Purpureocillium lilacinum* possuem capacidade de infectar e causar mortalidade nos estágios parasitários e de vida livre do carrapato. Ademais, o capítulo ressalta a importância estratégica do uso desses microrganismos no contexto da saúde animal e controle de artrópodes vetores, considerando aspectos ecológicos, eficácia em diferentes condições ambientais e potencial de integração com outras práticas de manejo. Os autores reforçam ainda a necessidade de pesquisas aplicadas e desenvolvimento de formulações comerciais viáveis, visando à implementação efetiva dessa tecnologia em condições de campo.

Palavras-chave: Controle biológico; Saúde animal; Artrópodes vetores; Fungos Entomopatogênicos.

1. Introdução

O carrapato *Rhipicephalus microplus*, popularmente conhecido como carrapato-do-boi, é um dos principais ectoparasitos que afetam a bovinocultura em regiões tropicais e subtropicais, com destaque para países da América Latina, especialmente o Brasil (Andreotti *et al.*, 2019). Esse ectoparasita hematófago é responsável por significativas perdas econômicas, tanto por efeitos diretos, como anemia, redução no ganho de peso e queda na produção de carne, leite e couro, quanto por impactos indiretos, como a transmissão de patógenos hemoparasitários como *Babesia* spp. e *Anaplasma marginale*, agentes etiológicos da Tristeza Parasitária Bovina (Labruna; Machado, 2006; Garcia *et al.*, 2019.)

A dinâmica de infestação de *R. microplus* está intimamente ligada ao seu ciclo de vida monoxênico, com parte significativa de seu desenvolvimento ocorrendo no ambiente, sob forma de ovos, larvas e ninfas, e outra parte sobre o hospedeiro bovino, como ninfas e adultos (Pereira *et al.*, 2008; Ma *et al.*, 2016). Essa característica permite que o parasita se adapte a diferentes condições climáticas e ambientais, especialmente em regiões de clima quente e úmido, favorecendo infestações recorrentes ao longo do ano (Pereira *et al.*, 2008).

Conforme estimativas de Grisi *et al.* (2014), as doenças parasitárias são responsáveis por prejuízos superiores a US\$14 bilhões anuais na pecuária brasileira, sendo aproximadamente US\$ 3,24 bilhões atribuídos exclusivamente ao impacto de *R. microplus*. Infestações elevadas comprometem a produtividade animal, levando à perda de peso, queda na produção leiteira e de carne, além da depreciação do couro (Rodrigues; Leite, 2013; Calvano *et al.*, 2019).

Historicamente, o controle desse ectoparasita tem sido sustentado no uso intensivo de acaricidas sintéticos, pertencentes a diferentes classes químicas, como organofosforados, piretroides, amidinas e lactonas macrocíclicas (Higa *et al.*, 2019). No entanto, o uso contínuo, indiscriminado e muitas vezes incorreto desses produtos leva à seleção de populações resistentes em diversas regiões do país. Além da ineficácia no controle, essa prática levanta preocupações ambientais e sanitárias, devido à presença de resíduos em produtos de origem animal e à contaminação de solos e recursos hídricos (Higa *et al.*, 2016; Valsoni *et al.*, 2021).

Diante desse cenário, alternativas sustentáveis tornam-se urgentes e necessárias. O controle biológico desponta como uma estratégia promissora, integrada ao manejo de parasitas, com menor impacto ambiental e risco reduzido de

desenvolvimento de resistência (Alves, 1998; Berti Filho; Macedo, 2011). Dentre os agentes de controle biológico disponíveis, os fungos entomopatogênicos se destacam por sua capacidade de infectar e causar mortalidade em diferentes fases do ciclo de vida dos carrapatos, especialmente aquelas que ocorrem no ambiente (Chandler *et al.*, 2000). Esses microrganismos apresentam vantagens como especificidade ao hospedeiro, e compatibilidade com outras táticas de controle (Braga *et al.*, 2001; Mascarin; Pauli, 2010).

Além disso, a crescente demanda por práticas agropecuárias mais sustentáveis e por produtos de origem animal livres de resíduos químicos tem impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento de bioacaricidas à base de fungos. A sua eficácia, no entanto, depende de diversos fatores, como cepa utilizada, formulação, modo de aplicação e condições ambientais (De Sousa; Silva; Soares, 2025).

Este capítulo tem como objetivo discutir os fundamentos do controle biológico do *R. microplus*, com ênfase na utilização de fungos entomopatogênicos, abordando aspectos relacionados à biologia desses agentes, mecanismos de infecção, espécies mais promissoras, limitações tecnológicas, desafios na produção e formulação de bioacaricidas, bem como perspectivas futuras para sua adoção em sistemas pecuários.

2. Fundamentos do controle biológico de carrapatos

O conceito de “controle biológico” foi empregado pela primeira vez por Harry Scott Smith em 1919, para designar o uso de organismos vivos no controle de insetos praga (Berti Filho; Macedo, 2011). De acordo com DeBach, (1992), o controle biológico pode ser definido como “a ação de parasitoides, predadores e patógenos na manutenção da densidade de outro organismo a um nível mais baixo do que aquele que normalmente ocorreria nas suas ausências”. Assim, todas as espécies de plantas e animais possuem inimigos naturais atacando seus vários estágios de vidas, conforme destacado por (Parra *et al.*, 2002). Esses inimigos naturais abrangem uma ampla variedade de grupos, incluindo insetos, vírus, fungos, bactérias, nematoides, protozoários, rickettsias, micoplasmas, ácaros, aranhas, aves e mamíferos (Parra *et al.*, 2002).

Desde o início do século XX, pesquisadores têm documentado inúmeros agentes de controle biológico do *R. microplus*, incluindo, parasitoides como formigas,

dípteros e nematódeos entomopatogênicos (Chagas; Furlong; Nascimento, 2002; Monteiro *et al.*, 2010; Miranda-Miranda *et al.*, 2011; De Mendonça *et al.*, 2019).

Diversas espécies de aves, incluindo a galinha doméstica (*Gallus gallus domesticus*), já foram relacionadas como predadoras de carrapatos, assim como bactérias, vírus e fungos (Samish; Ginsberg; Glazer, 2004; Fernández-Ruvalcaba *et al.*, 2010; Bernardo *et al.*, 2018). Entre os agentes patogênicos utilizados no manejo biológico de carrapatos, os fungos se destacam devido à sua eficácia e versatilidade.

2.1. Fungos entomopatogênicos no controle de *Rhipicephalus microplus*

Salientando a importância desse controle, Alves, (1998), destaca o controle microbiano como a principal meta da patologia de insetos, representando um ramo do controle biológico que consiste na utilização racional de patógenos e manutenção adequada da população de pragas.

Os primeiros patógenos a serem utilizados no controle microbiano foram os fungos (Davidson, 2012). Esses organismos possuem uma ampla variabilidade genética e a capacidade de atuar em diversos estágios evolutivos de seus hospedeiros, conferindo-lhes a qualidade de agentes eficientes para o controle de pragas (Samish; Ginsberg; Glazer, 2004). Além de sua ação patogênica, a utilização desses organismos traz muitos benefícios ambientais, pois são endófitos de plantas, antagonistas de doenças vegetais, colonizadores da rizosfera e promotores do crescimento das plantas (Vega *et al.*, 2009; Lacey *et al.*, 2015). Ademais, sua utilização auxilia na redução do uso de agrotóxicos, redução dos resíduos químicos nos alimentos e meio ambiente, segurança ao homem e outros organismos (Alves, 1998).

No entanto, os fungos apresentam algumas desvantagens como, a ação lenta sobre seu hospedeiro e o potencial impacto em artrópodes não alvo (Ginsberg *et al.*, 2002). A sensibilidade aos fatores abióticos, como temperatura, umidade relativa e radiação ultravioleta, podem afetar o crescimento vegetativo, a produção de conídios e a germinação fúngica, interferindo na capacidade invasiva no artrópode alvo e consequentemente em sua virulência (Braga *et al.*, 2001). A produção em massa pode ser onerosa, e a vida útil limitada de alguns produtos os tornando ainda mais caros (Samish; Ginsberg; Glazer, 2004).

Contudo, muitas dessas restrições podem ser superadas por meio da seleção e recombinação genética de organismos mais tolerantes aos efeitos abióticos e mais

virulentos (Mascarin; Jaronski, 2016), bem como por meio de formulações avançadas contendo óleos, umectantes, protetores de radiação ultravioleta e nutrientes para estimular a germinação e crescimento fúngico (Mascarin; Pauli, 2010).

2.2. Espécies fúngicas com atividade acaricida

Os fungos que apresentam patogenicidade para carrapatos provavelmente constituem um subgrupo funcional dentro do grupo de fungos patogênicos para insetos, compartilhando associações filogenéticas, mas com uma gama mais restrita de hospedeiros (Chandler *et al.*, 2000). São conhecidas aproximadamente 1.000 espécies de fungos em 56 gêneros, capazes de serem patogênicas para artrópodes (Hajek; Leger, 1994; Chandler *et al.*, 2000; St. Leger; Wang, 2010).

Dentre as espécies mais importantes que infectam os carrapatos na natureza estão *Beauveria bassiana* s. l., *Metarhizium anisopliae* s.l., *Isaria fumosorosea*, *Purpureocillium lilacinum* e *Lecanicillium lecanii* (Chandler *et al.*, 2000; Mascarin *et al.*, 2019a; Szczepańska *et al.*, 2020; Alonso-Díaz; Fernández-Salas, 2021a).

No Brasil, *M. anisopliae* é o fungo mais utilizado como ingrediente ativo em biopesticidas, representando 24% dos produtos registrados, seguido por *B. bassiana*, que está presente em 13% dos produtos, e por *Trichoderma harzianum*, com 4% (Mascarin *et al.*, 2019a).

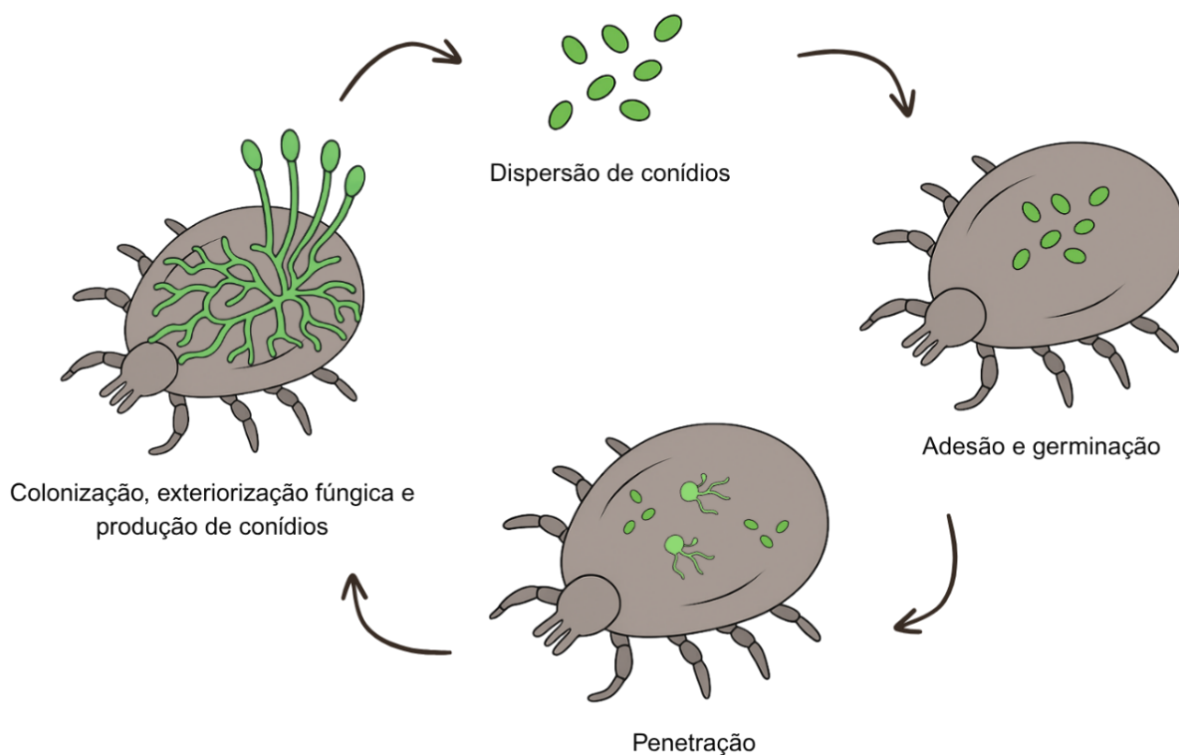
Numerosos estudos têm documentado a eficácia dos fungos entomopatogênicos no controle de carrapatos, tanto em laboratório quanto em condições de campo (Angelo *et al.*, 2010; Ángel-Sahagún *et al.*, 2010; Camargo *et al.*, 2012; Samish *et al.*, 2014). Os ascomicetos *Metarhizium anisopliae* s.l. e *Beauveria bassiana* s.l. são historicamente as espécies mais caracterizadas e utilizadas no controle de carrapato (Chandler *et al.*, 2000; Schrank; Vainstein, 2010; Mesquita *et al.*, 2023). Uma síntese de estudos sobre a eficácia dessas espécies encontra-se na Tabela 1.

2.3. Mecanismo de infecção e fatores que influenciam a eficácia

O processo de infecção de um fungo entomopatogênico sobre o hospedeiro ocorre por contato, após a ligação do esporo com a cutícula do hospedeiro, realizada por meio de processos químicos (digestão enzimática) e físicos (pressão mecânica) (Schrank; Vainstein, 2010). Este inicia-se com o reconhecimento do hospedeiro suscetível pelos conídios, seguido da adesão e germinação destes na superfície do

hospedeiro. Em seguida, ocorre o desenvolvimento de estruturas específicas, como o tubo germinativo e o apressório, seguido da penetração através da cutícula do hospedeiro, crescimento fúngico intenso e morte do hospedeiro (Figura 1 e 2) (Beys-da-Silva *et al.*, 2020). O processo de germinação e infecção bem-sucedido é influenciado por diversos fatores, incluindo a suscetibilidade do hospedeiro, seu estágio de desenvolvimento, além de condições ambientais como temperatura e umidade, e também pela virulência do isolado fúngico (Zimmermann, 2007).

Figura 1 - Processo de infecção de *Rhipicephalus microplus* por fungos entomopatogênicos



Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

Tabela 1 - Espécies de fungos relatados como entomopatogênicos contra o carrapato *Rhipicephalus microplus*

ESPÉCIE FÚNGICA	TIPO DE ENSAIO	ALVOS AVALIADOS	CONTROLE	REFERÊNCIA
<i>Metarhizium anisopliae</i> Ma34	In vitro	Larvas e fêmeas ingurgitadas	57-100%	Ojeda-Chi et al., (2010)
<i>Metarhizium anisopliae</i> Ma14	In vitro	Larvas e fêmeas ingurgitadas	62-100%	Ojeda-Chi et al., (2010)
<i>Metarhizium anisopliae</i> Ma34 + Ma14	In vitro	Larvas e fêmeas ingurgitadas	90-100%	Ojeda-Chi et al., (2010)
<i>Metarhizium anisopliae</i> Ma34 + Ma14	Pastagem	Larvas	67–100%	Ojeda-Chi et al., (2010)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	In vitro	Larvas	2-100%	Ángel-Sahagún et al., (2010)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Pastagem	Larvas	68–94%	Ángel-Sahagún et al., (2010)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	In vivo	Todas as fases parasitárias	40–91%	Alonso-Díaz et al., (2007)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	In vivo	Todas as fases parasitárias	19–75%	Camargo et al., (2016, 2014)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	In vivo	Todas as fases parasitárias	66%	Barbieri et al., (2023)
<i>Metarhizium robertsii</i>	Pastagem	Fêmeas ingurgitadas	65%	Marciano et al., (2021)
<i>Isaria fumosorosea</i>	In vitro	Larvas	5–94%	Ángel-Sahagún et al., (2010)
<i>Isaria fumosorosea</i>	In vitro	Todas as fases parasitárias	56-59%	Angelo et al., (2012)
<i>Isaria farinosa</i>	In vitro	Todas as fases parasitárias	25-98%	Angelo et al., (2012)
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	In vitro	Todas as fases parasitárias	13-67%	Angelo et al., (2012)
<i>Lecanicillium lecanii</i>	In vitro	Todas as fases parasitárias	41-100%	Angelo et al., (2010)
<i>Aspergillus flavus</i>	In vitro	Fêmeas ingurgitadas	80%	Miranda-Miranda et al., (2012)
<i>Beauveria bassiana</i>	In vivo	Todas as fases parasitárias	18–32%	Campos et al., (2010)
<i>Beauveria bassiana</i>	In vivo	Todas as fases parasitárias	13–38%	Zeina et al., (2022)
<i>Beauveria bassiana</i>	In vitro	Fêmeas ingurgitadas	100%	Alcalá-Gómez et al., (2024)
<i>Beauveria bassiana</i> CG464	In vivo	Larvas	95%	Fernandes et al., (2011)

Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

Figura 2 - *Rhipicephalus microplus* apresentando exteriorização fúngica. A - Fêmea ingurgitada colonizada no solo pelo fungo *Purpureocillium lilacinum* BIC 0119; B - Fêmea ingurgitada colonizada pelo fungo *Beauveria bassiana* IBCB66



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2025.

2.4. Produção de bioacaricidas: desafios e estratégias

A produção de bioinseticidas à base de fungos entomopatogênicos enfrenta diversos desafios, que se estendem desde a seleção e pesquisa com isolados até os processos industriais de produção, formulação e comercialização, incluindo aspectos técnicos, regulatórios e de automação (Almeida; Leite; Batista Filho, 2019). Para que esses bioinseticidas sejam eficazes no controle biológico, é essencial que os processos de cultivo assegurem alta viabilidade, estabilidade e virulência dos propágulos fúngicos, sendo os conídios os esporos mais comumente utilizados em aplicações comerciais (Cañedo; Ames, 2004).

A escolha da estrutura fúngica a ser produzida está diretamente relacionada à sua função no ciclo biológico do patógeno e à forma de aplicação em campo (Almeida; Leite; Batista Filho, 2019). Entre as estruturas empregadas no controle de pragas destacam-se: (1) os conídios, responsáveis pela dispersão e infecção inicial; (2) os blastósporos, que se multiplicam na hemolinfa dos hospedeiros; (3) o micélio, que emerge do corpo do inseto e permite a formação de novos conídios; e (4) os esporos de resistência, que garantem a sobrevivência do fungo em condições ambientais

adversas, especialmente no solo (Almeida; Leite; Batista Filho, 2019; Islam *et al.*, 2021).

A escolha do método de produção influencia diretamente a obtenção dessas estruturas, sendo a fermentação em meio sólido a técnica mais amplamente utilizada para a produção de conídios em larga escala (Alves, 1998; Michereff Filho *et al.*, 2009). Nesse sistema, o fungo é cultivado na superfície de substratos vegetais, como o arroz parboilizado, sob condições controladas de temperatura, umidade e aeração. (Michereff Filho *et al.*, 2009) A simplicidade operacional, o baixo custo dos insumos e a alta eficiência na esporulação tornam essa metodologia particularmente atrativa para fabricantes de bioinseticidas (Almeida; Leite; Batista Filho, 2019). Já a fermentação em meio líquido é mais apropriada para a produção de estruturas propagativas como blastósporos e micélio, exigindo controle rigoroso dos parâmetros físico-químicos do meio, como a proporção carbono-nitrogênio, aeração e agitação (Leite *et al.*, 2003; Ottati-de-Lima *et al.*, 2014). Embora demande maior investimento tecnológico, a fermentação líquida permite maior padronização, automatização do processo e viabilidade para formulações líquidas, inclusive aquelas destinadas à aplicação via irrigação ou pulverização foliar (Almeida; Leite; Batista Filho, 2019; Faria; Wraight, 2007).

Independentemente do método adotado, o sucesso na produção de bioinseticidas fúngicos está condicionado à implementação de protocolos rigorosos de controle de qualidade, que garantam elevada concentração, viabilidade e virulência dos propágulos, assegurando seu desempenho no campo (Almeida *et al.*, 2008).

2.4.1. Formulações

A formulação representa uma etapa crucial no desenvolvimento de bioinseticidas fúngicos, pois influencia diretamente a estabilidade, viabilidade, facilidade de aplicação e eficácia do produto final (Faria; Wraight, 2007). Formulações adequadas protegem os propágulos contra fatores ambientais adversos, como radiação ultravioleta, variações de temperatura e perda de umidade, além de garantir boa dispersão e aderência nas superfícies dos hospedeiros (Faria; Wraight, 2007; Mascarin *et al.*, 2019b). Os principais tipos de formulações de fungos entomopatogênicos, características e aplicações práticas encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Tipos de formulações de fungos entomopatogênicos, características e formas de aplicações

Tipo de formulação	Definição
Pó molhável	Pó que deve ser disperso em água antes da aplicação; requer aditivos para miscibilidade.
Grânulo	Formulação sólida com grânulos de tamanho uniforme.; o ativo é aderido ou incorporado ao grânulo.
Grânulo dispersível em água	Grânulos que devem ser desintegrados e dispersos em água antes da aplicação.
Isca	Formulação atrativa para a praga-alvo; útil para direcionar a exposição da praga.
Pó de contato	Pó de fluxo livre para aplicação direta sobre a superfície-alvo.
Concentrado de suspensão	Suspensão aquosa estável, deve ser diluída em água antes do uso.
Concentrado miscível em óleo	Suspensão estável do ingrediente ativo em um fluido orgânico, destinada à diluição em solventes orgânicos antes da aplicação.
Suspensão para ultrabaixo volume	Formulação pronta para uso em aplicações com equipamentos ULV (Ultra Low Volume), usados principalmente para pulverizações com volumes muito reduzidos.
Dispersão oleosa	Suspensão oleosa com emulsificantes; miscível em água por agitação manual.
Microencapsulação	Conídios encapsulados em biopolímeros; aumentam a estabilidade e resistência a condições abióticas.

Fonte: Faria; Wraight, 2007 (Adaptado) e (De Jesus Seabra *et al.*, 2024).

Diversos tipos de formulações de fungos entomopatogênicos têm sido explorados como alternativas promissoras no controle de *R. microplus*, especialmente diante da crescente resistência aos acaricidas químicos. Barbieri *et al.*, (2023) testaram em campo duas formulações oleosas de *Metarhizium anisopliae* aplicadas por pulverização, demonstrando que a adição de adjuvantes como óleo mineral e óleo de silicone pode potencializar a eficácia do biocontrole, com reduções significativas na infestação de carrapatos por até 28 dias após a aplicação. Já Meirelles *et al.*, (2023) relataram o uso da técnica de gelificação iônica para encapsular conídios de *M.*

anisopliae em alginato de sódio, resultando em partículas com maior tolerância a fatores ambientais adversos, como radiação UV-B e calor, além de aumento da vida útil dos propágulos e redução mais eficaz nos parâmetros biológicos de fêmeas ingurgitadas. Complementando esses achados, Marciano et al., (2021b) avaliaram formulações granuladas contendo micélio em forma de microsclerócios ou blastósporos de *Metarhizium robertsii* aplicadas ao solo, que demonstraram boa persistência e efetividade na redução de larvas em condições semicampo, especialmente durante o período úmido. Esses estudos evidenciam como o tipo de formulação oleosa, encapsulada ou granulada influencia diretamente na estabilidade, persistência e eficácia dos fungos entomopatogênicos, sendo determinante para o sucesso do controle biológico de *R. microplus* em diferentes ambientes e estágios do parasito.

3. Considerações finais e perspectivas

O controle biológico do carrapato *R. microplus* por meio de fungos entomopatogênicos representa uma estratégia promissora e ecologicamente sustentável, especialmente diante do crescente desafio da resistência aos acaricidas químicos convencionais (Higa et al., 2016; Valsoni et al., 2021). A diversidade de espécies fúngicas com atividade acaricida, aliada à possibilidade de aplicação em diferentes formulações, permite sua inserção em programas de manejo integrado com reduzido impacto ambiental e baixo risco de seleção de resistência (Faria; Wraight, 2007).

Avanços significativos têm sido alcançados no isolamento de cepas virulentas, no aprimoramento das tecnologias de produção em larga escala e no desenvolvimento de formulações mais estáveis e adaptadas a diferentes condições ambientais (De Jesus Seabra et al., 2024; De Sousa; Silva; Soares, 2025). Ensaio em laboratório e em campo têm demonstrado resultados animadores quanto à eficácia de espécies como *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* e *Purpureocillium lilacinum*, especialmente quando aplicadas em formulações oleosas, encapsuladas ou granuladas (Angelo et al., 2012; Camargo et al., 2012).

Contudo, desafios importantes ainda precisam ser superados para que o uso desses agentes biológicos se torne prática rotineira na bovinocultura. Entre eles destacam-se a variabilidade da eficácia em campo, a sensibilidade dos fungos a fatores abióticos, os custos de produção e formulação, além de limitações na

regulamentação, registro e aceitação por parte dos produtores rurais (Mascarin *et al.*, 2019).

Para consolidar o uso de fungos entomopatogênicos como ferramenta efetiva no controle de *R. microplus*, é fundamental: promover o desenvolvimento de tecnologias de aplicação compatíveis com as práticas de manejo em campo; estimular a integração com outras estratégias de controle, como rotação de pastagens, seleção genética de bovinos e monitoramento populacional; Ampliar os programas de capacitação técnica para produtores e técnicos rurais; estabelecer políticas públicas de incentivo à adoção de tecnologias biológicas; investir em pesquisa multidisciplinar, com foco em biotecnologia, microbiologia aplicada, ecotoxicologia e economia rural (Fernandes *et al.*, 2011; Mascarin *et al.*, 2019; Alonso-Díaz; Fernández-Salas, 2021).

Dessa forma, o controle biológico com fungos entomopatogênicos poderá ocupar papel de destaque em sistemas de produção mais sustentáveis, resilientes e economicamente viáveis, contribuindo para a sanidade animal, a proteção ambiental e a segurança alimentar.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro concedido por meio dos projetos APQ-03623-22 e APQ-00825-22, e ao Programa de Apoio à Pesquisa da Universidade de Uberaba (PAPE-UNIUBE), pelo incentivo à produção e divulgação científica.

Referências Bibliográficas

ANDREOTTI, R.; GARCIA, M. V.; KOLLER, W. W. **Carrapatos na Cadeia Produtiva de Bovinos**. 1. ed. Brasília, EMBRAPA, 2019. Cap. 10., p. 137-147.

ALCALÁ-GÓMEZ, Jaime *et al.* *Beauveria bassiana* native strains affect the reproductive index of *Rhipicephalus microplus* ticks. **Experimental and Applied Acarology**, v. 93, n. 2, p. 485–496, 1 ago. 2024.

ALMEIDA, José Eduardo Marcondes; LEITE, Luís Garrigós; BATISTA FILHO, Antonio. Entomopathogenic Fungi. *In*: SOUZA, Brígida; VÁZQUEZ, Luis L.; MARUCCI, Rosangela C. (Orgs.). **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems: Biological Control and Functional Biodiversity**. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 223–233.

Almeida JEM, Batista Filho A, Alves SB *et al* (2008) Formulação de entomopatógenos na América Latina. *In*: Alves SB, Lopes RB (eds) **Controle microbiano de pragas da América Latina**. FEALQ, Piracicaba, pp 257–277

ALONSO-DÍAZ, M. A. *et al.* Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Hyphomycetes) for the control of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on naturally infested cattle in the Mexican tropics. **Veterinary Parasitology**, v. 147, n. 3, p. 336–340, 20 jul. 2007.

ALONSO-DÍAZ, Miguel Angel; FERNÁNDEZ-SALAS, Agustín. Entomopathogenic Fungi for Tick Control in Cattle Livestock From Mexico. **Frontiers in Fungal Biology**, v. 2, 30 abr. 2021.

ALVES, Sérgio Batista. Controle microbiano de insetos. 1998.

ANGELO, Isabele C. *et al.* Efficiency of *Lecanicillium lecanii* to control the tick *Rhipicephalus microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 172, n. 3, p. 317–322, 20 set. 2010.

ANGELO, Isabele C. *et al.* Virulence of *Isaria* sp. and *Purpureocillium lilacinum* to *Rhipicephalus microplus* tick under laboratory conditions. **Parasitology Research**, v. 111, n. 4, p. 1473–1480, 1 out. 2012.

ÁNGEL-SAHAGÚN, C. A. *et al.* Virulence of Mexican isolates of entomopathogenic fungi (Hypocreales: Clavicipitaceae) upon *Rhipicephalus* = *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) larvae and the efficacy of conidia formulations to reduce larval tick density under field conditions. **Veterinary Parasitology**, v. 170, n. 3, p. 278–286, 24 jun. 2010.

BARBIERI, A. *et al.* Field efficacy of *Metarhizium anisopliae* oil formulations against *Rhipicephalus microplus* ticks using a cattle spray race. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 14, n. 3, p. 102147, 1 maio 2023.

BERNARDO, Cíntia C. *et al.* Conidia and blastospores of *Metarhizium* spp. and *Beauveria bassiana* s.l.: Their development during the infection process and virulence against the tick *Rhipicephalus microplus*. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 9, n. 5, p. 1334–1342, 1 jul. 2018.

BERTI FILHO, Evoneo; MACEDO, Luciano Pacelli Medeiros. **Fundamentos de controle biológico de insetos-praga**. [S.l.]: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2011.

BEYS-DA-SILVA, Walter O. *et al.* Updating the application of *Metarhizium anisopliae* to control cattle tick *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). **Experimental Parasitology**, v. 208, p. 107812, 1 jan. 2020.

BRAGA, Gilberto U. L. *et al.* Effect of UV-B on conidia and germings of the entomopathogenic hyphomycete *Metarhizium anisopliae*. **Mycological Research**, v. 105, n. 7, p. 874–882, 1 jul. 2001.

CALVANO, M. P. C. A. *et al.* Economic efficiency of *Rhipicephalus microplus* control and effect on beef cattle performance in the Brazilian Cerrado. **Experimental & Applied Acarology**, v. 79, n. 3–4, p. 459–471, dez. 2019.

CAMARGO, Mariana G. *et al.* Effect of oil-based formulations of acaripathogenic fungi to control *Rhipicephalus microplus* ticks under laboratory conditions. **Veterinary Parasitology**, v. 188, n. 1, p. 140–147, 13 ago. 2012.

CAMARGO, Mariana G. *et al.* Commercial formulation of *Metarhizium anisopliae* for the control of *Rhipicephalus microplus* in a pen study. **Veterinary Parasitology**, v. 205, n. 1, p. 271–276, 15 set. 2014.

CAMARGO, Mariana G. *et al.* *Metarhizium anisopliae* for controlling *Rhipicephalus microplus* ticks under field conditions. **Veterinary Parasitology**, v. 223, p. 38–42, 15 jun. 2016.

Cañedo, V.; Ames, T. **Manual de Laboratorio Para El Manejo de Hongos Entomopatógenos**; Centro Internacional de la Papa (CIP): Lima, Peru, 2004; ISBN 92-9060-238-4.

CAMPOS, R. A. *et al.* Endophytic and entomopathogenic strains of *Beauveria* sp to control the bovine tick *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 9, n. 3, p. 1421–1430, 2010.

CHAGAS, A. C. de S.; FURLONG, J.; NASCIMENTO, C. B. Predation of *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae) tick engorged female by the ant *Pachycondyla striata* (Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae) in pastures. **Bioscience Journal (Brazil)**, v. 18, n. 2, 2002.

CHANDLER, D. *et al.* Fungal Biocontrol of Acari. **Biocontrol Science and Technology**, 1 ago. 2000.

DAVIDSON, Elizabeth W. Chapter 2 - History of Insect Pathology. *In*: VEGA, Fernando E.; KAYA, Harry K. (Orgs.). **Insect Pathology (Second Edition)**. San Diego: Academic Press, 2012. p. 13–28.

DE JESUS SEABRA, Matheus G. *et al.* New *Beauveria bassiana* aerial conidia-based bioinsecticide obtained by spray-dried microencapsulation of the entomopathogenic fungi in

biopolymers for crop protection. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 34, n. 1, p. 58, 5 nov. 2024.

DE MENDONÇA, Alessandra Ésther *et al.* Entomopathogenic nematodes in pharmaceutical formulations for *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) control: In vitro evaluation of compatibility, thermotolerance, and efficiency. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 10, n. 4, p. 781–786, 1 jun. 2019.

DE SOUSA, Thais Kato; SILVA, Adriane Toledo da; SOARES, Filippe Elias de Freitas. Fungi-Based Bioproducts: A Review in the Context of One Health. **Pathogens**, v. 14, n. 5, p. 463, maio 2025.

DEBACH, Paul. **Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas**. [S.l.]: Compañía Editorial Continental, 1992.

FARIA, Marcos R. de; WRIGHT, Stephen P. Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. **Biological Control**, v. 43, n. 3, p. 237–256, 1 dez. 2007.

FERNANDES, Éverton K. K. *et al.* An intensive search for promising fungal biological control agents of ticks, particularly *Rhipicephalus microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 182, n. 2, p. 307–318, 15 dez. 2011.

FERNÁNDEZ-RUVALCABA, Manuel *et al.* Evaluation of *Bacillus thuringiensis* Pathogenicity for a Strain of the Tick, *Rhipicephalus microplus*, Resistant to Chemical Pesticides. **Journal of Insect Science**, v. 10, p. 186, 22 out. 2010.

GINSBERG, Howard *et al.* Potential Nontarget Effects of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) Used for Biological Control of Ticks (Acari: Ixodidae). **Past Departments Faculty Publications (CELS)**, 1 jan. 2002.

GARCIA, M. V. *et al.* Biologia e importância do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. In: ANDREOTTI, R.; GARCIA, M. V.; KOLLER, W. W. **Carrapatos na Cadeia Produtiva de Bovinos**. 1. ed. Brasília, EMBRAPA, 2019. Cap. 1., p. 17-27.

GRISI, L. *et al.* Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 23, p. 150–156, jun. 2014.

HAJEK, A. E.; LEGER, R. J. St. Interactions Between Fungal Pathogens and Insect Hosts. **Annual Review of Entomology**, v. 39, n. Volume 39, 1994, p. 293–322, 1 jan. 1994.

HIGA, L. O. S. *et al.* Controle do Carrapato-do-boi por meio de acaricidas. In: ANDREOTTI, R.; GARCIA, M. V.; KOLLER, W. W. **Carrapatos na Cadeia Produtiva de Bovinos**. 1. ed. Brasília, EMBRAPA, 2019. Cap. 10., p. 137-147.

HIGA, L. DE O. S. *et al.* Evaluation of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) resistance to different acaricide formulations using samples from Brazilian properties. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 25, p. 163–171, 7 jun. 2016.

ISLAM, Waqar *et al.* Insect-fungal-interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. **Microbial Pathogenesis**, v. 159, p. 105122, 1 out. 2021.

LABRUNA, M. B; MACHADO, R. Z. Agentes transmitidos por carrapatos na região Neotropical. In: BARROS-BATTESTI, D. M.; ARZUA, M.; BECHARA, G. H. **Carrapatos de importância médico-veterinária da região neotropical: um guia ilustrado para identificação de espécies**. 1. Ed. São Paulo. 2006. Cap. 7. p.115-124.

LACEY, L. A. *et al.* Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 132, p. 1–41, 1 nov. 2015.

LEITE, L.G.; BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J.E.M.; ALVES, S.B. **Produção de fungos entomopatogênicos**. Ribeirão Preto: Alexandre de Sene Pinto, 2003. 92p.

MA, M. *et al.* Biological Parameters of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) Fed on Rabbits, Sheep, and Cattle. **The Korean Journal of Parasitology**, v. 54, n. 3, p. 301–305, jun. 2016.

MARCIANO, Allan Felipe *et al.* Innovative granular formulation of *Metarhizium robertsii* microsclerotia and blastospores for cattle tick control. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 4972, 2 mar. 2021.

MASCARIN, Gabriel Moura *et al.* Current status and perspectives of fungal entomopathogens used for microbial control of arthropod pests in Brazil. **Journal of Invertebrate Pathology**, Global status of microbial control programs and practices. v. 165, p. 46–53, 1 jul. 2019.

MASCARIN, Gabriel Moura; JARONSKI, Stefan T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, n. 11, p. 177, 15 set. 2016.

MASCARIN, Gabriel Moura; PAULI, Giuliano. **BIOPRODUTOS À BASE DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS**. v. 4, 2010.

MEIRELLES, Laura Nobrega *et al.* Encapsulation of entomopathogenic fungal conidia: evaluation of stability and control potential of *Rhipicephalus microplus*. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 14, n. 4, p. 102184, 1 jul. 2023.

MESQUITA, Emily *et al.* Utilization of *Metarhizium* as an insect biocontrol agent and a plant bioinoculant with special reference to Brazil. **Frontiers in Fungal Biology**, v. 4, 21 dez. 2023.

MICHEREFF FILHO, M. *et al.* MICOINSETICIDAS E MICOACARICIDAS NO BRASIL: COMO ESTAMOS APÓS QUATRO DÉCADAS? **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, p. 769–779, 25 jun. 2021.

MIRANDA-MIRANDA, E. *et al.* *Megaselia scalaris* reared on *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* laboratory cultures. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 25, n. 3, p. 344–347, 2011.

MIRANDA-MIRANDA, E. *et al.* Natural occurrence of lethal aspergillosis in the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). **Parasitology**, v. 139, n. 2, p. 259–263, fev. 2012.

MONTEIRO, Caio Márcio de Oliveira *et al.* Evaluation of the action of *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) isolate HP88 on the biology of engorged females of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology**, v. 170, n. 3, p. 355–358, 24 jun. 2010.

OJEDA-CHI, M. M. *et al.* Laboratory and field evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for the control of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) in the Mexican tropics. **Veterinary Parasitology**, v. 170, n. 3, p. 348–354, 24 jun. 2010.

OTTATI-DE-LIMA, Emma Luize *et al.* Liquid production of entomopathogenic fungi and ultraviolet radiation and temperature effects on produced propagules. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, p. 342–350, 2014.

PARRA, José Roberto Postali *et al.* Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. 2002.

PEREIRA, M. C. *et al.* **Rhipicephalus (Boophilus) microplus: biologia, controle e resistência**. 1. Ed. São Paulo. MedVet Livros. 2008.

RODRIGUES, D. S.; LEITE, R. C. Economic impact of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: estimate of decreased milk production on a dairy farm. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 1570–1572, out. 2013.

SAMISH, M. *et al.* Efficacy of the entomopathogenic fungus *Metarhizium brunneum* in controlling the tick *Rhipicephalus annulatus* under field conditions. **Veterinary Parasitology**, v. 206, n. 3, p. 258–266, 15 dez. 2014.

SAMISH, M.; GINSBERG, H.; GLAZER, I. Biological control of ticks. **Parasitology**, v. 129, n. S1, p. S389–S403, out. 2004.

SCHRANK, Augusto; VAINSTEIN, Marilene Henning. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. **Toxicon**, Highlights in Toxinology: Biodiversity in Toxins - Tools for Biological Research and Drug Development. v. 56, n. 7, p. 1267–1274, 15 dez. 2010.

ST. LEGER, Raymond J.; WANG, Chengshu. Genetic engineering of fungal biocontrol agents to achieve greater efficacy against insect pests. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 85, n. 4, p. 901–907, 1 jan. 2010.

SZCZEPAŃSKA, Anna *et al.* Sensitivity of *Ixodes ricinus* (L., 1758) and *Dermacentor reticulatus* (Fabr., 1794) ticks to entomopathogenic fungi isolates: preliminary study. **Parasitology Research**, v. 119, n. 11, p. 3857–3861, 1 nov. 2020.

VALSONI, L. M. *et al.* Status of *Rhipicephalus microplus* resistance to ivermectin, fipronil and fluazuron in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 30, p. e025220, 12 fev. 2021.

VEGA, Fernando E. *et al.* Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. **Fungal Ecology**, v. 2, n. 4, p. 149–159, 1 nov. 2009.

ZEINA, G. W. *et al.* Field evaluation of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin isolates for the biocontrol of *Rhipicephalus microplus* (Canestrini) ticks on cattle. **Experimental Parasitology**, v. 235, p. 108215, 1 abr. 2022.

ZIMMERMANN, Gisbert. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 17, n. 9, p. 879–920, 1 out. 2007.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Prof^a. Dra. Priscilla Elias Ferreira da Silva:

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM). Mestre em Ciências (Clínica das Doenças Infecciosas e Parasitárias). Doutora em Ciências (Parasitologia e Imunologia Aplicadas) pelo Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical e Infectologia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (PPGMTI-UFTM). Realiza pesquisas na área de doenças infecciosas e parasitárias com ênfase em leishmaniose visceral e estudos envolvendo flebotomíneos.

MSc. Gabriel Henrique Santos Silveira:

Graduado em Medicina Veterinária, Mestre em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos pela Universidade de Uberaba (UNIUBE). Discente de doutorado no programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical e Infectologia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM). Faz pesquisas na área parasitologia, com ênfase em estudos de controle biológico de carrapatos de importância médico-veterinária.

Prof. Dr. Ian Martin:

Possui Graduação, Aperfeiçoamento, Mestrado e Doutorado em Medicina Veterinária, Área de Concentração em Reprodução Animal, pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Botucatu, São Paulo, Brasil. Pós-doutorado FMVZ/UNESP Botucatu, com bolsa da FAPESP. Bolsa de Jovem Pesquisador FAPESP. Especialização Lato sensu em Acupuntura Veterinária, FMVZ/UNESP, Botucatu e ao Instituto Bioethicus. Atua como pesquisador principalmente nos seguintes temas: ginecologia, andrologia, ultrassonografia, dosagem hormonal, imuno-histoquímica, cultivo celular in vitro das espécies equinas, bubalinas e bovinas.

Prof^a. Dra. Isabel Rodrigues Rosado:

Graduada em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Lavras. Residência em Clínica Médica de Pequenos Animais pela Universidade de Uberaba. Mestre em Ciência Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais, área de concentração Clínica e Cirurgia Veterinária. Doutora em Ciência Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais, área de concentração Clínica e Cirurgia Veterinária. Possui experiência profissional na área de Clínica Médica de Pequenos Animais com ênfase em Neurologia, atuando também no campo experimental com trauma de medula espinhal e células tronco. Atualmente é professora do Curso de Medicina Veterinária

SOBRE OS ORGANIZADORES

da Universidade de Uberaba e do Programa de Mestrado Acadêmico em Sanidade e Produção nos Trópicos, Área de concentração Fisiopatologia Clínica e Cirúrgica.

Prof. Dr. Endrigo Gabellini Leonel Alves:

Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), possui Residência Médico Veterinária em Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais R1 e R2 pela UFLA, Mestrado e Doutorado em Ciência Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), área de concentração Clínica e Cirurgia Veterinária. Possui experiência profissional em Clínica e Cirurgia Veterinárias e atua no campo experimental com biomateriais e células tronco aplicadas a ortopedia e neurologia.

Prof. Dr. Eustáquio Resende Bittar:

Possui graduação em Veterinária pela Universidade Federal de Uberlândia, mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras, doutorado em Bioquímica e Imunologia pela Universidade Federal de Minas Gerais, Especialização em MBA Em Gestão de Negócios. Atua na área de Bioquímica clínica e proteômica, com ênfase na caracterização dos parâmetros bioquímicos e moleculares de bovinos zebuínos e na purificação e identificação de antígenos imunodominantes dos principais agentes parasitários que acometem os bovinos.

Prof^a. Dra. Joely Ferreira Figueiredo Bittar:

Graduada em Medicina Veterinária, Mestra em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutora em Ciência Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais e pós doutora pelo Centro de Pesquisas René Rachou da Fundação Oswaldo Cruz/FIOCRUZ Minas. Atua na área de Medicina Veterinária Preventiva, com ênfase em Doenças Parasitárias de Animais e Diagnóstico Laboratorial, atuando principalmente nos seguintes temas: Epidemiologia das principais enfermidades que acometem os bovinos, Diagnóstico e Controle de doenças parasitárias e imunologia envolvida nas respostas aos agentes parasitários.



CONTATOS:

<https://creativeeventos.com.br/editoracreative/>

editora@creativeeventos.com.br

