UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Gabriel Resende Souza

EFEITO DO TAMANHO DA GOTA E DA PRESSÃO SOBRE A EFICÁCIA CARRAPATICIDA E CUSTO OPERACIONAL EM BOVINOS INFESTADOS POR *RHIPICEPHALUS MICROPLUS*

Belo Horizonte
2024

Gabriel Resende Souza

EFEITO DO TAMANHO DA GOTA E DA PRESSÃO SOBRE A EFICÁCIA CARRAPATICIDA E CUSTO OPERACIONAL EM BOVINOS INFESTADOS POR *RHIPICEPHALUS MICROPLUS*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Medicina Veterinária Preventiva

Orientadora: Lorena Lopes Ferreira (DMVP/EV-UFMG)

Coorientadores: Rodrigo Melo Meneses (DCCV/EV-UFMG)
Daniel Sobreira Rodrigues (EPAMIG)

Belo Horizonte
2024

Souza, Gabriel Resende, 1997-
S729e Efeito do tamanho da gota e da pressão sobre a eficácia carrapaticida e custo operacional em bovinos infestados por *Rhipicephalus microplus* / Gabriel Resende Souza. – 2024.
60f: il.

Orientadora: Lorena Lopes Ferreira
Coorientadores: Rodrigo Melo Meneses
Daniel Sobreira Rodrigues
Dissertação (Mestrado) apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.
Área de concentração: Medicina Veterinária Preventiva
Bibliografia: f. 52 – 60.

1. Bovino - Parasito - Teses - 2. Rhipicephalus - Teses – 3. Carrapato - Controle - Teses - I. Ferreira, Lorena Lopes – II. Meneses, Rodrigo Melo – III. Rodrigues, Daniel Sobreira – IV. Universidade Federalde Minas Gerais, Escola de Veterinária - V. Título.

CDD – 636.089 69

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes CRB 2569
Biblioteca da Escola de Veterinária, UFMG.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

GABRIEL RESENDE SOUZA

Dissertação submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL, como requisito para obtenção do grau de MESTRE em CIÊNCIA ANIMAL, área de concentração Medicina Veterinária Preventiva.

Aprovado(a) em 31 de janeiro de 2024, pela banca constituída pelos membros:

Dr.(a). Lorena Lopes Ferreira - Orientador(a)

Dr.(a). Camila de Valgas e Bastos Castro

Dr.(a). Welber Daniel Zanetti Lopes

Documento assinado eletronicamente por **Lorena Lopes Ferreira**, **Professora do Magistério Superior**, em 01/02/2024, às 14:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Camila de Valgas e Bastos Castro**, **Professora do Magistério Superior**, em 01/02/2024, às 15:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Welber Daniel Zanetti Lopes**, **Usuário Externo**, em 05/02/2024, às 18:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2986973** e o código CRC **7E553354**.

Referência: Processo nº 23072.204273/2024-69 SEI nº 2986973

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Profa. Dra. Lorena Lopes Ferreira, por disponibilizar tempo, confiança, apoio, experiência, companhia, oportunidade e, acima de tudo, me incentivar a ser melhor pessoal e profissionalmente. Guardo sempre com cuidado todos os conselhos que são ditos.

Ao meus coorientadores, Dr. Daniel Rodrigues e Prof. Dr. Rodrigo Meneses, por colaborarem de formas difíceis de explicar. Por serem necessários e importantes nos momentos certos. Ao mostrar o caminho a ser seguido.

Aos meus companheiros de fazenda: Profa. Dra. Sandra Coelho, Prof. Dr. Álan Borges, Prof. Dr. Gabriel Monteiro, Lays e Pedro. Além de permitirem a conclusão desse trabalho, tornaram meus dias mais felizes e animados. Agradeço cada um por todas as palavras e aprendizados.

Ao Sr. Adão, Kelly, Adailton, Renata e demais funcionários da Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa, pelo agradável convívio e toda assistência prestada durante a realização desse trabalho.

A todos do LABECTO e LAMICO, pela grande parceria e gentileza ao longo dos meus dias no laboratório. À Beatriz, por todos os bate-papo e dias animados compartilhados dentro do laboratório e no campo.

Ao meus amigos Cícero e Luciana, pela amizade verdadeira e por me encorajarem a ser o melhor que posso ser.

À CAPES, por me conceder a bolsa e permitir a realização desse trabalho.

Por fim, principalmente à minha família. Vocês são a razão de tudo. À minha mãe, Adriana, por me permitir ser quem eu sou hoje. Sua dedicação me levou até aqui. Ao meu pai Marcio, por apoiar minhas decisões e ser meu maior exemplo de pessoa. Seus ensinamentos são minha maior conquista. Aos meus irmãos Rainier e

Guilherme, por serem os melhores. Continuo sempre seguindo graças ao entusiasmo de vocês. Aos meus avós, por confiarem em mim e compartilhar do meu sonho. Obrigado por todo tipo de ajuda. À toda minha família que me apoiou. À minha esposa, Gabriela, por estar comigo em tudo. Pela honra e dignidade de estar ao seu lado. Por me levar sempre ao sucesso. À minha filha, Clarice, por me fazer buscar o sucesso.

RESUMO

Rhipicephalus microplus é responsável por causar problemas na saúde animal e impactos econômicos diversos. O controle se dá através de tratamentos carrapaticidas com produtos químicos. O objetivo desse estudo foi determinar a eficácia e Custo Operacional Efetivo (COE) de diferentes tratamentos carrapaticidas, variando tamanho de gota e pressão. Foram realizados três experimentos em vacas em lactação utilizando um pulverizador estacionário motorizado. Em cada experimento foram utilizados três grupos de dez animais cada (dois tratados e um controle). No primeiro experimento, comparou-se tratamentos com tamanhos de gotas iguais (gota média) em uma pressão diferente (50 e 100 psi) e um padrão de pulverização em cone cheio. No segundo experimento, comparou-se gotas de tamanhos diferentes (gotas fina e média) em uma mesma pressão (100 psi) e um padrão de pulverização em cone cheio. No terceiro experimento, comparou-se gotas de tamanhos diferentes (gotas fina e ultra grossa) em uma mesma pressão de trabalho (100 psi) e padrão de pulverização diferentes (cone cheio e leque). Todos os animais foram submetidos aos respectivos tratamentos carrapaticidas no dia D0 com um produto a base de organofosforado e piretroide (clorpirifós 50% e cipermetrina high –cis 6%). Nos dias +7, +14 e +21 foram realizadas contagens de carrapatos (fêmeas ≥ 4,5 mm) para determinar a eficácia do tratamento. Durante o tratamento, foram coletados dados de tempo de banho e consumo produto para determinar o COE. No experimento 1, a eficácia dos tratamentos para o Grupo 1 e Grupo 2 variou de 70,6 a 88,9% e 75,2 a 93,7%, respectivamente. Nas contagens de carrapatos, os grupos tratados apresentaram médias de carrapatos iguais ($p < 0,05$) entre os dias +7 e +21. Nas contagens do dia 0 (antes do tratamento), assim como observado em todos os outros experimentos, não houve diferença entre os grupos tratados e não tratado. No experimento 2, a eficácia variou para o Grupo 1 de 48,7 a 86,2% e para o Grupo 2 variou de 68 a 94,7%. Nas contagens de carrapatos, os grupos tratados apresentaram médias de carrapatos iguais ($p < 0,05$) entre os dias +7 e +21. No experimento 3, a eficácia variou para o Grupo 1 de 62,9 e 76,9% enquanto no Grupo 2 variou de 73,4 a 86,5%. No Grupo 1, as contagens do dia +7 e +21 foram iguais para o Grupo 2 e o

controle ($p < 0,05$). No Grupo 2, as contagens dos dias +7, +14 e +21 apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) quando comparado ao grupo controle. O COE do banho carrapaticida variou entre R$ 2,39 e R$ 3,10 (0,46 e 0,60 USD) por animal. Os resultados indicam que gotas (média e ultragrossa) e pressão maiores (100 psi), quando comparadas com menores (gota fina e 50 psi) apresentam um tratamento de maior eficácia. Além disso, a vazão do bico, influenciada pelo tamanho de gota e pressão, determina o valor principal do COE.

Palavras-chave: *Rhipicephalus microplus*, carrapato do boi, controle estratégico, pulverização.

ABSTRACT

Rhipicephalus microplus is responsible for causing health problems in animals and economic impacts. Control is achieved through acaricide treatments with chemical products. This study aimed to determine the efficacy and the Effective Operational Cost of acaricide treatments, varying droplet size and pressure. Three experiments were conducted on dairy cows using a stationary power sprayer. In each experiment, three groups of ten animals each were submitted to different treatments. In the first experiment, treatments with equal droplet sizes (medium droplet) were compared at different working pressures (50 and 100 psi) and a full cone spray pattern. In the second experiment, different droplet sizes (fine and medium droplets) were compared at the same pressure (100 psi) and a full cone spray pattern. In the third experiment, different droplet sizes (fine and ultra-coarse droplets) were compared at the same working pressure (100 psi) and different spray patterns (full cone and fan/flat). All animals were treated on day D0 with an organophosphate and pyrethroid-based product (50% chlorpyrifos and cypermethrin high-cis 6%). Tick counts were performed on days +7, +14 and +21 to determine efficacy. During the treatment, data on bath time and product consumption were collected to determine the Operational Effective Cost. In experiment 1, treatment efficacy varied for Group 1 from 70.6 to 88.9%, and for Group 2 from 75.2 to 93.7%. Tick counts showed no significant differences between treated groups on days +7 to +21 ($p < 0.05$). No difference was observed between treated and untreated groups on day 0 (before treatment), as observed in the other experiments. In experiment 2, efficacy varied for Group 1 from 48.7 to 86.2% and for Group 2 from 68 to 94.7%. Tick counts showed no significant differences between treated groups on days +7 to +21 ($p < 0.05$). No difference was observed between treated and untreated groups on day 0. In experiment 3, efficacy varied for Group 1 from 62.9 to 76.9%, while for Group 2, it varied from 73.4 to 86.5%. Tick counts showed no statistical differences between days 0 and +21 in all groups. In Group 1, counts on days +7 and +21 were statistically like Group 2 and the Control Group ($p < 0.05$). In Group 2, counts on days +7, +14, and +21 differed significantly from the Control Group ($p < 0.05$). Effective Operational Cost ranged from R$ 2.39 to R$ 3.10 (0.46 to 0.60 USD) per bath. The results indicate that larger droplets (medium and ultra-coarse) and higher

pressure (100 psi), when compared to smaller ones (fine droplets and 50 psi), exhibit a more effective treatment. Additionally, the flow rate, influenced by droplet size and pressure, determines the primary value of the Effective Operational Cost (COE).

Keywords: *Rhipicephalus microplus,* cattle tick, strategic control, pulverization.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....12
2.1. *Rhipicephalus microplus*.....12
2.1.1. Importância do carrapato.....12
2.1.2. Ciclo biológico.....14
2.1.3. Dinâmica populacional.....18
2.2. Aspectos sobre os carrapaticidas e o controle de *R. microplus* com ênfase nos produtos de pulverização.....19
2.2.1. Carrapaticidas: bases químicas e formas de administração.....19
2.2.2. Sucesso no controle de carrapatos em bovinos de leite por pulverização 22
2.3. Equipamentos e técnicas de aplicação de produtos de pulverização em bovinos.....24
2.3.1. Pulverizador costal manual.....25
2.3.2. Pulverizador estacionário motorizado.....26
2.3.3. Lavadora de alta pressão.....26
2.3.4. Câmara atomizadora.....27
2.4. Fatores físicos da pulverização e a eficácia do tratamento carrapaticida.....27
2.5. Justificativa.....30
2.6. Objetivo geral.....30
2.7. Objetivos específicos.....31
3. MATERIAL E MÉTODOS.....31
3.1. Descrição da propriedade e do rebanho.....31
3.2. Escolha do carrapaticida.....33
3.3. Delineamento experimental.....34
3.4. Pulverizador estacionário motorizado.....36
3.5. Cronograma de execução, seleção de animais e grupos experimentais.....38
3.6. Banho carrapaticida e eficácia.....38
3.7. Custo Operacional Efetivo (COE) do banho carrapaticida.....39
3.8. Análise estatística.....40

3.9. Aspectos éticos.....41
4. RESULTADOS.....41
4.1. Experimento 1: tamanho de gotas iguais (média) e pressões diferentes (50 e 100 psi).....41
4.2. Experimento 2: tamanho de gotas diferentes (fina e média) e mesma pressão (100 psi).....42
4.3. Experimento 3: tamanho de gotas diferentes (fina e ultra grossa), mesma pressão (100 psi) e padrão de jato diferente (cone cheio e leque).....43
4.4. Tempo de banho e Custo Operacional Efetivo (COE).....45
5. DISCUSSÃO.....46
6. CONCLUSÃO.....51
REFERÊNCIAS.....52

1. INTRODUÇÃO

O carrapato *Rhipicephalus microplus*, também conhecido como “carrapato-do-boi”, é um parasito que infesta bovinos e causa perdas econômicas associadas à produção de carne e leite, além do risco direto na saúde animal (Guglielmone, 1995; Jonsson, 1998; Jonsson, 2006; Grisi *et al*., 2014). Para diminuir os impactos causados pelo carrapato, esforços vêm sendo realizados há anos para controlar as infestações. Dentre esses esforços e medidas de controle, se destaca o uso de carrapaticidas químicos em diferentes formas de administração como injetáveis, pulverização e pour-on (Wharton *et al*., 1970; Wharton e Norris, 1980; George *et al*., 2004; Davey *et al*., 1997; Cruz *et al*., 2015). Devido o uso indiscriminado desses carrapaticidas, cepas e populações de carrapatos resistentes foram difundidas por todo o mundo (Pereira *et al*., 2008; Reck *et al*., 2014; Cruz *et al*., 2015; Klafke *et al*., 2017; Rodriguez-Vivas *et al*., 2018).

O uso de carrapaticidas químicos ainda é o principal método de controle de *R. microplus* (Pereira *et al*., 2008; Cruz *et al*., 2015; Andreotti, 2019). Sendo assim, técnicas para o controle, como novas estratégias de tratamento, são a solução para desacelerar resistência dos carrapatos aos carrapaticidas (George *et al*., 2004; Furlong *et al*., 2007; Andreotti *et al*., 2019). Vacas destinadas à produção de leite de origem taurina são, geralmente, mais susceptíveis à infestação por carrapatos (Piper *et al*., 2009; Piper *et al*., 2010; Sonenshine, 2014). Para essa categoria animal, o tratamento mais indicado é o banho carrapaticida por pulverização utilizando produtos químicos comerciais diluídos em água (Pereira *et al*., 2008; Rocha *et al*., 2011). São utilizados como equipamentos de pulverização o pulverizador costal manual, pulverizador estacionário motorizado, lavadora de alta pressão e câmara atomizadora (Wharton *et al*., 1970; Davey *et al*., 1997; George *et al*., 2004; Moraes *et al*., 2023). Porém, a maioria desses equipamentos são adaptados da agricultura (Furlong *et al*., 2007; Rodrigues, 2012).

Na agricultura, todos os parâmetros que levam ao sucesso da pulverização no controle de pragas são muito bem estudados, desde forma de aplicação a ângulo de deposição do jato, vazão do líquido, tamanho de gota, pressão preferencial de trabalho e padrão de jato (Azimi *et al*., 1985; Chain, 1999; Cunha *et al*., 2004; Ramos, 2010). Na medicina veterinária, no contexto de controle de carrapatos em bovinos, existem estudos que comparam a eficácia do tratamento carrapaticida entre equipamentos de pulverização

(câmara atomizadora e pulverizador motorizado) e imersão (banheiro de imersão) (Davey *et al*., 1997; Wharton *et al*., 1970) e a eficácia entre equipamentos de pulverização (Rodrigues, 2012; Moraes *et al*., 2023). Apesar disso, ainda são necessários estudos para determinação de parâmetros, como por exemplo, a combinação de bico, jato, pressão, vazão e tamanho da gota, que favorecerão um banho carrapaticida eficaz. Com esse estudo, propôs-se realizar experimentos em vacas em lactação com diferentes combinações de tamanho de gota e pressão de trabalho para verificar se há variação na eficácia do tratamento e qual o custo operacional efetivo do tratamento nas condições apresentadas para o controle de *R. microplus.*

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Rhipicephalus microplus*

2.1.1. Importância do carrapato

Com um rebanho aproximado de 224,6 milhões de animais, dentre animais destinados à produção de leite e carne, o Brasil é reconhecido como o país com o maior número de bovinos do mundo, sendo também o quinto maior produtor de leite e o segundo maior produtor de carne bovina mundial (FAO, 2021). Com relação à pecuária de leite, em 2022, após um aumento de 1,5% em relação ao ano de 2021, o número de vacas leiteiras chegou a 16,9 milhões de cabeças, indicando um aumento para o ano de 2023 em cerca de 1%. (Embrapa, 2023). No país, são produzidos aproximadamente 35,3 bilhões de litros de leite ao ano, sendo a produção avaliada em 68,1 bilhões de reais, valor que tende a crescer à medida que cresce o número de animais (IBGE, 2021). Na pecuária de corte, anualmente são produzidos cerca de 9,7 milhões de toneladas de carne, produção que está atrás apenas dos Estados Unidos, com 12,7 milhões de toneladas de carne (FAO, 2021).

No Brasil, existem quatro tipos de sistemas de criação de bovinos de leite, sendo o sistema extensivo, onde os animais são criados exclusivamente a pasto; semi-extensivo, criados a pasto com suplementação em épocas de menor produção forrageira; intensivo a pasto, quando os animais são criados a pasto em forrageira de alta qualidade e suplementados ao cocho, também conhecido como semi-intensivo; e intensivo

confinados, onde os animais permanecem confinados durante toda a lactação. Na maior parte das propriedades, é praticado sistemas em que o animal permanece a pasto (Assis *et al*., 2005). Na bovinocultura de corte, são praticados os sistemas intensivo, semi-intensivo e extensivo, relacionados principalmente à taxa de lotação. De forma majoritária, a pecuária de corte é praticada de forma extensiva (Braga *et al*., 2015). Fato é, que é possível traduzir tal informação para os impactos causados por *R. microplus,* uma vez que o carrapato necessita de cobertura vegetal para a sobrevivência no período não-parasitário, e sistemas de produção que trabalham principalmente a pasto apresentam maiores infestações por carrapatos. Sendo assim, observa-se perdas financeiras grandes ao se comparar criações infestadas com não infestadas no modelo de produção brasileiro (Calvano *et al*., 2021).

O carrapato *Rhipicephalus microplus* é responsável por perdas aproximadas em 3,2 bilhões de dólares ao ano (Grisi *et al*., 2014). No caso dos impactos econômicos, as principais causas das perdas financeiras estão relacionadas principalmente ao ganho de peso e diminuição da produção de leite, sendo associados ao estresse e espoliação sanguínea causados pelo carrapato (Veríssimo, 1993; Jonsson, 1998; Jonsson, 2006). Em vacas leiteiras, por exemplo, uma fêmea ingurgitada de *R. microplus* associa-se a perdas de 8,9 mL de leite na produção (Jonsson, 1998). É importante ressaltar que quanto maior a produção, maior o dano, já que é comprovado que vacas de melhores produções são mais vulneráveis e apresentam cargas parasitárias mais elevadas (Silva, 2013; Melo Junior *et al*., 2023). Há também a possibilidade de transmissão de agentes causadores da Tristeza Parasitária Bovina, já que o carrapato atua como vetor de *Babesia bigemina*, *B. bovis* e *Anaplasma marginale*. Animais acometidos pela doença apresentam quadros clínicos de diferentes graus, podendo levar a uma diminuição na produção e, em casos mais graves, a morte (Guglielmone, 1995; Uilenberg, 2006; Jonsson, 2008; Kocan, 2010).

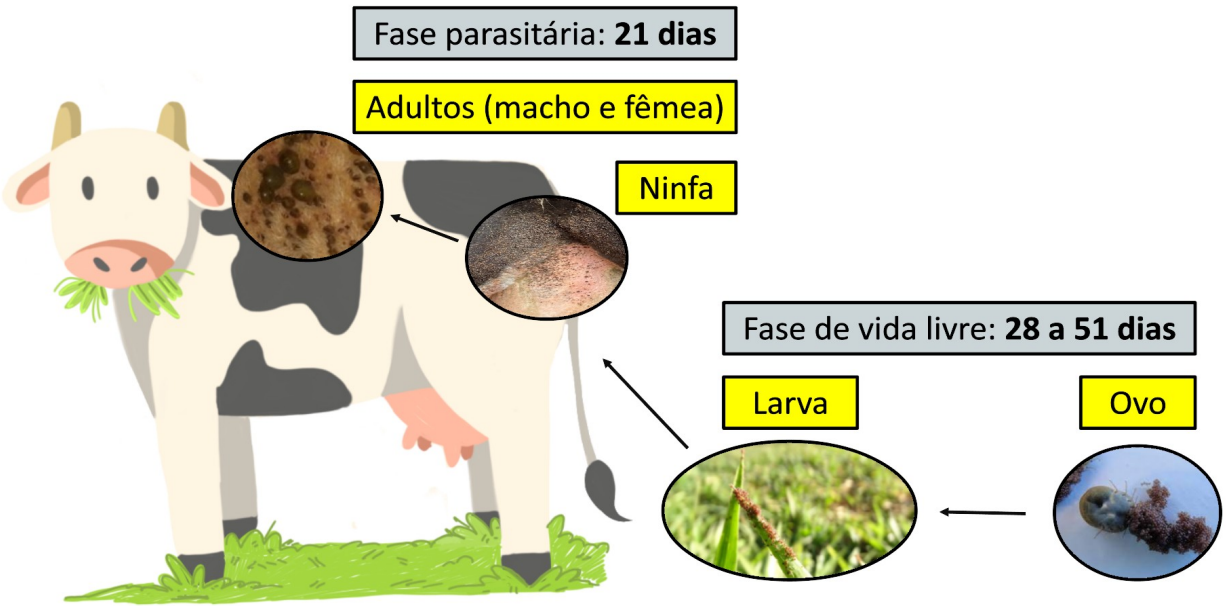
Além disso, existem custos de tratamento da doença que devem ser levados em consideração, visto que, devido ao alto índice de mortalidade, se torna necessário o acompanhamento e medicação de animais doentes, bem como o monitoramento correto para diminuição de gastos desnecessários (Souza *et al*., 2021). Existe, ainda, a influência direta que o produtor possui no controle e, consequentemente, nos impactos causados pelo carrapato. Produtores e colaboradores bem informados e instruídos tendem a

realizar um controle adequado, diminuindo as perdas financeiras associadas à atividade pecuária. Por outro lado, o baixo conhecimento reflete em um desafio maior, aumentando o risco de maiores prejuízos econômicos dentro da propriedade (Amaral *et al*., 2011; Rocha *et al*., 2011).

2.1.2. Ciclo biológico

Rhipicephalus microplus (Canestrini, 1888), também conhecido como “carrapato-do-boi”, é uma espécie de carrapato pertencente a família Ixodidae (Dantas-Torres *et al*., 2019). São parasitos que, obrigatoriamente, se alimentam de sangue. Para os carrapatos, a ingestão de sangue define o crescimento, desenvolvimento, atividade reprodutiva e sobrevivência. (Anderson e Magnarelli, 2008). Definido como monoxeno, *R. microplus* necessita apenas de um hospedeiro para completar seu ciclo de vida, que pode ser dividido em fase parasitária, ocorrendo no animal após a fixação das larvas até as fases de adultos (machos e fêmeas ingurgitadas), e fase não parasitária, que se inicia no chão após o desprendimento da fêmea ingurgitada do hospedeiro (Figura 1). Seus estágios são divididos em ovos, larvas, ninfas e adultos machos e fêmeas (Pereira *et al*., 2008).

Figura 1: Ciclo biológico do carrapato *Rhipicephalus microplus* dividido em fase parasitária e fase de vida livre.



O início do ciclo biológico é estabelecido após a grande ingestão de sangue realizada pela fêmea, que se torna ingurgitada e capaz de realizar toda a postura de ovos, ocorrendo a queda ao solo, dando início à fase não-parasitária (Sonenshine, 2014). O desprendimento das fêmeas se dá pelo início da manhã, momento que as temperaturas estão mais favoráveis para o carrapato, que procuram um local ao solo para iniciar a postura (Wharton e Utech, 1970; Paula e Furlong, 2002). Após o desprendimento, requer-se um determinado tempo para o início da postura, correspondente à necessidade metabólica reprodutiva. Esse momento é denominado período de pré-postura e dura de 3 a 5 dias em condições favoráveis de 27 ± 1 ºC e 80 – 85% de umidade, podendo se estender em temperaturas mais frias, e cada fêmea pode realizar a postura de 2 a 3 mil ovos (Hitchcock, 1955b; Pereira *et al*., 2008; Andreotti *et al*., 2019). Durante temporadas de chuva, esse período pode ser de até 2 dias, evidenciando a influência dos fatores climáticos sob os parâmetros biológicos do carrapato (Cruz *et al*, 2020). Do início ao fim da postura, o período de oviposição dura, em média, 15 a 17 dias (Hitchcock, 1955b; Brovini *et al*., 2003). Após o período de incubação, representado pelo período entre o início da oviposição às primeiras eclosões, que dura por volta de 30 dias no verão e 70 dias no inverno, eclodem as primeiras larvas dos ovos (Brovini *et al*., 2003).

Assim como os outros parâmetros reprodutivos, a temperatura e umidade também podem afetar a duração desse período, aumentando ou diminuindo o tempo de incubação dos ovos (Brovini *et al*., 2003). O déficit de saturação de vapor na atmosfera, que considera a umidade relativa no ar e temperatura no ambiente, pode também impactar diretamente na eclosão e número de larvas na pastagem. Épocas que apresentam dias mais quentes e baixa umidade relativa no ar tendem a ter um déficit de saturação de vapor na atmosfera maior, impactando negativamente o número de larvas na pastagem. Em outras palavras, em determinadas épocas do ano, quando o ar é seco e a temperatura é alta, é possível observar impactos negativos diretos nos ovos e eclosão de larvas devido a influência desse déficit de saturação de vapor. Apesar disso, esse é um parâmetro capaz de afetar o carrapato apenas em condições situacionais de clima e ambiente, assim como ocorre na época de outono em regiões de cerrado (Estrada-Peña *et al*., 2005; Cruz *et al*., 2020; Nicaretta *et al*., 2021a).

Ao eclodirem, as larvas necessitam de pelo menos três dias para ocorrer o endurecimento da cutícula e se tornarem aptas à infestação. Assim sendo, a fase não-

parasitária dura entre 28 e 51 dias, podendo se estender em vários meses em condições desfavoráveis. Nota-se que a condição perfeita para o desenvolvimento do carrapato durante essa fase é de uma temperatura a 28°C e umidade relativa a 85%, especificamente do microclima onde o carrapato está presente (Furlong, 2005; Andreotti *et al*., 2019). Parâmetros que modificam facilmente o microclima, como a temperatura do ambiente e irradiação solar alterando as temperaturas em nível de solo, são os que mais impactam essa fase não parasitária do carrapato (Cruz *et al*., 2020).

A fase de vida parasitária, por sua vez, corresponde ao período desde à fixação da larva até o desprendimento da fêmea ingurgitada pronta para a realização da postura. Durante este período, são observadas as mudanças de estágios de larvas para ninfas, ninfas para adultos e, posteriormente, ingurgitamento da fêmea. Após o encontro com o hospedeiro e fixação da larva, é iniciada a ingestão de sangue pelo carrapato (Anderson e Magnarelli, 2008). Seguindo a ingestão completa de sangue pela larva e quando está pronta para realizar a ecdise ou muda, essa passa a ser denominada metalarva, realizando a ecdise para o próximo estágio. O estágio de larva possui uma duração de até 7 dias, e a mudança ocorre no corpo do animal. Depois da ecdise, manifesta-se o estágio de ninfa, que se estende até o 16º dia de infestação, com uma duração de 7 a 9 dias. Em seu estágio final de alimentação, a ninfa é denominada metaninfa e, assim como a larva, também passa por uma ecdise e se torna um carrapato adulto. No 18º dia de infestação, já é possível observar as primeiras fêmeas ingurgitadas se desprenderem do animal, entretanto, é no 21º dia que ocorre a maior taxa de queda de fêmeas totalmente ingurgitadas. Devido às condições basais do bovino, como no caso da temperatura, não se alterarem como acontece com o ambiente, a fase de vida parasitária possui um período mais preciso. Os machos, por outro lado, permanecem no animal até entre 43 e 70 dias pós-infestação à procura de outras fêmeas para cópula. O contato entre animais pode transferir machos não-fixados sobre a pele de um animal parasitado a outro. Após a queda da fêmea, é iniciada novamente a fase de vida não-parasitária (Hitchcock, 1955a; Londt e Arthur, 1975; Furlong, 2005; Pereira *et al*., 2008; Andreotti *et al*., 2019).

Sabe-se que os fatores climáticos afetam diretamente a sobrevivência, comportamento e parâmetros reprodutivos do carrapato (Estrada-Peña *et al*., 2005). Nesse caminho, existem também fatores relacionados à pastagem que afetam *R. microplus*. O tamanho da forragem, a incidência de luz na gramínea e qualidade das

folhas determinam o comportamento da larva no processo de busca ao hospedeiro, tudo em uma tentativa de evitar a exposição prolongada ao sol (Furlong, 2002). É descrito que algumas forrageiras possuem potencial de impedir a movimentação das larvas até o ápice da folha, processo denominado como mecanismo de antibiose, e repelir as larvas do carrapato, denominado antixenose (Farias *et al*., 1986). Em uma população de *R. microplus*, certifica-se que até 95% desses estão presentes no ambiente e a apenas 5% parasitando o animal, dimensionando a importância do ambiente em sua manutenção (Pereira, 2008).

Na pastagem, as larvas se reúnem na ponta da gramínea aguardando o hospedeiro, conhecido como comportamento de emboscada ("ambush behavior") (Sonenshine, 2014). Após o estímulo, mediado principalmente pelo dióxido de carbono (CO_2) e pelos gases do rúmen durante a eructação, detectados por sensilas olfativas presentes no órgão de Haller, as larvas reagem e aguardam a passagem do hospedeiro para iniciar a infestação (Donze, 2004; Zeringota *et al*., 2019). Já no hospedeiro, para o sucesso da ingestão de sangue realizada pelo carrapato, é necessária uma série de eventos em sequência, sendo eles: apetência, encontro com o hospedeiro, exploração, penetração, anexação à pele, início da ingestão, ingurgitamento, desprendimento e, por fim, queda do carrapato, todos mediados por fatores fisiológicos do hospedeiro e do carrapato (Anderson e Magnarelli, 2008).

Naturalmente, dentro da espécie bovina, existem animais mais resistentes que outros ao parasitismo por *R. microplus*. Em raças europeias *(Bos taurus taurus),* é observada maiores infestações por carrapatos quando comparado aos animais zebuínos, o gado de origem indiana (*Bos taurus indicus*), sendo esses mais resistentes que os cruzamentos entre as raças (Wambura *et al*., 1998). No país, aproximadamente 70% dos animais destinados à produção de leite são mestiços com algum grau de sangue europeu, o que os tornam mais susceptíveis quando comparados aos animais de sangue puramente zebuíno (Miranda e Freitas, 2009). Esse tipo de resistência é mediado imunologicamente (Jonsson *et al*., 2014; Tabor *et al*., 2017). Raças notadamente resistentes, como ocorre em *B. t. indicus,* demonstram respostas imunológicas mais controladas e menos inflamatórias, como a baixa apresentação de genes envolvidos no processo inflamatório. Em contraste, raças susceptíveis, como no caso de *B. t. taurus*, apresentam respostas imunológicas acentuadas, como por exemplo, uma infiltração maior

e mais rápida de granulócitos próximo à picada e, consequentemente, aumento da resposta inflamatória. Com isso, pode haver um aumento do fornecimento sanguíneo no local, auxiliando a ingestão do carrapato. É comprovado que há uma certa semelhança na resposta em ambas as espécies, mas existem diferenças entre os tipos de células e citocinas mediadoras. Sendo assim, a susceptibilidade está profundamente ligada ao tipo de resposta entre as espécies bovinas (Piper *et al*., 2009; Piper *et al*., 2010; Constantinoiu *et al*., 2010).

Há também a resistência adaptativa ou adquirida, acontecendo após uma exposição à picada do carrapato (Sonenshine, 2014). Esse tipo de resistência possui um papel bem definido, diminuindo a eficiência do carrapato na ingestão de sangue e, consequentemente, em sua viabilidade (Anderson e Magnarelli, 2008; Jonsson *et al*., 2014). Além disso, o carrapato é capaz de perceber estímulos olfativos e gustativos que diferenciam um animal resistente de um sensível (Ferreira *et al*., 2015; Borges *et al*., 2015; Franzin *et al*., 2017).

2.1.3. Dinâmica populacional

Originário do continente asiático, precisamente na Índia, *R. microplus* se difundiu globalmente durante expedições que realizavam movimentações de animais domésticos, alcançando regiões predominantemente de clima tropical e subtropical, como Austrália, África, América do Sul e América Central (Estrada-Peña *et al*., 2006; Andreotti *et al*., 2019). Estudos demonstram que, com o passar do tempo, os aspectos geográficos influenciaram na biologia do carrapato, determinando consequências em sua biologia e ecologia de acordo com cada região diferente que está presente (Estrada-Peña *et al*., 2005; Labruna *et al*., 2009; Léger *et al*., 2013; Cruz *et al*., 2020). Atualmente, é comprovado que a espécie presente na Austrália e em regiões próximas é diferente da espécie que ocorre Brasil, lá denominada *R. australis* (Estrada-Peña *et al*., 2012). Ainda, é demonstrado que, a depender da região, os carrapatos denominados *R. microplus* podem ser geneticamente diferentes, representando outra espécie em questão (Burger *et al*., 2014).

Por ser um país de grandes dimensões, é de se esperar que as regiões do Brasil interfiram de forma diferente na biologia e dinâmica de *R. microplus*. A dinâmica sazonal do carrapato define quantas gerações é possível encontrar em um período de um ano

numa região, e colabora com programas de controle do carrapato ao quantificar e temporalizar os possíveis picos geracionais (Labruna e Verissimo, 2001; Andreotti *et al*., 2019; Cruz *et al*., 2020). Em regiões de bioma Cerrado, que são focos de atividade na pecuária leiteira, como ocorre em Minas Gerais, Goiás e partes de São Paulo, em temperaturas mais elevadas são encontradas entre quatro e cinco gerações de *R. microplus* ao ano, com dois picos na época de seca e três na época de chuva, no caso de cinco gerações (Gomes *et al*., 2016; Nicaretta *et al*., 2021a). Em locais que são encontradas quatro gerações, os picos ocorrem aproximadamente em setembro e outubro no início da primavera (1ª geração), ao final de dezembro no fim da primavera e início do verão (2ª geração), em março e abril ao final do verão e início do outono (3ª geração), e em maio e junho durante o outono e início do inverno (4ª geração) (Pereira *et al*., 2008). No caso de locais que ocorram cinco gerações, os períodos entre os picos são menores, chegando até 70 dias em época de chuva e 105 dias em época de seca (Nicaretta *et al*., 2021a). Devido ao impacto direto que o clima possui sobre *R. microplus*, a tendência é que, a medida que a temperatura sobe e a faixa de umidade permanece próxima à ideal para a sobrevivência do carrapato (27 ± 1 ºC), aumentam o número de gerações anuais e, em contraste, temperaturas menores diminuem o número de gerações (Furlong, 2005; Cruz *et al*., 2020; Marques *et al*., 2020). Durante a época de primavera-verão, sendo o período chuvoso, a fase não parasitária é mais curta, e na época de outono-inverno, sendo o período de seca, mais longa (Pereira *et al*, 2008).

2.2. Aspectos sobre os carrapaticidas e o controle de *R. microplus* com ênfase nos produtos de pulverização

2.2.1. Carrapaticidas: bases químicas e formas de administração

Hoje, a única forma de controlar o carrapato no animal, aliada ao conhecimento da sua biologia, é a aplicação estratégica de produtos químicos que mate ou impossibilite o desenvolvimento do carrapato (Wharton e Norris, 1980 Andreotti, 2019). Para isso, só é possível atingir o bom resultado através das práticas corretas, como a utilização certa do produto, e forma de tratamento adequada (Furlong, 2005). Como consequência da implementação equivocada de programas de controle, já é possível observar populações altamente resistentes aos produtos disponíveis contra *R. microplus* difundidos por todo o país e mundo, o que deixa o desafio ainda maior na diminuição dos impactos causados pelo carrapato (Reck *et al*., 2014; Cruz *et al*., 2015; Klafke *et al*., 2017; Vilela *et al*., 2020).

A resistência dos carrapatos aos carrapaticidas pode ser entendida como uma alteração genética irreversível na população de carrapatos que permitem a sua sobrevivência quando submetidos aos tratamentos carrapaticidas. Tal situação acontece devido a pressão de seleção desencadeada pelo uso incorreto e excessivo do produto (Furlong, 2005; Pereira *et al*, 2008; Andreotti, 2019).

O controle de *R. microplus* foi iniciado efetivamente na Austrália, quando foi relatado em 1895 o uso de compostos arsênicos. Após um determinado tempo, devido à resistência dos carrapatos e aos efeitos adversos, esse produto deixou de ser utilizado como forma de controle (George *et al*., 2004). Atualmente, os produtos utilizados podem ser divididos em duas categorias de acordo com modo de ação, sendo a ação por contato, onde o carrapato necessita entrar em contato direto com o produto para que haja o efeito desejado, e a ação sistêmica, que necessita de uma metabolização do composto pelo animal e consequente ingestão de sangue pelo carrapato para absorção do composto (Quadro 1). Na ação por contato, as classes químicas disponíveis são os organofosforados, amidinas, piretróides e fenilpirazóis. Lactonas macrocíclicas e benzofeniluréias são as que compõem as classes de ação sistêmica e que estão disponíveis no mercado (Furlong *et al*., 2007; Andreotti *et al*., 2019). Neste grupo, recentemente, em 2022, se encontram as isoxazolinas que, apesar de serem comprovadas eficazes contra *Rhipicephalus sanguineus*, vêm também apresentando efeitos positivos contra *R. microplus* (Gassel *et al*., 2014; Williams *et al*., 2015; Rodriguez-Vivas *et al*., 2018; Zhou *et al*., 2021). Comercialmente, nem sempre é possível encontrar produtos com apenas um princípio ativo disponível, sendo comum a associação de dois ou mais princípios e classes químicas nos produtos carrapaticidas (MAPA, 2023).

Os produtos comerciais para controle de *R. microplus* estão disponíveis na forma de injetável, pour-on e pulverização/imersão. O injetável é administrado nos bovinos, por meio de injeções diretamente no animal por via subcutânea. O produto pour-on é distribuído na linha dorsal do animal para dispersão completa pelo corpo e, já a pulverização, consiste em pulverizar o animal com o carrapaticida diluído em água através de equipamentos específicos; e imersão, onde os animais mergulham diretamente no produto diluído por meio de estruturas construídas para essa finalidade (Furlong *et al*., 2007; George *et al*., 2004). O custo alto das estruturas, parâmetros de qualidade da solução, possíveis impactos ambientais elevados e instabilidade de certos compostos

tornam o tratamento por imersão quase sempre inviável para o controle de *R. microplus*, mesmo que comprovadamente eficaz (Davey *et al*., 1995; Davey *et al*., 1997; George *et al*., 1998; George *et al*., 2004).

Quadro 1: classes químicas disponíveis para tratamento carrapaticida em bovinos, modo de ação, apresentação e principais grupos disponíveis para tratamento (MAPA, 2023).

Classe química	Modo de ação	Apresentação	Princípios ativos disponíveis
Indicados para uso em vacas em lactação*			
Amidinas	Contato	Pulverização	Amitraz
Organofosforados	Contato	Pulverização e Pour-on*	Clorfenvinfós
			Clorpirifós
			Coumafós
			Diazinon
			Diclorvós
			Fention
			Triclorfon
Piretróides	Contato	Pulverização e Pour-on*	Ciflutrina
			Alfametrina
			Cipermetrina
			Deltametrina
			Flumetrina
			Permetrina
Não indicados para uso em vacas em lactação			
Benzofeniluréias	Sistêmico	Pulverização, Pour-on e Injetável	Fluazuron
			Novaluron
Fenilpirazoles	Contato	Pour-on	Fipronil
Isoxazolinas	Sistêmico	Pour-on	Fluralaner
Lactonas Macrocíclicas	Sistêmico	Injetável e Pour-on	Abamectina
			Doramectina
			Eprinomectina
			Ivermectina
			Moxidectina

*Devido a certas características de determinados compostos, alguns produtos das classes químicas dos organofosforados e piertróides como forma de apresentação em pour-on podem não ser indicados para vacas em lactação, possivelmente, por apresentarem grande período de carência no leite.

Levando em consideração cada forma de aplicação dos carrapaticidas para controle do carrapato, é um fato que os produtos fiquem em contato com o animal durante períodos diferentes, capaz de diminuir ou prolongar o período de ação do tratamento. Um exemplo disso são as lactonas macrocíclicas que, por atuarem de forma sistêmica e aplicados em forma injetável ou pour-on, são absorvidas pelos animais, ficando em sua circulação como forma de resíduo por até, em média, 30 a 40 dias (Furlong, 2005; Furlong *et al*., 2007; Cruz *et al*., 2020). Como os bovinos são animais destinados a produção de leite ou carne, carrapaticidas que deixam resíduos não devem ser utilizados em situações de abate ou em produção de leite para o consumo, sendo sua utilização regulada e fiscalizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. O período em que é possível encontrar níveis do composto na circulação animal é chamado de período de carência, encontrados através de testes realizados durante seu desenvolvimento (MAPA 1999, 2022).

Em vacas em lactação, a principal forma de aplicação é realizada através da pulverização (Pereira, 2008; Rocha *et al*., 2011). Dessa forma, as classes químicas utilizadas para tratamento em vacas em lactação por pulverização, são exclusivamente os organofosforados, piretróides e amidinas, já que suas características são compatíveis à produção leiteira (Furlong *et al*., 2007; Pereira *et al*., 2008; Andreotti *et al*., 2019). Por sua vez, os equipamentos hoje utilizados para esse fim são de origem agrícola e atividades de limpeza, além de adaptados para uso veterinário com pouca ou nenhuma padronização (Rodrigues, 2012).

2.2.2. Sucesso no controle de carrapatos em bovinos de leite por pulverização

O primeiro passo para um bom programa de controle é a escolha do produto carrapaticida. São vários os produtos comercializados para controle de carrapatos em bovinos no Brasil, com centenas de carrapaticidas registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2023). Apesar da diversidade, são poucos os grupos químicos disponíveis com ação contra *R. microplus*, totalizando sete disponíveis no mercado atualmente, considerando o tempo de atividade e produção de uma molécula com efeito carrapaticida (Furlong *et al*., 2007, Pereira *et al*., 2008; Rodriguez-Vivas *et al*., 2018). Os perfis de sensibilidade dos carrapatos aos produtos são totalmente diferentes entre populações, umas podendo apresentar resistência generalizada enquanto outras

apresentam sensibilidade aos carrapaticidas (Gomes, 2010). Uma forma de entender e compensar isso é através do biocarrapaticidograma, ou Teste de Imersão de Adultos (TIA), que consiste em testar uma série de carrapaticidas comerciais em uma população de carrapatos, e permite determinar a eficácia dos produtos testados. É recomendado que a escolha do produto para o tratamento seja associada ao resultado do TIA (Drummond *et al*., 1973; Andreotti *et al*., 2019).

Grande parte do sucesso no controle de *R. microplus* está relacionado ao tipo de estratégia adotada. No tratamento convencional, apenas os animais altamente infestados são tratados de forma pontual sem nenhum acompanhamento ou estratégia. Esse tipo de tratamento aumenta o risco do surgimento de populações de carrapatos resistentes e diminui a eficácia do controle realizado na propriedade (Pereira *et al*., 2008). O tratamento estratégico é baseado no comportamento, biologia e ecologia do carrapato associado aos fatores ambientais, como temperatura, clima e região. Aqui, são definidos os momentos e intervalos de tratamento específicos para interromper o ciclo durante a fase parasitária do carrapato, diminuindo o número de fêmeas ingurgitadas e larvas na pastagem. Esse é o tratamento mais recomendado e eficiente para o controle de *R. microplus* (Pereira *et al*., 2008; Andreotti *et al*., 2019).

O tratamento tático, por sua vez, é uma medida aliada ao controle estratégico implementado. Nesse caso, também são realizados tratamentos pontuais, mas adota-se uma forma de acompanhamento dos animais a serem submetidos ao tratamento. O tratamento tático é utilizado principalmente durante a introdução de novos animais no rebanho e mudança de categoria (Pereira *et al*., 2008). Por fim, o controle seletivo é realizado nos animais que apresentam contagens de carrapatos acima de um limite definido, geralmente 20 carrapatos, com pouca adoção de técnicas associadas ao ciclo de vida do carrapato, clima e ambiente, como a adoção de intervalos específicos de até 21 dias, impedindo que o ciclo do carrapato no hospedeiro complete, assim como ocorre no controle estratégico (Molento, 2020). Geralmente, esse tipo de controle é menos eficaz quando comparado ao controle estratégico e se utilizado de forma isolada (Nicaretta *et al*., 2023a).

Durante um programa de controle estratégico de *R. microplus* por pulverização, são muitas as variáveis que ajudam a definir seu sucesso. Uma etapa indiscutivelmente importante é a realização do “banho carrapaticida bem dado”. Após a contenção correta

do animal, realizada preferencialmente em um corredor com capacidade para pelo menos quatro animais, o animal deve ser submetido a um tratamento que cubra sua superfície corporal. Valores de pressão do jato devem ser considerados e devem ser capazes de superar a resistência dos pelos e dobras de pele para atingir o carrapato fixado à pele do animal. O orifício do bico, que promoverá o padrão de gota e o tipo de jato, também influencia na qualidade do tratamento. O banho deve ser realizado na direção de trás para a frente do animal, em sentido de baixo para cima contrário aos pelos (Furlong e Prata, 2005; Rodrigues, 2012; Embrapa, 2017):

1. Parte anterior do animal, atrás das patas anteriores, pernas, úbere, região perianal e cauda;
2. Fração ventral do úbere, entre as patas anteriores, abdome, dentro e entre as patas posteriores e região ventral do pescoço;
3. Flanco, área externa das patas, costas e pescoço;
4. Cabeça e pavilhão auditivo.

Assim como o banho, a carga parasitária do animal tratado pode interferir na eficácia do tratamento com pulverização (Felippelli *et al*., 2022). A estratégia adotada em uma propriedade deve seguir todas as recomendações e características particulares, bem como a adoção do equipamento correto, calibrado e bem operado. São inúmeros os protocolos a serem definidos em um controle estratégico, todos os quais, para o sucesso, dependem dos fatores intrínsecos de cada população de carrapatos, do tratamento e da região geográfica, uma vez que as condições climáticas interferem na quantidade de gerações de carrapatos (Furlong e Prata, 2005; Rodrigues, 2012; Cruz *et al*., 2020; Nicaretta *et al*., 2021b, Nicaretta *et al*., 2023b).

2.3. Equipamentos e técnicas de aplicação de produtos de pulverização em bovinos

Os equipamentos para pulverização e seus componentes para uso no controle de carrapatos em bovinos são adaptados da agricultura, desde motores e bombas para pulverização do produto até esguichos e bicos para promoção dos padrões de jato (Chain, 1999; Furlong *et al*., 2007; Di Oliveira *et al*., 2010; Dornelles *et al*., 2011; Rodrigues, 2012). Os pulverizadores podem ser classificados em diferentes maneiras. Uma das formas de classificar os equipamentos é pela forma de funcionamento, podendo ser manual, funcionando exclusivamente através do bombeamento manual; elétrico, sendo

motorizados ligados a uma energia; ou a combustível, motorizados com utilização de combustível. Ainda, há pulverizadores considerados móveis e costais, podendo ser carregados livremente durante a operação, e pulverizadores estacionários e imóveis, mantidos no mesmo lugar durante todo o processo de aplicação do tratamento. Por fim, existem os métodos de pulverização completamente mecanizados, como as câmaras atomizadoras, também chamadas de bretes de aspersão (George *et al*., 2004; Rodrigues, 2012; Rodrigues *et al*., 2015).

Adaptados para o uso em tratamentos carrapaticidas em bovinos, os principais equipamentos de pulverização são: pulverizador costal manual, pulverizador estacionário motorizado, lavadora de alta pressão e câmara atomizadora (Wharton *et al*., 1970; Davey *et al*., 1997; George *et al*., 2004; Rodrigues, 2012; Moraes *et al*., 2023). De modo geral, o equipamento de pulverização deve ser capaz de entregar um banho de alta pressão e com uso confortável e prático (Furlong *et al*., 2007; Rodrigues, 2012; Moraes *et al*., 2023).

2.3.1. Pulverizador costal manual

O pulverizador costal manual, também conhecido como bomba costal, é um equipamento que trabalha com o bombeamento manual do líquido, presente no tanque acoplado, através de uma alavanca, permitindo sua saída como forma pulverizada em gotas. É constituído pelo tanque, bomba com capacidade de 5 a 20 litros, alavanca, tubulações, haste e bico que, junto com a pressão realizada, define o tipo de jato e tamanho de gota. Todo o equipamento fica preso às costas do operador (Resende, 1998). Em um tratamento carrapaticida utilizando esse equipamento, para pulverizar o produto (calda) é necessário grande esforço ao empurrar a alavanca constantemente, aumentando a pressão da bomba interna, que chega até 60 psi ou 4,1 bar, e permitindo a saída do líquido através do bico em forma de gotas (Rodrigues, 2012; Senar, 2014). Para a utilização em vacas leiteiras, o pulverizador costal manual é uma alternativa em casos de tratamentos pontuais individuais ou seriados em poucos animais, já que seu uso está associado a um grande desgaste físico do operador e tempo de tratamento elevado de, em média, quatro minutos por animal, podendo comprometer a qualidade do banho (Pereira *et al*., 2008; Rodrigues, 2012).

2.3.2. Pulverizador estacionário motorizado

Diferente da bomba costal, o pulverizador estacionário motorizado utiliza de um motor abastecido através de eletricidade ou combustível, por exemplo gasolina, para gerar uma força no líquido na bomba pulverizadora e, consequentemente, liberar as gotas em forma de pulverização. Assim como o pulverizador costal manual, esse equipamento também é de origem da agricultura, projetado para tratamentos químicos. Para a funcionalidade, o equipamento deve ser composto por um reservatório de água conectado ao pulverizador, que é constituído pela bomba hidráulica, mangueira de sucção, mangueira de retorno, filtro de tela, mangueira de pulverização, haste e bico (Rodrigues, 2012). Em alguns equipamentos disponíveis no mercado, existe um manômetro acoplado, sendo que a pressão de trabalho pode chegar até 400 psi ou mais, dependendo do modelo do equipamento (Rodrigues, 2012; Moraes *et al*., 2023). Em propriedades com rebanhos com grande número de animais, é o equipamento mais recomendado para o tratamento carrapaticida por pulverização, pois permite a realização de banhos fáceis, sem muito esforço físico, e com duração moderada de, em média, três minutos por animal (Pereira *et al*., 2008; Rodrigues, 2012). Esse tipo de equipamento minimiza problemas relacionados ao banho inadequado, já que permite um melhor padrão na pulverização por proporcionar uma boa qualidade de trabalho ao operador, relacionada à ergonomia e harmonia da atividade, diminuindo riscos de saúde por lesões, dores, desconfortos e diminuição do cansaço físico (George *et al*., 2004; Rodrigues, 2012).

2.3.3. Lavadora de alta pressão

A lavadora de alta pressão é um equipamento que trabalha com pressões extremamente elevadas, podendo variar de 1.000 a 4.000 psi ou mais dependendo do modelo, podendo ser ajustada à medida da necessidade e bicos utilizados. São equipamentos destinados à limpeza, e seu uso para o tratamento carrapaticida de animais foi recentemente comprovado eficaz. Em seu uso, é utilizado um equipamento de alta pressão, móvel e compacto, ligado a um tanque para armazenamento do produto, já que a capacidade do equipamento é limitada no banho em animais. São poucos os estudos que atestam a sua eficácia, mas é possível comprovar um bom resultado, nos tratamentos realizados com esse equipamento, isto é, observa-se melhor eficácia quando comparado com outros equipamentos de pulverização, como o pulverizador costal manual e a câmara

atomizadora (Moraes *et al*., 2023). Além disso, vale levar em consideração que esse equipamento é adaptado do uso para limpeza, e não é projetado para suportar especificamente carrapaticidas químicos em sua tubulação, tendo sua vida útil reduzida a cada tratamento realizado (Furlong *et al*., 2007).

2.3.4. Câmara atomizadora

Esse equipamento pode ser entendido como um brete rodeado por bicos de aspersão em ângulos e posições diferentes para a realização de tratamentos rápidos (Furlong *et al*., 2007). Normalmente, esse equipamento pode ser adquirido por empresas que os vendem completos e montados, necessitando apenas de um tanque reservatório de água para colocar a calda e realizar a pulverização. O banho por meio da câmara atomizadora assume a forma de chuva, com gotas saindo pelos diversos bicos espalhados. Como os tratamentos são rápidos, com banhos de, em média, seis segundos, e não atingem certos locais do animal de forma adequada, como orelhas e pescoço, a eficácia do banho é quase sempre menor quando comparada com outros métodos (Wharton *et al*., 1970; Rodrigues, 2012; Moraes *et al*., 2023). Apesar do maior custo de aquisição quando comparado com os outros equipamentos descritos, eficácia no tratamento geralmente insatisfatória e necessidade de manutenção regular, como a desobstrução dos bicos, limpeza do reservatório e calibragem do ângulo e cobertura dos jatos, a câmara atomizadora pode ser considerada uma solução para situações que requerem banhos rápidos e caso exista limitações relacionadas ao manejo, permitindo a realização de tratamentos descomplicados sem a necessidade de interferência e atividade humana direta (Davey *et al*., 1997; Rodrigues, 2012; Moraes *et al*., 2023).

2.4. Fatores físicos da pulverização e a eficácia do tratamento carrapaticida

A qualidade tratamento carrapaticida e padrão de pulverização é resultado das condições do equipamento e técnicas de aspersão, que são ligadas aos parâmetros físicos do jato e, principalmente, pelos métodos de tratamento/aplicação do operador. Condições que podem influenciar a característica do banho são ligadas à pressão, tamanho da gota, vazão, cobertura e estilo do jato, todas derivadas principalmente do bico utilizado (Azimi *et al*., 1985; Bauer e Raetano, 2004; Cunha *et al*., 2004; Rodrigues, 2012; Kooij *et al*., 2018). O bico é a estrutura composta pelo corpo, peneira, capa e ponta, essa

última sendo responsável pela formação das gotas durante a passagem do líquido sob pressão no orifício (Ramos *et al*., 2010). A pressão, medida em psi (Pounds per square inch), kPa (Kilopascal) ou bar, é um parâmetro que, na pulverização, altera-se pela força impulsora no sistema, regulado pela bomba, levando o líquido através da mangueira ao orifício de saída. Quanto menor o orifício e maior a força impulsora, maior a pressão do jato. Viscosidade, tensão superficial e características físicas do líquido também atuam na regulação da pressão (Kooij *et al*., 2018). Durante a pulverização, quanto menor a pressão maior o tamanho das gotas, aumentando nesse caso a perda de líquido por escorrimento (Gabriel e Baio, 2013).

Os tamanhos das gotas podem ser separados em categorias, sendo grandes ou grossas (> 400 µm), médias (200-400 µm) e pequenas ou finas (< 200 µm). Há, ainda, gotas muito finas (< 100 µm) e gotas muito grandes ou muito grossas (> 450-500 ou mais µm). Como características gerais, gotas grandes/grossas apresentam menor capacidade de penetração, especificamente nas folhas das plantas, já que as informações são relacionadas à agricultura, e baixa concentração de gotas por cm², mas são mais resistentes à evaporação e deriva, que são as gotículas dispersas durante a pulverização e podem se espalhar melhor em superfícies horizontais e largas. Gotas finas permitem uma boa cobertura do alvo com maior concentração de gotas por cm², além de uma maior penetração em áreas estreitas, mas são mais susceptíveis à deriva (Azevedo e Freire, 2006; Souza e Palladini, 2007; Cunha, 2008; Ramos *et al*., 2010). Existem gotas de tamanhos mais variados, podendo ser menores que 100 µm e maiores que 800 µm, mas apresentam características mais acentuadas durante a pulverização, estando mais sujeitas à deriva e ao escorrimento, por exemplo (Cunha, 2004).

A cobertura representa a área que o jato atinge, a escolha do estilo do jato varia de acordo com a superfície a ser pulverizada. Existem três principais padrões de jato de pulverização, sendo o padrão em leque (plano), padrão cone vazio e padrão cone cheio. O padrão em leque, ou plano, forma um jato geralmente de comprimento fino e com concentração maior de gotas no meio que diminui nas bordas do jato. A distância de operação é fundamental para uma pulverização regular, e seu uso é recomendado para superfícies planas. O padrão em cone vazio, por sua vez, promove um jato em forma circular com o centro vazio. Esse tipo de jato garante uma boa cobertura e penetração, sendo limitado a gotas finas e alta deriva. Por fim, o padrão cone cheio promove um jato

circular totalmente coberto, sendo de uso recomendado para superfícies irregulares (Teejet; Ramos *et al*., 2010). Em resumo, os jatos cônicos são apropriados a áreas irregulares, e jatos em leque para superfícies planas. Além disso, existem outras variações de tipos de padrão de jato, mas sem a utilização observada para tratamentos carrapaticidas (Cunha, 2004; Rodrigues, 2012).

É notável que a superfície corporal de um bovino é irregular, sendo assim, o padrão de jato mais recomendado é o cone cheio. Ao utilizar esse tipo de jato, o banho fica limitado a gotas menores. Utilizando o jato em leque, por outro lado, aumenta o desperdício do produto, mas permite trabalhar com gotas maiores em pressões mais elevadas (Cunha *et al*., 2004; Ramos *et al*., 2010; Rodrigues, 2012). Ressalta-se que gotas menores indicam uma maior deriva durante a pulverização, aumentando o risco de impactos ambientais através da contaminação do solo e do ambiente pelo produto, que pode percorrer até quase 40 metros de distância na forma de gotas (Cunha, 2008). No caso dos bicos que promovem um jato em leque, o desperdício também pode ser associado a um impacto ambiental maior e perdas financeiras elevadas, visto que implica em uma maior utilização do produto sem necessidade, aumentando a presença no ambiente e elevando o custo de tratamento. Outro fator importante é a ergonomia da aplicação, isto é, o quão confortável o trabalho é para o operador. O cansaço, muita das vezes, é negligenciado durante a aplicação, aumentando o risco de tratamentos mal realizados (Rodrigues, 2012).

Comercialmente, as opções de bicos e equipamentos que atendam as características para um bom banho carrapaticida são limitadas. Apesar do bico cone cheio ser o mais adequado para a utilização em bovinos, a predominância no mercado permanece sendo opções de cone vazio (Azevedo e Freire, 2006). O bico em leque, por sua vez, apresenta pior cobertura de área e menor penetração, especificamente, nas plantas (Cunha *et al*., 2004). Geralmente, bicos de padrão de jato cônico são utilizados para trabalhos que requerem uma boa distribuição e penetração das gotas, mas limitam-se a trabalhos com pressões mais elevadas quando comparados aos bicos em leque, produzindo gotas menores (Cunha *et al*., 2004). Devido aos atributos anatômicos dos bovinos, gotas que sejam capazes de transpor barreiras físicas como pelos e dobras de peles são as mais adequadas durante a pulverização. Tal informação revela uma possível característica impeditiva para um adequado tratamento carrapaticida em bovinos, onde,

muita das vezes, não é possível encontrar comercialmente o bico que produza o melhor tipo de padrão de pulverização, como por exemplo um jato em cone cheio, produzindo gotas grandes e que possa ser trabalhado com pressões adequadas para pulverização diretamente nos animais. Nesse caso, ou seja, não existem trabalhos que avalie esse tipo de característica.

Contudo, pouco se sabe o quanto o padrão de pulverização e componentes aqui listados, principalmente tamanho de gota e pressão, impactam na eficácia do banho carrapaticida, consequentemente no controle de *R. microplus (*Rodrigues, 2012; Moraes *et al*., 2023*).* Sendo assim, estudos a respeito do tipo de jato, padrão de pulverização e tamanho de gota são necessários para determinar o quanto estes parâmetros afetam na eficácia e no custo benefício do banho carrapaticida.

2.5. Justificativa

Ao serem parasitados por carrapatos, os bovinos diminuem a produção, impactando negativamente na sua saúde, necessitando de tratamentos periódicos para diminuir a carga parasitária. Grande parte dos equipamentos utilizados hoje para tratamento carrapaticida em bovinos são adaptados da agricultura para o uso veterinário. Para a agricultura, os equipamentos e características da pulverização que garantem o sucesso no controle de pragas são bem definidos. Para as vacas em lactação, a pulverização é o principal método de aplicação de carrapaticida. São poucos os estudos que determinam e comparam a eficácia dos tipos de equipamentos e padrão de pulverização. Ainda, até onde se sabe, não existem estudos que avaliam a eficácia do tratamento por pulverização considerando tamanho de gota, jato e pressão de trabalho, tampouco a respeito das combinações ideais desses aspectos físicos, o que já é amplamente discutido na agricultura. Com isso, com o presente trabalho, propõe-se contribuir com informações desses fatores no tratamento carrapaticida por pulverização em vacas leiteiras.

2.6. Objetivo geral

Verificar a eficácia do produto submetido a diferentes tipos de banhos carrapaticidas em vacas contra o carrapato *R. microplus* e o custo operacional efetivo do

banho com diferentes combinações de diâmetros de ponta de bicos de jato de cone cheio e jato em leque de pulverização e pressão de trabalho, bem como a correlação da eficácia entre tratamentos por pulverização.

2.7. Objetivos específicos

- Avaliar a eficácia do produto através do banho carrapaticida contra o carrapato *R. microplus* na combinação de dois diferentes diâmetros de ponta de bicos de jato de cone cheio (gota pequena/fina e gota média) com valores de pressão de trabalho fixos (50 e 100 psi) utilizando um pulverizador estacionário motorizado;
- Avaliar a eficácia do banho carrapaticida contra o carrapato *R. microplus* entre gotas de tamanhos extremos (gota pequena/fina e gota ultra grossa) em bicos de jato de cone cheio e leque com um valor de pressão fixo de 100 psi utilizando um pulverizador estacionário motorizado;
- Verificar o Custo Operacional Efetivo (COE) dos diferentes tipos de tratamentos através da mensuração dos possíveis parâmetros relacionados diretamente e indiretamente ao banho carrapaticida (consumo de produto, duração do tratamento, energia elétrica, água e remuneração do operador).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da propriedade e do rebanho

Os experimentos foram conduzidos no setor de bovinocultura de leite da Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa (FEPHB) da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (EV-UFMG), localizado no município de Igarapé, Minas Gerais, a 54 km da capital, Belo Horizonte. Foram realizados três experimentos utilizando vacas em lactação: o primeiro ocorrendo entre fevereiro e março de 2023, o segundo entre março e abril de 2023 e o terceiro experimento entre novembro e dezembro de 2023. Todos os experimentos foram realizados durante a estação de chuva, ocorrendo entre os meses de outubro a março na região, respeitando os picos das gerações do carrapato e momentos de maior infestação dos animais na propriedade.

Com uma área total de aproximadamente 240 hectares, a FEPHB tem como finalidade a promoção de atividades de ensino, pesquisa e extensão aos alunos dos cursos de Graduação e Pós-graduação nas áreas de Medicina Veterinária e Zootecnia. Na propriedade, são desenvolvidas atividades veterinárias relacionadas a bovinocultura de leite e corte, suinocultura, avicultura, cunicultura e equideocultura.

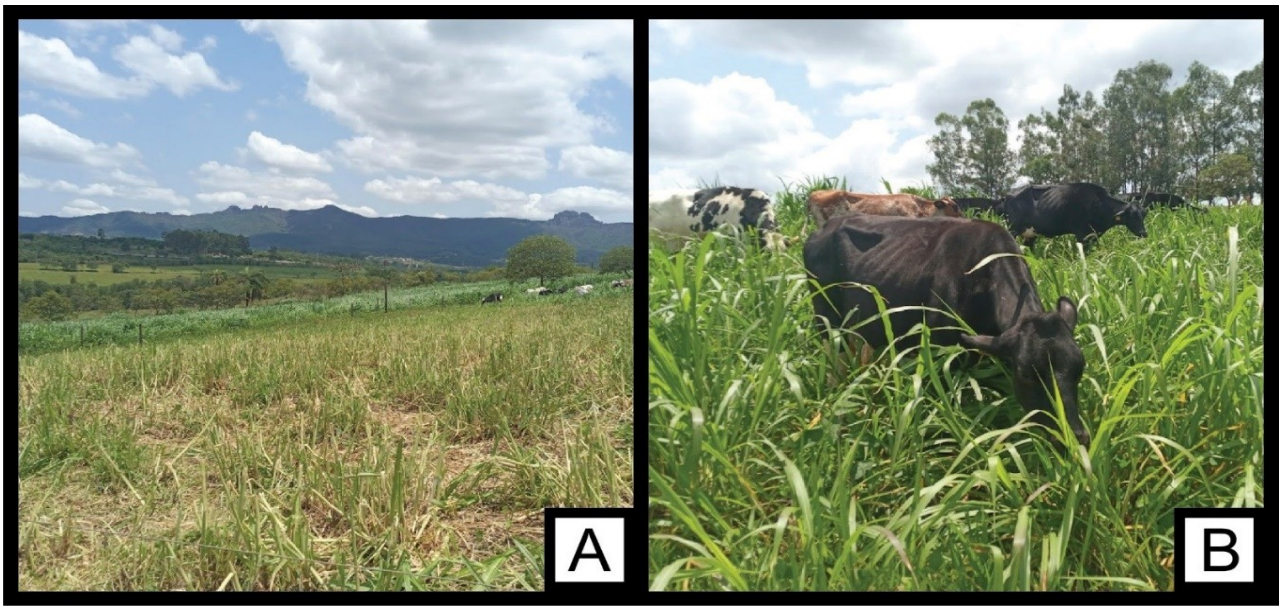
No setor de bovinocultura de leite, são criadas vacas girolando (grau de sangue predominante em ¾ Holandês + ¼ Gir) em um sistema de produção semi-intensivo. Há a criação do ciclo completo dentro da fazenda, isto é, todas as bezerras que nascem passam pelos sistemas de tie-stall, bezerreiros e recrias até estarem aptas à inseminação com pelo menos 18 meses de idade e 350 kg de peso vivo. Após a inseminação, com 30 dias antecedentes ao parto, as novilhas são levadas ao lote de maternidade separados em dois piquetes. Após o parto, as vacas são destinadas aos lotes de lactação e os bezerros ao sistema de tie-stall. Os lotes de lactação são separados em descarte, primíparas, rotacionado, lote 1 e lote 2. Em determinadas épocas do ano, o lote rotacionado deixa de ser utilizado, como no caso da época seca entre abril e setembro, e os animais desses lotes passam a integrar os demais lotes.

Os animais dos lotes de descarte, primíparas, lote 1 e lote 2 são mantidos confinados, enquanto os animais do lote rotacionado são mantidos em um sistema de pasto rotacionado de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) em uma área de 12 hectares (ha) divididos em 41 piquetes, sendo 10 ha de área para pastejo e os outros 2 ha de área de descanso (Figura 2). A taxa de lotação para o lote rotacionado é de 6,5 UA/ha, e cada piquete é utilizado por apenas um dia pelas vacas. Na linha de ordenha, é praticada a seguinte ordem: primíparas, lote 1, lote 2, rotacionado e descarte. A separação entre lotes se dá pela produção de leite nos lotes rotacionado, lote 1 e lote 2. Os animais de maior produção são mantidos confinados no lote 1 e os animais de média produção no lote 2 e rotacionado.

Os animais em lactação são alimentados em dois tratos por dia, quer dizer, a dieta total é oferecida duas vezes ao dia para todos os animais em lactação. Toda a dieta é regularmente ajustada de acordo com a produção de leite mensal para cada lote. Geralmente, os animais recebem essa formulação de ração ajustada e 2,5% do peso vivo em silagem de milho. Na época seca, os animais de média e baixa produção são alimentados no sistema de pasto rotacionado e suplementadas com dieta concentrada no

curral antes ou depois da ordenha. Durante o período de vaca seca (60 dias pré-parto), os animais são alimentados a pasto e suplementados com 1 kg de proteinado por animal. Há oferta livre de água para todas as categorias de animais.

Figura 2: Piquete onde a maioria dos animais permanecem durante a lactação. A = Piquete rotacionado; B = Animais do lote rotacionado durante pastejo em um dos piquetes.



3.2. Escolha do carrapaticida

Antes do início do experimento, foram coletadas aproximadamente 200 fêmeas ingurgitadas de *R. microplus* das vacas em lactação da FEPHB e enviadas no mesmo dia ao Laboratório de Ecto e Endoparasitoses do Campo Experimental Santa Rita da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) para a realização do TIA – biocarrapaticidograma (Drummond *et al*, 1973) e indicação da eficácia dos produtos carrapaticidas comerciais. O teste indicou o Flytion® EC 50 (clorpirifós 50% e cipermetrina high –cis 6%) com eficácia de 100%, sendo essa a escolha para a realização do tratamento carrapaticida durante o experimento. O valor de eficácia do produto no teste em laboratório (TIA) foi comparado com os valores de eficácia encontrados nos experimentos a campo.

3.3. Delineamento experimental

Foi determinado utilizar o pulverizador motorizado estacionário para realizar o banho carrapaticida e foram definidos todos os padrões (bico, gota, pressão e tipo de jato) a serem avaliados e comparados nos experimentos. Para a escolha do bico para pulverização, levou-se em consideração a vazão de litros por minuto, ângulo de deposição, pressão de trabalho recomendada, tipo do jato e tamanho de gotas.

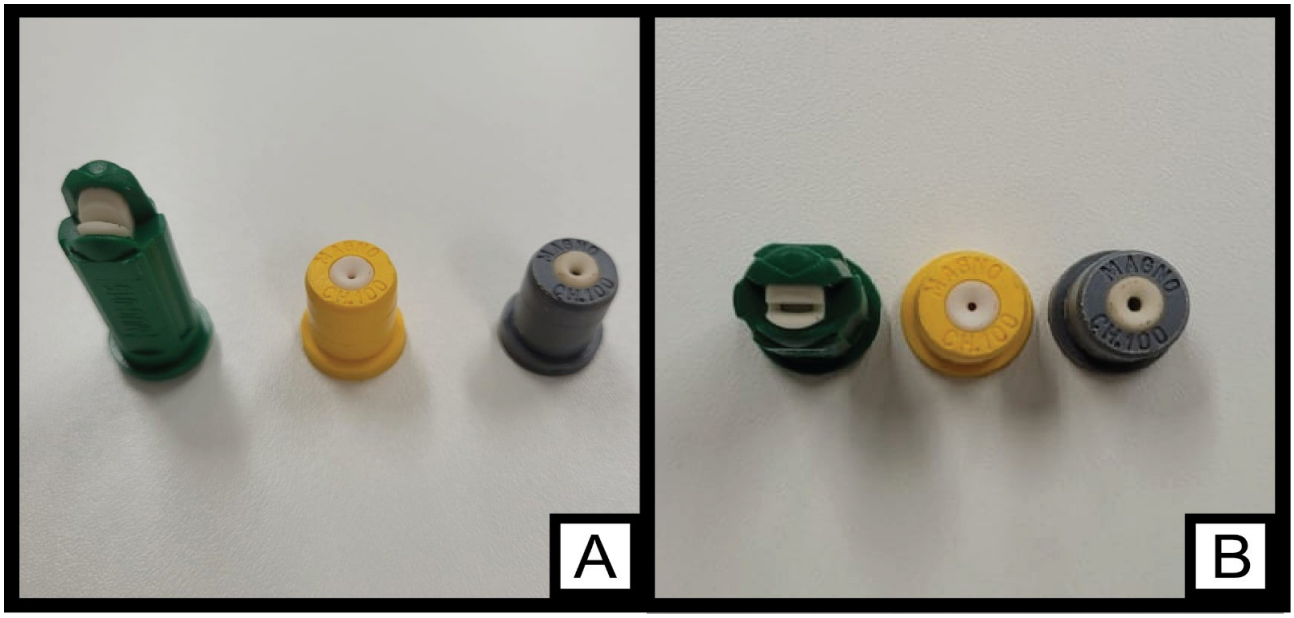
Decidiu-se, então, a escolha de determinados valores a serem comparados e utilizados: tamanho de gota fina, média e ultra grossa, permitindo avaliar a influência da gota na eficácia do produto carrapaticida através do banho; pressão de 50 e 100 psi, comparado diferentes pressões de trabalho sem comprometer o bem-estar animal e a qualidade do banho; e, por fim, vazão no catálogo entre 0,5 litros/min e 2,5 litros/min, levando em consideração o consumo da calda e produto por animal durante um banho carrapaticida. Ressalta-se que não foi possível encontrar um bico que promovesse uma gota ultra grossa com padrão de jato de cone cheio, sendo assim foi utilizado um jato em leque. Para o banho carrapaticida, os estudos indicam um banho com um volume de aproximadamente cinco litros para animais adultos, no entanto, o banho completo aqui destacado e realizado nos experimentos também está relacionado com a percepção do operador sobre sua qualidade e uniformidade do tratamento no animal (Moraes *et al*., 2023; Rodrigues, 2012).

Ao todo, foram realizados três experimentos com diferentes tipos de combinações de bicos, tamanho de gotas, pressão e padrão de pulverização (Quadro 2). O mesmo operador realizou todos os banhos. Antes do início dos experimentos, todos os bicos (Figura 3) foram submetidos a testes para verificar a vazão média dos bicos submetidos à pressão a ser testada a fim de determinar a quantidade de produto a ser utilizada para avaliação do consumo final. A média da vazão (L/min) foi estabelecida pela mensuração da quantidade de produto pulverizada durante um minuto em um balde graduado, em triplicata

Quadro 2: características gerais dos experimentos realizados, bem como os grupos e número de animais no experimento, padrões comparados de tamanho de gotas (F = gota fina; M = gota média; UG = gota ultra grossa), pressão de trabalho e jato.

Experimento	Grupos-animais	Tamanho de gotas	Pressão (psi)	Padrão de jato
1	3-30	M e M	50 e 100	Cone cheio
2	3-30	F e M	100 e 100	Cone cheio
3	3-30	F e UG	100 e 100	Cone cheio e leque

Figura 3: Bicos para pulverização (verde: MUG 015, leque; amarelo: CH100-1, cone; cinza: CH100-3, cone). A = vista de lateral dos bicos para pulverização utilizados durante o experimento; B = Vista de cima, com a abertura do orifício para saída do jato no centro.



No primeiro experimento, avaliou-se a eficácia do tratamento carrapaticida e o COE frente a diferença da variação da pressão de trabalho com os mesmos tamanhos de gota (M) e padrão de jato cônico (cone) cheio. Para isso, foram realizados tratamentos em dois diferentes grupos experimentais e um grupo controle, cada um com dez animais: grupo 1 = bico CH100-1 (código Magnojet®) produzindo gota de tamanho médio (M) a 50 psi; grupo 2 = bico CH100-3 produzindo gota de tamanho M a 100 psi; grupo 3 = grupo controle sem tratamento.

No segundo experimento, avaliou-se na eficácia do tratamento carrapaticida e o COE frente a diferença entre tamanhos de gota com a mesma pressão de trabalho, jato cônico cheio. Para isso, foram realizados tratamentos em dois grupos experimentais, além do grupo controle, totalizando dez animais por grupo: grupo 1 = bico CH100-1 produzindo

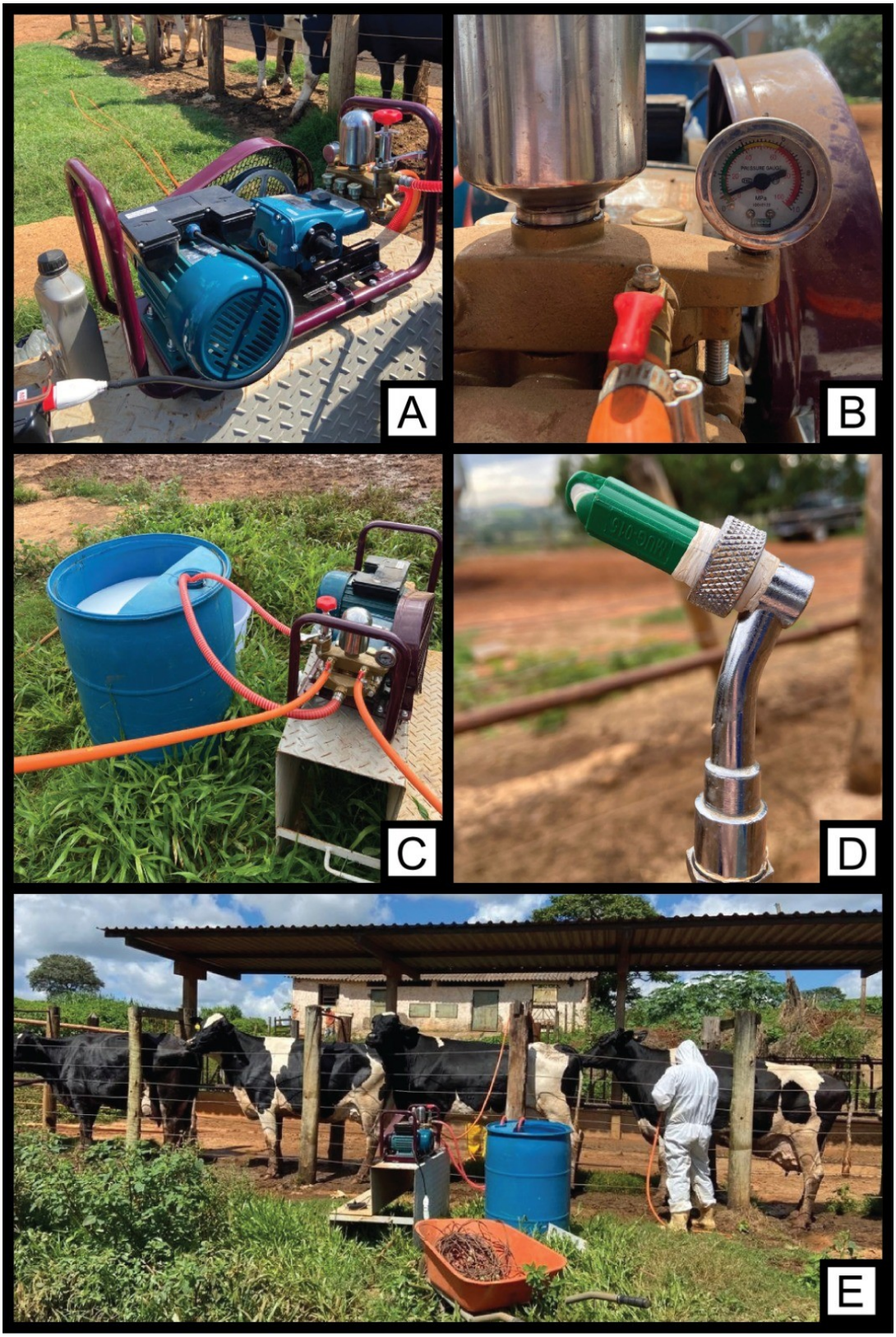
gota de tamanho pequeno/fina (F) a 100 psi; grupo 2 = bico CH100-3 produzindo gota de tamanho M a 100 psi; grupo 3 = grupo controle sem tratamento.

No terceiro experimento, por fim, foi avaliada a eficácia do tratamento e o COE frente a diferença entre tamanhos de gota extremos com a mesma pressão de trabalho. Para isso, foram realizados tratamentos em dois grupos experimentais e um grupo controle, totalizando dez animais por grupo: grupo 1 = bico CH100-1 produzindo gota de tamanho F a 100 psi; grupo 2 = bico MUG 015 produzindo gota de tamanho ultra grossa (UG) a 100 psi; grupo 3 = grupo controle sem tratamento. O bico CH100-1 apresenta um padrão de pulverização cônico cheio, enquanto o bico MUG 015 apresenta um padrão de pulverização em leque.

3.4. Pulverizador estacionário motorizado

Para os experimentos, foi utilizado um pulverizador estacionário motorizado modelo HS-22 Yamaho®, contendo manômetro com regulagem de pressão de trabalho de até 400 psi acoplado na saída, capacidade 15 L/min, rotação 800 rpm, polia 180x2A, saída para mangueira de sucção ¾ com filtro, saída para mangueira de retorno e saída para duas mangueiras 3/8 (Figura 4). Ligado ao pulverizador, um motor de indução elétrico monofásico de 3 hp e 800 rpm. A partir da saída das mangueiras, duas mangueiras 3/8 de 12 metros cada, acopladas a destorcedores DS-3/8 Yamaho®, registro C-3 Yamaho®, esguicho de alumínio de 82 centímetros Yamaho®, filtro de linha F-1 Yamaho® e bico de pulverização a ser testado (bicos CH100-1, CH100-3, MUG 015 MagnoJet®). Como reservatório da calda contendo o produto carrapaticida, foram utilizadas duas bombonas com capacidade de 200 litros cada. Como medida de contenção, utilizou-se um corredor de cordoalha de 12 metros com estacas de madeira a cada 2 metros em ambos os lados e barra fixa a 120 centímetros de altura em toda a extensão do corredor com capacidade de até 6 animais.

Figura 4: Equipamento para pulverização completo e corredor de cordoalha. A = Pulverizador Estacionário Motorizado; B = Manômetro; C = Pulverizador acoplado à bombona com a calda carrapaticida; D = Extremidade do esguicho contendo o bico (MUG 015); E = Animais no corredor de cordoalha recebendo tratamento.



3.5. Cronograma de execução, seleção de animais e grupos experimentais

Cada experimento seguiu a mesma ordem cronológica de execução. Entre os dias -3, -2 e -1 dos experimentos (Wharton e Utech, 1970), foi realizada a contagem de carrapatos no lado direito do corpo de todas as vacas em lactação (em média 60 vacas) da fazenda, sem multiplicar por dois, totalizando três dias de contagem. No último dia, a média de carrapatos entre os três dias foi tabelada em ordem decrescente. Outliers foram retirados e realizou-se o ranqueamento e distribuição de animais entre três grupos, seguindo uma ordem decrescente e direcionando um animal com a maior média de carrapatos por vez para cada grupo, através da divisão de grupos por blocos, permitindo uma média bem aproximada de carrapatos por grupo (dois tratados e controle) ao selecionar animais com contagens de carrapatos aproximadas em cada um dos grupos. Os animais escolhidos não haviam sido tratados há pelo menos 30 dias antes do início de cada experimento.

Foram selecionados 30 animais para cada experimento, com grupos contendo 10 animais cada, além da mesma quantidade de animais de cada lote em cada grupo experimental. No dia 0, foi realizado o tratamento carrapaticida indicado para cada grupo. Nos dias 7, 14 e 21 (Brasil, 1997; Holdsworth *et al*., 2022), os animais do experimento foram conduzidos à contagem de carrapatos ≥ 4,5 mm de comprimento (Villares, 1941) pelo lado direito de toda superfície corporal de cada animal para cálculo de eficácia do tratamento realizado (Wharton e Utech, 1970; Drummond *et al*., 1973).

3.6. Banho carrapaticida e eficácia

Após a divisão dos animais em grupos, o banho carrapaticida foi realizado seguindo os princípios do banho bem dado (Embrapa, 2017). Durante o banho, foi priorizado que todo o corpo do animal tenha contato com a calda carrapaticida. Na primeira parte do banho, foi tratada a face interna do membro posterior, região posterior do úbere, períneo, região perianal e cauda; na segunda parte, foi tratada a face interna da coxa, úbere, toda a região ventral abdominal e torácica, face interna do membro anterior e axilas; na terceira parte, foi tratada a face externa do membro posterior, abdome, costado, face externa do membro anterior e região lateral do pescoço, incluindo toda a região correspondente da coluna vertebral; por fim, na quarta parte do banho, foi tratada a face externa das orelhas, fronte e chanfro, e interior do pavilhão auditivo (Rodrigues *et al*., 2012).

As contagens de fêmeas de *R. microplus* ≥ 4,5 mm foram realizadas nos dias +7, +14 e +21 após tratamento. O cálculo de eficácia do produto foi realizado como indica a fórmula abaixo (MAPA, 1997):

Eficácia = [1- (Ta x Cb) / (Tb x Ca)] x 100, onde:
Ta = número médio de fêmeas acima de 4,5 mm de comprimento contadas nos animais do grupo tratado após o tratamento carrapaticida;

Tb = número médio de fêmeas acima de 4,5 mm de comprimento contadas nos animais do grupo tratado dos dias -3 a –1;

Ca = número médio de fêmeas acima de 4,5 mm de comprimento contadas nos animais do grupo controle após o tratamento carrapaticida;

Cb = número médio de fêmeas acima de 4,5 mm de comprimento contadas nos animais do grupo controle dos dias -3 a –1.

3.7. Custo Operacional Efetivo (COE) do banho carrapaticida

Para realizar o COE do banho carrapaticida, durante o tratamento, o tempo médio (minutos e segundos) de banho por animal foi contabilizado utilizando cronômetro digital. Além disso, o consumo da calda carrapaticida foi medido subtraindo a quantidade de produto final após todos os animais do grupo serem tratados da quantidade inicial. Para o cálculo do gasto com mão de obra, foi considerado o valor de remuneração do funcionário de R$ 2.500.

Ao valor da remuneração, foi acrescido o percentual de 42,04% referentes a encargos trabalhistas do custo básico de um funcionário rural de acordo com a Lei 5.889, de 8 de junho de 1973 (BRASIL, 1973). O resultado dessa soma foi dividido por 30, referente ao número de dias de um mês e dividido por oito, referente ao número de horas trabalhadas por dia, para a obtenção do valor de hora trabalhada (aproximadamente R$ 14,80). Finalmente, o valor obtido foi multiplicado pelo valor de média do tempo de duração de cada grupo tratado.

As despesas com produto carrapaticida foram calculadas, para cada tratamento, multiplicando-se o valor médio de consumo de calda carrapaticida pelo preço do produto comercial (R$ 200,00/litro) utilizado de acordo com as recomendações de bula.

O custo médio do banho de pulverização para cada parâmetro avaliado foi calculado por meio da soma dos valores obtidos para despesas com mão de obra e consumo de produto carrapaticida, além dos gastos com água e energia elétrica. Os índices calculados foram expressos em reais e em dólares (cotação de agosto de 2023: 1 dólar = R$ 5,20) , por animal.

Para o cálculo do COE do banho carrapaticida, foi considerada a seguinte fórmula:

COE = despesas com carrapaticida + mão de obra + consumo de água + consumo de energia elétrica, sendo que:

Despesas com carrapaticida = Consumo médio por animal (Consumo do grupo/n de animais do grupo) * quantidade média de produto utilizada por animal (em litros) * preço do produto (por litro)

Mão de obra = [remuneração + encargos trabalhistas (42,04%) / 30 (dias no mês) / 8 (horas trabalhadas) / 3600 (segundos em uma hora)] * média de tempo de banho do grupo (expresso em segundos)

Consumo de água = valor do m³ da água * quantidade média de água usada por banho do grupo / 1000

Consumo de energia elétrica = valor do kWh * kWh do pulverizador motorizado estacionário / 3600 (segundos em uma hora) * média de tempo de banho do grupo (expresso em segundos).

3.8. Análise estatística

Os dados obtidos das contagens de fêmeas de *R. microplus* foram transformados em ln (x+1). Após a transformação, os dados atenderam aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias e resíduos. Os dados transformados foram analisados, por um modelo linear misto para medidas repetidas. Tal modelo incluiu os efeitos fixados para os tratamentos, dia do estudo e suas interações. As contagens de carrapatos entre os tratamentos, foram comparadas usando o teste de Tukey. O nível de significância considerado para todos os testes foi de $p \leq 0,05$. Os resultados de COE foram avaliados por meio de estatística descritiva.

3.9. Aspectos éticos

O projeto aprovado no dia 24/10/2022 em reunião da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Minas Gerais sob o protocolo de número 234/2022 com validade até 23/10/2027.

4. RESULTADOS

4.1. Experimento 1: tamanho de gotas iguais (média) e pressões diferentes (50 e 100 psi)

Antes do início do experimento, o TIA demonstrou 100% de eficácia para o Flytion® EC 50 (clorpirifós 50% e cipermetrina high –cis 6%). O teste de vazão realizado previamente ao início do experimento indicou uma vazão média de 1 litro/minuto para o bico CH100-1 a 50 psi (Grupo 1) e 2,3 litros/minuto para o bico CH100-3 a 100 psi (Grupo 2). Para o primeiro grupo tratado (Grupo 1 - gota M, 50 psi), o volume inicial de calda carrapaticida produzida foi de 65 litros e o volume final de 25 litros, totalizando um consumo da calda de 40 litros, o que representou uma média de 4 litros por animal tratado. Para o segundo grupo tratado (Grupo 2 - gota M, 100 psi), o volume inicial de calda foi de 70 litros e o volume final de 4,1 litros, totalizando um consumo de 65,9 litros, média de 6,5 litros/animal.

As contagens médias de carrapatos do Grupo 1 foram, respectivamente, para os dias pré-tratamento (D0), +7, +14 e +21: 30,47, 14,4 e 6,6 e 3,3 carrapatos. Para o Grupo 2, foram, respectivamente: 29,57, 11,8, 2,9 e 1,8 carrapatos. Para o Grupo Controle foram: 30,65, 49,3, 29,9 e 29,8 carrapatos (Tabela 1). Não houve diferença na contagem média de carrapatos entre os tratamentos em nenhuma data avaliada. As contagens médias de carrapatos dos grupos tratados foram menores que a do grupo controle nas datas +7, +14 e +21 ($p<0,05$). A eficácia do tratamento nos dias +7 ao +21 variou de 70,6 a 88,9% para o Grupo 1, e de 75,2 a 93,7% para o Grupo 2. Para ambos os grupos tratados o maior valor de eficácia foi obtido no dia +21 (Tabela 1).

Tabela 1: Número médio de carrapatos do grupo 1 (Gota M, 50 psi), grupo 2 (Gota M, 100 psi) e controle, seguido pela eficácia (%) do tratamento para o experimento 1 (mesmo tamanho de gota e pressão diferente).

Dia do Estudo	Grupos experimentais/Número médio de fêmeas de *R. microplus* (≥4,5mm) dos bovinos = [∑log(x+1)]/n					Eficácia (%)	
	G1: gota média, 50 psi	G2: gota média, 100 psi	Controle	Valor de P	CV	G1	G2
0*	3,1539 a	3,2336 a	3,1768 a	0,9205	24,84	-	-
7	2,2698 b	2,2589 b	3,4821 a	0,0213	37,19	70,6	75,2
14	1,6388 b	0,9980 b	3,1181 a	0,0001	50,1	77,8	89,9
21	1,1724 b	0,8184 b	2,9457 a	<0,0001	54,71	88,9	93,7

* Médias das contagens entre os dias -3, -2 e –1. CV: coeficiente de variação.
Médias de carrapatos seguida por letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa em 5%.

4.2. Experimento 2: tamanho de gotas diferentes (fina e média) e mesma pressão (100 psi)

O teste de vazão realizado previamente ao início do experimento indicou uma vazão média de 1,2 litros/minuto para o bico CH100-1 a 100 psi (Grupo 1) e 2,3 litros/minuto para o bico CH100-3 a 100 psi (Grupo 2). Para o primeiro grupo tratado (Grupo 1 - gota F, 100 psi), o volume inicial de calda carrapaticida produzida foi de 55 litros e o volume final de 7 litros, totalizando um consumo da calda de 48 litros, o que representou uma média de 4,8 litros por animal tratado. Para o segundo grupo tratado (Grupo 2 - gota M, 100 psi), o volume inicial de calda foi de 77 litros e o volume final de 13,8 litros, totalizando um consumo de 63,2 litros, média de 6,3 litros/animal.

As contagens médias de carrapatos do Grupo 1 foram, respectivamente, para os dias pré-tratamento, +7, +14 e +21: 29,1, 22,9, 14,7 e 6,3 carrapatos. Para o Grupo 2, foram, respectivamente: 28,94, 14,20, 11,5 e 2,4 carrapatos. Para o Grupo Controle foram: 29,1, 44,6, 50,7 e 45,5 carrapatos (Tabela 2). Não houve diferença na contagem média de carrapatos entre os tratamentos em nenhuma data avaliada. As contagens médias de carrapatos dos grupos tratados foram menores que a do grupo controle nas

datas +7, +14 e +21 ($p<0,05$). A eficácia do tratamento nos dias +7 ao +21 variou de 48,7 a 86,2% para o Grupo 1, e de 68 a 94,7% para o Grupo 2. Para ambos os grupos tratados o maior valor de eficácia foi obtido no dia +21 (Tabela 2).

Tabela 2: Número médio de carrapatos do grupo 1 (gota fina, 100 psi), grupo 2 (gota média, 100 psi) e controle, seguido pela eficácia (%) do tratamento para o experimento 2 (tamanho de gota diferente e mesma pressão).

Dia do Estudo	Grupos experimentais/Número médio de *R. microplus* (≥4,5mm) dos bovinos = [∑log(x+1)]/n					Eficácia (%)	
	G1: gota fina, 100 psi	G2: gota média, 100 psi	Controle	Valor de P	CV	G1	G2
0*	3,3089 a	3,3248 a	3,3184 a	0,9923	13,63	-	-
7	2,3812 b	2,2475 b	3,5811 a	0,0056	36,34	48,7	68
14	2,1857 b	2,0741 b	3,5672 a	0,0203	42,84	71	77,2
21	1,2123 b	0,8959 b	3,5654 a	<0,0001	46,83	86,2	94,7

* Médias das contagens entre os dias -3, -2 e –1. CV: coeficiente de variação.
Médias de carrapatos seguida por letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa em 5%.

4.3. Experimento 3: tamanho de gotas diferentes (fina e ultra grossa), mesma pressão (100 psi) e padrão de jato diferente (cone cheio e leque)

O teste de vazão realizado previamente ao início do experimento indicou uma vazão média de 1,2 litros/minuto para o bico CH100-1 a 100 psi (Grupo 1) e 1,3 litros/minuto para o bico MUG 015 a 100 psi (Grupo 2). Para o primeiro grupo tratado (Grupo 1 - gota F, 100 psi, cone cheio), o volume inicial de calda carrapaticida produzida foi de 55 litros e o volume final de 14 litros, totalizando um consumo da calda de 41 litros, o que representou uma média de 4,1 litros por animal tratado. Para o segundo grupo tratado (Grupo 2 - gota UG, 100 psi, leque), o volume inicial de calda foi de 60 litros e o volume final de 11 litros, totalizando um consumo de 49 litros, média de 4,9 litros/animal.

As contagens médias de carrapatos do Grupo 1 foram, respectivamente, para os dias pré-tratamento, +7, +14 e +21: 16,87, 19, 8,1 e 9 carrapatos. Para o Grupo 2, foram, respectivamente: 17,18, 13,9, 4,8 e 4,1 carrapatos. Para o Grupo Controle foram: 17,05, 51,8, 35,4 e 29,2 carrapatos (Tabela 3). Não houve diferença na contagem média de carrapatos entre os tratamentos em nenhuma data avaliada. Nos dias +7 e +21, a contagem média do Grupo 1 se assemelhou tanto com o Grupo 2, quanto com o Grupo Controle ($p<0,05$). A contagem média de carrapatos do Grupo 2 foi menor que a do grupo controle nas datas +7, +14 e +21, e a contagem média de carrapatos do Grupo 1 foi menor apenas no dia +14 ($p<0,05$). A eficácia do tratamento nos dias +7 ao +21 variou de 62,9 a 76,9% para o Grupo 1, e de 73,4 a 86,5% para o Grupo 2. Para ambos os grupos tratados o maior valor de eficácia foi obtido no dia +14 (Tabela 3).

Tabela 3: Número médio de carrapatos do grupo 1 (gota fina, 100 psi), grupo 2 (gota ultra grossa, 100 psi) e controle, seguido pela eficácia (%) do tratamento para o experimento 2 (tamanho de gota diferente, mesma pressão e padrão de jato diferente).

Dia do Estudo	Grupos experimentais/Número médio de *R. microplus* (≥4,5mm) dos bovinos = [∑log(x+1)]/n					Eficácia (%)	
	G1: gota fina, 100 psi, cone cheio	G2: gota ultra grossa, 100 psi, leque	Controle	Valor de P	CV	G1	G2
0*	2,7945 a	2,8214 a	2,8389 a	0,8590	13,67	-	-
7	2,5430 ab	2,1592 b	3,6303 a	0,0212	40,56	62,9	73,4
14	1,7188 b	1,4275 b	3,4018 a	0,0001	41,13	76,9	86,5
21	1,6205 ab	0,8425 b	2,8579 a	0,0024	69,69	68,8	86,1

* Médias das contagens entre os dias -3, -2 e –1. CV: coeficiente de variação.
Médias de carrapatos seguida por letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa em 5%.

4.4. Tempo de banho e Custo Operacional Efetivo (COE)

No Experimento 1, o tempo total médio por banho por animal para o Grupo 1 (gota média, 50 psi) foi de 03:36 minutos, enquanto o tempo médio para o Grupo 2 (gota média, 100 psi) foi de 02:57 minutos. No Experimento 2, o tempo total médio de banho por animal no Grupo 1 (gota fina, 100 psi) foi de 03:48 minutos, enquanto o Grupo 2 (gota média, 100 psi) foi de 02:56 minutos. No Experimento 3, o tempo total médio de banho por animal no Grupo 1 (gota fina, 100 psi) foi de 03:43 minutos, enquanto o Grupo 2 (gota ultra grossa, 100 psi) foi de 03:41 minutos.

O COE foi calculado isoladamente para cada grupo tratado em cada experimento. No Experimento 1, o COE do Grupo 1 foi de R$ 2,39 (R$ 1,32 de produto, R$ 0,19 com energia e água e R$ 0,88 de mão de obra) por tratamento e do Grupo 2 foi e R$ 3,10 por tratamento (R$ 2,17 de produto, R$ 0,21 de energia e água e R$ 0,72 de mão de obra). Para o Experimento 2, o COE do Grupo 1 foi de R$ 2,72 (R$ 1,58 de produto, R$ 0,21 de energia e água e R$ 0,93 de mão de obra) por tratamento e do Grupo 2 foi de R$ 3,01 (R$ 2,08 de produto, R$ 0,21 de energia e água e R$ 0,72 de mão de obra) por tratamento. Para o Experimento 3, o COE do Grupo 1 foi de R$ 2,48 (R$ 1,36 de produto, R$ 0,20 de energia e água e R$ 0,92 de mão de obra) por tratamento e para o Grupo 2 foi de R$ 2,73 (R$ 1,61 de produto, R$ 0,21 de energia e água e R$ 0,91 de mão de obra) por tratamento (Tabela 4).

Tabela 4: Tempo de banho e custo operacional efetivo médio do banho carrapaticida de cada grupo por experimento.

Experimento	Tempo de banho (minuto:segundo)		Custo Operacional Efetivo em reais (dólar*)	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
1 (mesma gota e pressão diferente)	03:36	02:57	2,39 (0,46)	3,10 (0,60)
2 (gota diferente e mesma pressão)	03:48	02:56	2,72 (0,52)	3,01 (0,58)
3	03:43	03:41	2,48	2,73

(gota diferente, mesma pressão, jato diferente)	(0,48)	(0,53)

Experimento 1: Grupo 1 = gota média, 50 psi; Grupo 2 = gota média, 100 psi, cone cheio
Experimento 2: Grupo 1 = gota fina, 100 psi Grupo 2 = gota média, 100 psi, cone cheio
Experimento 3: Grupo 1 = gota fina, 100 psi, cone cheio; Grupo 2 = gota ultra grossa, 100 psi, leque. *Cotação de agosto/2023 (1 dólar = R$ 5,20).

5. DISCUSSÃO

O presente trabalho é o primeiro estudo que compara a combinação de tamanho de gota e pressão de trabalho para determinar se há alteração na contagem de carrapatos e na eficácia do tratamento de *R. microplus* em vacas em lactação. Não foi observada diferença estatística entre os tratamentos quanto a contagem de carrapatos. Foi demonstrado que tanto o tamanho de gota quanto a pressão podem influenciar na eficácia (MAPA,1997) do tratamento carrapaticida realizado ao ser analisado isoladamente, na qual, a pressão mais elevada, de 100 psi, e gotas de tamanhos maiores (média e ultragrossa) tendem a apresentar um tratamento com maior eficácia quando comparado com pressão de 50 psi e gota fina, principalmente pelo aumento do impacto das gotas na superfície corporal do animal (Nuyttens *et al*., 2007; Dorr *et al*., 2013; Moraes *et al*., 2023), assim como observado pelos valores de eficácia dos grupos tratados nos experimentos 1 e 2. Ao comparar tratamentos com padrão de jato em cone cheio e gota fina e em leque e gota ultragrossa, o grupo do tratamento com o padrão em leque apresentou maior eficácia que o padrão em cone cheio, evidenciado pelos resultados do experimento 3. Foram observados valores de eficácia inconsistentes entre o resultado do teste de eficácia em laboratório (100%) e os resultados dos testes a campo (48,7 a 94,7%). Quanto ao COE do banho carrapaticida, a quantidade de produto gasta é mandatória no valor final, consequentemente, associada a vazão do bico. Além disso, tempo de banho representa parte do valor final, e pode estar associado a um desgaste físico do operador devido a um maior tempo de trabalho, comprometendo a qualidade do banho, já que tratamentos nas propriedades costumam ser realizados em vários animais em um mesmo momento (Amaral *et al*., 2011; Rocha *et al*., 2011).

Sabe-se que a forma de aplicação do carrapaticida de fato possui capacidade de alterar a eficácia do tratamento, uma vez que pode facilitar ou dificultar o contato do

produto com o carrapato presente em toda superfície corporal do animal (Wharton *et al*., 1970). Por exemplo, ao comparar a eficácia de tratamentos carrapaticidas entre um sistema de imersão (banheiro de imersão) e sistemas de pulverização, tratamentos que utilizam o pulverizador estacionário motorizado apresenta eficácia superior ao tratamento por imersão e tratamentos por câmara atomizadora. Além disso, é encontrado uma maior concentração do produto no pelo do animal após o tratamento utilizando um pulverizador estacionário comparado ao tratamento por imersão (Wharton *et al*., 1970). Por outro lado, há também relato de tratamentos por imersão apresentando eficácia superior à pulverização (Davey *et al*., 1997). Essa divergência encontrada pode ser explicada pela falta de padronização entre banhos e equipamentos utilizados, já que podem alterar o padrão do jato, tamanho da gota e pressão de trabalho empregada no tratamento, além de uma possível interferência humana ao considerar o banho carrapaticida, e é improvável que os estudos compartilhem dos mesmos padrões de pulverização e demais características do banho (Rodrigues, 2012; Moraes *et al*., 2023).

Os grupos tratados com pressão de trabalho de 100 psi (experimento 1) e gotas maiores (média e ultragrossa; experimento 2 e 3) apresentaram maiores valores de eficácia quando comparado ao outro tipo de tratamento. No experimento 3, o tratamento com gota ultragrossa diferiu estatisticamente do controle ($p<0,05$), enquanto que o tratamento com gota fina não diferiu na contagem dos dias +7 e +21. Tal resultado é consequência, provavelmente, de uma maior capacidade de penetração do produto no pelo do animal, produzida principalmente pelo aumento da pressão de 50 para 100 psi, atingindo uma maior quantidade de carrapatos durante o banho (Wharton *et al*., 1970; Moraes *et al*., 2023). No entanto, é necessário destacar que não houve diferença estatística entre grupos tratados em nenhum experimento, e a eficácia do tratamento deve ser avaliada juntamente à contagem média de carrapatos dos grupos. Ainda, estudos indicam pressões variando de 32 (bomba costal) a 700 psi (lavadora de alta pressão) (Wharton *et al*., 1970; Davey *et al*., 1997; Rodrigues, 2012; Moraes *et al*., 2023). Dessa forma, a comparação das pressões de 50 e 100 psi nesse estudo pode ter influenciado nos resultados das análises estatísticas, necessitando de um maior intervalo entre as pressões para observar diferença entre os grupos tratados.

Na agricultura, a pressão e padrão de pulverização para o controle de pragas já foi demonstrado com o potencial de alterar a eficácia do tratamento (Bauer e Raetano, 2004;

Costa *et al*., 2007). As gotas maiores, por sua vez, apresentam melhor deposição e penetração em superfícies largas, especificamente ao avaliar sua capacidade de cobertura na pulverização agrícola (Azevedo e Freire, 2006; Ramos *et al*., 2010). Ainda, a anatomia de um bovino não pode ser relacionada efetivamente com a superfície de campos agrícolas destinados à produção vegetal, principalmente ao avaliar a capacidade de penetração da gota, dado que o animal possui superfícies irregulares, pelos e dobras de peles naturais. Nesse caso, as gotas maiores podem ter apresentado maiores valores de eficácia nos tratamentos carrapaticidas devido ao aumento do impacto do jato, penetrando melhor as barreiras naturais corporais do bovino e atingindo diretamente o carrapato com maior efetividade (Wharton *et al*., 1970). É importante destacar que, devido ao forte impacto do jato, pressões muito elevadas podem causar desconforto ao animal (Moraes *et al*., 2023).

Ressalta-se que, mesmo que a eficácia tenha sido superior em todos os tratamentos com pressão e gotas maiores, nem todos os dias pós tratamento a eficácia foi superior a 90-95% (MAPA, 1999; Holdsworth *et al*., 2022). As maiores eficácias estavam na faixa de 76,9 a 94,7%, demonstrando que mesmo que o carrapaticida utilizado tenha apresentado eficácia de 100% no TIA, nem sempre é possível repetir esse resultado a campo, principalmente devido aos métodos, técnicas e estágios-alvo do tratamento para determinar a eficácia do produto entre o TIA e nos testes a campo (Roulston *et al*.,1968; Drummond *et al*., 1973; Corrêa *et al*., 2015). Apesar da diferença na eficácia entre tratamentos ter sido evidenciada, a média de carrapatos contados não apresentou diferença estatística na maioria das situações entre os grupos tratados. A eficácia do tratamento é um valor demonstrado em porcentagem, e não permite a comparação entre dois resultados diferentes (Drummond *et al*., 1973). Sendo assim, nesse caso, a contagem média de carrapatos deve ser considerada antes de avaliar a eficácia isoladamente. Quer dizer, ao comparar diferentes tratamentos carrapaticidas, é necessário levar em consideração o número médio de carrapatos por grupo em cada contagem. Nos experimentos 1 e 2, houve diferença estatística nas contagens de carrapatos dos grupos tratados nos dias +7, +14 e +21 para o controle, mas não houve diferença entre os grupos tratados. Já no experimento 3, nos dias +7 e +21, não houve diferença estatística entre os grupos tratados. Porém o grupo 1 foi igual ao controle e o grupo 2 foi diferente do controle nos dias +7 e +21. Nesse caso, é possível que as combinações de gota e pressão utilizadas permitiram avaliar a eficácia do tratamento,

mas não permitiram avaliar e comparar a redução na média de carrapatos ao não observar diferenças estatísticas entre os grupos tratados.

Os bicos de pulverização apresentam características específicas para cada tipo de padrão de jato conforme a necessidade da utilização, por exemplo, determinada cultura (Cunha *et al*., 2004; Ramos *et al*., 2010). Quanto aos bovinos, assim como já afirmado, o padrão de jato mais recomendado para o banho carrapaticida é o cone cheio (Rodrigues, 2012), pois o padrão em leque é destinado às superfícies planas (Cunha *et al*., 2004) e a superfície corpórea do bovino é irregular. No entanto, não existem estudos que comprovam tal hipótese nos bovinos. Curiosamente, no experimento 3 o grupo 2 apresentou maior eficácia, mesmo utilizando um padrão de pulverização em leque comparado ao padrão em cone cheio. Contudo, não é possível distinguir se esse efeito está relacionado ao tamanho da gota ou ao padrão do jato, já que não houve diferença estatística na contagem de carrapatos entre os grupos tratados e foram duas variáveis avaliadas (tamanho de gota e padrão de pulverização) para apenas dois grupos tratados. É importante ressaltar que não se conseguiu adquirir um bico de cone cheio que produzisse uma gota ultra grossa.

Uma característica interessante do bico que promove um jato em leque é a capacidade de trabalhar com gotas maiores, permitindo o aumento da pressão durante a pulverização sem prejudicar o tamanho da gota (Cunha *et al*., 2004; Ramos *et al*., 2010). É demonstrando que o turbilhonamento, a direção e a velocidade das gotas influenciam na eficácia de um tratamento herbicida por pulverização, e isso é definido principalmente pelo tipo de bico, jato e, consequentemente, gota. No caso do turbilhonamento e direção da gota, a estrutura interna do bico e o orifício de saída é o que mais define o padrão a ser observado, evidente principalmente no bico que promove um padrão de pulverização em cone vazio ou cheio, assim como o utilizado nos experimentos (Foqué e Nuyttens, 2010). Já no caso da velocidade das gotas, estudos demonstram que quanto maior o tamanho da gota, maior sua velocidade final ao entrar em contato com a superfície a ser tratada (Nuyttens *et al*., 2007; Dorr *et al*., 2013). Ao levar em consideração o tratamento carrapaticida realizado nos experimentos, as gotas maiores podem ter atingido o corpo do animal em uma maior velocidade, gerando uma melhor penetração das gotas no pelo do animal, consequentemente, carrapato, e justificando a diferença observada entre o grupo 2 (gota ultra grossa e jato leque) e controle no experimento 3.

Com relação ao tempo médio de banho, uma pressão menor (50 psi) e gotas mais finas influenciam inversamente o tempo de tratamento por pulverização no animal. Ou seja, quanto menor a pressão e quanto mais fina a gota, maior foi a duração do banho carrapaticida. Entre os experimentos e grupos tratados, todos os grupos com pressão a 50 psi e gotas mais finas apresentaram uma duração no tempo de banho superior de até 1.3 vezes quando comparado com o outro grupo no mesmo experimento. É fato que, devido a baixa capacidade de penetração da gota na pele e pelo do animal promovida por uma baixa pressão e gotas menores, é necessário um maior tempo de banho para que o animal fique completamente tratado. O tempo de banho está associado intimamente ao desgaste físico do operador, provocando, geralmente, diminuição da eficácia dos tratamentos em casos de desgaste físico do operador (Pereira *et al*., 2008; Rocha *et al*., 2011; Rodrigues, 2012). Dessa forma, banhos que permitem diminuir o tempo de trabalho sem prejudicar a qualidade do tratamento são mais recomendados quanto maior o número de animais a serem tratados, evitando o cansaço desnecessário do operador. Nesse sentido, a utilização de equipamentos automatizados pode ser uma boa estratégia a fim de minimizar o desgaste físico e trabalho do operador, além de permitir realizar tratamentos em uma maior quantidade de animais no mesmo intervalo de tempo quando comparado com outros tipos de equipamentos.

O COE do banho carrapaticida variou entre R$ 2,39 (0,46 USD) e R$ 3,10 (0,60 USD) por animal tratado. Os gastos com água, energia elétrica e mão-de-obra não ultrapassaram o gasto com o produto. No experimento 1, o COE do grupo 2 (gota média, 100 psi, cone cheio) foi superior em 1.3 vezes ao grupo 1 (gota média, 50 psi, cone cheio). No experimento 2, o COE do grupo 2 (gota média, 100 psi, cone cheio) foi superior em 1.1 vezes em relação ao grupo 1 (gota fina, 100 psi, cone cheio). No experimento 3, o COE do grupo 2 (gota ultra grossa, 100 psi, leque) foi superior em 1.1 vezes em relação ao grupo 1 (gota fina, 100 psi, cone cheio). Sabe-se que o maior consumo do produto é promovido principalmente pela vazão do bico associada a pressão utilizada (Rodrigues, 2012). Ou seja, a vazão, consequentemente, gasto com produto carrapaticida é responsável pelo aumento do COE em cada tratamento. Por outro lado, tratamentos mais rápidos, que diminuem o desgaste do operador, são consequência de um banho com maior vazão, isto é, promovem um consumo maior do produto de forma passiva.

Novos questionamentos surgem a partir dos resultados do presente trabalho. Os trabalhos que comparam a eficácia do tratamento carrapaticida em bovinos se concentram em comparar os equipamentos de pulverização, e não os parâmetros de pressão, gota e jato (Wharton *et al*., 1970; Davey *et al*., 1997; Rodrigues, 2012; Moraes *et al*., 2023), o que dificulta comparar o presente trabalho com a literatura disponível. O aumento do número de combinações de tamanho de gota, pressão e padrão de jato, 'n' experimental e grupos, poderia ser capaz de demonstrar diferenças mais evidentes entre tratamentos, ao contrário do que foi observado neste estudo, assim como já é pesquisado na agricultura (Azimi *et al*., 1985; Cunha *et al*, 2004; Costa *et al*., 2007; Ramos *et al*., 2010). Desse modo, permitiria identificar, caso exista, uma diferença estatística entre grupos tratados utilizando diferentes padrões de pulverização. Os resultados aqui investigados são os primeiros a serem obtidos ao avaliar a eficácia do produto carrapaticida utilizando diferentes padrões de pulverização e, devido à limitação na literatura, parte deles é explicado através de hipóteses. Sendo assim, a confirmação dessas hipóteses são necessárias para determinar as melhores caracterísitcas em um tratamento carrapaticida nas condições avaliadas. A pesquisa destas combinações auxiliariam na determinação de parâmetros para um bom tratamento carrapaticida a fim de determinar uma estratégia para manter a eficácia do produto, aumentando sua vida útil na propriedade. Sendo assim, novos estudos, laboratoriais e a campo, comparando diferentes padrões de pulverização, por exemplo cone cheio, cone vazio e leque são necessários.

6. CONCLUSÃO

Entre os experimentos e grupos tratados, não houve diferença estatística significativa na contagem média de carrapatos ao avaliar os diferentes tipos de tratamentos. Apesar disso, através do cálculo de eficácia, foi possível determinar que tratamentos com gotas maiores (média e ultra grossa) e pressão de trabalho mais elevada (100 psi) podem apresentar uma eficácia superior no controle de *R. microplus* em vacas em lactação, mas são necessárias outras combinações dos padrões avaliados para avaliar sua influência na eficácia do tratamento realizado. O consumo do produto, determinado principalmente pela vazão e pressão de trabalho, é o que mais influencia o

COE de um tratamento carrapaticida. Em média, um tratamento carrapaticida nas condições desse estudo varou de R$ 2,39 (0,46 USD) e R$ 3,10 (0,60 USD) por animal. Por fim, novos estudos são necessários para determinar melhores combinações, agora também com diferentes padrões de jato e comparando testes realizados a campo com testes em laboratório.

REFERÊNCIAS

AMARAL, M. A. Z. D., ROCHA, C. M. B. M. D., FACCINI, J. L., FURLONG, J., MONTEIRO, C. M. D. O., PRATA, M. C. D. A. Strategic control of cattle ticks: milk producers' perceptions. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 20, p. 148-154, 2011.

ANDERSON, J. F., MAGNARELLI, L. A. Biology of ticks. **Infectious disease clinics of North America**, v. 22, p. 195-215, 2008.

ANDREOTTI, R., GARCIA, M. V., KOLLER, W. W. **Carrapatos na cadeia produtiva de bovinos**. Embrapa Gado de Corte, 240 p., 2019.

ASSIS, A. G., STOCK, L. A., CAMPOS, O. F., GOMES, A. T., ZOCCAL, R., SILVA, M. R. **Sistemas de produção de leite no Brasil**. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, Circular Técnica, 6 p., 2005.

AZEVEDO, F. R., FREIRE, F. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 47 p., 2006.

AZIMI, A. H., CARPENTER, T. G., REICHARD, D. L. Nozzle spray distribution for pesticide application. **Transactions of the ASAE**, v. 28, n. 5, p. 1410-1414, 1985.

BAUER, F. C., RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzidas pelas pontas pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, v. 22, p. 275-284, 2004.

BRAGA, G. B., NETO, J. S. F., FERREIRA, F., AMAKU, M., DIAS, R. A. Caracterização dos sistemas de criação de bovinos com atividade reprodutiva na região Centro-Sul do Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 52, p. 217-227, 2015.

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

BURGER, T. D., SHAO, R., BARKER, S.C. Phylogenetic analysis of mitochondrial genome sequences indicates that the cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, contains a cryptic species. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 76, p. 241-253, 2014.

CALVANO, M. P. C. A., BRUMATTI, R. C., BARROS, J. C., GARCIA, M. V., MARTINS, K. R., ANDREOTTI, R. Bioeconomic simulation of *Rhipicephalus microplus* infestation in different beef cattle production systems in the Brazilian Cerrado. **Agricultural Systems**, v. 194, p. 103247, 2021.

CHAIN, A. **História da pulverização.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 17 p., 1999.

CONSTANTINOIU, C. C., JACKSON, L. A., JORGENSEN, W. K., LEW-TABOR, A. E., PIPER, E. K., MAYER, D. G., VENUS, B., JONSSON, N.N. Local immune response against larvae of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in *Bos taurus indicus* and *Bos taurus taurus* cattle. **International Journal for Parasitology**, v. 40, n. 7, p. 865-875, 2010.

CORRÊA, R. R., LOPES, W. D. Z., TEIXEIRA, W. F. P., CRUZ, B. C., GOMES, L. V. C., FELIPELLI, G., MACIEL, W. G., FÁVERO, F. C., BUZZULINI, C., BICHUETTE, B. A., SOARES, V. E., COSTA, A. J. A comparison of three different methodologies for evaluating *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* susceptibility to topical spray compounds. **Veterinary Parasitology**, v. 207, n. 1-2, p. 115-124, 2015.

COSTA, A. G. F., VELINI, E. D., NEGRISOLI, E., CARBONARI, C. A., ROSSI, C. V. S., CORRÊA, M. R., SILVA, F. M. L. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta daninha**, v. 25, p.203-210, 2007.

CRUZ, B. C., LOPES, W. D. Z., MACIEL, W. G., FELIPPELLI, G., FÁVERO, F. C., TEIXEIRA, W. F. P., CARVALHO, R. S., RUIVO, M. A., COLLI, M. H. A., SAKAMOTO., C. A. M., COSTA, A. J., OLIVEIRA, G. P. Susceptibility of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* to ivermectin (200, 500 and 630 µg/kg) in field studies in Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 207, n. 3-4, p. 309-317, 2015

CRUZ, B. C., MENDES, A. F. L., MACIEL, W. G., SANTOS, I. B., GOMES, L. V. C., FELIPELLI, G., TEIXEIRA, W. F. P., FERREIRA, L. L., SOARES, V. E., LOPES, W. D. Z., COSTA, A.J., OLIVEIRA, G. P. Biological parameters for *Rhipicephalus microplus* in the field and laboratory and estimation of its annual number of generations in a tropical region. **Parasitology research**, v. 119, p. 2421-2430, 2020.

CUNHA, J. P. A. R., TEIXEIRA, M. M., VIEIRA, R. F., FERNANDES, H. C., COURY, J. R. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 977-985, 2004.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, p. 1616-1621, 2008.

DANTAS-TORRES, F., MARTINS, T. F., MUÑOZ-LEAL, S., ONOFRIO, V. C., BARROS-BATTESTI, D. M. Ticks (Ixodida: Argasidae, Ixodidae) of Brazil: Updated species checklist and taxonomic keys. **Ticks and tick-borne diseases**, v. 10, p. 101252, 2019.

DAVEY, R. B., AHRENS, E. H., GEORGE, J. E., KARNS, J. S. Efficacy of freshly mixed coumaphos suspensions adjusted to various pH levels for treatment of cattle infested with *Boophilus annulatus* (Say)(Acari: Ixodidae). **Preventive Veterinary Medicine**, v. 23, p. 1-8, 1995.

DAVEY, R. B., AHRENS, E. H., GEORGE, J. E. Comparative effectiveness of coumaphos treatments applied by different methods for the control of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). **Journal of Agricultural Entomology**, v.14, n.1, 1997.

DI OLIVEIRA, J. R. G., FERREIRA, M. C., ROMÁN, R. A. A. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 92-99, 2010.

DORNELLES, M. E., SCHLOSSER, J. F., BOLLER, W., RUSSINI, A., CASALI, A. L. Inspeção técnica de tratores e pulverizadores utilizados em pulverização agrícola. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 19, n. 1, p. 36-43, 2011.

DORR, G. J., HEWITT, A. J., ADKINS, S. W., HANAN, J., ZHANG, H., NOLLER, B. A comparison of initial spray characteristics produced by agricultural nozzles. **Crop protection**, v. 53, p. 109-117, 2013.

DRUMMOND, R. O., ERNST, S. E., TREVINO, J. L., GLADNEY, W. J., GRAHAM, O. H. *Boophilus annulatus* and *Boophilus microplus*: laboratory tests for insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v. 66, p. 130-133, 1973.

Embrapa. Anuário Leite 2023. **Leite baixo carbono**. Embrapa Gado de Leite. 61 p., 2023.

Embrapa Gado de Leite. **Dez passos para um banho carrapaticida bem dado**. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora. 2. p., 2017.

ESTRADA-PEÑA. A., SÁNCHEZ-ACEDO, C., QUILEZ, J., DEL CACHO, E. A retrospective study of climatic suitability for the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in the Americas. **Global Ecology Biogeography**, v. 14, n. 6, p. 565–573, 2005.

ESTRADA-PEÑA, A., BOUATTOR, A., CAMICAS, J. L., GUGLIELMONE, A., HORAK, I., JONGEJAN, F., LATIF, A., PEGRAM, R., WALKER, A. R. The known distribution and ecological preferences of the tick subgenus *Boophilus* (Acari: Ixodidae) in Africa and Latin America. **Experimental, applied acarology**, v. 38, p. 219-235, 2006.

ESTRADA-PEÑA, A., VENZAL, J. M., NAVA, S., MANGOLD, A., GUGLIELMO E, A. A., LABRUNA, M. B.,, DE LA FUENTE, J. Reinstatement of *Rhipicephalus (Boophilus) australis* (Acari: Ixodidae) with redescription of the adult and larval stages. **Journal of Medical Entomology**, v. 49, n. 4, p. 794-802, 2012.

FARIAS, N. A. R., GONZALES, J. C., SAIBRO, J. C. Antibiose e antixenose entre forrageiras e larvas de carrapato-de-boi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 12, p. 1313-1320, 1986.

FELIPELLI, G., TEIXEIRA, W. F. P., GOMES, L. V. C., MACIEL, W. G., CRUZ, B. C., BUZZULINI, C., SANTOS, T. R., FERREIRA, L. L., SOARES, V. E., RODRIGUES, D. S., MONTEIRO, C. M. O., COSTA, A. J., Lopes, W. D. Z. Tick infestation level interferes with spray formulation (organophosphate+ pyrethroid) efficacy against *Rhipicephalus microplus.* **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 13, n. 2, p. 101903, 2022.

FERREIRA, L. L., SOARES, S. F., OLIVEIRA FILHO, J. G., OLIVEIRA T. T., LEÓN, A. A. P., BORGES, L. M. F. Role of *Rhipicephalus microplus* cheliceral receptors in gustation and host differentiation. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 6, n. 3, p. 228-233, 2015.

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

FOQUÉ, D., NUYTTENS, D. Effects of nozzle type and spray angle on spray deposition in ivy pot plants. **Pest Management Science**, v. 67, n. 2, p. 199-208, 2011.

FURLONG, J., CHAGAS, A. C. S., NASCIMENTO, C. B. Comportamento e ecologia de larvas do carrapato *Boophilus microplus* em pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 39, p. 213-217, 2002.

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

FURLONG J., MARTINS, J. R., PRATA, M. C. A. O carrapato dos bovinos e a resistência: temos o que comemorar? **A Hora Veterinária**, v.27, n. 159, 2007.

GABRIEL, R. R. F., BAIO, F. H. R. Interação entre pressão e tamanho de gota por instrumentação eletrônica em pulverizador pressurizado por CO2. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 164-169, 2013.

GASSEL, M., WOLF, C., NOACK, S., WILLIAMS, H.,, ILG, T. The novel isoxazoline ectoparasiticide fluralaner: selective inhibition of arthropod γ-aminobutyric acid-and L-glutamate-gated chloride channels and insecticidal/carrapaticidal activity. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 45, n. 111-124, 2014.

GEORGE, J. E., DAVEY, R. B., AHRENS, E. H., POUND, J. M.,, DRUMMOND, R. O. Efficacy of amitraz (Taktic® 12.5% EC) as a dip for the control of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acari: Ixodidae) on cattle. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 37, p. 55-67, 1998.

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, p.353-366, 2004.

GOMES, C. C. G. **Instruções para coleta e envio de material para teste de sensibilidade aos carrapaticidas ou biocarrapaticidograma**. Embrapa Pecuária Sul, Comunicado Técnico, v. 76, 2010.

GRISI, L., LEITE, R. C., MARTINS, J. R. D. S., BARROS, A. T. M. D., ANDREOTTI, R., CANÇADO, P. H. D., LÉON, A. A. P., PEREIRA, J. B., VILLELA, H. S. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 23, p. 150-156, 2014.

GUGLIELMONE, A. A. Epidemiology of babesiosis and anaplasmosis in South and Central America. **Veterinary parasitology**, v. 57, p. 109-119, 1995.

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

HITCHCOCK, L. F. Studies on the nonparasitic stages of the cattle tick, *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarina: Ixodidae). **Australian Journal of Zoology**, v.3, p. 295-311, 1955b.

HOLDSWORTH, P., REHBEIN, S., JONSSON, N. N. *et al*. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) second edition: Guideline for evaluating the efficacy of parasiticides against ectoparasites of ruminants. **Veterinary parasitology**, v.302, 109613, 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Produção Agropecuária. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria

JONSSON, N. N., MAYER, D. G., MATSCHOSS, A. L., GREEN, P. E.,, ANSELL, J. 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, p. 1-10, 2006.

JONSSON, N. N., BOCK, R. E., JORGENSEN, W. K. Productivity and health effects of anaplasmosis and babesiosis on *Bos indicus* cattle and their crosses, and the effects of differing intensity of tick control in Australia. **Veterinary parasitology**, v. 155, p. 1-9, 2008.

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

KLAFKE, G., WEBSTER, A., DALL'AGNOL, B., PRADEL, E., SILVA, J., DE LA CANAL, L. H., BECKER, M., OSÓRIO, M. F., MANSSON, M., BARRETO, R., SCHEFFER, R., SOUZA, U. A., CORASSINI, V. B., SANTOS, J., RECK, J., MARTINS, J. R. Multiple resistance to acaricides in field populations of *Rhipicephalus microplus* from Rio Grande do Sul state, Southern Brazil. **Ticks and tick-borne diseases**, v. 8, p. 73-80, 2017.

KOOIJ, S., SIJS, R., DENN, M. M., VILLERMAUX, E., BONN, D. What determines the drop size in sprays?. **Physical Review X**, v. 8, n. 3, 2018.

KOCAN, K. M., de la FUENTE, J., BLOUIN, E. F., COETZEE, J. F.,, EWING, S. A. The natural history of *Anaplasma marginale*. **Veterinary parasitology**, v. 167, p. 95-107, 2010.

LABRUNA, M. B., VERÍSSIMO, C. J. Observações sobre a infestação por *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) em bovinos mantidos em rotação de pastagem, sob alta densidade animal. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 68, n. 2, p. 115-120, 2001.

LABRUNA, M. B., NARANJO, V., MANGOLD, A. J., THOMPSON, C., ESTRADA-PEÑA, A., GUGLIELMONE, A. A., JONGEJAN, F., DE LA FUENTE, J. Allopatric speciation in ticks: genetic and reproductive divergence between geographic strains of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **BMC Evolutionary Biology**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2009.

LÉGER, E., VOURC'H, G., VIAL, L., CHEVILLON, C., MCCOY, K. D. Changing distributions of ticks: causes and consequences. **Experimental and Applied Acarology**, v. 59, p. 219-244, 2013.

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, p. 321-340, 1975.

MARQUES, R., KRÜGER R. F., PETERSON, A. T., MELO, L. F., VICENZI, N., JIMÉNEZ-GARCÍA, D. Climate change implications for the distribution of the babesiosis and anaplasmosis tick vector, *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. **Veterinary research**, v. 51, p. 1-10, 2020.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Produtos veterinários farmacêuticos registrados no Brasil - 2023. Disponível em: https://mapa-indicadores.agricultura.gov.br/publico/single/?appid=a3e9ce67-d63b-43ff-a295-20123996ead7&sheet=4c2ec12f-be27-47f2-8136-e2fd18cbb54a&lang=pt-BR&opt=ctxmenu&select=clearall

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Instrução Normativa SDA/MAA 42/1999. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/documentos-da-pncrc/instrucao-normativa-sda-n-o-42-de-20-de-dezembro-de-1999.pdf/view

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Instrução Normativa nº 162/2022. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-162-de-1-de-julho-de-2022-413249562

MELO JÚNIOR, R. D., FERREIRA, L. L., ZAPA, D. M. B., HELLER, L. M., IUASSE, H. V., NAVES, R. B., TRINDADE, A. S. N., GONTIJO, L. M. A., SCARPA, A. B., RORDRIGUES, D. S., SOARES, V. E., MONTEIRO, C. M. O., LOPES, W. D. Z. Population dynamics of *Rhipicephalus microplus* in dairy cattle: influence of the animal categories and correlation with milk production. **Veterinary Research Communications**, v. 47, p. 539-557, 2023.

MIRANDA, J. E. C., FREITAS, A. F. **Raças e tipos de cruzamentos para produção de leite.** Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, Circular Técnica, 12 p., 2009.

MOLENTO, M. **Avaliação seletiva de bovinos para o controle do carrapato**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, MAPA, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/arquivos-publicacoes-bem-estar-animal/CARRAPATOS2.pdf

MORAES, N., NICARETTA, J. E., RODRIGUES, D. C., GONZAGA, B. C. F., BARROZO, M. M., VALE, F. L., SOUSA, L. J. P., COUTINHO, A. L., GOMES, G. W., TEIXEIRA, W. F. P., LOPES, W. D. Z., MONTEIRO, C. Comparison of the efficacy of different methods to apply acaricides for control of *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 14, n. 4, p. 102190, 2023.

NICARETTA, J. E., ZAPA, D. M. B., COUTO, L. F. M., HELLER, L. M., CAVALCANTE, A. S. A., CRUVINEL, L. B., MELO JUNIOR, R. D., FERREIRA, L. L., NASCIMENTO, R. M., SOARES, V. E., BORGES, L. M. F., MONTEIRO, C. M. O., Lopes, W. D. Z. *Rhipicephalus microplus* seasonal dynamic in a Cerrado biome, Brazil: An update data considering the global warming. **Veterinary Parasitology**, v. 296, p. 109506, 2021a.

NICARETTA, J. E., COUTO, L. F. M., HELLER, L. M., FERREIRA, L. L., CAVALCANTE, A. S. A., ZAPA, D. M. B., CRUVINEL, L. B., MELO JÚNIOR, R. D., GONTIJO, L. M. A., SOARES, V. E., MELLO, I. A. S., MONTEIRO, C. M. O., LOPES, W. D. Z. Evaluation of

different strategic control protocols for *Rhipicephalus microplus* on cattle according to tick burden. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 12, n. 4, p. 101737, 2021b.

NICARETTA, J. E., MELO JUNIOR, R. D., NAVES, R. B., MORAIS, I. M. L., SALVADOR, V. F., LEAL, L. L. L. L., TEIXEIRA, A. L. C., FERREIRA, L. L., KLAFKE, G. M., MONTEIRO, C. M. O., BORGES, F. A., COSTA JUNIOR, L. M., RODRIGUES, D. S., LOPES, W. D. Z. Selective versus strategic control against *Rhipicephalus microplus* in cattle: a comparative analysis of efficacy, animal health, productivity, cost, and resistance management. **Veterinary Parasitology**, p. 109999, 2023a.

NICARETTA, J. E., FERREIRA, L. L., CAVALCANTE, A. S. D. A., ZAPA, D. M. B., HELLER, L. M., TRINDADE, A. S. N., MORAIS, I. M. L., SALVADOR, V. F., LEAL, L. L. L. L., SILVA, L. F. V., AQUINO, L. M., COUTO, L. F. M., SOARES, V. E., MONTEIRO, C. M. O., LOPES, W. D. Z. Influence of the acaricide emulsion ph on the effectiveness of spray products to control the cattle tick: Laboratory and field investigations. **Parasitology Research**, v, 122, n. 10, p.2267-2278, 2023b.

NUYTTENS, D., BAETENS, K., DE SCHAMPHELEIRE, M., SONCK, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems engineering**, v. 97, n. 3, p. 333-345, 2007.

PAULA, P. H., FURLONG, J. Comportamento de queda de fêmeas ingurgitadas do carrapato *Boophilus microplus*. **Ciência Rural**, v. 32, p. 627-631, 2002.

PEREIRA, M. C., LABRUNA, M. B., SZABÓ, M. P. J., KLAFKE, G. M. ***Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*: biologia, controle e resistência**. São Paulo: MedVet, 169 p., 2008.

PIPER, E. K., JONSSON, N. N., GONDRO, C., LEW-TABOR, A. E., MOOLHUIIZEN, P., VANCE, M. E., JACKSON, L. A. Immunological profiles of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle infested with the cattle tick, *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. **Clinical and Vaccine Immunology**, v. 16, n. 7, p. 1074-1086, 2009.

PIPER, E. K., JACKSON, L. A., BIELEFELDT-OHMANN, H., GONDRO, C., LEW-TABOR, A. E., JONSSON, N.N; Tick-susceptible *Bos taurus* cattle display an increased cellular response at the site of larval *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* attachment, compared with tick-resistant *Bos indicus* cattle. **International Journal for Parasitology**, v. 40, n. 4, p. 431-441, 2010.

RAMOS, H., SANTOS, J. M. F., ARAUJO, R. M., TARCISO, M. B., SANTIAGO, T. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.** 1 ed. São Paulo: Associação Nacional de Defesa Vegetal – ANDEF, 50 p., 2010.

RECK, J., KLAFKE, G. M., WEBSTER, A., DALL'AGNOL, B., SCHEFFER, R., SOUZA, U. A., CORASSINI, V. B., VARGAS, R., SANTOS, J. S., MARTINS, J. R. S. First report of fluazuron resistance in *Rhipicephalus microplus*: a field tick population resistant to six classes of acaricides. **Veterinary Parasitology**, v. 201, p. 128-136, 2014.

RESENDE, H. **Como usar corretamente o pulverizador costal manual**. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, Circular Técnica, 15 p., 1998.

ROCHA, C. M. B. M; LEITE, R. C., BRUHN, F. R. P., GUIMARÃES, A. M., FURLONG, J. Perceptions of Milk producers from Divinópolis, Minas Gerais, regarding *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* control. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.20, p.295- 302, 2011.

RODRIGUES, D.S. **Avaliação de técnicas de banho de aspersão carrapaticida em bovinos de produção de leite**. Tese (doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 104 p., 2012.

RODRIGUES, D.S., MULLER, R.P.B.W., LEITE, R.C., VERÍSSIMO, C.J., 2015. Aplicaçao de carrapaticida em bovinos. Resistência e Controle do Carrapato-Do-Boi. **Instituto de Zootecnia., Nova Odessa**, p. 29–56, 2015.

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

ROULSTON, W. J., STONE, B. F., WILSON, J. T.,, WHITE, L. I. Chemical control of an organophosphorus-and carbamate-resistant strain of *Boophilus microplus* (Can.) from Queensland. **Bulletin of Entomological Research**, v. 58, n. 2, p. 379-392, 1968.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL - SENAR. Trabalho Decente. Educação Postural no Campo. Trabalhador na aplicação de agrotóxicos, 24 p. Disponível em: https://www.senar-ap.org.br/uploads/biblioteca/2015/06/educacao-postural-no-campo-trabalhador-na-aplicacao-de-agrotoxicos.pdf

SILVA, J. B., RANGEL, C. P., BAÊTA, B. A., FONSECCA, A. H. Influence of the physiological state on infestation by *Rhipicephalus microplus* in dairy cows. **Ticks and tick-borne diseases**, v. 4, p. 52-56, 2013.

SONENSHINE, D. E., ROE, R. M. **Biology of ticks vol. 2**. Oxford University Press, USA, 491 p., 2013.

SOUZA, R. T., PALLADINI, L. A. **Tecnologia para aplicação de produtos fitossanitários em videira**. Embrapa Uva e Vinho, 7 p., 2007.

SOUZA, R. S., RESENDE, M. F. S., FERREIRA, L. C. A., FERRAZ, R. S., ARAÚJO, M. V. V., BASTOS, C. V., SILVEIRA, J. A. G., MOREIRA, T. F., MENESES, R. M., CARVALHO, A. U., LEME, F. O. P., FACURY FILHO, E. J. Monitoring bovine tick fever on a dairy farm: An economic proposal for rational use of medications. J**ournal of Dairy Science**, v. 104, p. 5643-5651, 2021.

TABOR, A. E., ALI, A., REHMAN, G., GARCCIA, G. R., ZANGIROLAMO, A. F., MALARDO T., JONSSON, N. N. Cattle tick *Rhipicephalus microplus*-host interface: a review of resistant and susceptible host responses. **Frontiers in cellular and infection microbiology**, v. 7, p. 506, 2017.

TEEJET. A user's guide to spray technology. Teejet Technology, 103 p. Disponível em: https://www.teejet.com/resources/technical-library/bulletins/a-user's-guide-to-spray-technology

UILENBERG, G. Babesia—a historical overview. **Veterinary parasitology**, v. 138, p. 3-10, 2006.

VERÍSSIMO, C. I. J. Prejuízos causados pelo carrapato *Boophilus microplus*, **Zootecnia, Nova Odessa**, v. 31, p. 97-106, 1993.

VILLARES, J. B. Climatologia zootécnica III. Contribuição ao estudo da resistência e susceptibilidade genética dos bovinos ao *Boophilus microplus*. **Boletim da Indústria Animal**, v. 4, n. 1, p. 60, 1941.

VILELA, V. L. R., FEITOSA, T. F., BEZERRA, R. A., KLAFKE, G. M.,, RIET-CORREA, F. Multiple acaricide-resistant *Rhipicephalus microplus* in the semi-arid region of Paraíba State, Brazil. **Ticks and tick-borne diseases**, v. 11, n. 4, p. 101413, 2020.

WAMBURA, P. N., GWAKISA, P. S., SILAYO, R. S.,, RUGAIMUKAMU, E. A. Breed-associated resistance to tick infestation in *Bos indicus* and their crosses with *Bos taurus*. **Veterinary Parasitology**, v. 77, p. 63-70, 1998.

WHARTON, R. H., ROULSTON, W. J., UTECH, K. B. W., KERR, J. D. Assesment of the efficiency of acaricides and their mode of application against the cattle tick *Boophilus microplus*. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.21, p.985-1006, 1970.

WHARTON, R. H., UTECH, K. B. W. The relation between engorgement and dropping of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Ixodidae) to the assessment of the tick numbers on cattle. **Journal of Australian Entomology Society**, p.171-182, 1970.

WHARTON, R. H., NORRIS, K. R. Control of parasitic arthropods. **Veterinary Parasitology**, v.6, p.135-164, 1980.

WILLIAMS, H., ZOLLER, H., ROEPKE, R. K., ZSCHIESCHE, E., HECKEROTH, A. R. Fluralaner activity against life stages of ticks using *Rhipicephalus sanguineus* and *Ornithodoros moubata* in vitro contact and feeding assays. **Parasites, vectors**, v. 8, n.1, p. 1-5, 2015.

ZERINGÓTA, V., OLIVEIRA FILHO, J. G., BORGES, L. M. F. Activation of the ambusher tick *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) exposed to different stimuli. **Medical and veterinary entomology**, v. 34, n. 2, p. 236-239, 2019.

ZHOU, X., HOHMAN, A. E., HSU, W. H. Current review of isoxazoline ectoparasiticides used in veterinary medicine. **Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics**, v. 45, n. 1, p. 1-15, 2022.