



RAQUEL ROMANO PALMEIRA GONÇALVES

**ACARICIDAL ACTIVITY AND REPRODUCTIVE EFFECTS
OF ESSENTIAL OILS OF *Cananga odorata* L (YLANG-
YLANG), *Illicium verum* (STAR ANISE), *Foeniculum vulgare*
(FENNEL), *Murraya paniculata* (L.) Jack AND *Spiranthera*
odoratissima IN ENGORGED *Rhipicephalus microplus* FEMALE
TICKS (Acari: Ixodidae)**

LAVRAS-MG

2024

RAQUEL ROMANO PALMEIRA GONÇALVES

**ACARICIDAL ACTIVITY AND REPRODUCTIVE EFFECTS OF ESSENTIAL OILS
OF *Cananga odorata* L (YLANG-YLANG), *Illicium verum* (STAR ANISE), *Foeniculum
vulgare* (FENNEL), *Murraya paniculata* (L.) Jack AND *Spiranthera odoratissima* IN
ENGORGED *Rhipicephalus microplus* FEMALE TICKS (Acari: Ixodidae)**

Tese apresentada à
Universidade Federal de
Lavras, como parte das
exigências do Programa de
Pós-Graduação em
Ciências Veterinárias para a
obtenção do título de
Doutor.

Prof (a). Dr (a). Ana Paula Peconick
Orientadora
Prof. Dr. Rafael Neodini Remedio
Coorientador

**LAVRAS-MG
2024**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Gonçalves, Raquel Romano Palmeira.

Acaricidal Activity And Reproductive Effects Of Essential Oils Of *Cananga odorata* L (Ylang- Ylang), *Illicium verum* (Star Anise), *Foeniculum vulgare* (Fennel), *Murraya paniculata* (L.) Jack And *Spiranthera odoratissima* in engorged *Rhipicephalus microplus* Female Ticks (Acari: Ixodidae) / Raquel Romano Palmeira Gonçalves. - 2024.
107 p. : il.

Orientador(a): Ana Paula Peconick.

Coorientador(a): Rafael Neodini Remedio.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Artrópodes. 2. Agrotóxicos. 3. Plantas aromáticas. I. Peconick, Ana Paula. II. Remedio, Rafael Neodini. III. Título.

RAQUEL ROMANO PALMEIRA GONÇALVES

ATIVIDADE ACARICIDA E EFEITOS REPRODUTIVOS DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Cananga odorata* L (YLANG-YLANG), *Illicium verum* (ANIS ESTRELADO), *Foeniculum vulgare* (FUNCHO DOCE), *Murraya paniculata* (L.) Jack E *Spiranthera odoratissima* EM FÊMEAS INGURGITADAS DE CARRAPATOS *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae)

ACARICIDAL ACTIVITY AND REPRODUCTIVE EFFECTS OF ESSENTIAL OILS OF *Cananga odorata* L (YLANG-YLANG), *Illicium verum* (STAR ANISE), *Foeniculum vulgare* (FENNEL), *Murraya paniculata* (L.) Jack AND *Spiranthera odoratissima* IN ENGORGED *Rhipicephalus microplus* FEMALE TICKS (Acari: Ixodidae)

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 30 de janeiro de 2024.
Dr (a). Ana Paula Peconick UFLA
Dr. Rafael Neodine Remedio UFLA
Dr (a). Kiyoko Uemura UFLA
Dr (a). Maria Das Graças Cardoso UFLA
Dr. Thiago Pasqua Narciso UNILAVRAS

Prof (a). Dr (a). Ana Paula Peconick

Orientadora
Prof. Dr. Rafael Neodine Remedio
Coorientador

**LAVRAS-MG
2024**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de ingressar em um programa de pós-graduação *stricto sensu* e conseguir concluí-lo.

Aos meus pais José Carlos e Fernanda Romano e ao meu marido Marcio Adriano por todo suporte concedido.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

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

Aos meus queridos orientadores Ana Paula Peconick e Rafael Neodine Remedio por terem me dado a chance de participar desse maravilhoso projeto de pesquisa e por todos os seus ensinamentos, dedicação, carinho e incentivos depositados em mim durante toda minha caminhada.

Ao Dr. Artur Kanadani Campos por todas as coletas de carrapatos realizadas, pois sem isso não seria possível concluir o experimento.

Aos meus amigos de projeto, núcleos de estudos, colegas de disciplinas que tornaram essa etapa da minha vida mais tranquila, engraçada e leve.

Muito obrigada!

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

Rhipicephalus microplus impacta negativamente o setor agropecuário, já que reduz a produtividade dos bovinos. A principal forma de controle baseia-se no uso de acaricidas químicos. No entanto, esses compostos prejudicam o meio ambiente e os organismos não alvos e sua eficácia de controle tem sido reduzida devido ao desenvolvimento de resistência de *R. microplus*. Por outro lado, estudos apontam que os componentes presentes nos óleos essenciais podem ser tornar uma alternativa promissora no combate ao carrapato. Os óleos essenciais das espécies de planta denominadas de *Cananga odorata* L (Ylang-Ylang) (OCO), *Illicium verum* (Anis Estrelado) (OIV), *Foeniculum vulgare* (Funcho Doce) (OFV), *Murraya paniculata* (L.) Jack (OMP) e *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil (OSO) possuem potencial parasiticida. Portanto, o objeto desse estudo foi avaliar pela primeira vez o potencial acaricida e os efeitos no sistema reprodutivo dos óleos essenciais de *Cananga odorata* L, *Foeniculum vulgare*, *Murraya paniculata* (L.) Jack e *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil diluídos em DMSO, em fêmeas ingurgitadas de carrapatos *R. microplus*. Acrescenta-se que essas mesmas atividades do óleo essencial de *Illicium verum*, diluído em DMSO em *R. microplus* também foram avaliadas pela primeira vez. As fêmeas ingurgitadas foram expostas às concentrações dos respectivos óleos essenciais (diluídos em DMSO) que variaram entre 1µL/mL a 50µL/ml (grupos tratamento) e ao solvente DMSO (grupo controle C). O teste utilizado foi o de imersão de adultos (TIA) e os parasitos foram monitorados quanto à mortalidade por até 14 dias. Após, foi determinado a concentração letal para 50% dos carrapatos (CL50) por meio da análise de Probit. Os seguintes parâmetros foram avaliados: peso das fêmeas antes da oviposição, período pré-oviposição, peso da massa de ovos, índice de produção de ovos, período de incubação, taxa de eclosão, taxa de fecundidade, porcentagem de redução da oviposição, porcentagem de redução da eclosão e eficácia do produto. Os principais constituintes encontrados em OCO, OIV, OFV foram germacreno D (32,81%) e (E)- anetol (95,6% e 75,93%), respectivamente e para OMP e OSO foram os isômeros trans-β-cariofileno (23,8%) e β-cariofileno (23,8%), respectivamente. As CL50s (com intervalos de confiança de 95%) de OCO, OFV, OMP e OSO obtida para *R. microplus* foram de 34,424 µL/mL (28,343 - 40,857), 40,599 µL/mL (32,575 - 58,207), 11,30 µL/mL (08,45 - 24,51) e de 29,24 µL/mL (26,38 - 33,93), respectivamente. No entanto, não foi calculado a CL50 de OIV, pois não houve mortalidade suficiente nas concentrações avaliadas. Foram determinadas eficácias de 86,19%, 91,35%, 97,17%, 81,10% e 64,98% para as maiores concentrações de OCO, OIV, OFV (40µL/mL), OMP (15µL/mL) e OSO (25µL/mL), respectivamente. Os resultados da eficácia foram atrelados à maior redução do peso das massas de ovos e menores taxas de eclosão no caso dos OCO, OIV, OFV e a menores taxas de eclosão no caso dos OMP e OSO. Dessarte, os resultados do presente estudo sugerem que esses óleos essenciais diluídos no DMSO apresentam potencial carrapaticida e afetam a reprodução de fêmeas ingurgitadas de *R. microplus*.

Palavras - chave: Ruminantes. Artrópodes. Agrotóxicos. Plantas aromáticas.

ABSTRACT

Rhipicephalus microplus negatively impacts the agricultural sector, as it reduces cattle productivity. The main form of control is based on the use of synthetic acaricides. However, these compounds harm the environment and non-target organisms and their control effectiveness has been reduced due to the development of resistance in *R. microplus*. On the other hand, studies indicate that the components present in essential oils can become a promising alternative in combating ticks. Essential oils from plant species *Cananga odorata* L (Ylang-Ylang) (OCO), *Illicium verum* (Star Anise) (OIV), *Foeniculum vulgare* (Sweet Fennel) (OFV), *Murraya paniculata* (L.) Jack (OMP) and *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil (OSO) have parasitocidal potential. Therefore, the objective of this study was to evaluate for the first time the acaricidal potential and the effects on the reproductive system of diluted essential oils of *Cananga odorata* L, *Foeniculum vulgare*, *Murraya paniculata* (L.) Jack and *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil (OSO) in DMSO, in engorged female *R. microplus* ticks. It is added that these same activities of *Illicium verum* essential oil, diluted in DMSO in *R. microplus* were also evaluated for the first time. The engorged females were exposed to concentrations each essential oils (diluted in DMSO) that varied between 1 μ L/mL to 50 μ L/ml (treatment groups) and to DMSO solvent (control group C). The test used was the adult immersion test (AIT) and the parasites were monitored for mortality for up to 14 days. After, the lethal concentration for 50% of the ticks (LC50) was determined using Probit analysis. The following parameters were evaluated: female weight before oviposition, pre-oviposition period, egg mass weight, egg production index, incubation period, hatching rate, fecundity rate, percentage of oviposition reduction, percentage of hatch reduction and product effectiveness. The main constituents found in OCO, OIV, OFV were germacrene D (32.81%) and (E)- anethole (95.6% and 75.93%), respectively and for OMP and OSO they were the trans- β - isomers caryophyllene (23.8%) and β -caryophyllene (23.8%), respectively. The LC50s (with 95% confidence intervals) of OCO, OFV, OMP and OSO obtained for *R. microplus* were 34.424 μ L/mL (28.343 - 40.857), 40.599 μ L/mL (32.575 - 58.207), 11.30 μ L /mL (08.45 - 24.51) and 29.24 μ L/mL (26.38 - 33.93), respectively. However, the LC50 of OIV was not calculated, as there was not sufficient mortality at the concentrations evaluated. Efficacies of 86.19%, 91.35%, 97.17%, 81.10% and 64.98% were determined for the highest concentrations of OCO, OIV, OFV (40 μ L/mL), OMP (15 μ L/mL) and OSO (25 μ L/mL), respectively. Efficacy results were linked to greater reduction in egg mass weight and lower hatching rates in the case of OCO, OIV, OFV and lower hatching rates in the case of OMP and OSO. Therefore, the results of the present study suggest that these essential oils diluted in DMSO have acaricidal potential and affect the reproduction of engorged females of *R. microplus*.

Keywords: Ruminants. Arthropods. Pesticides. Aromatic plants.

LISTA DE FIGURA

Figura 2 – Carrapatos da espécie *Rhipicephalus microplus*: macho (A) e fêmea (B).....20

Figura 1 – Ciclo de vida de *Rhipicephalus microplus*.....21

LISTA DE SIGLAS

AIT	Adult Immersio Test
C%	Eficácia ou Porcentagem de Controle
CL50	Concentração Letal para 50%
DMSO	Dimetilsulfóxido/ Dimethyl sulfoxide
EPI	Egg Production Index
ER	Estimated Reproductive Rate
EW	Egg Mass Weight
FID	Flame Ionization Detector
FR	Fertility Rate
FW	Mean Female Weight Before Oviposition
GC-FID	Cromatografia Gasosa com Detector por Ionização de Chama
GC-MS	Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrômetro de Massa/Gas Chromatography Coupled with Mass Spectrometry
HR	Hatching Rate
IC50	Inibição de Crescimento de 50%
IP	Incubation Period
IPO	Índice de Produção de Ovos
LC50	Lethal Concentrations for 50%
LT50	Tempo Letal para 50%
OCO	Óleo essencial de <i>Cananga odorata</i> L (Ylang-Ylang)
OFV	Óleo essencial de <i>Foeniculum vulgare</i> (Funcho Doce/Sweet Fennel)
OIV	Óleo essencial de <i>Illicium verum</i> (Anis Estrelado/Star Anise)
OMP	Óleo essencial de <i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack
OSO	Óleo essencial de <i>Spiranthera odoratissima</i> A. St. Hil
PF	Peso das Fêmeas Adultas antes da Oviposição
PI	Período de Incubação
PM	Peso Total da Massa de Ovos
PPO	Período Pré-Oviposição

POP	Pre-Oviposition Period
TE	Taxa de Eclosão
TF	Taxa de Fecundidade
TIA	Teste de Imersão em Adultos
RE	Taxa de Reprodução Estimada
Reclo%	Porcentagem de Redução da Eclosão
Rovip%	Porcentagem de Redução da Oviposição
%C	Efficacy or Control Percentage
%Rhatch	Percentage of Reduction in Hatching
%Rovip	Percentage of Reduction in Oviposition

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Atividades acaricidas identificadas de substâncias oriundas de <i>Illicium verum</i> em suas respectivas espécies alvos encontradas na literatura.....	36
Quadro 2 – Atividades acaricidas identificadas de substâncias oriundas de <i>Foeniculum vulgare</i> e <i>Foeniculum vulgare</i> var. dulce em suas respectivas espécies alvos encontradas na literatura.....	38
Quadro 3 – Atividades acaricidas identificadas de substâncias oriundas de <i>Cananga odorata</i> em suas respectivas espécies alvos encontradas na literatura.....	40
Quadro 4 – Atividades acaricidas identificadas de substâncias oriundas de <i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack em suas respectivas espécies alvos encontradas na literatura.....	41

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Table 1 – Chemical composition of essential oils derived from the flowers of *C. odorata* (A), the fruits and seeds of *I. verum* (B) and the seeds of *F. vulgare* var. *dulce* (C).....70

Table 2 – Percentage of mortality (%) of *Rhipicephalus microplus* engorged female ticks exposed to different concentrations of *C. odorata* essential oil (A) (n = 68).....71

Table 3 – Percentage of mortality (%) of *Rhipicephalus microplus* engorged female ticks exposed to different concentrations of *I. verum* essential oil (B) (n = 75).....72

Table 4 – Percentage of mortality (%) of *Rhipicephalus microplus* engorged female ticks exposed to different concentrations of *F. vulgare* var. *dulce* essential oil (C) (n = 170).....72

Table 5 – Mean female weight before oviposition (FW), egg mass weight (EW), egg production index (EPI), hatching rate (HR), fertility rate (FR), pre-oviposition period (POP), incubation period (IP), percentage of reduction in oviposition and hatching (%Rovip and %Rhatch), and product efficacy or percentage of control (%C) in *R. microplus* female ticks exposed to *C. odorata* essential oil (A) diluted in 10% DMSO in different concentrations.....73

Table 6 – Mean female weight before oviposition (FW), egg mass weight (EW), egg production index (EPI), hatching rate (HR), fertility rate (FR), pre-oviposition period (POP), incubation period (IP), percentage of reduction in oviposition and hatching (%Rovip and %Rhatch), and product efficacy or percentage of control (%C) in *R. microplus* female ticks exposed to *I. verum* essential oil (B) diluted in 10% DMSO in different concentrations.....74

Table 7 – Mean female weight before oviposition (FW), egg mass weight (EW), egg production index (EPI), hatching rate (HR), fertility rate (FR), pre-oviposition period (POP), incubation period (IP), percentage of reduction in oviposition and hatching (%Rovip and %Rhatch), and product efficacy or percentage of control (%C) in *R. microplus* female ticks exposed to *F. vulgare* var *dulce* essential oil (C) diluted in 10% DMSO in different concentrations.....75

ARTIGO 2

Tabela 1 – Composição química do óleo essencial derivado das folhas de *Murraya paniculata* (A).....97

Tabela 2 – Composição química do óleo essencial derivado das folhas de *Spiranthera odoratissima* (B).....98

Tabela 3 – Porcentagem de mortalidade (%) de fêmeas ingurgitadas de *Rhipicephalus microplus* expostas a diferentes concentrações do óleo essencial de *Murraya paniculata* (A), diluído em DMSO a 5% (n = 202).....99

Tabela 4 – Porcentagem de mortalidade (%) de fêmeas ingurgitadas de *Rhipicephalus microplus* expostas a diferentes concentrações do óleo essencial de *Spiranthera odoratissima* (B), diluído em DMSO a 10% (n = 126).....99

Tabela 5 – Peso médio das fêmeas antes da oviposição (PF), peso da massa de ovos (PM), índice de produção de ovos (IPO), taxa de eclosão (TE), taxa de fecundidade (TF), período de pré-oviposição (PPO), período de incubação (PI), porcentagem de redução da oviposição e da eclosão (%Rovip e %Reclo), e eficácia ou porcentagem de controle (%C) após exposição de fêmeas ingurgitadas de *R. microplus* a diferentes concentrações do óleo essencial de *Murraya paniculata* (A) diluído em DSMO a 5%.....100

Tabela 6 – Peso médio das fêmeas antes da oviposição (PF), peso da massa de ovos (PM), índice de produção de ovos (IPO), taxa de eclosão (TE), taxa de fecundidade (TF), período de pré-oviposição (PPO), período de incubação (PI), porcentagem de redução da oviposição e da eclosão (%Rovip e %Reclo), e eficácia ou porcentagem de controle (%C) após exposição de fêmeas ingurgitadas de *R. microplus* a diferentes concentrações do óleo essencial de

<i>Spiranthera odoratissima</i> (B) diluído em DSMO a 10%.....	101
--	-----

LISTA DE GRÁFICOS

ARTIGO 1

Graph 1. Percentage of reduction in oviposition (%Rovip), percentage of reduction in hatching (%Rhatch) and control percentage (%C) in different groups treated with <i>C. odorata</i> essential oil (A).....	77
Graph 2. Percentage of reduction in oviposition (%Rovip), percentage of reduction in hatching (%Rhatch) and control percentage (%C) in different groups treated with <i>I. verum</i> essential oil (B).....	77
Graph 3. Percentage of reduction in oviposition (%Rovip), percentage of reduction in hatching (%Rhatch) and control percentage (%C) in different groups treated with <i>F. vulgare</i> var dulce essential oil (C).....	78

ARTIGO 2

Gráfico 1. Porcentagens de redução da oviposição e eclosão (%Rovip e %Reclo) e porcentagem de controle (%C) nos grupos tratados com diferentes concentrações do óleo essencial de <i>Murraya paniculata</i> (A).....	102
Gráfico 2. Porcentagens de redução da oviposição e eclosão (%Rovip e %Reclo) e porcentagem de controle (%C) nos grupos tratados com diferentes concentrações do óleo essencial de <i>Spiranthera odoratissima</i> (B).....	102

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 <i>Rhipicephalus microplus</i> (Canestrini, 1887), o carrapato-do-boi	19
2.2 Prejuízos econômicos e os desafios encontrados no combate ao carrapato-do-boi, <i>Rhipicephalus microplus</i>	22
2.3 Óleos essenciais	24
2.3.1 Óleos essenciais como uma alternativa promissora no combate ao <i>R. microplus</i> ..	25
2.4 Anis estrelado - <i>Illicium verum</i> (Hook.f.)	26
2.5 Fundo doce - <i>Foeniculum vulgare</i> var. <i>dulce</i>	28
2.6 Ylang-Ylang - <i>Cananga odorata</i> (Lam.) Hook	30
2.7 <i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	32
2.8 <i>Spiranthera odoratissima</i> A. St. Hil	34
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
4. REFERÊNCIAS	43
SEGUNDA PARTE	57
ARTIGO 1 - <i>Cananga odorata</i> L., <i>Illicium verum</i> and <i>Foeniculum vulgare</i> essential oils impair the reproduction of the cattle tick <i>Rhipicephalus microplus</i> (Acari: Ixodidae).	58
ARTIGO 2 - Óleos essenciais de <i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack e <i>Spiranthera odoratissima</i> A. St. Hil apresentam atividade acaricida e afetam o desempenho reprodutivo do carrapato-do-boi <i>Rhipicephalus microplus</i> (Acari: Ixodidae)	83

PRIMEIRA PARTE
Introdução geral

1 INTRODUÇÃO

O carrapato-do-boi, *Rhipicephalus microplus*, é um ectoparasito conhecido pelos impactos negativos ocasionados no setor agropecuário brasileiro e mundial, gerando danos à saúde dos animais, comprometendo, desse modo, a rentabilidade do produtor (JONGEJAN; UILENBERG, 2004; TABOR et al., 2017). Os prejuízos econômicos gerados estão relacionados principalmente à menor produção de carne, leite e à depreciação do couro. Além do mais, há custos com serviços veterinários utilizados para o tratamento dos animais que porventura ficaram enfermos devido aos patógenos causadores de doenças transmitidos pelo carrapato (RODRIGUES; LEITE, 2013; GRISI et al., 2014; TABOR et al., 2017; ALMAZAN et al., 2018).

O combate ao carrapato-do-boi tem sido um desafio, posto que a principal forma de controle é baseada no uso de acaricidas químicos (TABOR et al., 2017; SAPORITI et al., 2022). Esses produtos cada vez menos mantêm sua alta eficácia de controle em *R. microplus*, conforme os diversos relatos de resistência espalhados pelo mundo (GEORGE; POUND; DAVEY, 2004; ABBAS et al., 2014; SOUZA HIGA, 2015; SAPORITI et al., 2022). Além disso, são considerados tóxicos para os mamíferos (humanos e animais) e causam danos ao meio ambiente (KOLACZINSKI; CURTIS, 2004; QUADROS et al., 2020).

Diante das desvantagens de se utilizar os acaricidas químicos como principal forma de controle do parasito, a comunidade científica busca desenvolver outras estratégias de manejo que sejam eficazes no controle e que, concomitantemente, não prejudiquem o meio ambiente, a saúde humana e animal, ou seja, que estejam alinhadas com o conceito de *One Health* (BENELLI; DUGGAN, 2018; ESTRADA-PEÑA et al., 2022).

Dentre as possíveis alternativas de controle, pode ser citado a utilização de óleos essenciais (BORGES; SOUSA; BARBOSA, 2011; QUADROS et al., 2020). Esses produtos naturais apresentam grande potencial pesticida, múltiplos mecanismos de ação e baixa toxicidade em hospedeiros não alvos (BAKKALI et al., 2008; PAVELA; BENELLI, 2016; GARAY; BRENNAN; BON, 2020; MAES et al., 2021).

Estudos sobre as propriedades acaricidas dos componentes presentes nos óleos essenciais em carrapatos da espécie *R. microplus* têm sido frequentemente desenvolvidos e os resultados são promissores (SELLES et al., 2021; VINTURELLE et al., 2021). Acredita-se que futuramente esses produtos naturais possam ser usados em associação ou até mesmo serem uma alternativa aos acaricidas químicos sintéticos disponíveis no mercado (JONGEJAN; UILENBERG, 2004; JORDAN et al., 2011; ADENUBI et al., 2016; BENELLI; DUGGAN,

2018). Salienta-se também que a utilização de óleos essenciais como parte da estratégia de controle do parasito poderá contribuir para o aumento da vida útil dos acaricidas convencionais, uma vez que haverá uma desaceleração do processo de resistência dos carrapatos a esses produtos em consequência do uso constante de óleos essenciais (VIEIRA; CAVALCANTE, 1999; OLIVO et al., 2008).

O objetivo do presente estudo foi avaliar o potencial acaricida e seu efeito no desempenho reprodutivos em fêmeas ingurgitadas de *Rhipicephalus microplus* de óleos essenciais, diluídos em DMSO, oriundos de plantas da espécie *Cananga odorata* (Lam.) Hook, *Foeniculum vulgare* var. dulce, *Murraya paniculata* (L.) Jack, *Illicium verum* (Hook.f.) e *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1887), o carrapato-do-boi

Rhipicephalus microplus é uma espécie originária da Índia e da Indonésia (LABRUNA et al., 2009). Segundo Labruna et al. (2009), as cepas de origem Americana e Africana poderiam ser redefinidas como *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1887) e as de origem Australiana, como *R. australis* (Fuller, 1899), pois há evidências de que são geneticamente diferentes.

Conhecidos popularmente como carrapato-do-boi, esses parasitos pertencem à família Ixodidae e são denominados como ixodídeos, porque em sua anatomia apresentam um escudo dorsal (*consutum*) formado por uma cutícula endurecida e peças bucais que são projetadas anteriormente (DURDEN; BEATI, 2013) (Figura 1).

Ressalta-se que em larvas, ninfas e fêmeas adultas, o escudo cobre parcialmente a região dorsal, já nos machos adultos, cobre grande parte (DURDEN; BEATI, 2013). As fêmeas adultas possuem formato oval e alongado e medem aproximadamente 12 x 7 mm, sendo que durante a alimentação sanguínea, ocorre um aumento da seção posterior do corpo (ingurgitamento), justamente porque essa área, denominada de aloscuto, é parcialmente expansível e tenra (DURDEN; BEATI, 2013). Em contraste, os machos dessa espécie são menores, visto que medem aproximadamente 2,6 x 1,3 mm (LONDT; ARTHUR, 1975).

O seu ciclo de vida é monoxêmico e consiste em ovo, larva, ninfa e adulto, (APANASKEVICH; OLIVER, 2013) (Figura 2). Ainda, didaticamente, pode ser dividido em duas fases – a não parasitária, referente ao período de vida fora do hospedeiro (não alimentar) e a parasitária, relacionada ao período de vida que ocorre sob o hospedeiro (SENBILL et al., 2018). No caso de *R. microplus*, as ninfas e as larvas permanecem no hospedeiro. Porém, a fêmea adulta, após atingir o ingurgitamento completo, que só ocorre após o acasalamento, desprendem-se do hospedeiro e busca um microambiente adequado para realizarem a oviposição, como, por exemplo, em tocas, fendas ou serapilheira (APANASKEVICH; OLIVER, 2013).

Em condições favoráveis, como em ambientes com altas temperaturas e umidade, a pré-oviposição leva em torno de 2 a 4 dias e dura cerca de 13 a 25 dias. Normalmente, a fêmea produz grandes quantidades de ovos, e, logo em seguida, morre. Após o período de incubação, as larvas eclodem e procuram por um hospedeiro para se alimentarem. Decorrido alguns dias

após a alimentação, ocorrem duas ecdises, a primeira para ninfa e a segunda para adultos, nessa última ocorre a diferenciação sexual em macho e fêmea (APANASKEVICH; OLIVER, 2013).

Após o acasalamento, a fêmea adulta aumenta o consumo sanguíneo e atinge o limite máximo de ingurgitamento. Logo em seguida, destaca-se do hospedeiro, dando início novamente ao ciclo. Já os machos permanecem no hospedeiro por um período maior e continuam se reproduzindo (JONGEJAN; UILENBERG, 1994).

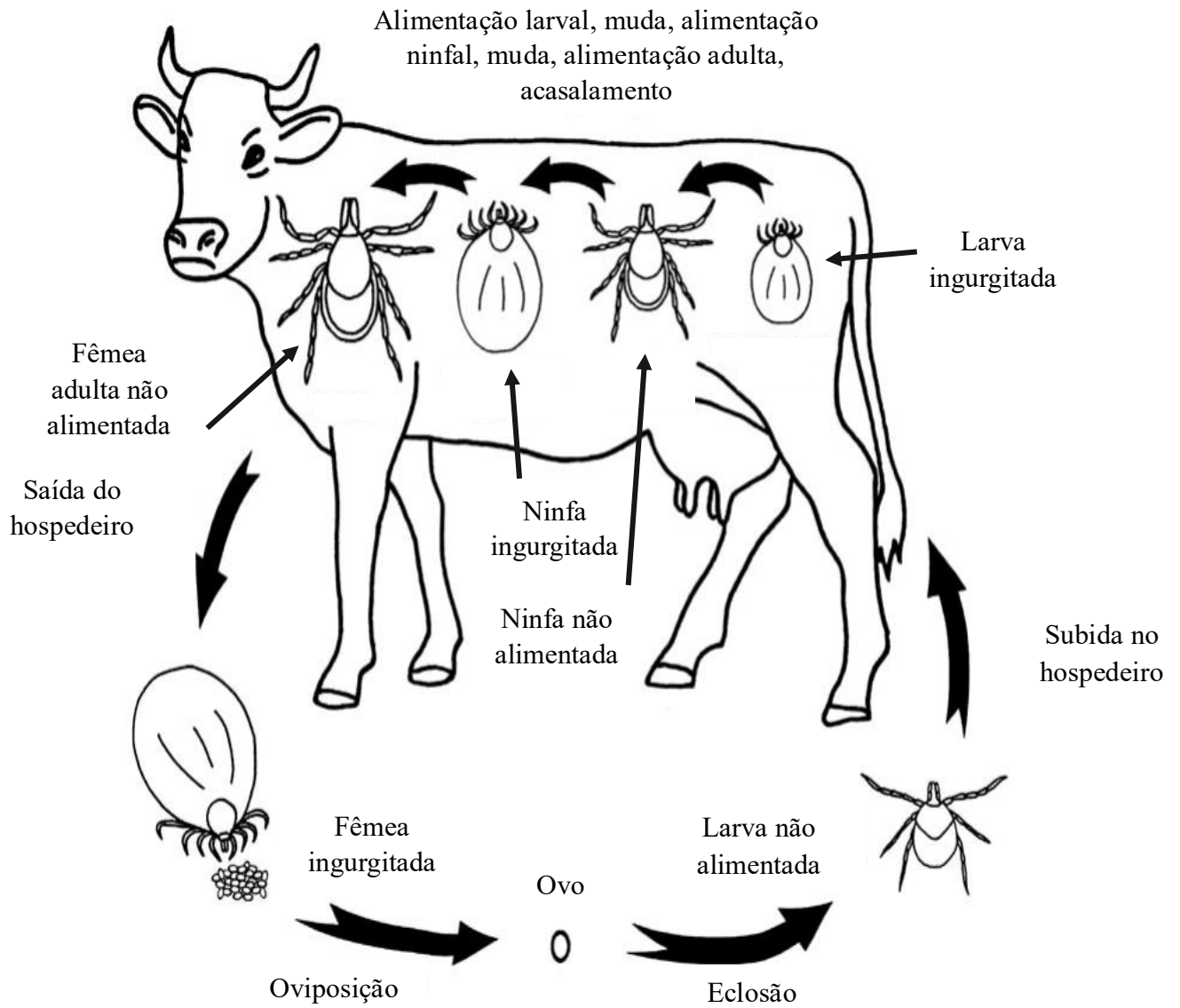
Desse modo, em condições climáticas favoráveis, *R. microplus* pode se desenvolver ininterruptamente e produzir múltiplas gerações de carrapato por ano, pois apresenta um ciclo de vida curto (APANASKEVICH; OLIVER, 2013). Além disso, ressalta-se que *R. microplus* está amplamente distribuído no mundo, principalmente em países de clima tropical e subtropical visto que são bem adaptados ao seu hospedeiro preferencial (bovinos), embora possam ser encontrados em outras espécies de mamíferos (BRAM et al., 2002; BARRÉ; UILENBERG, 2010; NYANGIWE; YAWA; MUCHENJE, 2018; ESTRADA-PEÑA et al., 2022).

Figura 1 – Carrapatos da espécie *Rhipicephalus microplus*: macho (A) e fêmea (B)



Fonte: Adaptado de Namgyal et al (2021)

Figura 2 – Ciclo de vida de *Rhipicephalus microplus*



Fonte: Adaptado de Apanaskevich e Oliver (2013)

2.2 Prejuízos econômicos e os desafios encontrados no combate ao carrapato-do-boi, *Rhipicephalus microplus*.

A presença de ectoparasitos em países de clima tropical é considerado como um grande obstáculo para expansão da agropecuária (CHAGAS et al., 2016; RODRÍGUEZ-VIVAS et al., 2017). Nesse contexto, destaca-se o carrapato-do-boi que causa as maiores perdas econômicas no setor pecuário brasileiro, sendo o principal ectoparasito que mais afeta o bem-estar do gado e a sua produtividade no país (GRISI et al., 2014).

Na ausência de medidas de controle do parasito, Grisi et al. (2014) identificaram que no Brasil a perda econômica total atribuível apenas para *R. microplus* pode chegar a US\$ 3.236,35 milhões por ano. Esses dados foram estimados levando em consideração somente os danos que o carrapato pode causar na produção leiteira e no ganho de peso do gado de corte (JONSSON, 2006; RODRIGUES; LEITE, 2013; GRISI et al., 2014).

Por outro lado, por estar amplamente distribuído no mundo, o carrapato tem causado também grandes prejuízos na produção de carne bovina e leiteira nos países de clima tropical e subtropical (CASTRO, 1997; JONGEJAN; UILENBERG, 2004; DZEMO; THEKISOE; VUDRIKO, 2022). Segundo Castro (1997), levando em consideração as perdas econômicas globais, os prejuízos podem atingir até US\$ 18,7 bilhões anualmente.

A infestação de carrapatos em bovinos possui uma correlação negativa com o ganho de peso do rebanho (JONSSON, 2006; ARRIOLA et al., 2021). Jonsson et al. (2006) estimaram que cada carrapato ingurgitado é responsável pela perda diária de um pouco mais de uma grama de peso por animal (bovino de corte).

Referentes às perdas financeiras relacionados à produção de leite e derivados, uma pesquisa demonstrou que vacas do grupo controle (ausentes de carrapatos) produziram de 2,86 litros de leite e 0,14kg de manteiga diariamente a mais e ingeriram mais matéria seca em comparação aos outros animais gradualmente infestadas com as larvas de *R. microplus* (JONSSON; MAYER; MATSCHOSS, 1998). Além disso, os pesquisadores estimaram que cada fêmea ingurgitada de *R. microplus* foi responsável pela perda de 8,9 ml de produção diária de leite e 1,0 grama de peso corporal durante as quinze semanas de avaliação (JONSSON; MAYER; MATSCHOSS, 1998).

Semelhantemente, um experimento desenvolvido por Rodrigues e Leite (2013) no estado de Minas Gerais, estimou que os carrapatos foram responsáveis pela redução de 2,7% da produção de leite, que seria uma média de 90,24 litros por vaca em lactação.

Outro prejuízo que o carrapato gera no setor agropecuário está relacionado à depreciação do couro e isso ocorre porque os locais de alimentação preferidos dos carrapatos geralmente são regiões anatômicas relevantes para aproveitamento da peça (JONGEJAN; UILENBERG, 2004). Por isso, um estudo avaliou se haveria associação entre a carga parasitária de *R. microplus* e a ocorrência de miíase por *Cochliomyia hominivorax*, uma vez que a maior carga parasitária indicaria um maior número de lesões na pele e, conseqüentemente, maior risco de desenvolvimento da doença (RECK et al., 2014a). Como resultado, foi evidenciado que bovinos altamente parasitados apresentaram cerca de quatro vezes mais risco de miíase do que aqueles com baixa carga parasitária (RECK et al., 2014a).

Destaca-se ainda que os carrapatos bovinos são vetores de patógenos causadores da babesiose bovina (*Babesia bovis* e *B. bigemina*) e anaplasmose (*Anaplasma marginale*). A associação dessas duas doenças formam o complexo conhecido como Tristeza parasitária bovina (TPB) (JONGEJAN; UILENBERG, 2004; DANTAS-TORRES; CHOMEL; OTRANTO, 2012; ALMAZAN et al., 2018; SILVA et al., 2021).

A TPB comumente causa anorexia, anemia, icterícia, hemoglobinúria, letargia, paresia e convulsões nos animais acometidos, gerando perdas financeiras relacionadas à menor produção de carne e leite (BOCK et al., 2004; RODRÍGUEZ et al., 2009; SALINAS-ESTRELLA et al., 2022; SCARIOT et al., 2023). Também deve ser mencionado que há possibilidade de ocasionar abortos e morte dos animais (BOCK et al., 2004; RODRÍGUEZ et al., 2009; SALINAS-ESTRELLA et al., 2022). A TPB ainda gera outros custos ao pecuarista, tendo em vista que é necessário a contratação de um médico veterinário para o diagnóstico e tratamento do rebanho (JONSSON, 2006; TIRLONI et al., 2014; RODRÍGUEZ-VIVAS et al., 2017).

Diante desses desafios e para tentar de minimizar os prejuízos causados pelo carrapato-do-boi, o produtor rural utiliza carrapaticidas sintéticos comumente à base de organofosforados, piretróides, amitraz, lactonas macrocíclicas, fipronil e fluazuron como a principal estratégia de controle (SILVA; MOREIRA; PERES, 2012; TURETA et al., 2020). Contudo, o emprego indiscriminado desses acaricidas tem acelerado o processo de resistência da espécie por meio da seleção da população, tornando vários desses agentes químicos ineficazes (RECK et al., 2014b; OBAID et al., 2022).

A resistência da espécie aos principais princípios ativos de carrapaticida comumente utilizados foi relatada em diversos países (DZEMO; THEKISOE; VUDRIKO, 2022). Podem ser citados como exemplos, a resistência aos organofosforados e piretróides na África e na América do Sul (GEORGE; POUND; DAVEY, 2004), amitraz na Argentina (CUTULLÉ et al.,

2013) e no México (ROSADO-AGUILAR et al., 2008), lactonas macrocíclicas nos EUA (BUSCH et al., 2014) e na Índia (SINGH et al., 2015), fipronil no Uruguai (CASTRO-JANER et al., 2015) e fluazuron na Argentina (TORRENTS et al., 2022) e no Brasil (RECK et al., 2014b; VALSONI et al., 2021).

Cabe destacar que outra grande desvantagem dos carrapaticidas é que são produtos formulados à base de princípios ativos considerados agrotóxicos (SILVA; MOREIRA; PERES, 2012). Esses agentes químicos comprovadamente trazem danos ao meio ambiente e são tóxicos para humanos e animais (SILVA; MOREIRA; PERES, 2012; TANG et al., 2018; ALVES et al., 2019).

De acordo com Gromboni et al. (2007), são utilizados cerca de 4 a 5 litros de solução de pesticida em cada bovino adulto. Essas soluções podem ser encontradas de forma residual nos solos e nas águas, uma vez que frequentemente são descartadas indiscriminadamente pelo produtor rural. Desse modo, foi concluído que o volume de solução residuária gerado é expressivo em regiões brasileiras onde há intensa atividade pecuária (GROMBONI et al., 2007).

Os carrapaticidas ainda podem ser encontrados inalterados nas fezes dos animais, (ALVES et al., 2019) e de forma residual na gordura, na carne (CARVALHO; NISHIKAWA; FAY, 1980) e no leite bovino (SALEH et al., 2021; ALVARADO et al., 2022), representando um risco para os organismos edáficos e seres humanos, respectivamente (CARVALHO; NISHIKAWA; FAY, 1980; ALVES et al., 2019; SALEH et al., 2021; ALVARADO et al., 2022). Ademais, deve-se salientar que esses produtos químicos sintéticos são nocivos aos trabalhadores rurais que os manipulam e para a população em geral, causando intoxicações e enfermidades, tais como câncer (HICKS et al., 2017; SILVER et al., 2017; MEDEIROS; ACAYABA; MONTAGNER, 2021; LOSCH et al., 2022).

2.3 Óleos essenciais

São misturas complexas, voláteis, naturais, com forte odor e derivados do metabolismo secundário de plantas, podendo ser encontrados em qualquer uma de suas partes (folhas, sementes, casca, caule, flores, raiz, entre outras) (BAKKALI et al., 2008; DEHSHEIKH et al., 2020; GARAY; BRENNAN; BON, 2020). São substâncias que exercem a função de defesa do vegetal frente as adversidades encontradas no meio externo tais como: bactérias, fungos, vírus, insetos, herbívoros e raios ultravioletas (BAKKALI et al., 2008; ZAYNAB et al., 2018; BASAID et al., 2021). Também podem tornar a planta menos palatável para os herbívoros e

repelir insetos indesejáveis, assim como atraí-los a fim de facilitar a dispersão de polens e sementes (BAKKALI et al., 2008; ZAYNAB et al., 2018; GARAY; BRENNAN; BON, 2020; BASAID et al., 2021).

Os óleos essenciais são líquidos em temperatura ambiente, lipossolúveis e apresentam alta solubilidade em álcool e solventes orgânicos (GARAY; BRENNAN; BON, 2020). Podem ser extraídos da planta por meio da destilação a vapor, por solventes ou CO₂, prensagem, entre outras técnicas (DEHSHEIKH et al., 2020; GARAY; BRENNAN; BON, 2020).

Apesar dos óleos essenciais serem constituídos por 20 a 60 componentes, são caracterizados por dois ou três constituintes majoritários (BAKKALI et al., 2008; DEHSHEIKH et al., 2020). Além disso, são classificados em dois grandes grupos de substância, a saber: terpenos ou terpenoides e aromáticos derivados de fenilpropanoides. A glicose é a precursora que está presente na formação de ambos os grupos e quando é metabolizada na rota do difosfato de isopentenila (IPP) produzirá os terpenos, já na rota do ácido chiquímico, os fenilpropanoides (TISSERAND; YOUNG, 2013a).

Os compostos categorizados em terpenos apresentam diversas estruturas e variadas funções químicas (hidrocarbonetos, álcoois, éteres, fenóis, aldeídos, cetonas, entre outras) e quando contêm oxigênio são identificados como terpenoides (BAKKALI et al., 2008; FELIPE; BICAS, 2017; DEHSHEIKH et al., 2020).

De modo geral, os terpenos ou terpenoides são formados a partir de 5 carbonos base (5C) chamados de isoprenos. Os principais terpenos são os monoterpenos (C10) que constituem 90% dos óleos essenciais, seguidos dos sesquiterpenos (C15) (BAKKALI et al., 2008; DEHSHEIKH et al., 2020). Esses tipos de terpenos são produzidas em vias de biossíntese diferentes, pois a via metileritritol fosfato (MEP), que ocorre nos plastídeos, gera os monoterpenos e diterpenos (C10) e a via do mevalonato (MVA), que ocorre no citoplasma, os sesquiterpenos (PAVELA; BENELLI, 2016). Outras estruturas de carbonos também podem existir, tais como: hemiterpenos (C5), triterpenos (C30) e tetraterpenos (C40), embora sejam mais raras (BAKKALI et al., 2008; DEHSHEIKH et al., 2020).

Em relação aos compostos aromáticos derivados de fenilpropanoides, destaca-se que estão presentes nos óleos essenciais com menor frequência em comparação aos terpenos e terpenoides e apresentam as seguintes funções químicas: aldeído, álcool, fenóis, derivados de metoxi, compostos dioximetileno (BAKKALI et al., 2008).

2.3.1 Óleos essenciais como uma alternativa promissora no combate ao *R. microplius*

Diante da necessidade de se obter um controle eficaz de *R. microplus*, preferencialmente por meio de produtos com efeitos tóxicos mínimos aos hospedeiros e ao meio ambiente (ADENUBI et al., 2016), pode-se afirmar que os carrapaticidas formulados a base de metabólitos de plantas (óleos essenciais) são uma alternativa viável para o controle do carrapato-do-boi (BORGES; SOUSA; BARBOSA, 2011; ADENUBI et al., 2018; QU et al., 2022).

Os óleos essenciais apresentam múltiplos mecanismos de ação devido ao número expressivo de princípios ativos, o que dificulta o desenvolvimento de cepas resistentes (ADENUBI et al., 2016; PAVELA; BENELLI, 2016; HADDI et al., 2020). Possuem baixa toxicidade em organismos não-alvos, incluindo os mamíferos, e por isso sua utilização é considerada de baixo risco à saúde humana (TISSERAND; YOUNG, 2013b; PAVELA; BENELLI, 2016; HADDI et al., 2020; QU et al., 2022). Outras vantagens é que são altamente degradáveis e apresentam reduzido impacto ambiental (ADENUBI et al., 2016; PAVELA; BENELLI, 2016). Na literatura científica são descritas inúmeras atividades biológicas (BAKKALI et al., 2008; DEVRNJA; MILUTINOVIĆ; SAVIĆ, 2022), como, por exemplo, atividade citotóxica em vírus, bactérias e fungos (BAKKALI et al., 2008).

Ressalta-se que em pesquisas científicas os óleos essenciais constantemente demonstram atividade acaricida em carrapatos adultos e larvas da espécie *R. microplus* ao serem avaliados (SANTOS et al., 2021; SELLES et al., 2021; VINTURELLE et al., 2021). Além disso, em alguns estudos são relatados que os óleos essenciais em concentrações subletais podem impactar o desempenho reprodutivo das fêmeas adultas de *R. microplus* (LAGE et al., 2013; PENHA et al., 2021; REIS et al., 2021; YANG; JIA; ZHU, 2021).

2.4 Anis estrelado - *Illicium verum* (Hook.f.)

Anis estrelado é o nome popular da árvore lenhosa e aromática, denominada cientificamente de *Illicium verum* (Hook. f.). A planta, pertencente à família Schisandraceae, cresce quase que exclusivamente no sul da China e no Vietnã (REVEAL; CHASE, 2011; PATRA et al., 2020; SHARAFAN et al., 2022). Também é conhecida devido ao seu uso na medicina tradicional chinesa, sendo comumente usada para o tratamento de sintomas gastrointestinais, como flatulências, cólicas e dor espasmódica (YANG, 2012; PATRA et al., 2020).

O óleo essencial oriundo de anis estrelado é majoritariamente composto por (*E*) - anetol ou pelo seu isômero (*Trans*) - anetol, variando entre 86 % e 93 % de sua composição total

(DZAMIC et al., 2009; WANG et al., 2011; VORIS et al., 2018; PETER et al., 2022). Esse constituinte confere o aroma característico da planta, sendo também atribuído como o responsável por suas atividades biológicas (SINGH et al., 2006; SHARAFAN et al., 2022).

Na literatura científica há descrito que os produtos extraídos de seus frutos apresentam atividades antioxidante (LI et al., 2022; MAJALI, 2022), anti-inflamatória (SUNG et al., 2017; MAJALI, 2022), antiviral (LIU et al., 2020; LI et al., 2022), antifúngica (LI et al., 2020) e antimicrobiana (TARDUGNO et al., 2018), bem como os produtos extraídos de suas sementes, folhas e galhos que também apresentam atividade antimicrobiana (TARDUGNO et al., 2018; YANG; HSIEH; CHUANG, 2021).

Ainda, há pesquisas que evidenciaram que os extratos hidroalcoólicos dos seus frutos, diluídos em DMSO, *in vitro*, possuem atividade anti-helmíntica (DAVULURI et al., 2020; CHENNURU et al., 2021), pois foram capazes de aumentar a porcentagem de inibição da eclosão das larvas e gerar paralisia das larvas infectantes de *Haemonchus contortus*, além de ocasionar mortes de adultos dessa mesma espécie (DAVULURI et al., 2020) e de adultos de *Cotylophoran cotylophorum* (CHENNURU et al., 2021).

Algumas espécies de insetos, considerados como pragas, também são passíveis de serem afetados de forma negativa pela a planta, tendo em vista que diversos trabalhos demonstraram seus efeitos inseticidas (SINTHUSIRI; SOONWERA, 2014; FREITAS et al., 2021; PASSARA; INSUNG, 2021). Nesse contexto tem-se a pesquisa desenvolvida por Voris et al. (2018) em que foi observado que o óleo essencial de seus frutos, diluído em acetona, demonstrou efeitos adulticida e larvicida, bem como efeito *Knockdown* e inibição da enzima acetilcolinesterase em *Aedes aegypti*.

Adicionalmente, um estudo evidenciou que o óleo essencial de anis estrelado, diluído em álcool etílico, demonstrou alto potencial de controle de *Musca domestica* L, uma vez que inibiu a oviposição e ocasionou mortalidade de seus ovos de forma semelhante à cipermetrina, um inseticida sintético da classe dos piretróides (SINTHUSIRI; SOONWERA, 2014). Semelhantemente, resultados promissores foram observados ao testar o óleo essencial de anis estrelado, diluído em acetona, nos estágios imaturos e adultos de *Ctenocephalides felis felis*, tendo em vista que o efeito inseticida relatado se manteve por 18 dias (FREITAS et al., 2021).

Outros relatos de impactos negativos em insetos ocasionados pelo óleo essencial de Anis estrelado podem ser encontrados na literatura, tais como: ação inseticida em larvas de *Spodoptera exigua* (PASSARA; INSUNG, 2021) e em adultos de *Callosobruchus maculatus* (MATOS et al., 2020) e de *Liposcelis bostrychophila* (ZHAO et al., 2012) e redução da capacidade de locomoção de fuga de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (PETER et al., 2022).

Os possíveis efeitos acaricidas de produtos provenientes de Anis estrelado também foram alvos de estudos (Quadro 1) (KIM et al., 2007; ZHAO et al., 2012; JIAN et al., 2022a, 2022b). Como exemplos, há os relatos publicados por Kim et al. (2017) e Jian et al. (2022a), em que foram descritos um efeito acaricida significativo dos extratos da planta em *Dermanyssus gallinae* no teste de toxicidade de contato.

Os carrapatos ixodídeos também se mostraram sensíveis ao contato com o óleo essencial de anis estrelado, visto que em um estudo desenvolvido por Elmahalli et al. (2018) foi descrito que o óleo essencial extraído dos frutos e das sementes da planta, diluído em acetona, foi capaz de ocasionar 50% de mortalidade após 10 horas e 99% após 24 horas em ninfas não alimentadas de *Ixodes ricinus* no método do papel de filtro aberto.

Posteriormente, outros pesquisadores analisaram o efeito do óleo essencial dos frutos de Anis estrelado em concentração de 40mg/ml⁽⁻¹⁾, diluído em Tween 80, em fêmeas ingurgitadas de *Dermacentor nitens* (LIMA JUNIOR et al., 2020). Nesse experimento, os resultados foram promissores, pois foi determinado 89,6% de eficácia e foi observado redução significativa da porcentagem de eclosão das larvas utilizando-se como base o teste de imersão de adultos (LIMA JUNIOR et al., 2020).

Recentemente, um grupo de pesquisadores procurou avaliar o efeito acaricida e repelente dos extratos etanólicos de anis estrelado, diluídos em 0,9 % NaCl, em ovos e larvas de *R. microplus* (LI et al., 2023). Como resultado, foi demonstrado que o composto, na maior concentração utilizada (1 g/mL), foi capaz de impedir 100% da eclosão dos ovos e causar mortalidade em 98 e 100% das larvas submetidas ao método de fumigação e do papel de filtro impregnado, respectivamente. Também foi observado que os extratos apresentaram uma taxa de repelência de 79,6% mesmo após decorridas 48 horas (LI et al., 2023).

2.5 Fundo doce - *Foeniculum vulgare* var. *dulce*

Foeniculum vulgare var. *dulce* é uma planta herbácea e aromática, pertencente à família Apiaceae, e conhecida pelo seu nome popular de Funcho doce ou Erva-doce (PICCAGLIA; MAROTTI, 2001; HE; HUANG, 2011; NOREEN et al., 2023). Usada desde a antiguidade, devido ao seu sabor, e considerada uma das ervas mais poderosas do mundo, a planta é originária da região sul da Europa e do Mediterrâneo, sendo que atualmente é amplamente cultivada nos países tropicais e temperados (PICCAGLIA; MAROTTI, 2001; HE; HUANG, 2011; NOREEN et al., 2023). A composição química de seu óleo essencial é composta principalmente pelo o constituinte anetol e seus isômeros, representando normalmente uma

porcentagem acima de 50% de sua composição total (KÜTÜKOĞLU; GIRIŞGIN; AYDIN, 2012; ABOELHADID et al., 2021; BOROTOVÁ et al., 2021; SABZI-NOJADEH et al., 2021). Contudo, dependendo da localização de cultivo da planta, outros constituintes podem ser encontrados de forma majoritária, como, por exemplo, α -felandreno e metil chavicol (PICCAGLIA; MAROTTI, 2001).

O Funcho doce é empregado nos setores alimentícios e cosméticos, assim como também é frequentemente utilizado na medicina tradicional, especificamente para o tratamento de distúrbios gastrointestinais devido às suas propriedades anti-inflamatórias, antiespasmódicas, diuréticas e analgésicas (KOOTI et al., 2015; NOREEN et al., 2023).

Outros efeitos farmacológicos que podem ser benéficos à saúde humana foram associados aos extratos e aos óleos essenciais extraídos dos frutos e das sementes de Funcho doce, tais como: efeitos ansiolítico (ALVARADO-GARCÍA et al., 2022), antidiabético (HILMI et al., 2014) e broncodilatador (BOSKABADY; KHATAMI, 2003); além de ação antifúngica (BELABDELLI et al., 2020; OKORSKA et al., 2023), antimicrobiana (GHASEMIAN et al., 2020; BOROTOVÁ et al., 2021), anticancerígena (KE; ZHAO; LU, 2021), antitumoral (ROUDBARI et al., 2023) e antioxidante (KALLELI et al., 2019; ABDESSLEM et al., 2021).

Por outro lado, a erva pode representar um perigo para os insetos, ácaros e carrapatos pois há relatos sobre seu potencial inseticida e acaricida, podendo, desse modo, se tornar uma alternativa viável para o controle dessas pragas (EBADOLLAHI et al., 2014; ABDEL-BAKI et al., 2021; ABOELHADID et al., 2021; BAZ et al., 2022).

Os pesquisadores ABDEL-BAKI et al. (2021), ao avaliarem a toxicidade do óleo essencial a 10%, extraídos das sementes, em larvas e pupas de *Musca domestica*, descreveram que houve 100% de mortalidade das larvas após 24 horas da aplicação e que alguns dos insetos apresentaram anormalidades morfológicas (corpo encolhido, deformado e com cutícula enegrecida). Quanto à atividade pupicida foi observado uma taxa de 100% de inibição das pupas após 6 dias de aplicação do óleo essencial.

Em um teste de toxicidade a campo, o óleo essencial de suas folhas demonstrou toxicidade em populações heterogêneas e naturais de *Rhopalosiphum maidis* (BENDDINE et al., 2022). Outrossim, foi evidenciado a ação larvicida e efeito antialimentar considerável do óleo essencial em larvas de 2º instar de *Spodoptera litura* (Fabricius) (PASSARA; PUMNUAN; THIPMANEE, 2021) e efeito inseticida em ninfas de *Brevicoryne brassicae* (LUCCA et al., 2015) e em adultos de *Melophagus ovinus* (GEMEDA et al., 2014).

A mortalidade e a repelência do óleo essencial de Funcho doce em adultos de *Tribolium castaneum* também foi avaliada. Como resultado, foi demonstrado que seu óleo essencial foi

capaz de ocasionar 100% de mortalidade, no teste de toxicidade de fumigação, e apresentou uma taxa de 98% de repelência, após duas horas de aplicação do composto na concentração de 1% (v/v) (TEKE; MUTLU, 2021). Ainda, nesse mesmo experimento, dentre os diferentes óleos essenciais avaliados, o de Funcho doce obteve a maior porcentagem de supressão da progênie (15,73%) em adultos *Sitophilus granarius* (TEKE; MUTLU, 2021).

O óleo essencial da erva ainda foi considerado, por Baz et al. (2022), como um potente larvicida em *Culex pipiens*, pois em seu estudo, decorridas 48 horas após aplicação do óleo essencial, na concentração de 1000 ppm, ocasionou 100 % de mortalidade em larvas de 4º instar de *Culex pipiens*.

Pesquisas sobre efeito acaricida do óleo essencial de *Foeniculum vulgare* e *Foeniculum vulgare* var. *dulce* foram realizadas na última década (ABOELHADID et al., 2021; EBADOLLAHI et al., 2014), conforme descrito no Quadro 2. Um estudo pioneiro identificou a atividade acaricida do óleo essencial oriundo das frutas da erva e seus constituintes puros em ácaros de poeira doméstica (adultos de *Dermatophagoides farinae* e *D. pteronyssinus*) ao realizar o teste de contato direto (LEE, 2004). De modo similar, posteriormente, outro trabalho identificou a mesma atividade em ácaros de alimentos armazenados (adultos de *Tyrophagus putrescentia*) ao utilizar óleo essencial oriundo das sementes no teste de contato direto (LEE; SUNG; LEE, 2006).

O teste de fumigação e o de contato direto também foi realizado em fêmeas adultas de *Tetranychus urticae* expostas ao óleo essencial da semente da planta (AMIZADEH; HEJAZI; SARYAZDI, 2013; EBADOLLAHI et al., 2014). Nesse contexto, os pesquisadores, Ebadollahi et al. (2014), identificaram uma toxicidade significava com efeito dose dependente em ambos os ensaios (de contato e de fumigação). Já no estudo de Amizadeh et al. (2013), o efeito acaricida de modo dose dependente foi observado tanto nos ovos quanto em fêmeas adultas de *Tetranychus urticae* no teste de fumigação.

O efeito acaricida e ação de repelência do óleo essencial das sementes, diluído em etanol, em fêmeas adultas e larvas de *Rhipicephalus annulatus*, respectivamente, também foi alvo de estudo. Os pesquisadores identificaram uma atividade acaricida considerável na concentração do óleo essencial em 10%, pois foi observado uma mortalidade de 30% nas fêmeas adultas, inibição da porcentagem da produção de ovos em 66,67% e 100% de mortalidade das larvas. Além disso, nessa mesma concentração, foi observado uma repelência de 86% na primeira hora, reduzindo para 29 % na quarta hora (ABOELHADID et al., 2021).

2.6 Ylang-Ylang - *Cananga odorata* (Lam.) Hook

A árvore perene, *Cananga odorata* (Lam.) Hook. F. & Tomson, pertencente à família Annonaceae, é nativa da Ásia tropical, especificamente de Filipinas, Malásia, Indonésia e de algumas ilhas do oceano Índico, principalmente Comoro e Madagascar (BURDOCK; CARABIN, 2008; TAN et al., 2015). Posteriormente, foi introduzida na China, Índia, África e América (TAN et al., 2015) e atualmente possui distribuição pantropical (MANNER; ELEVITCH, 2006).

Conhecida popularmente como “Ylang-ylang”, a planta é famosa por suas flores aromáticas que são frequentemente utilizadas para extração de óleos essenciais, os quais são empregados como matérias-primas na fabricação de produtos na indústria química (xampus, perfumes, cremes e loções) e na indústria alimentícia (sorvetes, balas e flavorizantes de assados e bebidas) (GAYDOU; RANDRIAMIHARISOA; BIANCHINI, 1986; MANNER; ELEVITCH, 2006; BURDOCK; CARABIN, 2008; ZHAO et al., 2019). Na etnomedicina, a herbácea é utilizada no tratamento da asma, malária e das doenças estomacais e na redução da hipertensão, ansiedade e depressão (MANNER; ELEVITCH, 2006; TAN et al., 2015; HARAHAHAP et al., 2022).

A composição química do óleo essencial de Ylang-ylang é afetado pelas diferentes formas e local de cultivo, do modo de extração e dos estágios das flores extraídas (STASHENKO; PRADA; MARTÍNEZ, 1996; GOBBO-NETO; LOPES, 2007; CHAKIRA et al., 2022; NG et al., 2021). Além disso, o composto é classificado em cinco graus, denominados de extra, primeira, segunda, terceira qualidade e completo, os quais possuem diferentes qualidades e formas de aplicação (TAN et al., 2015; NG et al., 2021).

Os óleos essenciais extra e de primeira qualidade são constituídos por componentes mais voláteis, como, por exemplo, linalol, éter p-cresil metílico e são frequentemente empregados na indústria de fragrância (TAN et al., 2015; NG et al., 2021). Por outro lado, os demais graus possuem compostos menos voláteis, classificados como sesquiterpenos, tais como cariofileno, germacreno D e α -farneseno e são empregados na fabricação de sabonetes e cosméticos (TAN et al., 2015; NG et al., 2021).

Algumas atividades biológicas associadas ao óleo essencial de *Cananga odorata* têm sido frequentemente descritas (PUJIARTI et al., 2017; KALAGATUR et al., 2018; KUNOVÁ, 2019; UPADHYAY et al., 2021; VIMALADEVI et al., 2021). Nesse contexto, foram observados que o óleo essencial das folhas possui propriedades antioxidante e anticancerígena (VIMALADEVI et al., 2021) e das flores, efeitos sedativo, relaxante (PUJIARTI et al., 2017) e atividades antifúngica (KALAGATUR et al., 2018; UPADHYAY et al., 2021) e antibacteriana (KUNOVÁ, 2019).

O óleo essencial de *Cananga odorata* pode servir também como um inseticida e repelente botânico, uma vez que esse composto tem apresentado atividade inseticida e efeito repelente em diferentes espécies de insetos (OLIVERO-VERBEL et al., 2013; VERA et al., 2014; SOONWERA, 2015; CASTILLO; STASHENKO; DUQUE, 2017). Em estudo desenvolvido por Soonwera et al. (2015) foi constatado que o óleo essencial das flores de *Cananga odorata* foi capaz de dissuadir a oviposição de fêmeas de *Aedes aegypti*, *Anopheles dirus* e *Culex quinquefasciatus*. Além disso, foram observados efeitos ovicida, larvicida e adulticida nessas três espécies de mosquitos.

Recentemente, foi demonstrado que óleo essencial oriundo das flores frescas promoveram um efeito repelente em *Culex quinquefasciatus* e *Anopheles minimus* (SUKKANON et al., 2022) e um considerável efeito inseticida em larvas de *Culex quinquefasciatus* e adultos de *Musca domestica* (PAVELA et al., 2021). Anteriormente, em um estudo foi observado que o óleo essencial oriundo das folhas aplicado em alimentos – na concentração de 5 µL/g, apresentou melhor atividade repelente que o próprio repelente comercial testado em *Tribolium castaneum* (OLIVERO-VERBEL et al., 2013).

Apesar de poucos trabalhos descritos em literatura, as propriedades acaricidas de *Cananga odorata* também foram descritas (Quadro 3). O seu óleo essencial, dentre outros avaliados, obteve o segundo maior efeito acaricida em ácaros de poeira doméstica (*Dermatophagoides farinae* e *D. pteronyssinus*) no teste de contato direto (RIM; JEE, 2006). Especificamente, em carrapatos, um estudo demonstrou que o óleo essencial oriundo das flores possui atividade larvicida em ninfas não alimentadas de *Ixodes ricinus* de modo tempo e dose-dependentes no método de papel de filtro aberto (ELMHALLI et al., 2018).

2.7 *Murraya paniculata* (L.) Jack

A planta *Murraya paniculata* (L.) Jack, pertencente à família Rutaceae e considerada como um arbusto ou uma árvore pequena, pode ser encontrada em diferentes países e regiões do mundo como Índia, Malásia, Sri Lanka, Austrália, América Central e sudeste do EUA (DOSOKY et al., 2016; JOSHI; GOHIL, 2023; YOHANES et al., 2023). Mesmo considerada como uma planta ornamental, também é bastante utilizada na etnomedicina (OLAWORE et al., 2005) para o tratamento de uma ampla gama de sintomas e doenças, tais como: corrimento vaginal, diarreia, tosse, epigastralgia, queimaduras, irritação na pele, hipolipidemia, disenteria, orquite e infecções do trato urinário (KONG et al., 1986; DOSOKY et al., 2016; JOSHI;

GOHIL, 2023; REHMAN et al., 2023). Essa prática é utilizada especificamente nas áreas tropicais e subtropicais da Ásia, China e Indonésia (MESQUITA et al., 2008).

A composição química do óleo essencial das frutas e folhas de *Murraya paniculata* (L.) Jack foi descrita em diversos artigos publicados (OLAWORE et al., 2005; LV et al., 2013; ARYA et al., 2017; NETA et al., 2017; SAIKIA et al., 2022; REHMAN et al., 2023). Esses trabalhos ressaltam que há diversidades químicas na composição devido à localização, variedade e outros fatores específicos da planta (OLAWORE et al., 2005; LV et al., 2013; ARYA et al., 2017; NETA et al., 2017; SAIKIA et al., 2022; REHMAN et al., 2023).

Observa-se que a maioria dos compostos identificados no óleo essencial pertencem à classe dos sesquiterpenos (OLAWORE et al., 2005; ARYA et al., 2017; SAIKIA et al., 2022), sendo que os isômeros cariofileno e outros constituintes como, por exemplo, germacreno B e D, β -cubebene, zingibereno e nerolidol são frequentemente descritos como majoritários (OLAWORE et al., 2005; ROUT et al., 2007; DOSOKY et al., 2016; ARYA et al., 2017; SAIKIA et al., 2022; REHMAN et al., 2023).

Os metabólitos secundários presentes na planta possuem propriedades analgésica (PODDER et al., 2011), broncodilatadora (SAQIB et al., 2015), vasodilatadora (SAQIB et al., 2015), bem como atividades anti-inflamatória (ZOU et al., 2021), antioxidante (ZHU; LEI; LUO, 2015), antibacteriana (SONTER et al., 2021) e antifúngica (NESA et al., 2021).

As propriedades anti-helmínticas da planta também foram investigadas (TRESIA; EVVYERNIE; TIURIA, 2016; BOONKUSOL et al., 2019). Em um estudo foi observado que os extratos das folhas de *M. paniculata* reduziram a LT50 (tempo letal para 50%) de adultos pertencentes à família Trichostrongylidae (*Trichostrongylus* sp. *Haemonchus* sp e *Cooperia* sp). Ademais, prejudicaram o desenvolvimento larval de larvas infectantes (L3) (TRESIA; EVVYERNIE; TIURIA, 2016). Posteriormente, em um outro experimento realizado *in vivo* foi observado que as cabras alimentadas com as folhas de *M. paniculata* apresentaram fezes com menos ovos de nematóides gastrointestinais (BOONKUSOL et al., 2019).

A atividade leishmanicida do óleo essencial de *Murraya paniculata* (L.) Jack foi descrita por Silva et al. (2020) pela primeira vez. Nesse estudo foram extraídos os óleos essenciais das folhas e dos frutos (maduros e verdes) e avaliados quanto ao potencial parasiticida nas formas promastigotas de *Leishmania amazonenses*. Os resultados apontaram que o óleo essencial oriundo das folhas exibiu alta atividade leishmanicida, pois apresentou IC50 (inibição de crescimento de 50%) de $7,33 \pm 2,07$ μ g/ml. Por outro lado, mesmo que os óleos essenciais dos frutos maduros e verdes tenham apresentado maiores valores de IC50 ($13,04 \pm 1,64$ e $30,77 \pm$

2,07 µg/ml, respectivamente), ainda sim, a atividade leishmanicida dos frutos da planta foi considerada (SILVA et al., 2020).

A toxicidade acaricida de extratos de aquosos oriundos das folhas frescas e maduras de *M. paniculada* em ovos e adultos de *Oligonychus coffeae* foi recentemente descrita (DEKA et al., 2022). O resultado do trabalho demonstrou que esses compostos na maior concentração de 10 gm/l atingiram uma taxa de mortalidade em adultos de 67% após 72 horas de avaliação. Além disso, foi observado que o composto afetou a eclosão das larvas, uma vez que foi encontrada 48,51% de porcentagem de mortalidade das larvas (Quadro 4)(DEKA et al., 2022).

2.8 *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil

A planta *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil, pertencente à família Rutaceae, é uma espécie arbustiva e neotropical, nativa do cerrado brasileiro (MATOS et al., 2014; CABRAL et al., 2020a; BRITO; PIRANI, 2022). Contudo, pode ser encontrada também na Bolívia, Colômbia, Venezuela, Guiana e no Peru (MATOS et al., 2014; CABRAL et al., 2020a; BRITO; PIRANI, 2022).

A composição química de seu óleo essencial pode variar dependendo de qual parte da planta foi extraído. Porém, normalmente grande quantidade de hidrocarbonetos sesquiterpênicos são encontrados, entre os quais se destacam β -cariofileno, γ -muuroleno, biciclogermacreno e δ -cadineno (CHAIBUB et al., 2013; CABRAL et al., 2019;).

Na medicina popular suas folhas e raízes são usadas no tratamento de reumatismo, artrite gotosa, infecções e inflamações renais (TRESVENZOL, 2006; NASCIMENTO et al., 2012; CABRAL et al., 2020a). No Brasil, especificamente em Goiânia/GO e em cidades vizinhas, a casca da raiz e do caule são comercializadas em forma de chá, ou em associação com outras plantas medicinais, ou maceradas em vinho ou aguardente para serem utilizadas no tratamento de reumatismo (TRESVENZOL, 2006).

Algumas atividades farmacológicas de partes da planta têm sido investigadas e demonstradas em literatura científica (MATOS et al., 2004; GALDINO et al., 2012; CABRAL et al., 2020a, 2020b; SOUZA et al., 2020). Nesse contexto, podem ser citados como exemplos dois estudos realizados em animais de laboratório, os quais evidenciaram que os extratos etanólicos das raízes contêm compostos com ações anti-inflamatórias e depressoras centrais (GALDINO et al., 2012) e que o óleo essencial das folhas é capaz de produzir um efeito ansiolítico (MATOS et al., 2004).

Ainda, destaca-se que em outro experimento foi observado que o óleo essencial obtido das folhas e flores demonstrou capacidade antiproliferativa em células tumorais humanas e atividade antimicrobiana contra *Mycobacterium tuberculosis* (CABRAL et al., 2020a).

Os extratos das folhas de *S. odoratissima* foram considerados por Souza et al. (2020) como uma fonte promissoras de metabólitos secundários com atividades antioxidante e antibacteriana, uma vez que foi identificado que os extratos aquosos, de acetato de etila, metanólico e hidroetanólico possuem alta atividade antioxidante e significativa atividade antibacteriana em *Listeria monocytogenes*.

Os efeitos parasiticidas do óleo essencial e dos extratos da planta em organismos causadores de protozooses têm sido investigados e os resultados são promissores (ALBERNAZ et al., 2010; CABRAL et al., 2020a; SOUZA et al., 2022). Em um estudo pioneiro realizado por Cabral et. al (2020) os óleos essenciais das folhas e flores de *S. odoratissima* exibiram atividade leishmanicida significativa contra as formas promastigotas de *Leishmania amazonenses*, apresentando IC50 de $14,36 \pm 2,02$ e $19,89 \pm 2,66$ $\mu\text{g/mL}$, respectivamente. Posteriormente, outro estudo mais recente demonstrou que os extratos hexânicos das folhas da planta exibiram atividade leishmanicida significativa contra o mesmo parasito, apresentando IC50 de $38,16 \pm 0,27$ $\mu\text{g/mL}$ (SOUZA et al., 2022).

Possíveis atividades parasiticidas da planta em outras espécies de protozoários foram alvos de estudo, pois em uma pesquisa desenvolvida por Albernaz et al. (2010) os extratos de acetato de etila das folhas de *S. odoratissima* exibiram IC50 de $9,2$ $\mu\text{g/mL}$ e $56,3$ $\mu\text{g/mL}$ em *Plasmodium falciparum* e em epimastigotas de *Trypanosoma cruzi*, respectivamente. Além disso, os extratos hexânicos das raízes exibiram IC50 $22,3$ $\mu\text{g/mL}$ em promastigotas de *Leishmania chagasi*.

Quadro 1 – Atividades acaricidas identificadas de substâncias oriundas de *Illicium verum* em suas respectivas espécies alvos encontradas na literatura.

Estádio	Espécie	Substância	Teste utilizado	Concentrações avaliadas	Solvente	CL50	Autores
Adulto	<i>Dermanyssus gallinae</i>	Extratos metalônicos dos frutos	Bioensaio de toxicidade de contato	0,35 mg/cm ²	Etanol	0,09 mg/cm ²	Kim et al., 2007
Ninfa – não alimentada	<i>Ixodes ricinus</i>	Óleo essencial dos frutos e sementes	Método de papel de filtro aberto	0,05, 0,1, 0,2 e 0,4 µl óleo/cm ²	Acetona	0,1 µl/cm ²	Elmhalli et al., 2018
Adulto – fêmea ingurgitada	<i>Dermacentor nitens</i>	Óleo essencial dos frutos	Teste de imersão em adultos	40,0 mg/mL ⁻¹	Tween 80	*	Lima Junior et al., 2020
Adulto	<i>Dermanyssus gallinae</i>	Extratos etanólicos	Bioensaio de toxicidade de contato	*	0,9% NaCl	0,159 g/m	Jian et al., 2022a
Adulto e Ninfa	<i>Ornithonyssus sylviarum</i>	Extratos etanólicos dos frutos maduros	Método da infiltração	0,5g/mL	0,9% NaCl	*	Jian et al., 2022b
Larva	<i>Ornithonyssus sylviarum</i>	Extratos etanólicos dos frutos maduros	Teste de fumigação	0,5g/mL	0,9% NaCl	*	Jian et al., 2022a

*Dado não informado pelo autor.

Quadro 1 – Atividades acaricidas identificadas de substâncias oriundas de *Illicium verum* em suas respectivas espécies alvos encontradas na literatura em (continuação).

Estádio	Espécie	Substância	Teste utilizado	Concentrações avaliadas	Solvente	CL50	Autores
Ovo	<i>Rhipicephalus microplus</i>	Extratos etanólicos	O teste de imersão para atividade ovicida	0,1, 0,325, 0,55, 0,775 e 1 g/mL	0,9% NaCl	*	Li et al., 2023
Larva	<i>Rhipicephalus microplus</i>	Extratos etanólicos	Teste de fumigação	0,1, 0,325, 0,55, 0,775 e 1 g/mL	0,9% NaCl	0,457g/mL	Li et al., 2023
Larva	<i>Rhipicephalus microplus</i>	Extratos etanólicos	Método de papel de filtro impregnado	0,1, 0,325, 0,55, 0,775 e 1 g/mL	0,9% NaCl	0,367g/mL	Li et al., 2023

*Dado não informado pelo autor.

Quadro 2 – Atividades acaricidas identificadas de substâncias oriundas de *Foeniculum vulgare* e *Foeniculum vulgare* var. *dulce* em suas respectivas espécies alvos encontradas na literatura.

Estádio	Espécie	Substância	Teste utilizado	Concentrações avaliadas	Solvente	CL50	autores
Adulto	<i>Dermatophagoides farinae</i>	Óleo essencial das frutas	Contato direto	800, 400, 300, 200, 100, 50, 25, 20, 10, 5 e 2,5 mg/m ²	etanol	119 mg/m ²	Lee, 2004
Adulto	<i>Dermatophagoides pteronyssinus</i>	Óleo essencial das frutas	Contato direto	800, 400, 300, 200, 100, 50, 25, 20, 10, 5 e 2,5 mg/m ²	etanol	103 mg/m ²	Lee, 2004
Adulto	<i>Rhipicephalus annulatus</i>	Óleo essencial das sementes	Teste de imersão em adultos	0,625, 1,25, 2,5, 5 e 10%	etanol	12,96%	Aboelhadi et al., 2021
Larva	<i>Rhipicephalus annulatus</i>	Óleo essencial das sementes	Teste do pacote em larvas	0,625, 1,25, 2,5, 5 e 10%	etanol	1,75%	Aboelhadid et al., 2021
Adulto	<i>Tyrophagus putrescentiae</i>	Óleo essencial das sementes	Contato direto	80, 40, 30, 20, 10, 5, 2,5, 2.0, 1.0, 0.5, 0.25 e 0,125 µg/cm ²	etanol	19,51 µg/cm ²	Lee et al., 2006
Adulto	<i>Tetranychus urticae</i>	Óleo essencial das sementes	Contato direto	0,11 a 1.7%	Tween 0,02%	0,557%	Ebadollahi et al., 2014

Quadro 2 – Atividades acaricidas identificadas de substâncias oriundas de *Foeniculum vulgare* e *Foeniculum vulgare* var. *dulce* em suas respectivas espécies alvos encontradas na literatura (continuação).

Estádio	Espécie	Substância	Teste utilizado	Concentrações avaliadas	Solvente	CL50	Autores
Adulto	<i>Tetranychus urticae</i>	Óleo essencial das sementes	Teste de fumigação	1,33 a 2,4 µL/L por ar	Não se aplica	1,876 µl/L	Ebadollahi et al., 2014
Adulto	<i>Tetranychus urticae</i>	Óleo essencial das sementes	Teste de fumigação	4 a 9 µl/L	Não se aplica	5,75 µl/L	Amizadeh et al., 2013
Ovo	<i>Tetranychus urticae</i>	Óleo essencial das sementes	Teste de fumigação	0,5–2,5 µl/L	Não se aplica	1,17 µl/L	Amizadeh et al., 2013

Quadro 3 – Atividades acaricidas identificadas de substâncias oriundas de *Cananga odorata* em suas respectivas espécies alvos encontradas na literatura.

Estádio	Espécie	Substância	Teste utilizado	Concentrações avaliadas	Solvente	CL50	Autores
Adulto	<i>Dermatophagoides farinae</i>	Óleo essencial	Contato direto	0,1, 0,05, 0,025, 0,0125 e 0,00625 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$	etanol	*	Rim e Jee, 2006
Ninfa	<i>Ixodes ricinus</i>	Óleo essencial das flores	Método de papel de filtro aberto	0,05, 0,1, 0,2 e 0,4 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$	acetona	0,185 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$	Elmhalli et al. 2018

*Dado não informado pelo autor

Quadro 4 – Atividades acaricidas identificadas de substâncias oriundas de *Murraya paniculata* (L.) Jack em suas respectivas espécies alvos encontradas na literatura.

Estádio	Espécie	Substância	Teste utilizado	Concentrações avaliadas	Solvente	CL50	Autores
Adulto	<i>Oligonychus coffeae</i>	Extrato aquoso das folhas	Método do disco foliar	2, 4, 6, 8 e 10 gm/l	0.1% Teepol AG	*	Deka et al., 2022
Ovo	<i>Oligonychus coffeae</i>	Extrato aquoso das folhas	*	2, 4, 6, 8 e 10 gm/l	Não se aplica	*	Deka et al., 2022

*Dado não informado pelo autor

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor agropecuário dos países de clima tropical e subtropical enfrentam dois grandes desafios, o primeiro está relacionado ao combate ao carrapato-do-boi e o segundo, relacionado à principal forma de controle do parasito baseada no uso de acaricidas químicos sintéticos.

Os prejuízos econômicos causado por *R. microplus* impedem uma maior expansão do setor agropecuário e o constante uso de acaricidas químicos sintéticos, principalmente se, utilizado de forma indiscriminada, tem contribuído para aceleração do processo de resistência dos carrapatos. Além disso, esses produtos trazem danos à saúde humana, animal e ao meio ambiente.

Por outro lado, há diversos estudos científicos que demonstram que os óleos essenciais possuem atividade acaricida e apresentam toxicidade mínima aos organismos não - alvos e ao meio ambiente se comparado aos acaricidas químicos sintéticos.

Os óleos essenciais de plantas da espécie *Cananga odorata* (Lam.) Hook, *Foeniculum vulgare* var. dulce, *Murraya paniculata* (L.) Jack, *Illicium verum* (Hook.f.) e *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil avaliados no presente estudo demonstraram efeito acaricida e interferiram de modo negativo no desempenho reprodutivo de fêmeas ingurgitadas de *R. microplus*.

Os resultados do presente estudo sugerem que esses óleos essenciais possam ser utilizados no desenvolvimento de novas formulações acaricidas, uma vez que irão afetar a perpetuação da espécie, proporcionando, desse modo, o controle mais efetivo das futuras gerações do parasito.

4. REFERÊNCIAS

- 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, 2014.
- ABDEL-BAKI, A. A. S. *et al.* Larvicidal and pupicidal activities of *Foeniculum vulgare* essential oil, trans-anethole and fenchone against house fly *Musca domestica* and their inhibitory effect on acetylcholinesterase. **Entomological Research**, v. 51, n. 11, p. 568–577, 2021.
- ABDESSLEM, S. *et al.* Chemical composition and biological activities of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) essential oils and ethanolic extracts of conventional and organic seeds. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 1, p. 1–13, 2021.
- ABOELHADID, S. M. *et al.* Acaricidal activity of *Foeniculum vulgare* against *Rhipicephalus annulatus* is mainly dependent on its constituent from trans-anethone. **PLoS ONE**, v. 16, n. 12, p. 1–15, 2021.
- ADENUBI, O. T. *et al.* Plant extracts to control ticks of veterinary and medical importance: A review. **South African Journal of Botany**, v. 105, p. 178–193, 2016.
- ADENUBI, O. T. *et al.* Pesticidal plants as a possible alternative to synthetic acaricides in tick control: A systematic review and meta-analysis. **Industrial Crops and Products**, v. 123, p. 779–806, 2018.
- ALBERNAZ, L. C. *et al.* Investigation of plant extracts in traditional medicine of the Brazilian Cerrado against protozoans and yeasts. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 131, n. 1, p. 116–121, 2010.
- ALMAZAN, C. *et al.* Immunological control of ticks and tick-borne diseases that impact cattle health and production. **Frontiers in Bioscience - Landmark**, v. 23, n. 8, p. 1535–1551, 2018.
- ALVARADO-GARCÍA, P. A. A. *et al.* Anxiolytic and Antidepressant-like Effects of *Foeniculum vulgare* Essential Oil. **Pharmacognosy Journal**, v. 14, n. 2, p. 425–431, 2022.
- ALVARADO V. C. *et al.* Residuos de acaricidas en leche entera bovina de Costa Rica. **UNED Research Journal**, v. 14, n. 1, p. 3787, 2022.
- ALVES, P. R. L. *et al.* Ecotoxicological assessment of Fluazuron: effects on *Folsomia candida* and *Eisenia andrei*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 6, p. 5842–5850, 2019.
- AMIZADEH, M.; HEJAZI, M. J.; SARYAZDI, G. A. Fumigant toxicity of some essential oils on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **International Journal of Acarology**, v. 39, n. 4, p. 285–289, 2013.
- APANASKEVICH, D. A.; OLIVER, J. H. Life Cycles and Natural History of Ticks. In: SONENSHINE, D. E.; ROE, R. M. **Biology of Ticks**. 2º ed. New York, USA: Oxford University Press, 2013. cap. 3, p.59.
- ARRIOLA, C. R. O. *et al.* Nivel de infestación de *Rhipicephalus microplus* y su asociación con factores climatológicos y la ganancia de peso en bovinos *Bos taurus* x *Bos indicus*. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 12, n. 1, p. 273–285, 2021.

- ARYA, N. *et al.* Chemical Composition of Leaf Essential Oil of Wild and Domestic Genotypes of *Murraya paniculata* L. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 20, n. 2, p. 468–473, 2017.
- BAKKALI, F. *et al.* Biological effects of essential oils - A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.
- BARRÉ, N.; UILENBERG, G. Spread of parasites transported with their hosts: case study of two species of cattle tick. **Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)**, v. 29, n. 1, p. 149–160, 135–147, 2010.
- BASAIID, K. *et al.* Biological activities of essential oils and lipopeptides applied to control plant pests and diseases: a review. **International Journal of Pest Management**, v. 67, n. 2, p. 155–177, 2021.
- BAZ, M. M. *et al.* Larvicidal and adulticidal effects of some Egyptian oils against *Culex pipiens*. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 4406, 2022.
- BELABDELLI, F. *et al.* Chemical Composition and Antifungal Activity of *Foeniculum vulgare* Mill. **Chemistry Africa**, v. 3, n. 2, p. 323–328, 2020.
- BENELLI, G.; DUGGAN, M. F. Management of arthropod vector data – Social and ecological dynamics facing the One Health perspective. **Acta Tropica**, v. 182, p. 80–91, 2018.
- BENDDINE, H. *et al.* Biological activity of essential oils of *Myrtus communis* (Myrtaceae, Family) and *Foeniculum vulgare* (Apiaceae, Family) on open fields conditions against corn aphids *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) in western Algeria. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 22, n. 2, p. 78–88, 2022.
- BOCK, R. *et al.* Babesiosis of cattle. **Parasitology**, v. 129, n. S1, p. S247–S269, 2004.
- BOONKUSOL, D. *et al.* In vivo efficacy of *Murraya paniculata* leaf in controlling natural helminthiasis in goat. **American Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v. 14, n. 2, p. 95–100, 2019.
- BORGES, L. M. F.; SOUSA, L. A. D. D; BARBOSA, C. D. S. Perspectives for the use of plant extracts to control the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria**, v. 20, n. 2, p. 89–96, 2011.
- BOROTOVÁ, P. *et al.* Biological activity of essential oil from *Foeniculum vulgare*. **Acta Horticulturae et Regiotecturae**, v. 24, n. 2, p. 148–152, 2021.
- BOSKABADY, M. H.; KHATAMI, A. Relaxant Effect of *Foeniculum vulgare* on Isolated Guinea Pig Tracheal Chains. **Pharmaceutical Biology**, v. 41, n. 3, p. 211–215, 2003.
- BRAM, R. A. *et al.* Threat of Foreign Arthropod-Borne Pathogens to Livestock in the United States. **Journal of Medical Entomology**, v. 39, n. 3, p. 405–416, 2002.
- BRITO, L. DE A.; PIRANI, J. R. Taxonomic Revision of *Spiranthera* (Rutaceae). **Systematic Botany**, v. 47, n. 1, p. 41–60, 2022.
- BURDOCK, G. A.; CARABIN, I. G. Safety assessment of Ylang–Ylang (*Cananga* spp.) as a food ingredient. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 433–445, 2008.

BUSCH, J. D. *et al.* Widespread movement of invasive cattle fever ticks (*Rhipicephalus microplus*) in southern Texas leads to shared local infestations on cattle and deer. **Parasites and Vectors**, v. 7, n. 1, p. 1–16, 2014.

CABRAL, F. D. *et al.* Chemical Constituents of Essential Oils Extracted from the Leaves and Flowers of *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil. (Rutaceae). **Records of Natural Products**, v. 13, n. 2, p. 172–175, 2019.

CABRAL, F. D. *et al.* Bioactivities of essential oils from different parts of *Spiranthera odoratissima* (Rutaceae). **Rodriguésia**, v. 71, p. 1–8, 2020a.

CABRAL, F. D. *et al.* In vitro antimicrobial activity of *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil. essential oils against foodborne pathogens and food spoilage bacteria. **Australian Journal of Crop Science**, n. 14, p. 333–338, 2020b.

CARVALHO, J. P. DE P.; NISHIKAWA, A. M.; FAY, E. F. Níveis de resíduos de praguicidas organoclorados em produtos cárneos sob inspeção federal. **Revista de Saúde Pública**, v. 14, n. 3, p. 408–419, 1980.

CASTILLO, R. M.; STASHENKO, E.; DUQUE, J. E. Insecticidal and Repellent Activity of Several Plant-Derived Essential Oils Against *Aedes aegypti*. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 33, n. 1, p. 25–35, 2017.

CASTRO, J. J. de. Sustainable tick and tickborne disease control in livestock improvement in developing countries. **Veterinary Parasitology**, v. 71, n. 2–3, p. 77–97, 1997.

CASTRO-JANER, E. *et al.* Cross-resistance between fipronil and lindane in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 210, n. 1–2, p. 77–83, 2015.

CHAIBUB, B. A. *et al.* Composição química do óleo essencial e avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial, extrato etanólico bruto e frações das folhas de *Spiranthera odoratissima* A. St.-Hil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 2, p. 225–229, 2013.

CHAGAS, A. C. S de. *et al.* Efficacy of 11 Brazilian essential oils on lethality of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 7, n. 3, p. 427–432, 2016.

CHAKIRA, A. *et al.* Effect of Flower Development Stages on the Dynamics of Volatile Compounds in Ylang-Ylang (*Cananga odorata*) Essential Oil. **Horticulturae**, v. 8, n. 11, 2022.

CHENNURU, S. *et al.* Tropical plants as alternative anthelmintics against *Cotylophoran cotylophorum* of sheep. **The Indian Journal of Animal Sciences**, v. 91, n. 5, p.372–375, 2021.

CUTULLÉ, C. *et al.* In vitro diagnosis of the first case of amitraz resistance in *Rhipicephalus microplus* in Santo Tomé (Corrientes), Argentina. **Veterinary Parasitology**, v. 192, n. 1–3, p. 296–300, 2013.

DANTAS-TORRES, F.; CHOMEL, B. B.; OTRANTO, D. Ticks and tick-borne diseases : a One Health perspective. **Trends in Parasitology**, v. 28, n. 10, p. 437–446, 2012.

- DAVULURI, T. *et al.* In Vitro Anthelmintic Activity of Three Tropical Plant Extracts on *Haemonchus contortus*. **Acta Parasitologica**, v. 65, n. 1, p. 11–18, 2020.
- DEHSHEIKH, A. B. *et al.* Monoterpenes: Essential Oil Components with Valuable Features. **Mini-Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 20, n. 11, p. 958–974, 2020.
- DEKA, B. *et al.* Plant Extracts as Potential Acaricides for the Management of Red Spider Mite, *Oligonychus coffeae* Nietner (Acarina: Tetranychidae), in the Tea Ecosystem: An Eco-Friendly Strategy. **Frontiers in Agronomy**, v. 4, p. 1–13, 2022.
- DEVRNJA, N.; MILUTINOVIĆ, M.; SAVIĆ, J. When Scent Becomes a Weapon—Plant Essential Oils as Potent Bioinsecticides. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n. 11, 2022.
- DOSOKY, N. *et al.* Composition and Biological Activities of *Murraya paniculata* (L.) Jack Essential Oil from Nepal. **Medicines**, v. 3, n. 1, p. 7, 2016.
- DURDEN, L. A.; BEATI, L. Modern Tick Systematics. *In*: SONENSHINE, D. E.; ROE, R. M. **Biology of Ticks**. 2° ed. New York, USA: Oxford University Press, 2013. cap. 2, p.29.
- DZAMIC, A. *et al.* Chemical composition and antifungal activity of *illicium verum* and *Eugenia caryophyllata* essential oils. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 45, n. 2, p. 259–261, 2009.
- DZEMO, W. D.; THEKISOE, O.; VUDRIKO, P. Development of acaricide resistance in tick populations of cattle: A systematic review and meta-analysis. **Heliyon**, v. 8, n. 1, p. 08718, 2022.
- EBADOLLAHI, A. *et al.* Chemical Composition and Acaricidal Effects of Essential Oils of *Foeniculum vulgare* Mill. (Apiales: Apiaceae) and *Lavandula angustifolia* Miller (Lamiales: Lamiaceae) against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Psyche (London)**, v. 2014, p. 1–6, 2014.
- ELMHALLI, F. *et al.* Acaricidal properties of ylang-ylang oil and star anise oil against nymphs of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 76, n. 2, p. 209–220, 2018.
- ESTRADA-PEÑA, A. *et al.* One Health Approach to Identify Research Needs on *Rhipicephalus microplus* Ticks in the Americas. **Pathogens**, v. 11, n. 10, 2022.
- FELIPE, L. O; BICAS, J. L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 2, p. 120–130, 2017.
- FREITAS, J. P. *et al.* Efficacy and residual effect of *Illicium verum* (star anise) and *Pelargonium graveolens* (rose geranium) essential oil on cat fleas *Ctenocephalides felis felis*. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria**, v. 30, n. 4, p. 1–11, 2021.
- GALDINO, P. M. *et al.* The anxiolytic-like effect of an essential oil derived from *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil. leaves and its major component, β -caryophyllene, in male mice. **Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry**, v. 38, n. 2, p. 276–284, 2012.
- GARAY, J.; BRENNAN, T.; BON, D. Review: Essential Oils A Viable Pest Control Alternative. **International Journal of Ecotoxicology and Ecobiology**, v. 5, n. 2, p. 13, 2020.

- GAYDOU, E. M.; RANDRIAMIHARISOA, R.; BIANCHINI, J. P. Composition of the Essential Oil of Ylang-Ylang (*Cananga odorata* Hook Fil. et Thomson forma genuina) from Madagascar. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 34, n. 3, p. 481–487, 1986.
- GEMEDA, N. *et al.* Insecticidal Activity of Some Traditionally Used Ethiopian Medicinal Plants against Sheep Ked *Melophagus ovinus*. **Journal of Parasitology Research**, v. 2014, p. 1–7, 2014.
- GEORGE, J. E.; POUND, J. M.; DAVEY, R. B. Chemical control of ticks on cattle and the resistance of these parasites to acaricides. **Parasitology**, v. 129, n. S1, p. S353–S366, 2004.
- GHASEMIAN, A. *et al.* Chemical Composition and Antimicrobial and Cytotoxic Activities of *Foeniculum vulgare* Mill Essential Oils. **Journal of Gastrointestinal Cancer**, v. 51, n. 1, p. 260–266, 2020.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374–381, 2007.
- GRISI, L. *et al.* Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 23, n. 2, p. 150–156, 2014.
- GROMBONI, C. F. *et al.* Avaliação da reação foto-Fenton na decomposição de resíduos de carrapaticida. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 264–267, 2007.
- HADDI, K. *et al.* Rethinking biorational insecticides for pest management: unintended effects and consequences. **Pest Management Science**, v. 76, n. 7, p. 2286–2293, 2020.
- HARAHAP, D. *et al.* Antibacterial activities of seven ethnomedicinal plants from family Annonaceae. **Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research**, v. 13, n. 3, p. 148–153, 2022.
- HE, W.; HUANG, B. A review of chemistry and bioactivities of a medicinal spice: *Foeniculum vulgare*. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, n. 16, p. 3595–3600, 2011.
- HICKS, S. D. *et al.* Neurodevelopmental delay diagnosis rates are increased in a region with aerial pesticide application. **Frontiers in Pediatrics**, v. 5, p. 1–9, 2017.
- HILMI, Y. *et al.* A study of antioxidant activity, enzymatic inhibition and in vitro toxicity of selected traditional sudanese plants with anti-diabetic potential. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 14, p. 1–5, 2014.
- JIAN, Y. *et al.* Evaluation of the in vitro acaricidal activity of Chinese herbal compounds on the poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*). **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, p. 1–9, 2022a.
- JIAN, Y. *et al.* Evaluation of the in vitro acaricidal activity of ethanol extracts of seven Chinese medicinal herbs on *Ornithonyssus sylviarum* (Acari: Macronyssidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 87, n. 1, p. 67–79, 2022b.
- JONGEJAN, F.; UILENBERG, G. Ticks and control methods. **Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)**, v. 13, n. 4, p. 1201–1226, 1994.
- JONGEJAN, F.; UILENBERG, G. The global importance of ticks. **Parasitology**, v. 129, p. 3–14, 2004.
- JONSSON, N. N.; MAYER, D. G.; MATSCHOSS, A. L. Production effects of cattle tick

(*Boophilus microplus*) infestation of high yielding dairy cows. **Veterinary Parasitology**, v. 78, p. 65–77, 1998.

JONSSON, N. N. The productivity effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation on cattle, with particular reference to *Bos indicus* cattle and their crosses. **Veterinary Parasitology**, v. 137, n. 1–2, p. 1–10, 2006.

JORDAN, R. A. *et al.* Suppression of host-seeking *Ixodes scapularis* and *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae) nymphs after dual applications of plant-derived acaricides in New Jersey. **Journal of Economic Entomology**, v. 104, n. 2, p. 659–664, 2011.

JOSHI, D.; GOHIL, K. J. A Brief Review on *Murraya paniculata* (Orange Jasmine): Pharmacognosy, phytochemistry and ethnomedicinal uses. **Journal of Pharmacopuncture**, v. 26, n. 1, p. 10–17, 2023.

KALAGATUR, N. K. *et al.* Discrete and combined effects of Ylang-Ylang (*Cananga odorata*) essential oil and gamma irradiation on growth and mycotoxins production by *Fusarium graminearum* in maize. **Food Control**, v. 94, p. 276–283, 2018.

KALLELI, F. *et al.* Chemical composition and antioxidant potential of essential oil and methanol extract from Tunisian and French fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds. **Journal of Food Biochemistry**, v. 43, n. 8, p. 1–14, 2019.

KE, W.; ZHAO, X.; LU, Z. *Foeniculum vulgare* seed extract induces apoptosis in lung cancer cells partly through the down-regulation of Bcl-2. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v. 135, p. 111213, 2021.

KIM, S. IL. *et al.* Contact and fumigant toxicity of oriental medicinal plant extracts against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). **Veterinary Parasitology**, v. 145, n. 3–4, p. 377–382, 2007.

KOLACZINSKI, J. H.; CURTIS, C. F. Chronic illness as a result of low-level exposure to synthetic pyrethroid insecticides: A review of the debate. **Food and Chemical Toxicology**, v. 42, n. 5, p. 697–706, 2004.

KONG, Y. C. *et al.* Pharmacognostic Differentiation Between *Murraya paniculata* (L.) Jack and *Murraya koenigii* (L.) Spreng. **International Journal of Crude Drug Research**, v. 24, n. 3, p. 167–170, 1986.

KOOTI, W. *et al.* Therapeutic and pharmacological potential of *Foeniculum vulgare* Mill: A review. **Journal of HerbMed Pharmacology**, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2015.

KUNOVÁ, S. *et al.* Antimicrobial and antioxidant properties of essential oils against bacterial strains isolated from human semen. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 9 (Special), p. 409–413, 2019.

KÜTÜKOĞLU, F.; GIRIŞGIN, A. O.; AYDIN, L. Varroacidal efficacies of essential oils extracted from *Lavandula officinalis*, *Foeniculum vulgare*, and *Laurus nobilis* in naturally infested honeybee (*Apis mellifera* L.) Colonies. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 36, n. 5, p. 554–559, 2012.

LABRUNA, M. B. *et al.* Allopatric speciation in ticks: Genetic and reproductive divergence between geographic strains of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **BMC Evolutionary Biology**, v. 9, n. 1, p. 1–13, 2009.

- LAGE, T. C. de A. *et al.* Activity of essential oil of *Lippia triplinervis* Gardner (Verbenaceae) on *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). **Parasitology Research**, v. 112, n. 2, p. 863–869, 2013.
- LEE, C. H.; SUNG, B. K.; LEE, H. S. Acaricidal activity of fennel seed oils and their main components against *Tyrophagus putrescentiae*, a stored-food mite. **Journal of Stored Products Research**, v. 42, n. 1, p. 8–14, 2006.
- LEE, H. S. Acaricidal Activity of Constituents Identified in *Foeniculum vulgare* Fruit Oil against *Dermatophagoides* spp. (Acari: Pyroglyphidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 10, p. 2887–2889, 2004.
- LIMA JUNIOR, G. D. S. *et al.* Chemical composition and acaricidal activity of essential oils from fruits of *Illicium verum* and rhizomes of *Curcuma zedoaria* against *Dermacentor nitens* (Acari: Ixodidae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 32, n. 6, p. 571–576, 2020.
- LIU, M. *et al.* Antiviral activity of *Illicium verum* Hook. f. extracts against grouper iridovirus infection. **Journal of Fish Diseases**, v. 43, n. 5, p. 531–540, 2020.
- LI, D. *et al.* Acaricidal and repellent activities of ethanol extracts of nine chinese medicinal herbs against *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 91, n. 1, p. 69–87, 2023.
- LI, W. *et al.* Antiviral and Antioxidant Components from the Fruits of *Illicium verum* Hook.f. (Chinese Star Anise). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 70, n. 12, p. 3697–3707, 2022.
- LI, Y. *et al.* *Illicium verum* essential oil, a potential natural fumigant in preservation of lotus seeds from fungal contamination. **Food and Chemical Toxicology**, v. 141, p. 111347, 2020.
- LONDT, J. G. H.; ARTHUR, D. R. The structure and parasitic life cycle of *Boophilus microplus* (Canestrini, 1888) in South Africa (Acarina: Ixodidae). **Journal of the Entomological Society of Southern Africa**, v. 38, n. 2, p. 321–340, 1975.
- LOSCH, E. L. *et al.* Os agrotóxicos no contexto da Saúde Única. **Saúde em Debate**, v. 46, p. 438–454, 2022.
- LUCCA, P. S. R. *et al.* The insecticidal potential of *Foeniculum vulgare* mill., *Pimpinella anisum* l. and *Caryophyllus aromaticus* l. to control aphid on kale plants. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 585–591, 2015.
- LV, H. N. *et al.* Comparative analysis of the essential oil composition of *Murraya paniculata* and *M. exotica*. **Natural Product Communications**, v. 8, n. 10, p. 1473–1475, 2013.
- MAES, C. *et al.* Essential oil-based bioherbicides: Human health risks analysis. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 17, p.9396, 2021.
- MAJALI, I. S. Antioxidant and Anti-Inflammatory Activity of Star Anise (*Illicium Verum*) in Murine Model. **Biomedical and Pharmacology Journal**, v. 15, n. 2, p. 1097–1108, 2022.
- MANNER, H. I.; ELEVITCH, C. R. *Cananga odorata* (ylang-ylang). **Species Profiles for Pacific Island Agroforestry**, v. 2.1, p. 1–11, 2006.
- MATOS, L. F. *et al.* Chemical composition and insecticidal effect of essential oils from *Illicium verum* and *Eugenia caryophyllus* on *Callosobruchus maculatus* in cowpea. **Industrial Crops and Products**, v. 145, p. 112088, 2020.

- MATOS, L. G. *et al.* Analgesic and anti-inflammatory activity of the ethanolic extract from *Spiranthera odoratissima* A. St. Hillaire (Manacá) roots. **Phytotherapy Research**, v. 18, n. 12, p. 963–966, 2004.
- MATOS, L. G. *et al.* Estudo farmacognóstico de folhas e raízes da *Spiranthera odoratissima* A. St.-Hil. (Rutaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 3, p. 574–584, 2014.
- MEDEIROS, J. F. de.; ACAYABA, R. D. A.; MONTAGNER, C. C. The chemistry in the human health risk assessment due pesticides exposure. **Quimica Nova**, v. 44, n. 5, p. 584–598, 2021.
- MESQUITA, S. G. *et al.* Constituintes químicos das folhas de *Murraya paniculata* (Rutaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 4, p. 563–568, 2008.
- NAMGYAL, J. *et al.* Identification, Distribution, and Habitat Suitability Models of Ixodid Tick Species in Cattle in Eastern Bhutan. **Tropical Medicine and Infectious Disease**, v. 6, n. 1, p. 27, 2021.
- NASCIMENTO, M. V. M. *et al.* Anti-inflammatory effect of *Spiranthera odoratissima* A. St.-Hil. leaves involves reduction of TNF- α . **Natural Product Research**, v. 26, n. 23, p. 2274–2279, 2012.
- NESA, M. *et al.* In Vitro Antifungal Activity of *Azadirachta indica*, *Ocimum tenuiflorum* & *Murraya paniculata* Leaf Extract against Three Phytopathogenic Fungi. **American Journal of Pure and Applied Biosciences**, v. 3, n. 5, p. 113–118, 2021.
- NETA, M. C. S. *et al.* Effects of β -caryophyllene and *Murraya paniculata* essential oil in the murine hepatoma cells and in the bacteria and fungi 24-h time-kill curve studies. **Pharmaceutical Biology**, v. 55, n. 1, p. 190–197, 2017.
- NG, F. *et al.* Characterization of volatile compounds in Ylang-Ylang essential oils from Comoros and Madagascar by gas chromatography and principal component analysis. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 36, n. 1, p. 159–166, 2021.
- NOREEN, S. *et al.* Pharmacological, nutraceutical, functional and therapeutic properties of fennel (*Foeniculum vulgare*). **International Journal of Food Properties**, v. 26, n. 1, p. 915–927, 2023.
- NYANGIWE, N.; YAWA, M.; MUCHENJE, V. Driving forces for changes in geographic range of cattle ticks (Acari: Ixodidae) in Africa: A review. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 5, p. 829, 2018.
- OBAID, M. K. *et al.* Acaricides Resistance in Ticks: Selection, Diagnosis, Mechanisms, and Mitigation. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 12, p. 1–20, 2022.
- OLAWORE, N. O. *et al.* Chemical composition of the leaf and fruit essential oils of *Murraya paniculata* (L.) Jack. (Syn. *Murraya exotica* Linn.). **Flavour and Fragrance Journal**, v. 20, n. 1, p. 54–56, 2005.
- OKORSKA, S. B. *et al.* The Fungicidal Effect of Essential Oils of Fennel and Hops against Fusarium Disease of Pea. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 13, n. 10, p. 1–17, 2023.
- OLIVERO-VERBEL, J. *et al.* Essential oils applied to the food act as repellents toward *Tribolium castaneum*. **Journal of Stored Products Research**, v. 55, p. 145–147, 2013.

OLIVO, C. J. *et al.* Óleo de citronela no controle do carrapato de bovinos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 406–410, 2008.

PAVELA, R. *et al.* Insecticidal activity of two essential oils used in perfumery (ylang ylang and frankincense). **Natural Product Research**, v. 35, n. 22, p. 4746–4752, 2021.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential Oils as Ecofriendly Biopesticides? Challenges and Constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000–1007, 2016.

PASSARA, H.; INSUNG, A. Evaluation of Insecticidal Properties of Four Essential Oils from *Illicium verum*, *Curcuma longa*, *Foeniculum vulgare*, and *Ocimum tenuiflorum* against *Spodoptera exigua*. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 1163, n. 1, p. 012011, 2021.

PASSARA, H.; PUMNUAN, J.; THIPMANEE, K. Effectiveness of plant essential oils derived from *Curcuma longa*, *Illicium verum*, *Ocimum tenuiflorum*, and *Foeniculum vulgare* for controlling common cutworm (*Spodoptera litura*). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 858, n. 1, p. 012009, 2021.

PATRA, J. K. *et al.* Star anise (*Illicium verum*): Chemical compounds, antiviral properties, and clinical relevance. **Phytotherapy Research**, v. 34, n. 6, p. 1248–1267, 2020.

PENHA, T. *et al.* Effects of acaricidal essential oils from *Lippia sidoides* and *Lippia gracilis* and their main components on vitellogenesis in *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1888) (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology**, v. 299, p. 109584, 2021.

PETER, R. *et al.* Effect of *Illicium verum* (Hook) essential oil on cholinesterase and locomotor activity of *Alphitobius diaperinus* (Panzer). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 181, 2022.

PICCAGLIA, R.; MAROTTI, M. Characterization of some Italian types of wild fennel (*Foeniculum vulgare* mill.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 1, p. 239–244, 2001.

PODDER, M. K. *et al.* Analgesic activity of bark of *Murraya paniculata*. **International Journal of Medicine and Medical Sciences**, v. 3, n. 4, p. 105–108, 2011.

PUJIARTI, R. *et al.* Effect of *Melaleuca leucadendron*, *Cananga odorata* and *Pogostemon cablin* Oil Odors on Human Physiological Responses. **Wood Research Journal**, v. 4, n. 1, p. 100–105, 2017.

QU, M. *et al.* Bioinsecticides as future mainstream pest control agents: opportunities and challenges. **Frontiers of Agricultural Science and Engineering**, v. 9, n. 1, p. 82–97, 2022.

QUADROS, D. G. *et al.* Plant-Derived Natural Compounds for Tick Pest Control in Livestock and Wildlife: Pragmatism or Utopia? **Insects**, v. 11, n. 8, p. 490, 2020.

RECK, J. *et al.* Does *Rhipicephalus microplus* tick infestation increase the risk for myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax* in cattle? **Preventive Veterinary Medicine**, v. 113, n. 1, p. 59–62, 2014a.

RECK, J. *et al.* First report of fluzuron resistance in *Rhipicephalus microplus*: A field tick population resistant to six classes of acaricides. **Veterinary Parasitology**, v. 201, n. 1–2, p. 128–136, 2014b.

- REIS, A. C. *et al.* Cytotoxic effects of *Satureja montana* L. essential oil on oocytes of engorged *Rhipicephalus microplus* female ticks (Acari: Ixodidae). **Microscopy Research and Technique**, v. 84, n. 7, p. 1375–1388, 2021.
- REHMAN, R. *et al.* Diversity in Phytochemical Composition and Medicinal Value of *Murraya paniculata*. **Chemistry and Biodiversity**, v. 20, n. 2, p. 1–12, 2023.
- REVEAL, J. L.; CHASE, M. W. APG III: Bibliographical information and synonymy of Magnoliidae. **Phytotaxa**, v. 19, p. 71–134, 2011.
- RIM, I. S.; JEE, C. H. Acaricidal effects of herb essential oils against *Dermatophagoides farinae* and *D. pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae) and qualitative analysis of a herb *Mentha pulegium* (pennyroyal). **The Korean journal of parasitology**, v. 44, n. 2, p. 133–138, 2006.
- 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, n. 5, p. 1570–1572, 2013.
- RODRÍGUEZ-VIVAS, R. I. *et al.* Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. **Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias**, v. 8, n. 1, p. 61–74, 2017.
- RODRÍGUEZ, S. D. *et al.* Molecular epidemiology of bovine anaplasmosis with a particular focus in Mexico. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 9, n. 6, p. 1092–1101, 2009.
- ROSADO-AGUILAR, J. A. *et al.* Development of amitraz resistance in field populations of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) undergoing typical amitraz exposure in the Mexican tropics. **Veterinary Parasitology**, v. 152, n. 3–4, p. 349–353, 2008.
- ROUDBARI, L. S. *et al.* Evaluation of the Anti-Metastatic Effect of *Foeniculum Vulgare* on the Protein Expression of HSP 70 & 90 in Balb/c Mice with 4t1 Model of Breast Cancer. **Asian Pacific Journal of Cancer Prevention**, v. 24, n. 3, p. 833–840, 2023.
- ROUT, P. K. *et al.* Composition of essential oil, concrete, absolute, wax and headspace volatiles of *Murraya paniculata* (Linn.) Jack flowers. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 22, n. 5, p. 352–357, 2007.
- SABZI-NOJADEH, M. *et al.* Modeling the essential oil and trans-anethole yield of fennel (*Foeniculum vulgare* mill. var. *vulgare*) by application artificial neural network and multiple linear regression methods. **Agriculture (Switzerland)**, v. 11, n. 12, 2021.
- SAIKIA, S. *et al.* Chemical composition, antimicrobial activity and cytotoxicity of *Murraya paniculata* (L.) Jack leaf essential oil from Assam, India: the effect of oil on cellular morphology of micro-organisms. **Archives of Microbiology**, v. 204, n. 1, p. 99, 2022.
- SALEH, E. *et al.* Monitoring some pyrethroid pesticides residues in raw cow's and buffalo's milk. **Damanhour Journal of Veterinary Sciences**, v. 6, n. 2, p. 11–15, 2021.
- SALINAS-ESTRELLA, E. *et al.* Bovine Anaplasmosis: Will there ever be an almighty effective vaccine? **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, p. 1–10, 2022.
- SANTOS, E. G. G. *et al.* Effects of essential oils on native and recombinant acetylcholinesterases of *Rhipicephalus microplus*. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 30, n. 2, p. 1–8, 2021.

SAPORITI, T. *et al.* Phenotypic and Target-Directed Screening Yields New Acaricidal Alternatives for the Control of Ticks. **Molecules**, v. 27, n. 24, p.8863, 2022.

SAQIB, F. *et al.* Validation of ethnopharmacological uses of *Murraya paniculata* in disorders of diarrhea, asthma and hypertension. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 15, n. 1, p. 319, 2015.

SCARIOT, C. A. *et al.* Bovine anaplasmosis as a risk factor for retained placenta, mastitis, and abomasal displacement in dairy cattle. **Research in Veterinary Science**, v. 154, p. 145–150, 2023.

SELLES, S. M. A. *et al.* Acaricidal and repellent effects of essential oils against ticks: A review. **Pathogens**, v. 10, n. 11, p. 1–17, 2021.

SENBILL, H. *et al.* Life cycle of the southern cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* Canestrini 1888 (Acari: Ixodidae) under laboratory conditions. **Systematic and Applied Acarology**, v. 23, n. 6, p. 1169–1179, 2018.

SHARAFAN, M. *et al.* *Illicium verum* (Star Anise) and Trans-Anethole as Valuable Raw Materials for Medicinal and Cosmetic Applications. **Molecules**, v. 27, n. 3, p. 650, 2022.

SILVA, T. P. P. da; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Serão os carrapaticidas agrotóxicos? Implicações na saúde e na percepção de riscos de trabalhadores da pecuária leiteira. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 2, p. 311–325, 2012.

SILVA, F. F. A. da *et al.* In vitro antileishmanial and antioxidant activities of essential oils from different parts of *Murraya paniculata* (L.) Jack: a species of Rutaceae that occur in the Cerrado biome in Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, p. 347–353, 2020.

SILVA, T. F. *et al.* Tristeza parasitária bovina: Revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. 1–13, 2021.

SILVER, M. K. *et al.* Prenatal naled and chlorpyrifos exposure is associated with deficits in infant motor function in a cohort of Chinese infants. **Environment International**, v. 106, p. 248–256, 2017.

SINGH, G. *et al.* Chemical constituents, antimicrobial investigations and antioxidative potential of volatile oil and acetone extract of star anise fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 1, p. 111–121, 2006.

SINGH, N. K. *et al.* First report of ivermectin resistance in field populations of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) in Punjab districts of India. **Veterinary Parasitology**, v. 214, n. 1–2, p. 192–194, 2015.

SINTHUSIRI, J.; SOONWERA, M. Oviposition deterrent and ovicidal activities of seven herbal essential oils against female adults of housefly, *Musca domestica* L. **Parasitology Research**, v. 113, n. 8, p. 3015–3022. 2014.

SONTER, S. *et al.* Chemical profiling, in vitro antioxidant, membrane stabilizing and antimicrobial properties of wild growing *Murraya paniculata* from Amarkantak (M.P.). **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 9691, 2021.

SOONWERA, M. Efficacy of essential oil from *Cananga odorata* (Lamk.) Hook.f. & Thomson (Annonaceae) against three mosquito species *Aedes aegypti* (L.), *Anopheles dirus* (Peyton and Harrison), and *Culex quinquefasciatus* (Say). **Parasitology Research**, v. 114, n. 12, p. 4531–4543, 2015.

SOUZA HIGA, L. D. O. Acaricide Resistance Status of the *Rhipicephalus microplus* in Brazil: A Literature Overview. **Medicinal Chemistry**, v. 5, n. 7, p. 326–333, 2015.

SOUZA, A. de O. *et al.* Phytochemical screening of extracts from *Spiranthera odoratissima* A. St.-Hil. (Rutaceae) leaves and their in vitro antioxidant and anti-*Listeria monocytogenes* activities. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 42, p.1–10, 2020.

SOUZA, A. de O. *et al.* Hexane extract from *Spiranthera odoratissima* A. St.-hil. leaves: chemical composition and its bioactive potential against *Candida* pathogenic species, *Leishmania amazonensis* and *Xylella fastidiosa*. **Natural Product Research**, v. 36, n. 11, p. 2907–2912, 2022.

STASHENKO, E. E.; PRADA, N. Q.; MARTÍNEZ, J. R. HRGC/FID/NPD and HRGC/MSD Study of Colombian Ylang-Ylang (*Cananga odorata*) Oils Obtained by Different Extraction Techniques. **HRC Journal of High Resolution Chromatography**, v. 19, n. 6, p. 353–358, 1996.

SUKKANON, C. *et al.* *Cananga odorata* (Magnoliales: Annonaceae) Essential Oil Produces Significant Avoidance Behavior in Mosquitoes. **Journal of medical entomology**, v. 59, n. 1, p. 291–300, 2022.

SUNG, Y. Y. *et al.* *Illicium verum* Extract and Trans-Anethole Attenuate Ovalbumin-Induced Airway Inflammation via Enhancement of Foxp3+ Regulatory T Cells and Inhibition of Th2 Cytokines in Mice. **Mediators of Inflammation**, v. 2017, p. 1–12. 2017.

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, p. 1–18, 2017.

TANG, W. *et al.* Pyrethroid pesticide residues in the global environment: An overview. **Chemosphere**, v. 191, n. 308, p. 990–1007, 2018.

TAN, L. T. H. *et al.* Traditional Uses, Phytochemistry, and Bioactivities of *Cananga odorata* (Ylang-Ylang). **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2015, p. 1–30, 2015.

TARDUGNO, R. *et al.* Phytochemical composition and in vitro screening of the antimicrobial activity of essential oils on oral pathogenic bacteria. **Natural Product Research**, v. 32, n. 5, p. 544–551, 2018.

TEKE, M. A.; MUTLU, Ç. Insecticidal and behavioral effects of some plant essential oils against *Sitophilus granarius* L. and *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 128, n. 1, p. 109–119, 2021.

TIRLONI, L. *et al.* Proteomic analysis of cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* saliva: A comparison between partially and fully engorged females. **PLoS ONE**, v. 9, n. 4, p.1–18 2014.

TISSERAND, R.; YOUNG, R. Essential oil composition. *In*: _____ **Essential Oil**

- Safety**. 2° ed. London: Churchill Livingstone, 2013. cap 2, p 5–22a.
- TISSERAND, R.; YOUNG, R. Toxicity. In: _____ **Essential Oil Safety**. 2° ed. London: Churchill Livingstone, 2013. cap 3, p 23–38b.
- TORRENTS, J. *et al.* Resistance of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* to fluazuron in Argentina. **Experimental and Applied Acarology**, v. 86, n. 4, p. 599–606, 2022.
- TRESIA, G. E.; EVVYERNIE, D.; TIURIA, R. Phytochemical Screening and in Vitro Ovicidal, Larvacidal, and Nematicidal Effects of *Murraya paniculata* (L.) Jack Extract on Gastrointestinal Parasites of Goats. **Media Peternakan**, v. 39, n. 3, p. 173–179, 2016.
- TRESVENZOL, L. M. Estudo sobre o comércio informal de Plantas medicinais em Goiânia e cidades vizinhas. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 1, 2006.
- TURETA, E. F. *et al.* Métodos alternativos e sustentáveis de controle do carrapato bovino *Rhipicephalus microplus*. **Revista Liberato**, v. 21, n.35, p. 27–38, 2020.
- UPADHYAY, N. *et al.* Assessment of nanoencapsulated *Cananga odorata* essential oil in chitosan nanopolymer as a green approach to boost the antifungal, antioxidant and in situ efficacy. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 171, p. 480–490, 2021.
- 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, n. 1, p. 1–7, 2021.
- VERA, S. S. *et al.* Essential oils with insecticidal activity against larvae of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Parasitology Research**, v. 113, n. 7, p. 2647–2654, 2014.
- VIEIRA, L. S.; CAVALCANTE, A. C. R. Resistência anti-helmíntica em rebanhos caprinos no Estado do Ceará. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 19, n. 3–4, p. 99–103, 1999.
- VIMALADEVI, K. *et al.* Chemical Composition of Essential Oil of *Cananga odorata* (Lam.) Hook. F. & Thomson Leaves and Its Biological Activities. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 24, n. 3, p. 596–602, 2021.
- VINTURELLE, R. *et al.* Evaluation of essential oils as an ecological alternative in the search for control *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports**, v. 23, p. 100523, 2021.
- VORIS, D. G. D. R. *et al.* Evaluation of larvicidal, adulticidal, and anticholinesterase activities of essential oils of *Illicium verum* Hook. f., *Pimenta dioica* (L.) Merr., and *Myristica fragrans* Houtt. against Zika virus vectors. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 23, p. 22541–22551, 2018.
- WANG, G. W. *et al.* *Illicium verum*: A review on its botany, traditional use, chemistry and pharmacology. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 136, n. 1, p. 10–20, 2011.
- YANG, C. Y. *et al.* Investigation of the antioxidant activity of *Illicium verum* extracts. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 6, n. 2, p. 314–324, 2012.
- YANG, E. C.; HSIEH, Y. Y.; CHUANG, L. Y. Comparison of the phytochemical composition

and antibacterial activities of the various extracts from leaves and twigs of *Illicium verum*. **Molecules**, v. 26, n. 13, 2021.

YANG, P.; JIA, M.; ZHU, L. Acaricidal activity of the essential oil from *Senecio cannabifolius* and its constituents eucalyptol and camphor on engorged females and larvae of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 83, n. 3, p. 411–426, 2021.

YOHANES, R. *et al.* Phytochemistry and Biological Activities of *Murraya* Species. **Molecules**, v. 28, n. 15, p. 5901, 2023.

ZAYNAB, M. *et al.* Role of secondary metabolites in plant defense against pathogens. **Microbial Pathogenesis**, v. 124, p. 198–202, 2018.

ZHAO, C. *et al.* Chemical components of the volatile oil from leaves of *Cananga odorata* and its anti-oxidant activity. **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 32, n. 1, p. 165–169, 2019.

ZHAO, N. N. *et al.* Evaluation of the toxicity of the essential oils of some common Chinese spices against *Liposcelis bostrychophila*. **Food Control**, v. 26, n. 2, p. 486–490, 2012.

ZHU, C.; LEI, Z.; LUO, Y. Studies on antioxidative activities of methanol extract from *Murraya paniculata*. **Food Science and Human Wellness**, v. 4, n. 3, p. 108–114, 2015.

ZOU, J. *et al.* Total flavonoids extracted from the leaves of *Murraya paniculata* (L.) Jack alleviate oxidative stress, inflammation and apoptosis in a rat model of diabetic cardiomyopathy. **Journal of Functional Foods**, v. 76, p. 104319, 2021.

SEGUNDA PARTE
ARTIGOS

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1 - *Cananga odorata* L., *Illicium verum* and *Foeniculum vulgare* essential oils impair the reproduction of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae).

Revista: Veterinary Parasitology

JCR: 2,821

Abstract

This study aimed to evaluate the acaricidal potential of the essential oils of *Cananga odorata* L (ylang-ylang), *Illicium verum* (star anise) and *Foeniculum vulgare* (sweet fennel) in *Rhipicephalus microplus* engorged females. The essential oils were extracted by steam distillation, and the females were immersed in each essential oil at concentrations of 10 $\mu\text{L}/\text{mL}$ to 50 $\mu\text{L}/\text{mL}$ and diluted in 10% dimethyl sulfoxide in distilled water. The mortality of animals was evaluated after seven days, and the following parameters were determined: weight of females before oviposition, preoviposition period, egg mass weight, egg production index, incubation period, hatching rate, fecundity, percentage of reduction in oviposition, percentage of reduction in hatching and product efficacy. The lethal concentrations for 50% of the ticks and their respective 95% confidence intervals were 34.42 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (28.34-40.86) for *C. odorata* and 40.60 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (32.58-58.21) for *F. vulgare*. This parameter was not calculated for *I. verum*, however, because there was insufficient mortality at the concentrations evaluated. The greatest efficacy was observed in the group treated with 40 $\mu\text{L}/\text{mL}$ *F. vulgare* essential oil (97.17%), followed by *I. verum* (91.35%) and *C. odorata* (86.19%) at the same concentration. Efficacy results were associated with a greater reduction in egg mass weight and lower hatching rates. Although they caused a slight acaricide effect, the tested products showed significant effects on the reproductive performance of *R. microplus* engorged females. Thus, the results of the present study indicate that these essential oils can be used in the development of new acaricide formulations.

Keywords: Cattle. Pesticides. Mites. Vegetables. Aromatic plants.

1. Introduction

The cattle tick *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) can be found in tropical and subtropical countries and is responsible for generating considerable financial losses to the agricultural sector (NAVA et al., 2022). Its infestations can increase the likelihood of myiasis due to skin wounds, reduce weight gain and impair meat and milk production (RODRIGUES; LEITE, 2013; RECK et al., 2014; CASTAÑEDA ARRIOLA et al., 2021). In addition, the cattle tick can transmit pathogens that cause diseases such as bovine parasitic sadness.

The control of cattle ticks has been carried out mainly by means of synthetic chemical acaricides (TABOR et al., 2017). However, these products pollute the environment and are considered toxic to mammals (ADENUBI et al., 2018; QUADROS et al., 2020). In addition, cases of *R. microplus* resistance to the main classes of acaricides currently used in different countries have been reported (OBAID et al., 2022).

In turn, essential oils, complex compounds derived from the secondary metabolism of plants (BAKKALI et al., 2008), have been evaluated for their acaricidal potential in *R. microplus* ticks, and the results suggest their use as an alternative for the control of this parasite (LUNGUINHO et al., 2021; REIS et al., 2021; VINTURELLE et al., 2021).

The essential oil of *Foeniculum vulgare* var. *dulce* Mill, popularly known as sweet fennel, demonstrated acaricide activity and repellent action in adult females and larvae of *R. annulatus*, respectively (ABOELHADID et al., 2021). The essential oils of *Cananga odorata* (Lam.) Hook.f. & Thomson (Annonaceae) and *Illicium verum* Hook.f. (Illiciaceae), popularly known as ylang-ylang and star anise, respectively (TAN et al., 2015; SHARAFAN et al., 2022), also demonstrated acaricidal potential in nymphs of ticks of the species *Ixodes ricinus* (TAN et al., 2015; ELMHALLI et al., 2018; LIMA JUNIOR et al., 2020). Notably, to date, there are few reports in the literature on the acaricide potential of these essential oils in other tick species.

For this reason, this study aimed to evaluate the acaricide potential and the impact of *C. odorata*, *I. verum* and *F. vulgare* essential oils on the reproductive performance of *R. microplus* engorged females to determine their efficacy or control percentage.

2. Material and methods

2.1 Chemicals

The essential oils of *C. odorata* (A), *I. verum* (B) and *F. vulgare* var. *dulce* (C) were acquired from Ferquima Indústria e Comércio LTDA. The oils were obtained by steam distillation from the flowers of *C. odorata*, the fruits and seeds of *I. verum* and the seeds of *F.*

vulgare. The organic solvent dimethyl sulfoxide (DMSO), with a purity of 99.9%, was obtained from the company Bianquímica commercial LTDA.

2.2 Chemical characterization of essential oils

The chemical characterization of the essential oils was performed at the Center for Chemical Analysis and Prospection - CAPQ of the Department of Chemistry of the Federal University of Lavras. The chemical constituents were identified by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC–MS) in a Shimadzu QP 2010 Plus mass spectrometer (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) operated under the following experimental conditions: fused silica capillary column (30 m x 0.25 mm, 0.25 μ m) with a bound phase composed of DB5 film (5% phenyl, 95% dimethylpolysiloxane); mobile phase, He 5.0 (White Martins, Rio de Janeiro, Brazil) as the carrier gas; flow rate, 1.0 mL/min; injector and detector temperatures, 220°C and 240°C, respectively; sample injection volume, 0.5 μ L diluted in hexane (1%) (Sigma–Aldrich®, St. Louis, MO, USA); and partition ratio of the injected volume (split), 1:100. The temperature ramp started at 60°C and increased to 240°C at a rate of 3°C/min, followed by an increase at 10°C/min until reaching 300°C, where the final temperature was maintained for 7 minutes. The pressure in the column was approximately 71.0 kPa.

The operating parameters of the mass spectrometer were an ionization potential of 70 eV and an ion source temperature of 200°C. Mass analysis was performed in full scan mode, ranging from 45 to 500 Da and with a scan speed of 1000 Da/s and scan interval of 0.5 fragments/s. The data were processed and obtained using LabSolutions LC/GC Workstation 2.72 software. The retention index of the compounds was calculated relative to a homologous series of n-alkanes (nC₉–nC₁₈).

The identification of the constituents was performed by comparing the calculated retention rates with those described in the literature (ADAMS, 2007). Comparisons of the mass spectra obtained with those existing in the FFNSC 1.2, NIST107 and NIST21 libraries were also performed. The quantitative analysis was performed by gas chromatography with a flame ionization detector (FID) using a Shimadzu GC-2010 chromatograph (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) under the same experimental conditions used in the qualitative analysis. The area normalization method was used to obtain the relative percentages of each constituent.

2.3 Ticks

The engorged females of the species *R. microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae) were collected from naturally infested cattle that were not exposed to treatment with acaricides

for a minimum period of 30 days from a dairy farm located in the municipality of Viçosa, Minas Gerais/Brazil. Only intact ticks with locomotion capacity were used.

All females were individually weighed before the beginning of the experiments. Animals with body weights less than 0.150 g were discarded, and the selected females were washed with the aid of a sieve and then dried on fine absorbent paper.

2.4 Adult immersion test (AIT)

To evaluate the acaricidal potential of the essential oil of *C. odorata* (A), engorged females with homogeneous body masses ($n = 68$, $p > 0.05$) were divided into a control group (CA), in which they were exposed to the solvent (10% DMSO in distilled water), and four treatment groups (TA1-TA4), treated with the essential oil at the following concentrations: 20.0, 30.0, 40.0 and 50.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$.

To evaluate the acaricidal activity of the essential oil of *I. verum* (B), females with homogeneous body weight ($n = 75$, $p > 0.05$) were divided into five experimental groups: a control group (CB), in which they were exposed to 10% DMSO aqueous solution alone, and four treatment groups (TB1-TB4), in which ticks were treated with concentrations of 20.0, 25.0, 30.0, and 40.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$.

In addition, in the evaluation of the effects of the essential oil of *F. vulgare* var. *dulce* (C), animals with homogeneous weights ($n = 170$) were divided into seven experimental groups, namely, a control group (CC), in which the females were exposed only to 10% DMSO aqueous solution, and six treatment groups (TC1-TC6), in which ticks were treated with the following concentrations of essential oil: 10.0, 15.0, 20.0, 30.0, 40.0, and 50.0 $\mu\text{L}/\text{mL}$.

The concentrations of essential oils used in the different treatment groups were established based on pilot experiments. The calculation of the lethal concentrations for 50% of the animals (LC50) was adapted from the methodology described by Roma et al. (2009). However, the LC50s were calculated only for the essential oils that resulted in at least 50% mortality on the 14th day of evaluation.

All bioassays were performed using the adult immersion test (AIT) according to the methodology described by Drummond et al. (1973). Thus, each group of ticks was immersed for 5 (five) minutes in the solutions to be analysed. Subsequently, the animals were dried on thin absorbent paper and transferred to Petri dishes at room temperature to simulate natural conditions. The daily means of temperature and relative humidity were recorded using a thermo-hygrometer.

Mortality monitoring was performed for 14 days, and mortality rates were determined on both the 7th and 14th days of monitoring. Ticks that did not respond to the CO₂ stimulus or when touched by anatomical dissection forceps were considered dead.

2.5 Evaluation of reproductive parameters

To evaluate the effects of *C. odorata* (A), *I. verum* (B) and *F. vulgare* var. *dulce* (C) on the reproductive performance of *R. microplus*, the following parameters were considered: (a) weight of adult females (FW); (b) total weight of egg mass of each female (EW) collected 14 days after the experiment, as described by Parveen et al. (2014); (c) preoviposition period (POP), counted in days, starting from the moment they were detached from the host until the beginning of oviposition; (d) incubation period (IP), measured in days, starting from the time of oviposition until the beginning of the larval hatching (incubation); and (e) hatching rate (HR), or hatching percentage, determined visually by estimating the proportion of larvae in relation to the number of eggs that did not hatch.

After obtaining these data, the egg production index (EPI) was determined for each female: $EPI = (EW/FW) \times 100$ (BENNET, 1974; GONÇALVES et al, 2021). With the values obtained for EPI and HR, the fecundity rate (FR) of each female was determined: $FR = (EPI \times HR)/100$ (PEREIRA JUNIOR et al., 2019; GONÇALVES et al., 2021).

Furthermore, the estimated reproductive rate (ER) was determined for each experimental group (LAGE et al., 2013; MATOS et al., 2014), as well as the percentage of reduction in oviposition (%Rovip) and percentage of reduction in hatching (%Rhatch) (CRUZ et al., 2015) using the following formulas: $ER = (\text{mean EW}/\text{mean FW}) \times \text{mean HR} \times 20,000$; $\%Rovip = [(\text{control EW} - \text{treatment EW}/\text{control EW}) \times 100$; $\%Rhatch = [(\text{control HR} - \text{treatment HR})/\text{control HR}] \times 100$.

From the values of the estimated reproduction rates of the control group (ER_{control}) and of each treatment group (ER_{treatment}), the efficacy of the product, also known as the percentage of control (%C), was determined based on the formula adapted from Drummond et al. (1973): $\%C = [(ER_{\text{control}} - ER_{\text{treatment}})/ ER_{\text{control}}] \times 100$

2.6 Statistical analysis

The results obtained in the mortality tests were subjected to probit analysis using PriProbit software (version 1.63) to calculate the LC50s, as well as their respective 95% confidence intervals. Regarding reproductive performance, the data were statistically analysed in BioEstat software (version 5.0). To verify the normality of the data, the Shapiro–Wilk test

was used. Data with a normal distribution were compared using one-way ANOVA, followed by comparison of the means using Tukey's test ($p < 0.05$). For data without a normal distribution, statistical analysis was performed using the Kruskal–Wallis test, followed by Dunn's *post hoc* analysis ($p < 0.05$).

3. Results

3.1 Chemical composition of essential oils

Sixteen compounds were identified and quantified for *C. odorata* (A), six for *I. verum* (B) and six for *F. vulgare* var. *dulce* (C) (Tables 1). In oil A, mainly sesquiterpenes were observed, with the constituent germacrene D being found mostly (32.81%), followed by α -farnecene (30%) and β -caryophyllene (8%). The (E)-anethole component was predominantly found in essential oils B and C (95.6% and 75.93%, respectively) of the monoterpene limonene (2.13% and 13.29%, respectively). The compounds anisole (1.01%) and α -pinene (4.78%) were the third most abundant components in oils B and C, respectively.

3.2 Immersion test in adults

The daily averages of temperature and relative humidity were $26.11 \pm 2.30^\circ\text{C}$ and $59 \pm 0.12\%$, $22.74 \pm 2.60^\circ\text{C}$ and $58.92 \pm 12.06\%$, and $24.32 \pm 2.17^\circ\text{C}$ and $54.86 \pm 6.83\%$, respectively, in the evaluation of the acaricide potential and impact on the reproductive performance of *C. odorata* (A), *I. verum* (B) and *F. vulgare* var. *dulce* (C) in *R. microplus* engorged females.

The mean weights \pm standard deviations of *R. microplus* ticks used in the experiment evaluating the acaricide potential of oils A, B and C were 0.226 ± 0.031 g, 0.244 ± 0.042 g, and 0.256 ± 0.016 g, respectively. No significant differences were observed between groups ($p > 0.05$).

The mortality percentages on the 7th and 14th days are listed in Tables 2, 3 and 4. Notably, the animals remained alive in all control groups until the 14th day. The highest concentration of *C. odorata* (50 $\mu\text{L}/\text{mL}$) was able to cause the death of 73.33% and 80.00% of the ticks used in the experiment on the 7th and 14th day of monitoring, respectively. There was a 72.31% difference in mortality in the group exposed to the concentration of 50 $\mu\text{L}/\text{mL}$ compared to animals that were treated with 20 $\mu\text{L}/\text{mL}$ on the 14th day of monitoring (Table 2). The LC50 of this oil for *R. microplus* was 34.42 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (95% confidence interval: 28.34–40.86). Thus, the effects of *C. odorata* were dose-dependent only on the 7th day of monitoring.

In the group exposed to *I. verum* essential oil, a mortality rate of 6.66% was observed at concentrations of 25 and 40 $\mu\text{L}/\text{mL}$ on the 7th and 14th days of monitoring. However, at the intermediate concentration (30 $\mu\text{L}/\text{mL}$), there was no mortality (Table 3). The effects were not dose dependent, and the LC50 was not calculated because there was no mortality above 50% up to the 14th day of monitoring at any of the concentrations tested.

The group exposed to the highest concentration of *F. vulgare* oil (50 $\mu\text{L}/\text{mL}$) had the highest mortality rates (42.50% and 62.50% at the 7th and 14th monitoring, respectively). In addition, there was a 35.84% and 49.17% increase in mortality in animals exposed to the concentration of 50 $\mu\text{L}/\text{mL}$ compared to the concentration of 15 $\mu\text{L}/\text{mL}$ on the 7th and 14th day of observation, respectively (Table 4). The LC50 of *F. vulgare* for *R. microplus* was 40.60 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (95% confidence interval: 32.57-58.21).

3.3 Evaluation of reproductive performance

In the present study, most concentrations of the tested oils significantly modified the reproductive performance of engorged females of *R. microplus* (Tables 5, 6 and 7). As already mentioned, there was no significant difference ($p > 0.05$) between groups regarding the mean weight of females before oviposition (mg).

3.3.1 Reproductive performance of ticks treated with *C. odorata*

Table 5 lists the mean \pm standard deviations of EW, EPI, HR and FR, as well as the POP and IP. The three highest concentrations of *C. odorata* essential oil (TA2, TA3 and TA4) significantly reduced EW ($p < 0.05$) compared to the control group (CA). The TA2, TA3 and TA4 treatment groups also had a significantly reduced EPI (18.36%, 15.86%, and 11.63%, respectively) when compared to the CA group (42.02%). Regarding HR, the two highest concentrations (TA3 and TA4) were significantly lower (11.25% and 10.00%, respectively) than the control (32.09%). There was no significant difference in any of the groups regarding FR, POP ($p > 0.05$). Also, it was not possible to statistically compare the IP means of the TA2, TA3 and TA4 groups since most of the larvae from the surviving females did not hatch.

The %Rovip showed dose-dependent effects, with reductions of 17.04%, 61.12%, 62.59% and 70.58% for groups TA1, TA2, TA3 and TA4, respectively. The %Rhatch in these groups were 7.93%, 40.27%, 64.90% and 68.83%, respectively, and the %C were 22.67%, 75.56%, 86.19% and 90.54%, respectively (Graph 1).

3.3.2 Reproductive performance of ticks treated with *I. verum*

The mean \pm standard deviations of the EW, EPI, HR, FR, POP and IP for females exposed to the essential oil of *I. verum* are described in Table 6. The females treated with concentrations of 30 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (TB3) and 40 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (TB4) had lower EW values ($p < 0.05$) than the control group. The mean values of EPI were significantly lower in the three highest concentrations tested (29.70%, 22.17% and 20.85%, respectively) ($p < 0.05$) compared to the CB group (41.07%). Regarding HR, there was a difference only between the TB3 and TB4 groups (21.90% and 10.92%, respectively) compared to the CB group (64.33%). Regarding FR, only the groups treated with the highest concentrations were significantly different from the control group (7.70% and 2.57%, respectively). Regarding IP, the only difference was observed between the TB4 treatment group and the control group (50.06 and 51.9 days, respectively).

A dose-dependent effect was observed for %Rovip and %Rhatch. There was a reduction in oviposition (%Rovip) of 16.65%, 22.39%, 43.94% and 44.87% and a reduction in hatching (%Rhatch) of 37.87%, 48.64%, 65.95% and 83.01% for the groups TB1, TB2, TB3 and TB4, respectively. The percentages of control or product efficacy (%C) in these groups were 50.91%, 62.56%, 82.40% and 91.35%, respectively (Graph 2).

3.3.3 Reproductive performance of ticks treated with *F. vulgare* var. *dulce*

Table 7 shows the mean values \pm standard deviations of EW, EPI, HR, FR, POP and IP for females exposed to *F. vulgare* var. *dulce* essential oil. The values of EW decreased significantly in animals exposed to the highest concentrations (TC3, TC4, TC5 and TC6) compared to the control group (CC) ($p < 0.05$). The animals that were exposed to the highest concentrations (TC3, TC4, TC5 and TC6) also exhibited lower EPI values (17.05%, 10.79%, 10.50%, and 6.92%, respectively) than the control group (39.45%, $p < 0.05$). Regarding HR and FR, there were differences between the control group (66.25% and 25.50% for HR and FR, respectively) and the TC3 (11.55% and 03.23%, respectively), TC4 (11.11% and 02.10%, respectively) and TC5 (07.14% and 0.52%, respectively). However, it was not possible to statistically compare the values found in the TC6 group because there was not a sufficient number of females that performed oviposition. Regarding POP, differences were found between the TC4 group (8.66 days) and the control group (6.16 days). The TC3 group (43.83 days), in turn, presented a significantly different IP from the control group (39.41 days).

There was a dose-dependent effect in relation to %Rovip and % Rhatch (Graph 3), with reductions of 13.57%, 38.61%, 58.96%, 73.91%, 74.43% and 82.72% in the oviposition of the TC1 to TC6 groups and 0.14%, 55.97%, 82.56%, 83.22% and 89.21% in the hatching of the

TC1 to TC5 groups, respectively. The percentages of control or efficacy of the product (%C) in groups TC1 to TC5 were 12.05%, 72.89%, 92.49%, 95.45% and 97.16%, respectively. It was not possible to calculate the % Rhatch and %C for the TC6 group due to the insufficient number of females that performed oviposition.

4. Discussion

The major compounds found in *C. odorata* essential oil were germacrene D and α -farnecene. This chemical composition was also reported by Lebanov et al. (2021) and by Lebanov and Paull (2022). Although Zhao et al. (2019) described β -caryophyllene as the main constituent found in this species, this compound was the third largest found in the present study. The chemical composition of the *I. verum* and *F. vulgare* essential oils, in turn, consisted mainly of (E)-anethole, followed by limonene. In other studies, more than 88% of (E)-anethole was found in *I. verum*, followed by limonene in a lower proportion (LIMA JUNIOR et al., 2020; NAJA et al., 2020), corroborating the results found in our experiment.

Regarding *F. vulgare*, some studies show that anethole and its isomers are the main components found (PICCAGLIA; MAROTTI, 2001; ABOELHADID et al., 2021). However, other minority compounds, such as α -pinene, α -phelandrene, limonene, fenchone, and methyl chavicol, can be found in varying amounts (PICCAGLIA; MAROTTI, 2001). In the present study, limonene, in addition to being the second constituent found in the highest proportion in this essential oil, also presented a considerable percentage (13.29%). This high proportion (above 10%) differs from what is usually reported in the literature (MAROTTI, 2001; NAJAR et al., 2020; PICCAGLIA), although Borotová et al. (2021) and Belabdelli et al. (2020) also described limonene as the second constituent found in higher proportion in *F. vulgare* (5.7% and 7.8%, respectively).

In our study, no mortality was observed in females of *R. microplus* exposed to 10% DMSO and water during the 14 days of monitoring. Likewise, using the same percentage of DMSO, Lunguinho et al. (2021) also reported no mortality in these animals. These results demonstrate that 10% DMSO can be considered a suitable solvent for tests with *R. microplus* engorged females (SHARMA et al., 2012).

Greater effects of *C. odorata* and *F. vulgare* were observed on the 14th day of monitoring. Similarly, Vinturelle et al. (2021) reported higher mortality rates (reaching approximately 100%) in engorged females of *R. microplus* exposed to *Copaifera officinalis* essential oil (5% and 10%) at the end of the experiment (15th day) than on the 6th day of monitoring.

The best results regarding the mortality rates were obtained in the treatment with *C. odorata*. This is probably due to the amount of germacrene D (32.81%) and α -farnesene (30.00%), which together represent more than 60% of the composition of this oil, as some experiments reported that isolated germacrene D showed considerable acaricide activity and repellent effects on *Ixodes scapularis* (PICKETT et al., 2023) and repellent effects on *Ixodes ricinus* (ASHITANI et al., 2015). Furthermore, previous studies have shown that α -farnesene has high larvicidal activity in *Aedes albopictus* (KIM; SEO; KIM, 2020), *Aedes vittatus*, *Anopheles subpictus*, *Spodoptera liturae*, and *Helicoverpa armigera* (AL-GHANIM et al., 2023).

The essential oils of *I. verum* and *F. vulgare* were composed mainly of (E)-anethole and limonene. Previous studies showed that anethole alone has an acaricide effect on larvae and adults of *R. annulatus* (ABOELHADID et al., 2021), *R. microplus* and *Dermacentor nitens* (SENRA et al., 2013), as well as a repellent effect on *R. annulatus* larvae (ABOELHADID et al., 2021). The second constituent found in greater proportion in these essential oils, limonene, also showed an acaricide effect on *R. microplus* larvae (FERRARINI et al., 2008; PEIXOTO et al., 2015). However, Cardoso et al. (2020) reported low toxicity in larvae of *R. microplus*. The third compound found mostly in *F. vulgare* in the present study, α -pinene, showed acaricide potential against adults of *Tetranychus urticae* and insecticidal potential against *Sitophilus zeamais* (LANGSI et al., 2020; LOPES et al., 2023). It is likely that the acaricide effects of *I. verum* and *F. vulgare* essential oils observed here are attributed mainly to their major compounds. However, *I. verum* oil, consisting of 95,6 % (E)-anethole and 2.13% limonene, showed a lower acaricide effect than *F. vulgare*, composed of 75.93% (E)-anethole, 13.29% limonene and 4.78% α -pinene (Tables 3 and 4). The difference in these results may be related to the higher amount of limonene and the presence of α -pinene in the latter, as there may have been a synergistic effect between these major components, resulting in higher tick mortality.

The three essential oils used in our experiment presented a dose-dependent effect regarding control percentage. At concentrations starting at 40 μ L/mL, efficacies above 85% were observed, and *F. vulgare* was responsible for the best result (97.17%). The efficacy of all essential oils can be attributed to a significant reduction in egg mass weights and lower hatching rates compared to the control group. The negative impact on the reproductive performance of females was observed in all essential oils tested. Similar results were observed by Vinturelle et al. (2021) when evaluating the effect of *Laurus nobilis* and *Copaifera officinalis* essential oils on the reproductive performance of *R. microplus* engorged females. In this experiment, the

authors concluded that the products could have affected the development of eggs or structures associated with the egg laying process, such as the Gené organ.

5. Conclusion

The essential oils of ylang-ylang (*C. odorata*), star anise (*I. verum*) and sweet fennel (*F. vulgare*), although showing a slight acaricide effect at the doses used in the present experiment, had significant impacts on the reproductive performance of engorged females of *R. microplus*. Notably, an acaricide product that reduces the number of individuals born in the long term will affect the perpetuation of the species, providing, in a way, a more effective control of these ticks. Thus, the results of the present study suggest that these essential oils can be used in the development of new acaricide formulations. Furthermore, further studies regarding the major constituents, synergistic effects, and morphological damage generated in the female reproductive system of *R. microplus* should be encouraged to contribute to the advancement of research related to tick control strategies.

Table 1. Chemical composition of essential oils derived from the flowers of *C. odorata* (A), the fruits and seeds of *I. verum* (B) and the seeds of *F. vulgare* var. *dulce* (C).

Compound	RI ¹ Cal	RI ² lit	% area		
			A	B	C
α -pinene	934	932	-	0.22	4.78
β -ocimene	1010	1010	-	0.25	-
α -phelandrene	1010	1002	-	-	1.03
limonene	1029	1024	-	2.13	13.29
fenchone	1090	1083	-	-	4.69
anisole	1148	1148	-	1.01	0.28
(E)- anethole	1288	1282	-	95.6	75.93
α -copaene	1376	1374	2.06	-	-
β -caryophyllen	1420	1417	8.00	-	-
α - humulene	1456	1452	2.21	-	-
α -cadina	1475	1475	1.33	-	-
germacrene D	1482	1484	32.81	-	-
α -cadina	1493	1493	0.48	-	-
germacrene D	1496	1496	0.36	-	-
α -muurolene	1499	1500	0.80	-	-
α -farnesene	1504	1505	30.00	-	-
γ -cadinene	1513	1513	0.81	-	-
δ -cadinene	1519	1522	4.17	-	-
epi- α -muurolol	1644	1644	0.67	-	-
naphthalenol	1656	1656	1.77	-	-
foeniculin	1678	1677	-	0.83	-

¹ Calculated retention index.

² Retention index from the literature.

Table 1. Chemical composition of essential oils derived from the flowers of *C. odorata* (A), the fruits and seeds of *I. verum* (B) and the seeds of *F. vulgare* var. *dulce* (C). (continuation).

Compound	RI ¹ Cal	RI ² lit	% area		
			A	B	C
benzoic acid	1767	1759	6.86	-	-
farnesyl acetate	1831	1821	5.06	-	-
benzyl salicylate	1870	1864	2.61	-	-
Total			100	100	100

¹ Calculated retention index.

² Retention index from the literature.

Table 2. Percentage of mortality (%) of *Rhipicephalus microplus* engorged female ticks exposed to different concentrations of *C. odorata* essential oil (A) (n = 68).

Concentration	Mortality 7th day	Mortality 14th day
Control (n = 12)	0.00	0.00
20 µL/mL (n = 13)	0.00	7.69
30 µL/mL (n = 14)	57.14	85.71
40 µL/mL (n = 14)	64.28	71.42
50 µL/mL (n = 15)	73.33	80.00

Table 3. Percentage of mortality (%) of *Rhipicephalus microplus* engorged female ticks exposed to different concentrations of *I. verum* essential oil (B) (n = 75).

Concentration	Mortality 7 th day	Mortality 14 th day
Control (n = 15)	0.00	0.00
20 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (n = 15)	0.00	0.00
25 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (n = 15)	6.66	6.66
30 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (n = 15)	0.00	0.00
40 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (n = 15)	6.66	6.66

Table 4. Percentage of mortality (%) of *Rhipicephalus microplus* engorged female ticks exposed to different concentrations of *F. vulgare* var. *dulce* essential oil (C) (n = 170).

Concentration	Mortality 7 th day	Mortality 14 th day
Control (n = 12)	0.00	0.00
10 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (n = 15)	0.00	0.00
15 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (n = 15)	6.66	13.33
20 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (n = 18)	22.22	38.88
30 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (n = 30)	13.33	20.00
40 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (n = 40)	40.00	52.50
50 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (n = 40)	42.50	62.50

Table 5. Mean female weight before oviposition (FW), egg mass weight (EW), egg production index (EPI), hatching rate (HR), fertility rate (FR), pre-oviposition period (POP), incubation period (IP), percentage of reduction in oviposition and hatching (%Rovip and %Rhatch), and product efficacy or percentage of control (%C) in *R. microplus* female ticks exposed to *C. odorata* essential oil (A) diluted in 10% DMSO in different concentrations.

Parameters	Treatments				
	Control (CA) (DMSO 10 %)	TA1 (20 µL/mL)	TA2 (30 µL/mL)	TA3 (40µL/mL)	TA4 (50µL/mL)
FW (mg)	233.50a ± 0.03	230.61a ± 0.03	221.92a ± 0.02	221.71a ± 0.03	226.40a ± 0.03
EW (mg)	99.45a ± 0.03	82.50ab ± 0.03	38.66b ± 0.02	37.20b ± 0.03	29.25b ± 0.02
EPI (%)	42.02a ± 10.11	35.98ab ± 14.81	18.36b ± 11.85	15.86b ± 13.40	11.63b ± 11.01
HR (%)	32.09a ± 19.57	29.54ab ± 18.09	19.16ab ± 21.07	11.25b ± 22.5	10.00b ± 20.00
FR (%)	13.87a ± 8.74	10.63a ± 7.15	03.48a ± 4.87	03.82a ± 7.65	02.35a ± 4.70
POP (days)	4.5a ± 0.67	4.5a ± 1.25	5.00a ± 0.63	4.75a ± 0.99	5.5a ± 1.00
IP (days)	35.81a ± 2.13	35.54a ± 1.8	36** ± 1.7	39** ± 0.0	37** ± 0.0
%Rovip*		17.04	61.12	62.59	70.58
%Rhatch*		7.93	40.27	64.9	68.83
%C*		22.67	75.56	86.19	90.54

Means followed by equal letters in the same row do not differ statistically, with significance level set at 5%.

* Data not statistically analyzed.

** Data not statistically analyzed as the n was not significant.

Table 6. Mean female weight before oviposition (FW), egg mass weight (EW), egg production index (EPI), hatching rate (HR), fertility rate (FR), pre-oviposition period (POP), incubation period (IP), percentage of reduction in oviposition and hatching (%Rovip and %Rhatch), and product efficacy or percentage of control (%C) in *R. microplus* female ticks exposed to *I. verum* essential oil (B) diluted in 10% DMSO in different concentrations.

Parameters	Treatments				
	Control (CB) (DMSO 10 %)	TB1 (20 µL/mL)	TB2 (25 µL/mL)	TB3 (30µL/mL)	TB4 (40µL/mL)
FW (mg)	230.93a ± 0.04	243.80a ± 0.03	245.87a ± 0.04	250.40a ± 0.05	250.13a ± 0.02
EW (mg)	94.07a ± 0.01	78.40ab ± 0.03	73.00ab ± 0.01	52.73b ± 0.01	51.86b ± 0.02
EPI (%)	41.07a ± 4.84	34.06ab ± 9.07	29.70b ± 4.5	22.17b ± 12.15	20.85b ± 9.57
HR (%)	64.33a ± 27.42	40.00ab ± 20.24	33.03ab ± 30.73	21.90b ± 28.33	10.92b ± 13.79
FR (%)	26.82a ± 12.30	14.87ab ± 10.90	10.43ab ± 10.32	07.70b ± 10.5	02.57b ± 3.84
POP (days)	6.53a ± 0.63	7.40a ± 1.84	6.71a ± 0.61	8.93a ± 3.59	8.84a ± 3.21
IP (days)	50.06a ± 1.48	50.4ab ± 1.34	53.71ab ± 3.12	52.11ab ± 3.37	51.9b ± 3.57
%Rovip*		16.65	22.39	43.94	44.87
%Rhatch*		37.82	48.64	65.95	83.01
%C*		50.91	62.56	82.40	91.35

Means followed by equal letters in the same row do not differ statistically, with significance level set at 5%.

*Data not statistically analyzed.

Table 7. Mean female weight before oviposition (FW), egg mass weight (EW), egg production index (EPI), hatching rate (HR), fertility rate (FR), pre-oviposition period (POP), incubation period (IP), percentage of reduction in oviposition and hatching (%Rovip and %Rhatch), and product efficacy or percentage of control (%C) in *R. microplus* female ticks exposed to *F. vulgare* var *dulce* essential oil (C) diluted in 10% DMSO in different concentrations.

Parameters	Treatments						
	Control (CC) (DMSO 10 %)	TC1 (10 µL/mL)	TC2 (15 µL/mL)	TC3 (20µL/mL)	TC4 (30µL/mL)	TC5 (40µL/mL)	TC6 (50µL/mL)
FW (mg)	262.66a ± 0.02	257.73a ± 0.02	261.93a ± 0.01	250.50a ± 0.01	255.56a ± 0.01	255.45a ± 0.01	256.60a ± 0.01
EW (mg)	103.25a ± 0.01	89.23ab ± 0.02	63.38abc ± 0.02	42.36bc ± 0.02	26.93c ± 0.03	26.40c ± 0.02	17.83c ± 0.02
EPI (%)	39.45a ± 6.46	30.46ab ± 15.95	24.48abc ± 11.72	17.05bc ± 10.67	10.79c ± 12.10	10.50c ± 10.30	06.92c ± 09.35
HR (%)	66.25a ± 34.64	66.15a ± 35.42	29.16ab ± 31.75	11.55b ± 26.22	11.11b ± 16.91	07.14b ± 16.79	0**
FR (%)	25.50a ± 13.75	25.12a ± 17.33	08.65ab ± 10.37	03.23b ± 08.02	02.10b ± 3.34	00.52b ± 1.17	0**
POP (days)	6.16a ± 0.71	6.40a ± 0.91	7.25ab ± 2.41	8.00ab ± 1.78	8.66b ± 1.58	9.66** ± 2.71	8.66** ± 3.05
IP (days)	39.41a ± 1.44	39.92a ± 1.70	40.85ab ± 2.26	43.83b ± 1.60	41.00** ± 3.26	41.5** ± 3.53	0**

Means followed by equal letters in the same row do not differ statistically, with significance level set at 5%.

**Data not statistically analyzed as the n was not significant.

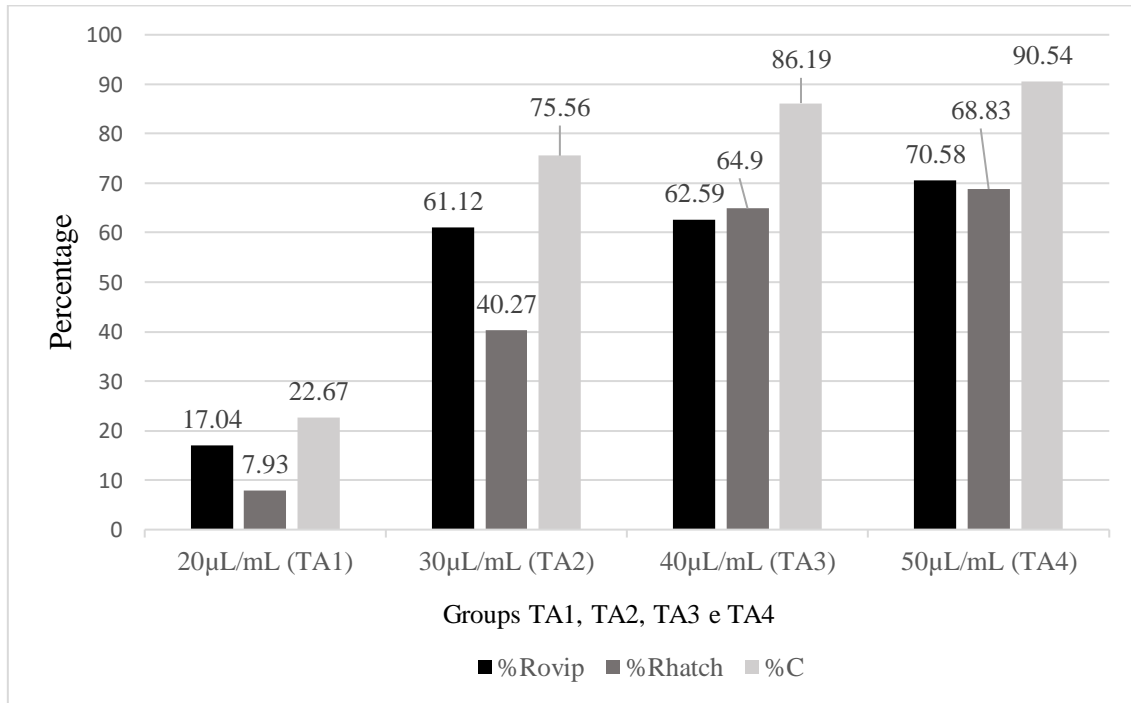
Table 7. Mean female weight before oviposition (FW), egg mass weight (EW), egg production index (EPI), hatching rate (HR), fertility rate (FR), pre-oviposition period (POP), incubation period (IP), percentage of reduction in oviposition and hatching (%Rovip and %Rhatch), and product efficacy or percentage of control (%C) in *R. microplus* female ticks exposed to *F. vulgare* var *dulce* essential oil (C) diluted in 10% DMSO in different concentrations (continuation).

Parameters	Treatments						
	Control (CC) (DMSO 10%)	TC1 (10 μ L/mL)	TC2 (15 μ L/mL)	TC3 (20 μ L/mL)	TC4 (30 μ L/mL)	TC5 (40 μ L/mL)	TC6 (50 μ L/mL)
%Rovip*		13.57	38.61	58.96	73.91	74.43	82.72
%Rhatch*		0.14	55.97	82.56	83.22	89.21	**
%C*		12.05	72.89	92.49	95.49	97.16	**

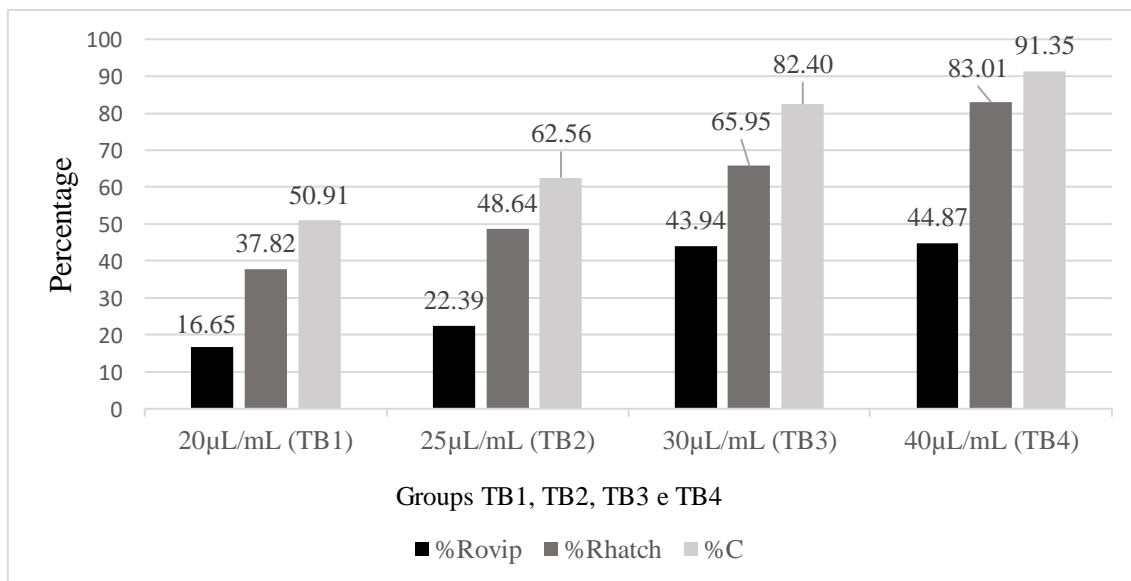
*Data not statistically analyzed.

**Data not statistically analyzed as the n was not significant.

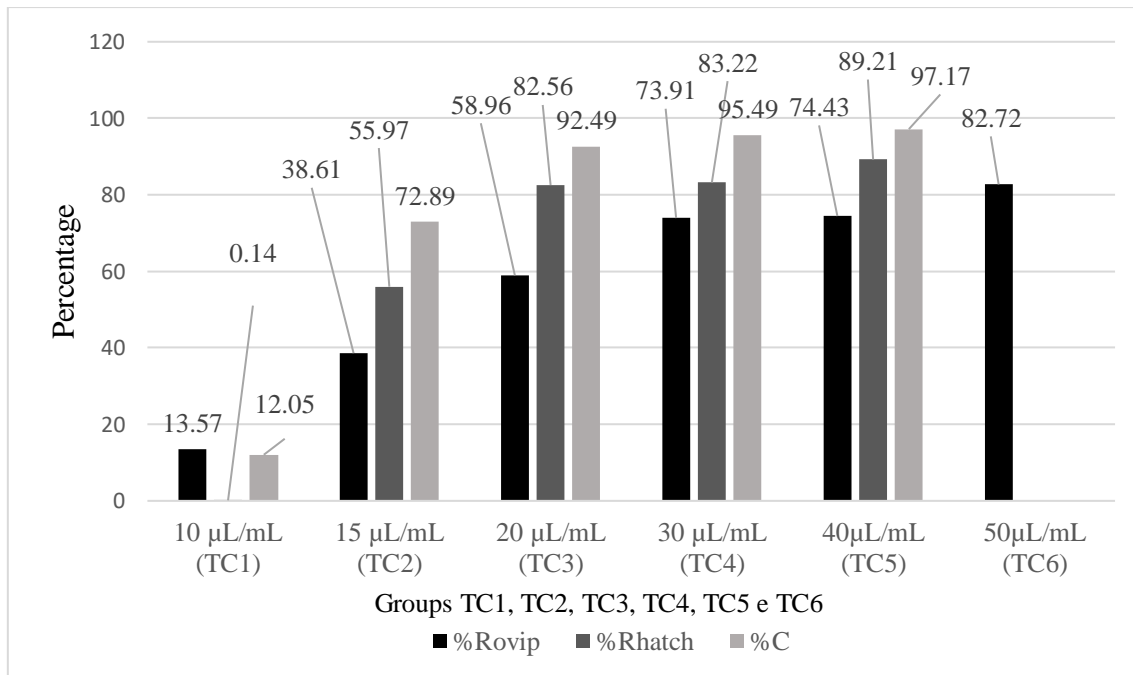
Graph 1. Percentage of reduction in oviposition (%Rovip), percentage of reduction in hatching (%Rhatch) and control percentage (%C) in different groups treated with *C. odorata* essential oil (A).



Graph 2. Percentage of reduction in oviposition (%Rovip), percentage of reduction in hatching (%Rhatch) and control percentage (%C) in different groups treated with *I. verum* essential oil (B).



Graph 3. Percentage of reduction in oviposition (%Rovip), percentage of reduction in hatching (%Rhatch) and control percentage (%C) in different groups treated with *F. vulgare var dulce* essential oil (C).



6. References

- ABOELHADID, S. M. *et al.* Acaricidal activity of *Foeniculum vulgare* against *Rhipicephalus annulatus* is mainly dependent on its constituent from trans-anethone. **PLoS ONE**, v. 16, n. 12, p. 1–15, 2021.
- ADAMS, R, P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/Mass spectrometry**. 4^o ed. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, Illinois, 2007, p. 809.
- ADENUBI, O. T. *et al.* Pesticidal plants as a possible alternative to synthetic acaricides in tick control: A systematic review and meta-analysis. **Industrial Crops and Products**, v. 123, p. 779–806, 2018.
- AL-GHANIM, K. A. *et al.* Insecticidal Potential of Matricaria chamomilla's Essential Oil and Its Components (E)- β -Farnesene, Germacrene D, and α -Bisabolol Oxide A against Agricultural Pests, Malaria, and Zika Virus Vectors. **Agriculture**, v. 13, n. 4, p. 779, 2023.
- ASHITANI, T. *et al.* Activity studies of sesquiterpene oxides and sulfides from the plant *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae) and its repellency on *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 67, n. 4, p. 595–606, 2015.
- BAKKALI, F. *et al.* Biological effects of essential oils - A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.
- BELABDELLI, F. *et al.* Chemical Composition and Antifungal Activity of *Foeniculum vulgare* Mill. **Chemistry Africa**, v. 3, n. 2, p. 323–328, 2020.
- BENNETT, G. F. Oviposition of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarida : Ixodidae). I. Influence of tick size on egg production. **Acarologia**, v. 16, n. 1, p. 52–61, 1974.
- BOROTOVÁ, P. *et al.* Biological activity of essential oil from *Foeniculum vulgare*. **Acta Horticulturae et Regiotecturae**, v. 24, n. 2, p. 148–152, 2021.
- CARDOSO, A. dos S. *et al.* Terpenes on *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: Acaricidal activity and acetylcholinesterase inhibition. **Veterinary Parasitology**, v. 280, p. 109090, 2020.
- CASTAÑEDA ARRIOLA, R. O. *et al.* Nivel de infestación de *Rhipicephalus microplus* y su asociación con factores climatológicos y la ganancia de peso en bovinos *Bos taurus* x *Bos indicus*. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 12, n. 1, p. 273–285, 2021.
- CRUZ, B. C. *et al.* Effects of different spray formulations on the reproductive parameters of engorged *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* females detached from experimentally infested cattle. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 122, n. 1–2, p. 70–75, 2015.
- DRUMMOND, R. O. *et al.* *Boophilus annulatus* and *B. microplus*: laboratory tests of insecticides. **Journal of economic entomology**, v. 69, n. 1, p. 37–40, 1973.
- ELMHALLI, F. *et al.* Acaricidal properties of ylang-ylang oil and star anise oil against nymphs of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 76, n. 2, p. 209–220, 2018.
- FERRARINI, S. R. *et al.* Acaricidal activity of limonene, limonene oxide and β -amino alcohol derivatives on *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 157, n. 1–2, p. 149–153, 2008.

- GONÇALVES, R. R. P. *et al.* Acetylation of carvacrol raises its efficacy against engorged cattle ticks *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). **Natural Product Research**, v. 35, n. 23, p. 5475–5479, 2021.
- KIM, H. K.; SEO, J. W.; KIM, G. H. Various effects of volatile constituents from *Magnolia kobus* flowers against *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). **Industrial Crops and Products**, v. 145, p. 112109, 2020.
- LAGE, T. C. DE A. *et al.* Activity of essential oil of *Lippia triplinervis* Gardner (Verbenaceae) on *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). **Parasitology Research**, v. 112, n. 2, p. 863–869, 2013.
- LANGSI, J. D. *et al.* Evaluation of the insecticidal activities of α -pinene and 3-carene on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Insects**, v. 11, n. 8, p. 1–11, 2020.
- LEBANOV, L. *et al.* Radical scavenging activity and metabolomic profiling study of ylang-ylang essential oils based on high-performance thin-layer chromatography and multivariate statistical analysis. **Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences**, v. 1179, p. 122861, 2021.
- LEBANOV, L.; PAULL, B. Comparison of chemometric assisted targeted and untargeted approaches for the prediction of radical scavenging activity of ylang-ylang essential oils. **Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences**, v. 1191, p. 123093, 2022.
- LIMA JUNIOR, G. D. S. *et al.* Chemical composition and acaricidal activity of essential oils from fruits of *Illicium verum* and rhizomes of *Curcuma zedoaria* against *Dermacentor nitens* (Acari: Ixodidae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 32, n. 6, p. 571–576, 2020.
- LOPES, R. P. *et al.* Chemical characterization and evaluation of acaricidal potential of rosemary essential oil and its main compound α -pinene on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. **Natural Product Research**, v. 37, n. 17, p. 2940–2944, 2023.
- LUNGUINHO, A. da S. *et al.* Acaricidal and repellent activity of the essential oils of *Backhousia citriodora*, *Callistemon viminalis* and *Cinnamodendron dinisii* against *Rhipicephalus* spp. **Veterinary Parasitology**, v. 300, p. 109594, 2021.
- MATOS, R. S. *et al.* Determination of the susceptibility of unengorged larvae and engorged females of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) to different methods of dissolving thymol. **Parasitology Research**, v. 113, n. 2, p. 669–673, 2014.
- NAJAR, B. *et al.* Chemical Composition and in Vitro Cytotoxic Screening of Sixteen Commercial Essential Oils on Five Cancer Cell Lines. **Chemistry and Biodiversity**, v. 17, n. 1, p. 1–19, 2020.
- NAVA, S. *et al.* Assessment of habitat suitability for the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in temperate areas. **Research in Veterinary Science**, v. 150, n.5, p. 10–21, 2022.
- OBAID, M. K. *et al.* Acaricides Resistance in Ticks: Selection, Diagnosis, Mechanisms, and Mitigation. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 12, p. 1–20, 2022.

- PARVEEN, S. *et al.* In vitro evaluation of ethanolic extracts of *Ageratum conyzoides* and *Artemisia absinthium* against cattle tick, *Rhipicephalus microplus*. **Scientific World Journal**, v. 2014, p. 1–6, 2014.
- PEIXOTO, M. G. *et al.* Acaricidal activity of essential oils from *Lippia alba* genotypes and its major components carvone, limonene, and citral against *Rhipicephalus microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 210, n. 1–2, p. 118–122, 2015.
- PEREIRA JUNIOR, A. M. *et al.* Efficacy of carvacrol on *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* engorged female ticks (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae): effects on mortality and reproduction. **Natural Product Research**, v. 0, n. 0, p. 1–4, 2019.
- PICCAGLIA, R.; MAROTTI, M. Characterization of some Italian types of wild fennel (*Foeniculum vulgare* mill.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 1, p. 239–244, 2001.
- PICKETT, L. J. *et al.* Common yarrow (*Achillea millefolium*) essential oil and main components as potential repellents and acaricides against *Ixodes scapularis* and *Dermacentor variabilis* (Acari: Ixodidae) ticks. **Experimental and Applied Acarology**, v. 89, n. 2, p. 287–303, 2023.
- QUADROS, D. G. *et al.* Plant-Derived Natural Compounds for Tick Pest Control in Livestock and Wildlife: Pragmatism or Utopia? **Insects**, v. 11, n. 8, p. 490, 2020.
- RECK, J. *et al.* Does *Rhipicephalus microplus* tick infestation increase the risk for myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax* in cattle? **Preventive Veterinary Medicine**, v. 113, n. 1, p. 59–62, 2014.
- REIS, A. C. *et al.* Cytotoxic effects of *Satureja montana* L. essential oil on oocytes of engorged *Rhipicephalus microplus* female ticks (Acari: Ixodidae). **Microscopy Research and Technique**, v. 84, n. 7, p. 1375–1388, 2021.
- 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 Veterinaria e Zootecnia**, v. 65, n. 5, p. 1570–1572, 2013.
- ROMA, G. C. *et al.* Determination of LC50 of permethrin acaricide in semi-engorged females of the tick *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae). **Experimental Parasitology**, v. 123, n. 3, p. 269–272, 2009.
- SENRA, S. de. O. *et al.* Assessment of the acaricidal activity of carvacrol, (E)-cinnamaldehyde, trans-anethole, and linalool on larvae of *Rhipicephalus microplus* and *Dermacentor nitens* (Acari: Ixodidae). **Parasitology Research**, v. 112, n. 4, p. 1461–1466, 2013.
- SHARAFAN, M. *et al.* *Illicium verum* (Star Anise) and Trans-Anethole as Valuable Raw Materials for Medicinal and Cosmetic Applications. **Molecules**, v. 27, n. 3, p. 650, 2022.
- SHARMA, A. K. *et al.* Comparative acaricidal properties of different solvents and surfactants on *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). **Indian Journal of Animal Sciences**, v. 82, n. 2, p. 154–158, 2012.

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, p. 1–18, 2017.

TAN, L. T. H. *et al.* Traditional Uses, Phytochemistry, and Bioactivities of *Cananga odorata* (Ylang-Ylang). **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2015, p. 1–30, 2015.

VINTURELLE, R. *et al.* Evaluation of essential oils as an ecological alternative in the search for control *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports**, v. 23, p. 100523, 2021.

ZHAO, C. *et al.* Chemical components of the volatile oil from leaves of *Cananga odorata* and its anti-oxidant activity. **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 32, n. 1, p. 165–169, 2019.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 2 - Óleos essenciais de *Murraya paniculata* (L.) Jack e *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil apresentam atividade acaricida e afetam o desempenho reprodutivo do carrapato-do-boi *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae).

Revista: Natural Product Research

JCR: 2,488

RESUMO

As plantas pertencentes à família Rutaceae possuem metabólitos secundários com diversas atividades biológicas, as quais incluem ação leishmanicida e acaricida, tanto em ácaros quanto em carrapatos de *R. microplus*. Por isso, o objetivo desse estudo foi verificar pela primeira vez o potencial acaricida de diferentes concentrações dos óleos essenciais de *Murraya paniculata* (L.) Jack e de *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil em fêmeas ingurgitadas de carrapatos *Rhipicephalus microplus*, por meio da determinação da concentração letal para 50% dos animais (CL50), bem como investigar seus efeitos no desempenho reprodutivo destes parasitos. Os óleos essenciais foram extraídos das folhas por meio do método de hidrodestilação. O solvente dimetilsulfóxido (DMSO) foi utilizado para diluição dos óleos, e as concentrações testadas variaram entre 1µL/mL até 40µL/mL. Os carrapatos foram imersos nas diferentes soluções por 5 minutos para a determinação da mortalidade e avaliação dos seguintes parâmetros: peso das fêmeas antes da oviposição, período pré-oviposição, peso da massa de ovos, índice de produção de ovos, período de incubação, taxa de eclosão, taxa de fecundidade, porcentagem de redução da oviposição, porcentagem de redução da eclosão e eficácia do produto. Os principais constituintes encontrados nos óleos essenciais de *M. paniculata* e *S. odoratissima* foram os isômeros *trans*- β -cariofileno e *cis*- β -cariofileno, respectivamente, e as CL50s (com intervalos de confiança de 95%) obtida para *R. microplus* foram de 11,30 µL/mL (08,45 - 24,51) e de 29,24 µL/mL (26,38 - 33,93), respectivamente. Foram observadas diferenças significativas referentes aos valores da taxa de eclosão (TE) e da taxa de fecundidade (TF) nos dois óleos essenciais em relação aos grupos controle. Os valores de eficácia para as maiores concentrações avaliadas de *M. paniculata* (15µL/mL) e *S. odoratissima* (25µL/mL) foram, respectivamente, 81,10% e 64,98%. Tais valores observados foram em consequência de menores taxas de eclosão observadas em ambos os óleos. Desse modo, sugere-se que esses óleos ou seus princípios ativos possam ser utilizados na composição de formulações acaricidas.

Palavras-chave: Ruminantes. Artrópodes. Ácaros. Vegetais. Plantas aromáticas.

ABSTRACT

Plants belonging to the Rutaceae family have secondary metabolites with diverse biological activities, which include leishmanicidal and acaricidal potential against mites and *R. microplus* ticks. Therefore, the objective of this study was to verify for the first time the acaricidal potential of different concentrations of the essential oils of *Murraya paniculata* (L.) Jack and *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil in engorged female ticks *Rhipicephalus microplus*, by determining the lethal concentration for 50% of the animals (LC50), as well as investigating their effects on the reproductive performance of these parasites. Essential oils were extracted from the leaves using the hydrodistillation method. The solvent dimethylsulfoxide (DMSO) was used to dilute the oils, and the concentrations tested ranged from 1 $\mu\text{L}/\text{mL}$ to 40 $\mu\text{L}/\text{mL}$. The ticks were immersed in the different solutions for 5 minutes to determine mortality and evaluate the following parameters: female weight before oviposition, pre-oviposition period, egg mass weight, egg production index, incubation period, hatching rate, fecundity rate, percentage of reduction in oviposition, percentage of reduction in hatching and product efficacy. The main constituents found in essential oil of *M. paniculata* and *S. odoratissima* were the isomers *trans*- β -caryophyllene and *cis*- β -caryophyllene, respectively, and the LC50s (with 95% confidence intervals) obtained for *R. microplus* were 11.30 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (08.45 - 24.51) and 29.24 $\mu\text{L}/\text{mL}$ (26.38 - 33.93), respectively. Significant differences were observed regarding the hatching rate (TE) and fecundity rate (TF) values in the two essential oils in relation to the control groups. The efficacy values for the highest concentrations evaluated of *M. paniculata* (15 $\mu\text{L}/\text{mL}$) and *S. odoratissima* (25 $\mu\text{L}/\text{mL}$) were, respectively, 81.10% and 64.98%. Such observed values were a consequence of lower hatching rates observed in both oils. Therefore, it is suggested that these oils or their active principles can be used in the composition of acaricide formulations.

Keywords: Ruminants. Arthropods. Mites. Vegetables. Aromatic plants.

1. Introdução

A presença do carrapato-do-boi, *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1888) (Acari: Ixodidae), é considerada como um obstáculo para expansão da agropecuária (CHAGAS et al., 2016; RODRÍGUEZ-VIVAS et al., 2017), pois ocasiona relevantes prejuízos na produção de carne bovina e de leite nos países de clima tropical e subtropical (CASTRO, 1997; JONGEJAN; UILENBERG, 2004; DZEMO; THEKISOE; VUDRIKO, 2022).

O combate ao carrapato-do-boi tem sido um desafio, posto que a principal forma de controle é baseada no uso de acaricidas químicos (TABOR et al., 2017; SAPORITI et al., 2022), os quais são considerados tóxicos para os mamíferos (humanos e animais) e causam danos ao meio ambiente (KOLACZINSKI; CURTIS, 2004; QUADROS et al., 2020). Além disso, devido ao seu uso constante e indiscriminado, sua eficácia no controle em *R. microplus* tem sido cada vez menor (ABBAS et al., 2014; SOUZA HIGA, 2015; SAPORITI et al., 2022). Neste sentido, os óleos essenciais, derivados do metabolismo secundário de plantas, tem se tornado uma possível alternativa para o combate de *R. microplus*, já que apresentam grande potencial pesticida, múltiplos mecanismos de ação e baixa toxicidade em hospedeiros não alvos (BAKKALI et al., 2008; PAVELA; BENELLI, 2016; GARAY; BRENNAN; BON, 2020; QUADROS et al., 2020; MAES et al., 2021).

Os óleos essenciais das plantas *Murraya paniculata* (L.) Jack e *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil, pertencentes à família Rutaceae, demonstraram alta atividade leishmanicida em promastigotas de *Leishmania amazonenses* (CABRAL et al., 2020; SILVA et al., 2020). Ademais, outras plantas pertencentes a essa família possuem metabólitos secundários com um amplo espectro de atividades biológicas (CORTEZ et al., 2006; COSTA et al., 2010), incluindo o potencial acaricida em ácaro *Oligonychus coffeae* e carrapatos *R. microplus* (SINGH et al., 2015; DEKA et al., 2022).

Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar pela primeira vez o potencial acaricida dos óleos essenciais obtidos a partir das folhas de *M. paniculata* e de *S. odoratissima* em fêmeas ingurgitadas de carrapatos *R. microplus* por meio da estimativa da concentração letal para 50% dos animais (CL50), bem como avaliar sua ação no desempenho reprodutivo e determinar sua eficácia ou porcentagem de controle em concentrações subletais.

2. Material e métodos

2.1 *Substâncias químicas*

Os óleos essenciais de *M. paniculata* (A) e *S. odoratissima* (B) foram adquiridos do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Campus Uberlândia/MG, Brasil, tendo sido extraídos a partir de folhas frescas por meio do método de hidrodestilação, em aparelho do tipo Clevenger, por um período de 3 horas a partir da ebulição, conforme a metodologia descrita por Silva et al. (2018). Para isso, foram utilizados 100 g de matéria vegetal de cada planta. Decorridas 3 horas de extração, o hidrolato foi recolhido em um funil de separação e, logo em seguida, foram adicionados 30 mL de diclorometano (CH_2Cl_2) com três repetições. Posteriormente, foi adicionado sulfato de sódio anidro PA (Na_2SO_4) para secagem da água residual.

O solvente orgânico dimetilsulfóxido (DMSO), com grau de pureza de 99,9%, foi obtido da empresa Bianquímica comercial LTDA.

2.2 *Caracterização química dos óleos essenciais*

Os óleos essenciais A e B foram dissolvidos em éter etílico e analisados por cromatografia gasosa com detector por ionização de chama (GC-FID) e cromatografia em fase gasosa acoplada a espectrômetro de massa (GC-MS) com o uso dos equipamentos Shimadzu QP5000 Plus e GCMS2010 Plus (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão). A temperatura da coluna em GC-FID foi programada para elevar de 60 a 240°C a 3°C/min, e foi mantida a 240°C durante 5 min; o gás de arraste foi H_2 na vazão de 1,0 mL/min. O equipamento foi configurado para operar no modo injeção, sendo que o volume de injeção foi de 0,1 μL , na proporção de divisão de 1:10, ao mesmo tempo que as temperaturas do injetor e do detector foram de 240 e 280 °C, respectivamente.

As concentrações relativas dos componentes foram obtidas por meio da normalização das áreas dos picos (%). As áreas relativas consistiram na média das análises GC-FID obtidas em triplicata. As condições de GC-MS e a identificação foram relatadas anteriormente (SOUZA et al., 2022). A identificação de componentes voláteis de óleos essenciais foi baseada em seus índices de retenção em uma coluna capilar Rtx-5MS (30 m X 0,25 mm; 0,250 μm) sob as mesmas condições operacionais usadas para GC em relação a uma série homóloga de n- alcanos (C8-C20). As estruturas foram comparadas por computador com Wiley 7, NIST 08 e FFNSC 1.2 e seus padrões de fragmentação foram comparados com dados da literatura (ADAMS, 2007).

2.3 Carrapatos

As fêmeas ingurgitadas de carrapatos da espécie *R. microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae) foram coletadas de bovinos naturalmente infestados e sem contato com acaricidas por um período mínimo de 30 dias. Os parasitos utilizados no experimento com óleo essencial de *M. paniculata* (A) foram provenientes de distintas propriedades leiteiras localizadas no município de Nova Canaã do Norte, Mato Grosso. Em contrapartida, os parasitos utilizados no experimento com óleo essencial de *S. odoratissima* (B) foram oriundos de uma única propriedade leiteira no município de Viçosa, Minas Gerais.

Foram selecionados os carrapatos que demonstraram capacidade de locomoção, estrutura íntegra e com massa maior 0,150 g. Os parasitos selecionados foram lavados com auxílio de uma peneira e, posteriormente, secos em papel absorvente fino.

2.4 Avaliação da mortalidade

Na avaliação do potencial acaricida do óleo essencial de *M. paniculata* (A), fêmeas ingurgitadas com massas corporais homogêneas ($n = 202$) foram divididas em um grupo controle (CA), em que foram expostas apenas ao solvente (DMSO a 5% em água destilada), e nove grupos de tratamento, em que foram tratadas com as seguintes concentrações: 1,0, 2,0, 3,0, 4,0, 5,0, 6,0, 8,0, 10,0 e 15,0 $\mu\text{L/mL}$, respectivamente.

Foram realizados testes pilotos com os dois óleos essenciais a fim de se determinar as concentrações testadas supramencionadas, bem como a quantidade de solvente necessária para a correta diluição dos produtos vegetais. Para avaliar o potencial acaricida do óleo essencial de *S. odoratissima* (B), fêmeas com massas corporais homogêneas ($n = 126$) foram divididas em sete grupos experimentais: um grupo controle (CB), nos quais as fêmeas foram expostas apenas à solução de DMSO a 10% em água destilada, e seis grupos de tratamento, nos quais os carrapatos foram expostos às seguintes concentrações: 5,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0 e 40,0 $\mu\text{L/mL}$, respectivamente. Os animais foram submetidos ao teste de imersão de adultos (TIA) (DRUMMOND et al., 1973), em que cada grupo de fêmeas ingurgitadas foram imersas durante cinco (5) minutos nas respectivas soluções a serem avaliadas. Logo em seguida, os carrapatos foram secos em papel absorvente fino e realocados em Placas de Petri identificadas.

Os parasitos foram mantidos em temperatura e umidade do próprio ambiente, com o objetivo de simular condições naturais, e as médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar foram registradas por meio de um termo-higrômetro. O monitoramento da mortalidade foi realizado durante 7 dias e apenas no último dia foram registradas as taxas de mortalidade.

Os animais que não apresentaram sinais de vitalidade após o estímulo com CO₂ ou ao toque por uma pinça de dissecação anatômica foram considerados mortos.

Nos casos em que houve mortalidade no grupo controle (CA ou CB), foi utilizado a fórmula de Abbott para a correção da mortalidade: $M = (M_t - M_c)/(100 - M_c) \times 100$, em que M representa a mortalidade corrigida em relação ao grupo controle; M_t = mortalidade observada no grupo tratamento e M_c = mortalidade observada no grupo controle (ABBOTT, 1925). O cálculo das concentrações letais para 50% dos animais (CL₅₀) foi adaptado da metodologia descrita por Roma et al. (2009).

2.5 Avaliação dos parâmetros reprodutivos

Para avaliação dos parâmetros reprodutivos, as fêmeas ingurgitadas foram submetidas ao TIA (DRUMMOND et al., 1973), nas mesmas condições que os testes para avaliação da mortalidade. Logo em seguida, os carrapatos foram secos em papel absorvente fino e realocados de forma individualizada em Placas de Petri identificadas. Na avaliação dos parâmetros reprodutivos do óleo essencial de *M. paniculata* (A), fêmeas ingurgitadas com massas corporais homogêneas (n = 93) foram divididas em um grupo controle (CA), em que foram expostas apenas ao solvente (DMSO a 5% em água destilada), e quatro grupos de tratamento (TA1, TA2, TA3, TA4), em que foram tratadas com as seguintes concentrações: 4,0, 8,0, 10,0 e 15,0 µL/mL, respectivamente. Já para avaliação dos parâmetros reprodutivos do óleo essencial de *S. odoratissima* (B), fêmeas ingurgitadas com massas corporais homogêneas (n = 86) foram divididas em um grupo controle (CB), em que foram expostas apenas ao solvente (DMSO a 10% em água destilada), e quatro grupos de tratamento (TB1, TB2, TB3, TB4), em que foram tratadas com as seguintes concentrações: 5,0 15,0 20,0 e 25,0 µL/mL, respectivamente.

Os seguintes parâmetros foram utilizados para avaliar o desempenho reprodutivo de *R. microplus*: peso das fêmeas adultas antes da oviposição (**PF**); peso total da massa de ovos de cada fêmea (**PM**), coletada no 14º dia após o experimento, conforme descrito por Parveen et al. (2014); período de pré-oviposição (**PPO**), correspondente ao número de dias contabilizado entre o destacamento da fêmea do hospedeiro e o início da oviposição; período de incubação (**PI**), referente ao período em dias contabilizado desde o início da oviposição até o início da eclosão das larvas; e a taxa de eclosão (**TE**), ou porcentagem de eclosão, determinada visualmente, correspondendo à estimativa da proporção de larvas em relação à proporção de ovos não eclodidos.

A partir destes valores foi determinado, para cada carrapato, o índice de produção de ovos (**IPO**) (BENNET, 1974): $IPO = (PM/PF) \times 100$. Também foram determinados os seguintes

parâmetros: a taxa de fecundidade (**TF**) de cada fêmea: $TF = (IPO \times TE)/100$ (PEREIRA JUNIOR et al., 2019; GONÇALVES et al., 2021); a taxa de reprodução estimada (**RE**) para cada grupo experimental: $RE = (PM \text{ médio}/PF \text{ médio}) \times TE \text{ média} \times 20000$ (LAGE et al., 2013; MATOS et al., 2014); a porcentagem de redução da oviposição (**Rovip %** = $[(PM \text{ controle} - PM \text{ tratamento})/PM \text{ controle}] \times 100$); e a porcentagem de redução da eclosão (**Reclo %** = $[(TE \text{ controle} - TE \text{ tratamento})/TE \text{ controle}] \times 100$) (CRUZ et al., 2015).

Após a obtenção dos valores das taxas de reprodução estimada do grupo controle (**RE_{CONTROLE}**) e de cada grupo de tratamento (**RE_{TRATAMENTO}**), foi determinada a eficácia do produto (**EP**) ou porcentagem de controle (**C%**), por meio da equação adaptada de Drummond et al. (1973): $\%C = [(RE \text{ controle} - RE \text{ tratamento})/RE \text{ controle}] \times 100$ (DRUMMOND et al., 1973).

2.6 Análise estatística

Para o cálculo da CL50 com seus respectivos intervalos de confiança de 95%, os resultados obtidos nos testes de mortalidade foram submetidos à análise de Probit, por meio do software PriProbit (versão 1.63). Para os parâmetros reprodutivos, as análises foram realizadas utilizando o software BioEstat (versão 5.0). Os resultados obtidos foram avaliados quanto à normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk. Os dados com distribuição normal foram comparados estatisticamente por meio do teste ANOVA one-way, seguido da análise *post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$). Para os dados sem distribuição normal, a comparação estatística foi realizada por meio do teste de Kruskal-Wallis, seguida da análise *post-hoc* de Dunn.

3. Resultados

3.1 Composição química dos óleos essenciais

Os resultados da caracterização química dos óleos essenciais estão listados nas Tabelas 1 e 2. Foram identificados e quantificados dezesseis componentes no óleo essencial de *M. paniculata* (A) e vinte e oito no óleo essencial de *S. odoratissima* (B), com predominância de sesquiterpenos (Tabelas 1 e 2). No óleo A, pode-se considerar três constituintes majoritários: *trans*- β -cariofileno (23,8%), α -zingibereno (21%) e β -cubebeno (10,2%). Semelhantemente, o isômero β -cariofileno foi o componente predominante no óleo B (23,8%), seguido de biciclogermacreno (10,8%) e δ -cadineno (7,1%), respectivamente.

3.2 Avaliação da mortalidade

Durante a avaliação do potencial acaricida e desempenho reprodutivo de carrapatos tratados com o óleo A, foram registradas as médias \pm desvio padrão de temperatura e umidade relativa do ar de $27,95 \pm 2,18^\circ\text{C}$ e $77,74 \pm 5,89\%$, respectivamente; para o óleo B, as médias \pm desvio padrão de temperatura e umidade relativa do ar foram de $23,50 \pm 2,51^\circ\text{C}$ e $57,04 \pm 10,07\%$, respectivamente.

As porcentagens de mortalidade dos animais no 7º dia de experimento estão listadas nas Tabelas 3 e 4. Houve necessidade de correção das taxas de mortalidade apenas no grupo de carrapatos expostos ao óleo essencial de *M. paniculata* (A), tendo em vista que não houve mortes no grupo CB, relativo ao TIA de *S. odoratissima* (B).

A mortalidade dos carrapatos expostos ao óleo de *M. paniculata* (A) foi observada a partir da concentração de $6 \mu\text{L/mL}$, atingindo a maior taxa de mortalidade (54%) na concentração de $8 \mu\text{L/mL}$, embora nas maiores concentração testadas de 10 e $15 \mu\text{L/mL}$ tenha sido observação uma queda de 16 e 2%, respectivamente. A concentração letal média (CL50) do óleo A, obtida para *R. microplus*, foi de $11,30 \mu\text{L/mL}$ (intervalo de confiança de 95%: 08,45 - 24,51). Não foram observados efeitos dose-dependentes.

Para o grupo de fêmeas expostas ao óleo essencial de *S. odoratissima* (B), foi observada mortalidade de 22% a partir da concentração de $20 \mu\text{L/mL}$. A maior taxa de mortalidade (86%) foi encontrada no grupo exposto a maior concentração ($25 \mu\text{L/mL}$). No grupo de parasitos que foram expostos a concentração de $25 \mu\text{L/mL}$ houve uma queda de 12% na taxa de mortalidade em relação ao grupo de menor concentração ($20 \mu\text{L/mL}$). A concentração letal média (CL50) de *S. odoratissima* (B) obtida para *R. microplus* foi de $29,24 \mu\text{L/mL}$ (intervalo de confiança de 95%: 26,38 - 33,93).

3.3 Avaliação do desempenho reprodutivo

No presente estudo, foi demonstrado que as maiores concentrações dos óleos essenciais de *M. paniculata* (A) e *S. odoratissima* (B) alteraram significativamente alguns parâmetros do desempenho reprodutivo de fêmeas ingurgitadas de *R. microplus* (Tabelas 5 e 6). Não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre os grupos avaliados com relação à média do peso das fêmeas antes da oviposição (PF).

3.3.1 Avaliação do desempenho reprodutivo de fêmeas expostas a diferentes concentrações de *M. paniculata* (A)

Na avaliação do desempenho reprodutivo dos animais que foram expostos à *M. paniculata* (A), não foram observadas diferenças significativas em relação peso da massa de ovos (PM) ($p > 0,05$), em comparação ao grupo controle (CA). Contudo, houve diferença no grupo exposto à menor concentração (TA1 - 4 $\mu\text{L}/\text{mL}$) em comparação aos demais grupos tratamento (TA2-TA4).

A Tabela 5 elenca os valores de média \pm desvio padrão do IPO, TE, TF, PPO e PI. Os valores de IPO não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre o grupo controle (CA) e os grupos tratamento TA1, TA2, TA3 e TA4. No entanto, houve diferença entre os grupos tratamento TA1 e TA4. Em relação à TE, não houve diferença significativa entre os grupos tratamento, e entre o grupo CA em comparação aos grupos tratamento TA1 e TA2. No entanto, os grupos de animais expostos as duas maiores concentrações avaliadas (10 $\mu\text{L}/\text{mL}$ e 15 $\mu\text{L}/\text{mL}$) apresentaram taxas de eclosão (43,95% e 29,09%) significativamente diferentes em relação ao grupo controle (84,73%). A TF dos grupos tratamento TA2, TA3 e TA4 (16,62%, 18,23%, 09,37%, respectivamente) foram diferentes significativamente em comparação ao grupo CA (37%).

As médias de PPO não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre o grupo controle (CA) e os grupos tratamento. Apesar disso, foi observada diferença entre os grupos tratamento TA1 e TA4, embora não tenha sido observado diferença entre os demais grupos tratamento. Em relação ao PI, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos avaliados.

As porcentagens de redução de oviposição (Rovip %) nos grupos tratamento TA2, TA3 e TA4 foram de 19,14%, 13,99% e 44,51%, respectivamente (Gráfico 1). Contudo, foi observado um efeito adverso em relação ao grupo tratamento TA1, uma vez que a porcentagem de redução de oviposição foi de -43,18%. Já em relação à eclosão (Reclo %), houve redução de 32,13%, 40,20%, 48,13% e 65,66% nos grupos TA2, TA3 e TA4, respectivamente, em comparação ao grupo controle. O óleo essencial de *M. paniculata* resultou em eficácia de 24,80%, 55,00%, 60,01% e 81,10% para os grupos TA1-TA4, respectivamente (Gráfico 1).

3.4 Avaliação do desempenho reprodutivo de fêmeas expostas a diferentes concentrações de *S. odoratissima* (B)

Não houve redução significativa no PM das fêmeas expostas ao óleo essencial de *S. odoratissima* em comparação ao grupo CB ($p > 0,05$). Por outro lado, os animais que foram

expostos às maiores concentrações (TB3 e TB4) apresentaram valores de IPO (30,95% e 31,06%, respectivamente) significativamente menores em comparação ao grupo CB (39,33%) ($p < 0,05$). Contudo, não houve diferenças significativas entre os grupos TB1 e TB2, bem como entre esses e o grupo CB (Tabela 6).

A Tabela 6 discrimina também os valores médios \pm desvio padrão da TE e TF. A comparação estatística dos resultados de TE e TF foi semelhante entre os grupos, pois houve diferenças apenas entre o grupo CB (44,58% e 17,62%, respectivamente) em comparação ao grupo TB4 (18,61% e 6,69%, respectivamente). Em relação ao PPO, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os grupos avaliados. Quanto ao PI, foram observadas diferenças significativas entre o grupo TB4 (43,63 dias) em comparação ao grupo CB (41,33 dias) e não houve diferenças significativas entre os grupos tratamento, e entre esses e o grupo controle.

A Rovip % dos grupos TB1, TB2, TB3 e TB4 foi de 3,03%, 17,77%, 19,59% e 19,59%, respectivamente (Gráfico 2). Já a Recló % foi de 10,28%, 32,26%, 32,56% e 58,24% nos grupos TB1, TB2, TB3 e TB4, respectivamente. As porcentagens de controle ou eficácia do produto (C%) nos grupos TB1, TB2, TB3 e TB4 em comparação ao grupo CB foram de 12,88%, 43,66%, 45,23% e 64,98%, respectivamente (Gráfico 2).

4. Discussão

Os compostos majoritários encontrados no óleo essencial de *M. paniculata* foram trans- β -cariofileno (23,8%), seguido de α -zingibereno (21%) e de β -cubebeno (10,2%). No trabalho realizado por Neta et al. (2017), a caracterização química do óleo essencial *M. paniculata* evidenciou um resultado semelhante, tendo em vista que o isômero β -cariofileno (57,7%) foi o principal constituinte encontrado, seguido de α -zingibereno (31,72%). Contudo, em um trabalho recente, Saika et al. (2022) relataram a presença de cariofileno (20,93%) e β -cubebene (9%) como o primeiro e segundo constituintes encontrados em maior quantidade no óleo essencial de *M. paniculata*. Normalmente, os estudos que descrevem a composição química do óleo essencial das frutas e folhas de *M. paniculata* (L.) Jack ressaltam que há diversidades químicas em sua composição devido à localização, variedade e outros fatores específicos da planta (OLAWORE et al., 2005; LV et al., 2013; ARYA et al., 2017; NETA et al., 2017; SAIKIA et al., 2022; REHMAN et al., 2023).

Em relação a composição química do óleo essencial de *S. odoratissima*, os componentes majoritários identificados no presente estudo foram β -cariofileno (23,8%), biciclogermacreno (10,8%) e δ -cadineno (7,1%). Destaca-se que Chaibub et al. (2013) relataram a presença de β -cariofileno (20,64%) como o principal constituinte encontrado no óleo essencial desta espécie.

Ainda, descreveram biciclogermacreno (14,73%) e δ -cadineno (13,40%) entre os constituintes majoritários, respectivamente. A composição química do óleo essencial de *S. odoratissima* descrita nesses trabalhos foi semelhante à do presente estudo, pois é comum que os hidrocarbonetos sesquiterpênicos β -cariofileno, biciclogermacreno e δ -cadineno sejam encontrados nesta espécie (CABRAL et al., 2019; CHAIBUB et al., 2013).

No presente estudo, foi observada mortalidade de 25% no grupo de fêmeas ingurgitadas de *R. microplus* expostas ao solvente DMSO a 5% e água destilada (Tabela 3), porém no grupo exposto ao solvente na maior concentração (10%) não houve mortalidade (Tabela 4). Entende-se que a mortalidade encontrada pode ter ocorrido ao acaso, visto que estudos anteriores demonstraram que este solvente, na concentração de até 10%, não apresenta efeitos tóxicos em fêmeas ingurgitadas de *R. microplus* (SHARMA et al., 2012; LUNGUINHO et al., 2021). Assim, pode ser considerado adequado para realização de testes com produtos acaricidas (SHARMA et al., 2012; LUNGUINHO et al., 2021).

O sesquiterpeno β -cariofileno demonstrou efeito acaricida superior, no ácaro *Tetranychus urticae*, em comparação aos óleos essenciais de *Ocotea duckei* e *Ocotea glomerata*, os quais possuíam 18,6% e 17,3% desta substância em sua composição, respectivamente (MORAES; CAMARA; SILVA, 2017). Além disso, um estudo conduzido por Araújo et al. (2012) concluiu que a toxicidade por fumigação e por contato do óleo essencial de *Piper aduncum* em *T. urticae* pode ser atribuída ao seu constituinte β -cariofileno. Da mesma forma, o estudo desenvolvido por Vinturelle et al. (2017) também sugeriu que o componente β -cariofileno, presente em 26,2% no óleo essencial de *Piper nigrum* (L.), foi o principal responsável pelo efeito acaricida em fêmeas ingurgitadas de *R. microplus*. No presente estudo, os principais constituintes dos óleos essenciais foram os isômeros *trans*- β -cariofileno (*M. paniculata*) e β -cariofileno (*S. odoratissima*), o que pode explicar os resultados aqui obtidos.

Vale ressaltar que o composto germacreno D, presente tanto no óleo essencial de *M. paniculata* (9,8%) quanto no de *S. odoratissima* (5,9%), demonstrou atividade inseticida contra *Anopheles anthropophagus* (ZHU; TIAN, 2013). Por esse motivo, Souza et al. (2020) concluíram que a atividade acaricida do óleo essencial de *Lantana camara* L. e *L. montevidensis* em fêmeas ingurgitadas de *R. microplus* não pode ter sido apenas atribuída a presença dos isômeros de cariofileno, mas também pela presença de germacreno D. Conseqüentemente, entende-se que o efeito acaricida observado no presente estudo pode ter sido ocasionado tanto pela presença de β -cariofileno e germacreno D em ambos os óleos e que um possível efeito sinérgico entre esses compostos também pode ter contribuído para a atividade observada.

Contudo, a avaliação desses componentes de forma isolada se faz necessária para que este efeito possa ser comprovado.

No presente estudo, o óleo essencial de *M. paniculata* resultou em maiores taxas de mortalidade, constatadas a partir das concentrações de 6 $\mu\text{L}/\text{mL}$. Por outro lado, a mortalidade dos parasitos expostos ao óleo essencial de *S. odoratissima* iniciou na concentração de 20 $\mu\text{L}/\text{mL}$. As diferenças nas taxas de mortalidade entre os dois óleos essenciais podem ser atribuídas pela maior concentração de germacreno D presente no óleo essencial de *M. paniculata* em relação ao do óleo essencial de *S. odoratissima* (9,8% e 5,9%, respectivamente).

Nas maiores concentrações (10 e 15 $\mu\text{L}/\text{mL}$) do óleo essencial de *M. paniculata*, foram observadas menores taxas de eclosão e de fecundidade dos parasitos em relação ao grupo controle. O impacto negativo deste óleo no desempenho reprodutivo das fêmeas do grupo TA2 (8 $\mu\text{L}/\text{mL}$) também deve ser considerado, já que também foi observada significativa redução da taxa de fecundidade. Em concentrações maiores, o óleo essencial de *S. odoratissima* também interferiu na formação de novos indivíduos de forma semelhante. Contudo, no grupo de fêmeas expostas à maior concentração (25 $\mu\text{L}/\text{mL}$), além das menores taxas de eclosão e fecundidade, também foi observada maior redução do IPO e maior PI em relação ao grupo controle.

Comparativamente, o óleo essencial de *M. paniculata* obteve melhores resultados no controle de *R. microplus* pois, levando em consideração a concentração de 15 $\mu\text{L}/\text{mL}$, apresentou maior eficácia em relação ao óleo essencial de *S. odoratissima* (81,10% e 43,66 %, respectivamente). Os óleos essenciais de *Lantana camara* L. e *L. montevidensis* também foram capazes de reduzir o IPO e alcançar eficácias acima de 95% na concentração de 25 mg/mL em fêmeas ingurgitadas de *R. microplus*. Esses resultados foram atribuídos pela presença dos isômeros de cariofileno e germacreno D, os quais estavam presentes nos óleos em quantidades acima de 15% e 12%, respectivamente (SOUSA et al., 2020). Ademais, em um outro experimento, foi constatado que o óleo essencial de *Piper nigrum*, constituído de β -cariofileno (26,2%), reduziu a oviposição de fêmeas ingurgitadas de *R. microplus* em 96%, 83% e 50% nas concentrações 10%, 5% e 2,5%, respectivamente (VINTURELLE et al., 2017). Dessa forma, observa-se que ambos os estudos corroboraram com os resultados aqui obtidos.

A eficácia de 81,10% observada no grupo de fêmeas expostas à concentração de 15 $\mu\text{L}/\text{mL}$ de *M. paniculata* pode ser considerada alta, levando em conta que os óleos essenciais de *Senecio cannabifolius* e de *Lepechinia mutica* nas maiores concentrações avaliadas apresentaram eficácias de 68,9% e 72,84%, respectivamente (YANG; JIA; ZHU, 2021; GUZMÁN et al., 2022). Os valores de eficácia das concentrações mais elevadas dos óleos essenciais de *M. paniculata* e *S. odoratissima* foram maiores do que aqueles encontrados no

estudo de Gonzaga et al. (2022), que avaliaram o efeito de acaricidas químicos sintéticos (em concentrações comerciais) a base de deltametrina (10,8% de eficácia), diclorvos + cipermetrina (40,2%) e clorpirifós + cipermetrina (31,2%). Semelhantemente, no estudo de Guzmán et al. (2022), também foi encontrada eficácia menor (38,20%) do acaricida à base de cipermetrina (a 15%) em comparação à eficácia das maiores concentrações dos óleos essenciais de *M. paniculata* e *S. odoratissima*.

A hipótese de que substâncias presentes nos óleos essenciais podem prejudicar o desenvolvimento dos ovos ou dos órgãos associados à oviposição foi levantada por Vinturelle et al. (2021) ao avaliar o efeito no desempenho reprodutivo dos óleos essenciais de *Laurus nobilis* e de *Copaifera officinalis* em fêmeas ingurgitadas de *R. microplus*. À vista disso, sugere-se que os compostos presentes nos óleos essenciais de *M. paniculata* e *S. odoratissima* podem ter o mesmo efeito relatado por esses autores, já que menos indivíduos eclodiram em comparação aos respectivos grupos controle nas fêmeas expostas as maiores concentrações das substâncias. Além disso, diversos estudos apontam que óleos essenciais ou seus compostos puros danificam os órgãos do sistema reprodutor feminino de carrapatos (NWANADE; YU; LIU, 2020), gerando significativas alterações nas células do tecido ovariano de fêmeas ingurgitadas de *R. microplus*, tais como: vacuolização citoplasmática, nucléolo em forma de anel, vesícula germinativa fragmentada, córion deformado e menores oócitos, entre outras alterações (KONIG et al., 2019; QUEIROZ et al., 2020; PENHA et al., 2021; REIS et al., 2021).

5. Conclusão

Os óleos essenciais das folhas de *M. paniculata* e *S. odoratissima* apresentaram efeito acaricida em fêmeas ingurgitadas de *R. microplus*. Além disso, interferiram no número de indivíduos nascidos, visto que menores taxas de eclosão foram observadas nos grupos tratamento de maiores concentrações, possibilitando, desse modo, eficácias acima de 50%.

Os resultados do presente estudo sugerem que uma ou mais substâncias presentes nesses compostos foram responsáveis por essas atividades. Dessa forma, óleos essenciais das folhas de *M. paniculata* e *S. odoratissima*, assim como seus constituintes, podem ser alvos de estudos com a finalidade de serem utilizados na composição de formulações acaricidas.

Tabela 1. Composição química do óleo essencial derivado das folhas de *Murraya paniculata* (A).

Composto	IR ¹ Cal	IR ² lit	% área
<i>α</i> -ylangene	1371	1372	5,6
<i>α</i> -copaeno	1375	1376	1,6
<i>β</i> -bourboneno	1382	1384	0,6
<i>β</i>-cubebeno	1389	1390	10,2
<i>trans-β</i>-cariofileno	1418	1418	23,8
<i>β</i> -humuleno	1439	1440	6,4
aromadendreno	1462	1464	1,8
germacreno D	1478	1480	9,8
<i>α</i>-zingibereno	1493	1495	21,0
<i>β</i> -bisaboleno	1509	1509	1,2
<i>trans</i> -nerolidol	1565	1565	1,4
espatulenol	1576	1576	2,5
óxido de cariofileno	1581	1581	1,5
<i>trans</i> -cadinol	1638	1640	0,4
10- <i>epi-α</i> -muurolol	1640	1641	2,6
<i>α</i> -cadinol	1652	1653	1,0
Total			91,4

¹ Índice de retenção calculado

² Índice de retenção da literatura

Tabela 2. Composição química do óleo essencial derivado das folhas de *Spiranthera odoratissima* (B).

Composto	IR ¹ Cal	IR ² lit	% área
limoneno	1030	1031	0,5
bicicloelemeno	1327	1331	1,3
α -bubebeno	1358	1352	2,3
α -copaeno	1365	1372	5,5
β -elemene	1389	1392	5,3
β-cariofileno	1416	1418	23,8
α -bergamoteno	1430	1436	0,6
α -humuleno	1447	1455	4,8
alloaromadendreno	1455	1461	2,6
γ -huuroleno	1472	1477	1,1
germacreno D	1478	1480	5,9
β -selineno	1482	1485	1,5
biciclogermacreno	1490	1496	10,8
germacreno A	1501	1503	0,4
γ -cadineno	1510	1513	3,0
δ-cadineno	1521	1524	7,1
α -cadineno	1533	1538	0,3
germacreno B	1554	1561	0,5
espatulenol	1581	1578	2,9
óxido de cariofileno	1585	1583	1,6
viridiflorol	1591	1595	1,2
carotol	1613	1597	0,3
humulane-1,6-dien-3-ol	1618	1619	0,3
epóxido de isoaromadendreno	1623	1622	0,5
τ -muurolol	1643	1640	4,3
δ -cadinol	1647	1645	0,5
α -cadinol	1658	1653	4,7
nootkatone	1810	1807	0,2

Tabela 2. Composição química do óleo essencial oriundo das folhas de *Spiranthera odoratissima* (B) (continuação).

Composto	IR ¹ Cal	IR ² lit	% área
Total			93,8

Tabela 3. Porcentagem de mortalidade (%) de fêmeas ingurgitadas de *Rhipicephalus microplus* expostas a diferentes concentrações do óleo essencial de *Murraya paniculata* (A), diluído em DMSO a 5% (n = 202).

Concentração (µL/ml)	Mortalidade no 7º dia (%)	Mortalidade no 7º dia (% corrigida)
Controle (n = 32)	25,00	-
1 µL/mL (n = 11)	09,00	0,00
2 µL/mL (n = 12)	16,66	0,00
3 µL/mL (n = 12)	0,00	0,00
4 µL/mL (n = 22)	22,72	0,00
5 µL/mL (n = 23)	34,78	0,00
6 µL/mL (n = 22)	68,18	35,00
8 µL/mL (n = 22)	86,36	54,00
10 µL/mL (n = 23)	69,56	38,00
15 µL/mL (n = 23)	82,60	52,00

Tabela 4. Porcentagem de mortalidade (%) de fêmeas ingurgitadas de *Rhipicephalus microplus* expostas a diferentes concentrações do óleo essencial de *Spiranthera odoratissima* (B), diluído em DMSO a 10% (n = 126).

Concentração (µL/ml)	Mortalidade no 7º dia (%)
Controle (n = 24)	0,00
5 µL/mL (n = 12)	0,00
15 µL/mL (n = 15)	0,00
20 µL/mL (n = 27)	22,00
25 µL/mL (n = 20)	10,00
30 µL/mL (n = 13)	61,00
40 µL/mL (n = 15)	86,00

Tabela 5. Peso médio das fêmeas antes da oviposição (PF), peso da massa de ovos (PM), índice de produção de ovos (IPO), taxa de eclosão (TE), taxa de fecundidade (TF), período de pré-oviposição (PPO), período de incubação (PI), porcentagem de redução da oviposição e da eclosão (Rovip % e Recló %), e eficácia ou porcentagem de controle (C%) após exposição de fêmeas ingurgitadas de *R. microplus* a diferentes concentrações do óleo essencial de *Murraya paniculata* (A) diluído em DMSO a 5 %.

Parâmetros	Tratamentos				
	Controle (CA) (DMSO 5 %)	TA1 (4 µL/mL)	TA2 (8 µL/mL)	TA3 (10µL/mL)	TA4 (15µL/mL)
PF (mg)	152,00a ± 0,02	196,00a ± 0,04	152,00a ± 0,03	170,00a ± 0,04	154,00a ± 0,03
PM (mg)	66,00ab ± 0,02	95,00b ± 0,03	53,00a ± 0,02	57,00a ± 0,02	37,00a ± 0,03
IPO (%)	42,32ab ± 10,26	49,53b ± 17,81	34,71ab ± 11,29	36,31ab ± 16,24	23,06a ± 18,90
TE (%)	84,73a ± 27,04	57,50ab ± 39,03	47,27ab ± 31,95	43,95b ± 39,92	29,09b ± 38,13
TF (%)	37,00a ± 14,21	27,86ab ± 22,40	16,62b ± 12,61	18,23b ± 12,61	09,37b ± 14,20
PPO (dias)	3,00ab ± 0,00	2,40a ± 0,69	3,00ab ± 0,00	3,20ab ± 0,60	3,46b ± 0,96
PI (dias)	19,60a ± 1,00	20,50a ± 1,00	20,20a ± 1,3	21,6a ± 3,0	21,6a ± 0,9
Rovip %*		-43,18	19,14	13,99	44,51
Recló %*		32,13	40,20	48,13	65,66
C%*		24,80	55,00	60,01	81,10

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ($p > 0,05$).

*Dados que não foram estatisticamente analisados.

Tabela 6. Peso médio das fêmeas antes da oviposição (PF), peso da massa de ovos (PM), índice de produção de ovos (IPO), taxa de eclosão (TE), taxa de fecundidade (TF), período de pré-oviposição (PPO), período de incubação (PI), porcentagem de redução da oviposição e da eclosão (Rovip % e Recl %), e eficácia ou porcentagem de controle (C%) após exposição de fêmeas ingurgitadas de *R. microplus* a diferentes concentrações do óleo essencial de *Spiranthera odoratissima* (B) diluído em DMSO a 10%.

Parâmetros	Tratamentos				
	Controle (CB) (DMSO 10 %)	TB1 (5 µL/mL)	TB2 (15 µL/mL)	TB3 (20µL/mL)	TB4 (25µL/mL)
PF (mg)	249,91a ± 0,02	249,58a ± 0,02	247,10a ± 0,02	245,45a ± 0,02	239,63a ± 0,02
PM (mg)	98,91a ± 0,02	95,91a ± 0,00	81,33a ± 0,02	79,53a ± 0,02	79,53a ± 0,01
IPO (%)	39,33a ± 08,53	38,66ab ± 04,55	31,73ab ± 07,31	30,95b ± 08,04	31,06b ± 05,47
TE (%)	44,58a ± 26,49	40,00ab ± 29,92	30,20ab ± 25,67	30,06ab ± 20,33	18,61b ± 29,10
TF (%)	17,62a ± 10,67	15,59ab ± 12,71	10,07ab ± 8,72	09,82ab ± 7,19	06,69b ± 10,81
PPO (dias)	6,08a ± 1,78	5,66a ± 0,49	5,80a ± 0,67	5,86a ± 2,35	5,94a ± 0,41
PI (dias)	41,33a ± 1,75	42,00ab ± 0,85	42,93ab ± 1,66	43,13ab ± 2,79	43,63b ± 1,36
Rovip %*		03,03	17,77	19,59	19,59
Recl %*		10,28	32,26	32,56	58,24
C%*		12,88	43,66	45,23	64,98

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ($p > 0,05$).

*Dados que não foram estatisticamente analisados.

Gráfico 1. Percentagens de redução da oviposição e eclosão (Rovip % e Reclo %) e percentagem de controle (C%) nos grupos tratados com diferentes concentrações do óleo essencial de *Murraya paniculata* (A).

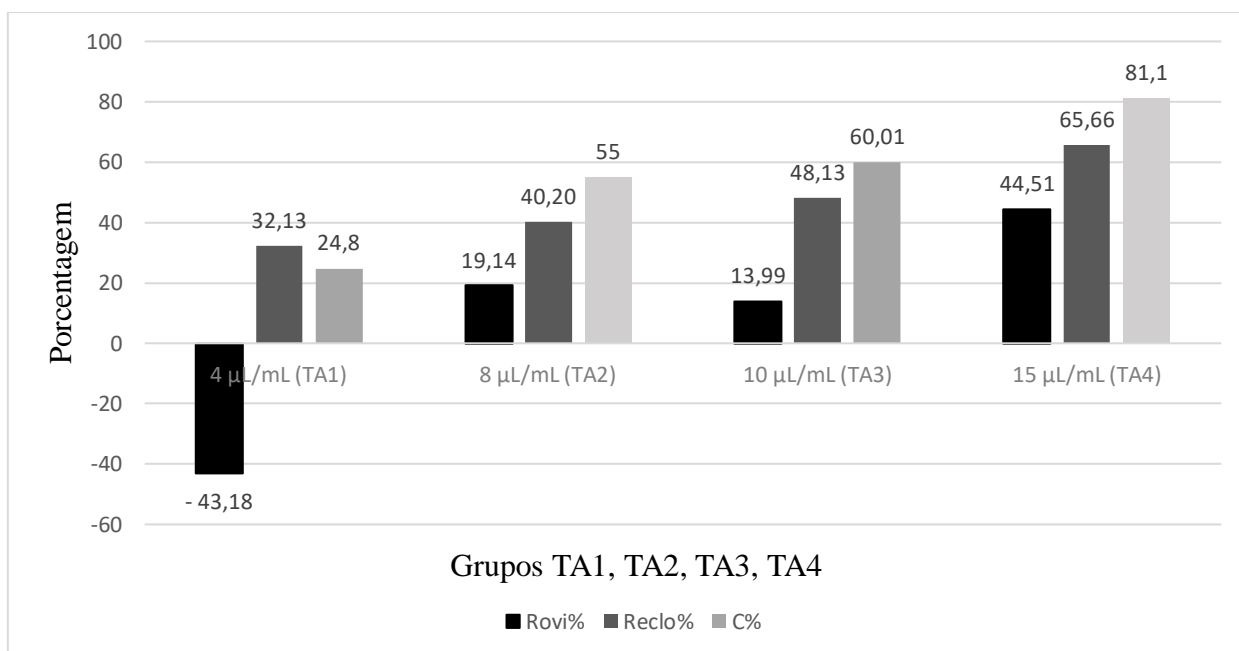
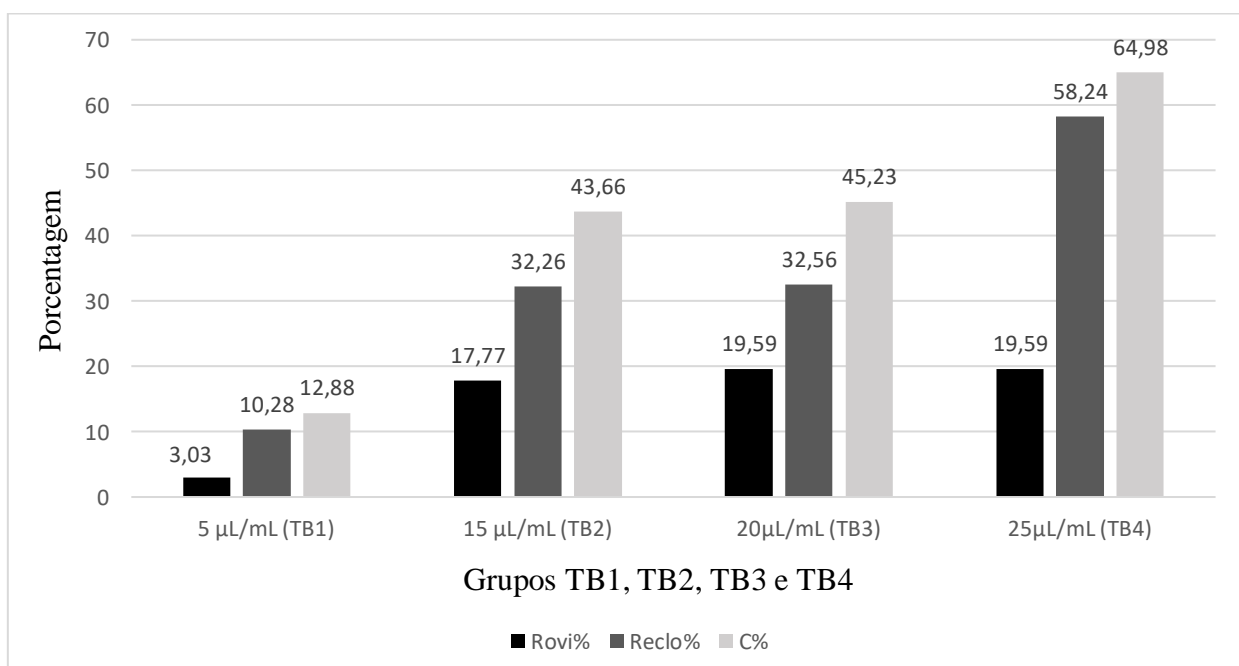


Gráfico 2. Percentagens de redução da oviposição e eclosão (Rovip % e Reclo %) e percentagem de controle (C%) nos grupos tratados com diferentes concentrações do óleo essencial de *Spiranthera odoratissima* (B).



6. Referências

- 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, 2014.
- ABBOTT, W. S. The Value of the Dry Substitutes for Liquid Lime. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265–267, 1925.
- ADAMS, R, P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/Mass spectrometry**. 4^o ed. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, Illinois, 2007, p. 809.
- ARAÚJO, M. J. C. *et al.* Acaricidal activity and repellency of essential oil from *Piper aduncum* and its components against *Tetranychus urticae*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, n. 2, p. 139–155, 2012.
- ARYA, N. *et al.* Chemical Composition of Leaf Essential Oil of Wild and Domestic Genotypes of *Murraya paniculata* L. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 20, n. 2, p. 468–473, 2017.
- BAKKALI, F. *et al.* Biological effects of essential oils - A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.
- BENNETT, G. F. Oviposition of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarida : Ixodidae). I. Influence of tick size on egg production. **Acarologia**, v. 16, n. 1, p. 52–61, 1974.
- CABRAL, F. D. *et al.* Chemical Constituents of Essential Oils Extracted from the Leaves and Flowers of *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil. (Rutaceae). **Records of Natural Products**, v. 13, n. 2, p. 172–175, 2019.
- CABRAL, F. D. *et al.* Bioactivities of essential oils from different parts of *Spiranthera odoratissima* (Rutaceae). **Rodriguésia**, v. 71, p. 2–8, 2020.
- CASTRO, J. J. Sustainable tick and tickborne disease control in livestock improvement in developing countries. **Veterinary Parasitology**, v. 71, n. 2–3, p. 77–97, 1997.
- CHAGAS, A. C. *et al.* Efficacy of 11 Brazilian essential oils on lethality of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 7, n. 3, p. 427–432, 2016.
- CHAIBUB, B. A. *et al.* Composição química do óleo essencial e avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial, extrato etanólico bruto e frações das folhas de *Spiranthera odoratissima* A. St.-Hil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 2, p. 225–229, 2013.
- CORTEZ, L. E. R. *et al.* Constituintes químicos de *Almeidea coerulea* (Nees & Mart.) A. St.-Hil. Rutaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 2, p. 164–169, 2006.
- COSTA, J. F. O. *et al.* Immunomodulatory and antibacterial activities of extracts from Rutaceae species. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 4, p. 502–505, 2010.

CRUZ, B. C. *et al.* Effects of different spray formulations on the reproductive parameters of engorged *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* females detached from experimentally infested cattle. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 122, n. 1–2, p. 70–75, 2015.

DEKA, B. *et al.* Plant Extracts as Potential Acaricides for the Management of Red Spider Mite, *Oligonychus coffeae* Nietner (Acarina: Tetranychidae), in the Tea Ecosystem: An Eco-Friendly Strategy. **Frontiers in Agronomy**, v. 4, p. 1–13, 2022.

DRUMMOND, R. O. *et al.* *Boophilus annulatus* and *B. microplus*: laboratory tests of insecticides. **Journal of economic entomology**, v. 69, n. 1, p. 37–40, 1973.

DZEMO, W. D.; THEKISOE, O.; VUDRIKO, P. Development of acaricide resistance in tick populations of cattle: A systematic review and meta-analysis. **Heliyon**, v. 8, n. 1, p. e08718, 2022.

GARAY, J.; BRENNAN, T.; BON, D. Review: Essential Oils A Viable Pest Control Alternative. **International Journal of Ecotoxicology and Ecobiology**, v. 5, n. 2, p. 13, 2020.

GONÇALVES, R. R. P. *et al.* Acetylation of carvacrol raises its efficacy against engorged cattle ticks *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). **Natural Product Research**, v. 35, n. 23, p. 5475–5479, 2021.

GONZAGA, B. C. F. *et al.* Combination of synthetic acaricides with (E)-cinnamaldehyde to control *Rhipicephalus microplus*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 88, n. 2, p. 191–207, 2022.

GUZMÁN, L. *et al.* Acaricidal Efficacy of Plants from Ecuador, *Ambrosia peruviana* (Asteraceae) and *Lepechinia mutica* (Lamiaceae) against Larvae and Engorged Adult Females of the Common Cattle Tick, *Rhipicephalus microplus*. **Veterinary Sciences**, v. 9, n. 1, p. 23, 2022.

JONGEJAN, F.; UILENBERG, G. The global importance of ticks. **Parasitology**, v. 129, p. 3–14, 2004.

KOLACZINSKI, J. H.; CURTIS, C. F. Chronic illness as a result of low-level exposure to synthetic pyrethroid insecticides: A review of the debate. **Food and Chemical Toxicology**, v. 42, n. 5, p. 697–706, 2004.

KONIG, I. F. M. *et al.* Sublethal concentrations of acetylcarvacrol strongly impact oocyte development of engorged female cattle ticks *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1888) (Acari: Ixodidae). **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 10, n. 4, p. 766–774, 2019.

LAGE, T. C. DE A. *et al.* Activity of essential oil of *Lippia triplinervis* Gardner (Verbenaceae) on *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). **Parasitology Research**, v. 112, n. 2, p. 863–869, 2013.

LUNGUINHO, A. da S. *et al.* Acaricidal and repellent activity of the essential oils of *Backhousia citriodora*, *Callistemon viminalis* and *Cinnamodendron dinisii* against *Rhipicephalus* spp. **Veterinary Parasitology**, v. 300, p. 109594, 2021.

LV, H. N. *et al.* Comparative analysis of the essential oil composition of *Murraya paniculata* and *M. exotica*. **Natural Product Communications**, v. 8, n. 10, p. 1473–1475, 2013.

MAES, C. *et al.* Essential Oil-Based Bioherbicides: Human Health Risks Analysis. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 17, p. 9396, 2021.

MATOS, R. S. *et al.* Determination of the susceptibility of unengorged larvae and engorged females of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) to different methods of dissolving thymol. **Parasitology Research**, v. 113, n. 2, p. 669–673, 2014.

MORAES, M. M. DE; CAMARA, C. A. G. DA; SILVA, M. M. C. DA. Comparative toxicity of essential oil and blends of selected terpenes of *Ocotea* species from Pernambuco, Brazil, against *Tetranychus urticae* Koch. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 3, p. 1417–1429, 2017.

NETA, M. C. S. *et al.* Effects of β -caryophyllene and *Murraya paniculata* essential oil in the murine hepatoma cells and in the bacteria and fungi 24-h time-kill curve studies. **Pharmaceutical Biology**, v. 55, n. 1, p. 190–197, 2017.

NWANADE, C. F.; YU, Z.; LIU, J. Botanical acaricides induced morphophysiological changes of reproductive and salivary glands in tick: A mini-review. **Research in Veterinary Science**, v. 132, p. 285–291, 2020.

OLAWORE, N. O. *et al.* Chemical composition of the leaf and fruit essential oils of *Murraya paniculata* (L.) Jack. (Syn. *Murraya exotica* Linn.). **Flavour and Fragrance Journal**, v. 20, n. 1, p. 54–56, 2005.

PARVEEN, S. *et al.* In Vitro Evaluation of Ethanolic Extracts of *Ageratum conyzoides* and *Artemisia absinthium* against Cattle Tick, *Rhipicephalus microplus*. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p. 1–6, 2014.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential Oils as Ecofriendly Biopesticides? Challenges and Constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000–1007, 2016.

PENHA, T. *et al.* Effects of acaricidal essential oils from *Lippia sidoides* and *Lippia gracilis* and their main components on vitellogenesis in *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1888) (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology**, v. 299, p. 109584, 2021.

PEREIRA JUNIOR, A. M. *et al.* Efficacy of carvacrol on *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* engorged female ticks (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae): effects on mortality and reproduction. **Natural Product Research**, v. 0, n. 0, p. 1–4, 2019.

QUADROS, D. G. *et al.* Plant-Derived Natural Compounds for Tick Pest Control in Livestock and Wildlife: Pragmatism or Utopia? **Insects**, v. 11, n. 8, p. 490, 2020.

QUEIROZ, V. T. *et al.* 1,8-cineole and castor oil in sodium lauryl ether sulphate disrupt reproduction and ovarian tissue of *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 34, n. 3, p. 316–326, 2020.

REHMAN, R. *et al.* Diversity in Phytochemical Composition and Medicinal Value of *Murraya paniculata*. **Chemistry and Biodiversity**, v. 20, n. 2, p. 1–12, 2023.

REIS, A. C. *et al.* Cytotoxic effects of *Satureja montana* L. essential oil on oocytes of engorged *Rhipicephalus microplus* female ticks (Acari: Ixodidae). **Microscopy Research and Technique**, v. 84, n. 7, p. 1375–1388, 2021.

RODRÍGUEZ-VIVAS, R. I. *et al.* Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. **Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias**, v. 8, n. 1, p. 61–74, 2017.

ROMA, G. C. *et al.* Determination of LC50 of permethrin acaricide in semi-engorged females of the tick *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae). **Experimental Parasitology**, v. 123, n. 3, p. 269–272, 2009.

SAIKIA, S. *et al.* Chemical composition, antimicrobial activity and cytotoxicity of *Murraya paniculata* (L.) Jack leaf essential oil from Assam, India: the effect of oil on cellular morphology of micro-organisms. **Archives of Microbiology**, v. 204, n. 1, p. 99, 2022.

SAPORITI, T. *et al.* Phenotypic and Target-Directed Screening Yields New Acaricidal Alternatives for the Control of Ticks. **Molecules**, v. 27, n. 24, p. 8863, 2022.

SHARMA, A. K. *et al.* Comparative acaricidal properties of different solvents and surfactants on *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). **Indian Journal of Animal Sciences**, v. 82, n. 2, p. 154–158, 2012.

SILVA, F. F. A. DA *et al.* In vitro antileishmanial and antioxidant activities of essential oils from different parts of *Murraya paniculata* (L.) Jack: a species of Rutaceae that occur in the Cerrado biome in Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 14, p. 347–353, 2020.

SILVA, V. P. *et al.*, Chemical composition and in vitro leishmanicidal, antibacterial and cytotoxic activities of essential oils of the Myrtaceae family occurring in the Cerrado biome. **Industrial Crops and Products**, v. 123, p. 638–645, 2018.

SINGH, N. K. *et al.* In vitro acaricidal activity of *Murraya koenigii* (L.) Spreng (Rutaceae) extracts against synthetic pyrethroid-resistant *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Parasitology Research**, v. 114, n. 4, p. 1531–1539, 2015.

SOUZA, A. DE O. *et al.* Hexane extract from *Spiranthera odoratissima* A. St.-hil. leaves: chemical composition and its bioactive potential against *Candida* pathogenic species, *Leishmania amazonensis* and *Xylella fastidiosa*. **Natural Product Research**, v. 36, n. 11, p. 2907–2912, 2022.

SOUZA, E. O. *et al.* Chemical composition and acaricidal activity of *Lantana camara* L. and *Lantana montevidensis* Briq. essential oils on the tick *Rhipicephalus microplus*. **Journal of Essential Oil Research**, v. 32, n. 4, p. 316–322, 2020.

SOUZA HIGA, L. DE O. Acaricide Resistance Status of the *Rhipicephalus microplus* in Brazil: A Literature Overview. **Medicinal Chemistry**, v. 5, n. 7, p. 326–333, 2015.

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, p. 1–18, 2017.

VINTURELLE, R. *et al.* In Vitro Evaluation of Essential Oils Derived from *Piper nigrum* (Piperaceae) and *Citrus limonum* (Rutaceae) against the Tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). **Biochemistry Research International**, v. 2017, p. 1–9, 2017.

VINTURELLE, R. *et al.* Evaluation of essential oils as an ecological alternative in the search for control *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports**, v. 23, p. 100523, 2021.

YANG, P.; JIA, M.; ZHU, L. Acaricidal activity of the essential oil from *Senecio cannabifolius* and its constituents eucalyptol and camphor on engorged females and larvae of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 83, n. 3, p. 411–426, 2021.

ZHU, L.; TIAN, Y. Chemical composition and larvicidal activity of essential oil of *Artemisia gilvescens* against *Anopheles anthropophagus*. **Parasitology Research**, v. 112, n. 3, p. 1137–1142, 2013.