



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA (EVZ)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL (PPGCA)

NÉLIO ROBERTO DE MORAES JUNIOR

**COMPARAÇÃO DA EFICÁCIA DE FORMULAÇÃO
CARRAPATICIDA APLICADA EM DIFERENTES SISTEMAS
DE PULVERIZAÇÃO PARA CONTROLE DE *Rhipicephalus
microplus***

GOIÂNIA

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor

Nélio Roberto de Moraes Junior

3. Título do trabalho

COMPARAÇÃO DA EFICÁCIA DE FORMULAÇÃO CARRAPATICIDA APLICADA EM DIFERENTES SISTEMAS DE PULVERIZAÇÃO PARA CONTROLE DE *Rhipicephalus microplus*

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Caio Márcio De Oliveira Monteiro, Professor do Magistério Superior**, em 01/04/2022, às 12:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **NÉLIO ROBERTO DE MORAES JÚNIOR, Discente**, em 04/04/2022, às 17:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2803171** e o código CRC **F8142F72**.

NÉLIO ROBERTO DE MORAES JUNIOR

**COMPARAÇÃO DA EFICÁCIA DE FORMULAÇÃO
CARRAPATICIDA APLICADA EM DIFERENTES SISTEMAS
DE PULVERIZAÇÃO PARA CONTROLE DE *Rhipicephalus*
*microplus***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA), da Universidade Federal de Goiás (UFG), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de Concentração:

Saúde Animal, Tecnologia e Segurança de Alimentos (SaTS).

Linha de Pesquisa:

Tecnologias aplicadas a ciência animal e aos alimentos

Orientador:

Prof. Dr. Caio Márcio de Oliveira Monteiro- IPTSP/UFG

Comitê de orientação:

Prof. Dr. Welber Daniel Zanetti Lopes – IPTSP/UFG

Prof. Dr. Weslen Fabrício Pires Teixeira – IPTSP/UFG

GOIÂNIA

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Moraes Junior, Nélio Roberto de

Comparação da eficácia de formulação carrapaticida aplicado em diferentes sistemas de pulverização para controle de *Rhipicephalus microplus* [manuscrito] / Nélio Roberto de Moraes Junior. - 2022. XIV, 51 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Caio Márcio de Oliveira Monteiro; co orientador Welber Daniel Zanetti Lopes; co-orientador Weslen Fabrício Pires Teixeira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Goiânia, 2022.

Bibliografia. Anexos.

Inclui mapas, fotografias, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Pulverizador automatizado. 2. Bomba costal. 3. Carrapato bovino. 4. Pulverizador de alta pressão. I. Monteiro, Caio Márcio de Oliveira, orient. II. Título.

CDU 639.09



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **594** da sessão de Defesa de Dissertação de **Nélio Roberto de Moraes Junior**, que confere o título de Mestre em **Ciência Animal**, na área de concentração em **Saúde Animal, Tecnologia e Segurança de Alimentos**.

Aos **vinte e cinco dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e dois** a partir das **08h30min**, por meio de videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“COMPARAÇÃO DA EFICÁCIA DE FORMULAÇÃO CARRAPATICIDA APLICADA EM DIFERENTES SISTEMAS DE PULVERIZAÇÃO PARA CONTROLE DE Rhipicephalus microplus”**. Os trabalhos foram instalados pelo(a) Orientador(a), **Prof. Dr. Caio Márcio de Oliveira Monteiro (IPTSP/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Prof.ª Dr.ª Lorena Lopes Ferreira (UFMG)**, membro titular externo à instituição; **Prof.ª Dr.ª Paula Barroso Cruz Marchesini (Pós-doc/PPGCA)**, membro titular interno ao programa. Durante a arguição os membros da banca **não** sugeriu de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo **Prof. Dr. Caio Márcio de Oliveira Monteiro**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pela orientadora e pela coordenação do PPGCA, em substituição aos membros externos, aos **vinte e cinco dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e dois**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Paula Barroso Cruz Marchesini, Usuário Externo**, em 01/04/2022, às 11:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Caio Márcio De Oliveira Monteiro, Professor do Magistério Superior**, em 01/04/2022, às 12:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lorena Lopes Ferreira, Usuário Externo**, em 01/04/2022, às 19:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2803163** e o código CRC **42B51890**.

Dedico a todos os cientistas e pesquisadores do nosso país.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus pela graça da vida.

Aos meus pais, Nélio Roberto de Moraes (*in memoriam*) e Lourdes Lourenço de Moraes, pelo apoio financeiro, moral e emocional para continuar esta jornada.

Ao meu amigo Dr. Cristiano Guedes (UnB) por me incentivar a retornar à acadêmica.

Ao meu orientador Prof. Dr. Caio Márcio de Oliveira Monteiro do Departamento de Biociências e Tecnologia da Universidade Federal de Goiás (UFG) pela oportunidade, ensinamentos, incentivo, apoio, paciência e confiança. Serei eternamente grato.

Ao meu coorientador o Professor Dr. Welber Daniel Zanetti Lopes pela ajuda e as dicas imprescindíveis à execução dos experimentos, assim como, os conselhos na redação do trabalho.

A todos os membros do Laboratório de Biologia, Ecologia e Controle de Carrapatos (LABEC) e Centro de Parasitologia Veterinária (CPV) que estiveram sempre ao meu lado, ajudando de forma incondicional na execução dos experimentos, confecção da dissertação. Em especial ao Dr. João Eduardo Nicaretta, que pacientemente me ensinou muito do que apliquei nestes experimentos; ao Mestre Daniel de Castro Rodrigues, que me ensinou muito e abriu portas para conseguir consolidar este estudo e aos Mestres Bruno Cesar Ferreira Gonzaga e Mayara Macedo Barrozo e graduando Gabriel Webert Gomes, que mais que parceiros de trabalho, se tornaram amigos.

À todas as Professoras, Professores e colegas das diversas disciplinas que participei, pelo ensinamento e discussões na construção do conhecimento.

A todos os servidores da Universidade Federal de Goiás, em especial aos técnicos de obras, essenciais na implantação do pulverizador automatizado para aplicação de solução carrapaticida.

À empresa MSD Saúde Animal pelo financiamento do projeto.

A todos os membros da banca, por todas as dicas e conselhos que serão muito válidos.

À CAPES, ao CNPq e a Universidade Federal de Goiás, pela oportunidade e concessão da bolsa.

”A compaixão para com os animais é das mais nobres virtudes da natureza humana.”

(Charles Darwin)

VIII

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	16
1. INTRODUÇÃO GERAL	17
2. REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 <i>Rhipicephalus microplus</i>	19
2.1.1 Taxonomia e distribuição geográfica	19
2.1.2 Ciclo de vida e biologia	20
2.1.3 Importância e controle químico.....	21
2.2 Métodos de aplicação de carrapaticidas químicos	22
2.2.1 Banheiro de imersão	22
2.2.2 Bomba costal	23
2.2.3 Aspensor estacionário	23
2.2.4 Pulverização de alta pressão	23
2.3 A realidade em campo do controle carrapaticida	23
3. OBJETIVOS	25
3.1 Objetivo geral	25
3.2 Objetivos específicos.....	25
Referências	26
CAPÍTULO 2 - Manuscrito que será submetido - Ticks and Tick-borne Diseases	32
Abstract	34
1. Introduction	35
2. Material and methods.....	36
2.1 Ethical issues.....	36
2.2 Experiment 1 – comparison of spraying devices	37
2.2.1 Location of the experimete, animals and acaricide	37
2.2.2.1 Automated sprayer (AS).....	37
2.2.2.2 Backpack sprayer (BS).....	38
2.2.2.3 High pressure sprayer (HPS)	38
2.2.7 Evaluation of acaricide efficacy with equipment sprayer equipment .	41
2.3 Experiment 2 – comparison of spraying devices	42
2.3.1 Location of the experimete, animals and acaricide	42
2.3.2 Equipment	43
2.2.7 Evaluation of acaricide efficacy with equipment sprayer equipment .	43
2.4 Experiment 3 –Adult immersion test (AIT)	43
2.5 Comparison of spraying devices.....	44
2.6 Statistical analyses.....	45
3 Results.....	45
3.1 Experiment 1 – comparison of spraying devices	45
3.2 Experiment 2 – Comparison of spraying devices	48
3.3 Experiment 3 –Immersion test of engorged females.....	50
3.4 Comparison of sparying IXquipment for acaricide application	50
4. Discussion	52
Reference	56
CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
1. ONSIDERAÇÕES FINAIS	65
ANEXO	66

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1 - Distribuição geográfica do *Rhipicephalus microplus* 19

Figura 2 - Ciclo de vida do *Rhipicephalus microplus* 21

Capítulo 2

Figure 01 – Structure of the automated sprayer for application of contact acaricides in cattle. **A:** Water box of 500 liters; **B:** Hydraulic pump of 1.5 HP; **C:** Command circuit; **D:** Venturi Tube; **E:** Acaricide; **F:** Optical proximity sensor of 24V-AC; **G:** PVC pipes; **H:** Lower nozzles; **I:** Lateral nozzles **J:** Top nozzles; **L:** galvanized steel with 10 cm diameter..... 39

Figure 02 – Figure 2 – 2.1: Backpack sprayer (1) 20 L chamber to store the acaricide emulsion (1-A), piston to generate hydraulic pressure (1-B), lateral lever (1-C), high pressure hose (1-D), valve (1-E) and spray nozzle (1-F); 2.2: High pressure sprayer with 40 L tank (2-A), low pressure hydraulic hose (2-B), electric pump of 1300 HP (2-C), high pressure hydraulic hose (2-D), valve (2-E) and spray nozzle (2-F)..... 40

Figure 03 – Mean number of semi-engorged females of *Rhipicephalus microplus* (measuring between 4.5 – 8.0 mm) on cattle treated with a commercial acaricide* (Ethion + chlorpyrifos + Alpha-cypermethrin) applied by different equipments, performed at the Milk Farm from the School of Veterinary and Animal Science (EVZ) from the Federal University of Goiás (UFG), in Goiânia, Goiás, Brazil..... 47

Figure 04 – Mean number of semi-engorged females of *Rhipicephalus microplus* (measuring between 4.5 – 8.0 mm) on cattle treated with a commercial acaricide* (Ethion + chlorpyrifos + Alpha-cypermethrin) applied by different equipments, performed at the farm on São José do Rio Pardo, São Paulo, Brasil..... 49

LISTA DE TRABELAS

Capítulo 2

Table 1 – Pressure, volume of the applied acaricide emulsion and time of application of each different equipment.....	45
Table 2 – Mean number of semi-engorged females of <i>Rhipicephalus microplus</i> (measuring between 4.5 – 8.0 mm) on cattle treated with a commercial acaricide* (Ethion + chlorpyrifos + Alpha-cypermethrin) applied by different equipments, performed at the Milk Farm from the School of Veterinary and Animal Science (EVZ) from the Federal University of Goiás (UFG), in Goiânia, Goiás, Brazil.....	46
Table 03 - Mean number of semi-engorged females of <i>Rhipicephalus microplus</i> (measuring between 4.5 – 8.0 mm) on cattle treated with a commercial acaricide* (Ethion + chlorpyrifos + Alpha-cypermethrin) applied by different equipments, performed on the farm in São José do Rio Pardo, São Paulo, Brasil.....	48
Table 4 – Weight of engorged females before laying (mg), weight of egg mass (mg), hatch percentage and percentage of control of two populations of <i>Rhipicephalus microplus</i> tratadas treated with different commercial acaricide formulations under laboratory conditions ($27^{\circ}\pm 1\text{ C}^{\circ}$ e UR $80\pm 10\%$).....	51
Table 5 – Comparing spraying equipments in the application of acaricides	52

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABIEC - Associação Brasileira da Indústria exportadora de Carne
- AS - Automated sprayer
- AUEC - Animal Use Ethics Committee
- B.O.D. - Biochemical oxygen demand (demanda bioquímica de oxigênio)
- BS - Backpack sprayer
- CTF - Cattle tick fever
- DDT - Dicloro-difenil-tricloreto
- EUA - Estados Unidos da América
- EVZ - Escola de Veterinária e Zootecnia
- GNP - Gross National Product
- HPS - High pressure sprayer
- KPa - Kilopascal
- KW - Kilowatts
- OF - Organophosphate
- PIB - Produto interno bruto
- PS - Synthetic pyrethroid
- SI - Sinergist
- SJRP - São José do Rio Preto
- TE - Terpene
- TPB - Tristeza parasitária bovina
- UFG - Universidade Federal de Goiás
- UR - Relative humidity
- WAP - Pulverizador de alta pressão

RESUMO

O presente trabalho comparou a eficiência de três diferentes equipamentos de aplicação de acaricidas no controle de *Rhipicephalus microplus*. Dois experimentos comparativos foram realizados. Para comparar os equipamentos, foi utilizado um acaricida contendo três princípios ativos (um piretróide e dois organofosforados). No experimento 1 foram testados três equipamentos: pulverizador costal (BS), pulverizador de alta pressão (HPS) e pulverizador automatizado (AS). No experimento 2, dois dispositivos foram testados: BS e HPS. Em ambos os experimentos, foram utilizados 10 bovinos por grupo amostral com carga de carrapatos semelhante. No dia 0, em ambos os experimentos, os animais foram tratados com o acaricida, exceto o grupo controle. Nos dias +1 (somente experimento 1), +3, +7, +14, +21, +28 e +35 (somente experimento 2), foi realizada contagem de carrapatos para determinar a eficácia do controle. O tempo de aplicação, pressão (KPa) e volume aplicado (L) em cada sistema de pulverização também foram avaliados. O teste de imersão em adultos (AIT) utilizando três diferentes acaricidas à base de piretróide e organofosforado foi realizado para comparar a suscetibilidade das cepas de cada fazenda. No experimento 1, todos os tratamentos reduziram significativamente ($p < 0,05$) o número de carrapatos nos animais, porém, o HPS proporcionou melhor eficácia do acaricida desde o dia +1. No experimento 2, ambos os tratamentos reduziram ($p < 0,05$) a carga de carrapatos, porém o HPS resultou em redução mais acentuada. O tempo de aplicação foi de 4,5, 150 e 330 segundos, enquanto a pressão foi de 306,8, 4.826,3 e 172,4 – 220,6 KPa para AS, HPS e BS, respectivamente. No AIT as eficácias observadas ficaram entre 99,8 - 100% para a cepa da fazenda do experimento 1, enquanto ficaram entre 67,2 - 80,9% para a cepa da fazenda do experimento 2. Concluímos que o dispositivo de aplicação influencia na eficácia do acaricida. Todos os três pulverizadores foram eficientes para aplicação de acaricida; a melhor eficácia foi obtida com o HPS, enquanto o AS apresentou eficácia satisfatória, mas com menor tempo de aplicação, e a linhagem da fazenda do experimento 1 foi mais suscetível para todos os acaricidas testados.

Palavras-chave: pulverizador automatizado, bomba costal, carrapato bovino, pulverizador de alta pressão.

ABSTRACT

The present work compared the efficiency of three different equipment for acaricides application to control *Rhipicephalus microplus*. Two comparative experiments were performed. To compare the equipment, an acaricide containing three active ingredients (one pyrethroid and two organophosphate) was used. In experiment 1, three devices were tested: backpack sprayer (BS), high pressure sprayer (HPS) and automated sprayer (AS). In experiment 2, two devices were tested: BS and HPS. In both experiments, 10 bovines with similar tick burden were used. In day 0, both experiments, the animals were treated with the acaricide. On days +1 (only experiment 1), +3, +7, +14, +21, +28 and +35 (only experiment 2), ticks count was performed to determine the efficiency of control. The application time, pressure (KPa) and volume applied (L) in each spraying system were also evaluated. Adult immersion test (AIT) using three different acaricides based on pyrethroid and organophosphate was performed to compare the susceptibility of strains from each farm. In experiment 1, all treatments reduced significantly ($p < 0.05$) the number of ticks on animals, however, the HPS showed better efficacy of the acaricide since day +1. In experiment 2, both treatments reduced ($p < 0.05$) the tick burden, however the HPS resulted in more accentuated reduction. The application period was of 4.5, 150 e 330 seconds, while pressure was of 306.8, 4,826.3 and 172.4 – 220.6 KPa for AS, HPS and BS, respectively. In the AIT the observed efficacies were between 99.8 - 100% for the strain of the farm of the experiment 1, while were between 67.2 - 80.9% for the strain from the farm of experiment 2. We conclude the application device influences the efficiency of the acaricide. All three sprayers were efficient for acaricide application; the best efficiency was obtained using the HPS while the AS showed a reliable efficiency with lower application period and the strain of the farm of the experiment 1 was more susceptible for all acaricides tested.

Key words: Automatic sprayer, backpack sprayer, cattle tick, high pressure sprayer.

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne bovina, atrás apenas do EUA, conforme o relatório anual da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne de 2020¹. Encerrou o ano de 2019 registrando movimentação total pela pecuária de corte em R\$ 618,50 bilhões (8,5% do PIB nacional), com 213,68 milhões de cabeças de gado, registrando 43,3 milhões de abates e uma exportação de 535.254 animais vivos. O país foi ainda, o quarto maior produtor mundial de leite, com 25,01 bilhões de litros registrados no ano de 2019, segundo o Anuário Leite 2020 da Embrapa². Dos estados brasileiros, Goiás fechou 2019 com o segundo maior rebanho, atrás apenas de Mato Grosso, com 22.430.742 milhões de cabeças de gado, correspondendo a quase 10,5% do montante nacional^{1,2}.

O carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1888) (Acari: Ixodidae) é o principal ectoparasito de importância econômica na pecuária bovina³⁻⁵. Só no Brasil, os prejuízos por ele gerados são estimados em mais de 3 bilhões de dólares por ano para pecuária de leite e corte, com custos na mão de obra, equipamentos, medicamentos para tratar os animais acometidos e controle de suas infestações⁶. Algumas de suas consequências em seus hospedeiros parasitados são a espoliação sanguínea, o estresse, predisposição a miíases e queda de produtividade. Além disso, esse ectoparasito atua como vetor de protozoários e bactérias responsáveis por causar a Tristeza Parasitária Bovina (TPB), um complexo de doenças composto por babesioses e anaplasmoses, cujo quadro clínico apresenta características semelhantes. Bovinos acometidos com TPB podem apresentar anemia, icterícia, letargia, anorexia, perda de peso, queda da produção de leite e até a morte. Dessa forma, o controle de *R. microplus* em bovinos é uma parte importante do manejo de uma propriedade rural destinada a pecuária bovina³⁻⁵.

No Brasil, o controle de carrapatos é realizado principalmente por meio do uso de acaricidas químicos sintéticos⁶⁻⁸. Classicamente, este controle é realizado com aplicação de acaricidas de diferentes famílias, podendo ser de contato ou sistêmicos, aplicados por meio de pulverização, imersão, aplicação dorsal (*pour-on*) ou injetável⁹. As principais classes químicas carrapaticidas disponíveis no mercado brasileiro são os organofosforados, piretróides, formamidinas, lactonas macrocíclicas, fenilpirazoles e inibidores de crescimento. O controle do carrapato com o uso de acaricidas associado a diferentes estratégias de manejo, respeitando seu ciclo biológico, as diferenças climáticas regionais e a genética dos animais, geralmente resulta em melhor eficiência¹⁰⁻¹².

O uso contínuo desses acaricidas, muitas vezes sem critérios técnicos, quando utilizados fora de uma estratégia de manejo, de forma e/ou em doses inadequadas, pode acarretar também, problemas de intoxicação ao bovino e ao aplicador, contaminação ambiental e contaminação dos

produtos alimentícios humanos oriundos destes bovinos, como o leite e a carne. Em doses insuficientes, desafiam o sucesso do tratamento e tem promovido a redução da viabilidade dos seus princípios ativos dos carrapaticidas, acelerando o processo de seleção das populações resistentes¹³⁻¹⁶.

A resistência a acaricidas tem sido mundialmente estudada há anos em carrapatos e negligenciada pelos produtores rurais¹⁷⁻¹⁹. É um problema sério e de difícil resolução, já com relato de populações de *R. microplus* multirresistentes a acaricidas no Brasil^{14, 20}. Por isso, o controle deve ser feito de forma cuidadosa e sistemática, levando em conta aspectos como, a genética do rebanho, a idade dos animais, o tipo de pastagem, o período anual (principalmente em relação à umidade e temperatura), o grau de resistência da população de carrapatos aos princípios ativos carrapaticidas, suas doses/concentrações adequadas, o ciclo biológico do carrapato, as gerações anuais da região e as brechas ecológicas^{16,21-24}.

Várias são as técnicas de banho carrapaticida utilizadas atualmente nas propriedades rurais brasileiras, para carrapaticidas de contato, e cada uma é caracterizada pelo tipo de equipamento e pela forma como é aplicada a calda carrapaticida²⁵⁻³¹. De forma geral, os métodos de aplicação carrapaticida mais comuns são de baixa tecnologia, não assegurando precisão e oferecendo riscos à saúde animal, humana e ambiental^{30, 32-33}. Os banhos de imersão são caros e de alto risco ambiental por dependerem de constante avaliação e ajuste das características químicas da calda carrapaticida e estarem sob vulnerabilidade de vazamento. Os banhos de aspersão tradicionais, elétricos ou manuais, são insuficientemente capazes de molhar todo o corpo do bovino ou dependem da ação humana na aplicação, quase sempre falhas na realidade do manejo rural. Algumas tecnologias inovadoras vêm sendo desenvolvidas para auxiliar nos banhos carrapaticidas, muitas vezes com valores inacessíveis e/ou de eficácia questionável³¹.

Assim, este estudo teve o propósito de avaliar a eficácia de um carrapaticida de contato aplicado por diferentes equipamentos de pulverização, um de propulsão hidráulica e aplicação manuais, um de propulsão hidráulica motorizada e aplicação manual e outro de propulsão hidráulica motorizada e aplicação automatizada. Com a comparação das eficácias de uma mesma solução carrapaticida aplicada por cada via de pulverização e levantamento das vantagens e desvantagens do manejo de cada uma, este estudo buscou verificar a importância do método e tecnologia de aplicação carrapaticida no controle químico do *R. microplus* em bovinos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Rhipicephalus microplus*

2.1.1. Taxonomia e distribuição geográfica

Rhipicephalus microplus, o carrapato-do-boi, como é conhecido no Brasil, foi descrito em 1888 por Canestrini. Ele é um ectoparasito hematófago, necessitando da alimentação de sangue em três fases de sua vida; com ciclo monoxeno, exigindo apenas um único hospedeiro para completar todo seu ciclo de vida; e que tem o bovino como hospedeiro preferencial, podendo ser observado em outras espécies de animais de forma aleatória³⁴. Sua atual classificação taxonômica é: Reino: Metazoa; Filo: Arthropoda; Subfilo: Chelicerata; Classe: Arachnida; Subclasse: Acari; Superordem: Parasitiformes; Ordem: Ixodida; Superfamília: Ixodoidea; Família: Ixodidae; Subfamília: Rhipicephalinae; Gênero: *Rhipicephalus*; Subgênero: *Boophilus*; Espécie: *Rhipicephalus microplus*³⁵.

O carrapato-do-boi, possui origem no continente asiático, mais precisamente na Ilha de Java e na Índia. Atualmente, apresenta ampla distribuição geográfica, sendo encontrados em países nos continentes americano, africano e asiático; nas regiões tropicais e subtropicais; em especial nas Américas³⁶, conforme Figura - 1.

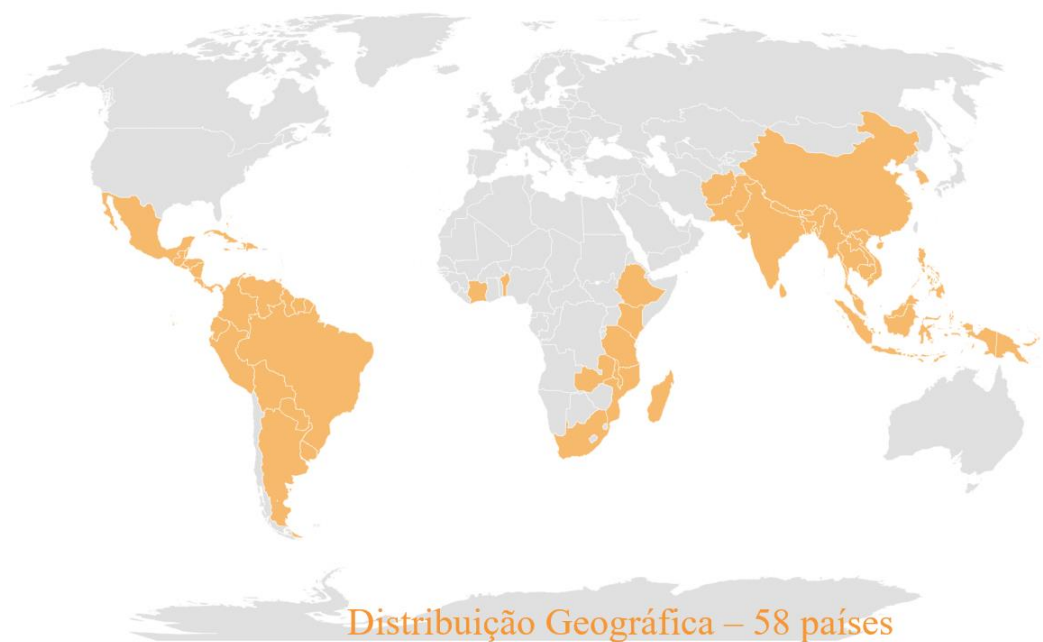


Figura 1 - Distribuição geográfica do *Rhipicephalus microplus*

Fonte: autor

2.1.2. Ciclo de vida e biologia

O carrapato dos bovinos apresenta um único hospedeiro durante o ciclo de vida é dividido em duas fases distintas, uma fase de não parasitária, que ocorre no solo, e uma fase parasitária, que ocorre sobre o animal. Possui também, quatro estágios de desenvolvimento: ovo, larva, ninfa e adultos sexuais¹⁵.

A fase não parasitaria se inicia com o desprendimento da fêmea ingurgitada do animal parasitado e conseqüente queda ao solo, onde essa fêmea irá buscar um local protegido da luz solar e com umidade adequada para iniciar a postura de ovos (oviposição). As fêmeas completamente ingurgitadas geralmente se desprendem do hospedeiro no início da manhã, quando a temperatura e a umidade são mais amenas³⁷. Em condições climáticas adequadas, após três a cinco dias (período de pré-postura), a fêmea inicia o processo de oviposição, que dura em média de 15 a 17 dias. A eclosão das larvas, em condições favoráveis de temperatura e umidade, ocorre em média 20 dias após a oviposição, porém, em condições desfavoráveis, podem durar até 100 dias. As neolarvas exigem um período de quatro a 20 dias para o enrijecimento de sua cutícula e se tornarem larvas infestantes, isso, dependendo das condições climáticas. Portanto, a fase não parasitária de *R. microplus* dura em média 28 a 51 dias, podendo se estender até 300 dias em condições desfavoráveis. As larvas buscam partes altas de arbustos e/ou gramíneas, subindo na pastagem para alcançar seu hospedeiro, e ao encontrarem o hospedeiro, ocorre o início da fase parasitária³⁸⁻³⁹. A fase de vida não parasitária sofre interferências climáticas, principalmente em relação à temperatura e à umidade, que podem alterar a duração de cada uma de suas etapas e/ou definir seu sucesso, acelerando ou reduzindo a velocidade do desenvolvimento biológico que ocorre nessa fase³⁷ (Figura - 2).

A fase parasitária apresenta período de desenvolvimento mais constante, sem grandes alterações de tempo para o desenvolvimento biológico dos estágios encontrados sobre os bovinos, pois é dependente da temperatura corporal do animal, que é constante, sofrendo menor influência do clima externo. Ela se inicia quando as larvas infestantes se instalam no hospedeiro e dura em média 21 dias. As larvas se alimentam preferencialmente de plasma sanguíneo até que ocorra sua primeira muda (ecdise), dando origem as ninfas, processo que dura de três - sete dias, sendo o 4º dia o mais crítico. As ninfas, após a hematofagia sofrerão sua segunda ecdise, gerando os indivíduos adultos, transição que ocorre entre 10º - 16º dia após a infestação. Na fase adulta ocorre a cópula, machos seguem copulando várias fêmeas e permanecem no hospedeiro por 43 dias após a infestação, fêmeas, após a cópula, continuam o processo de hematofagia, que dura em média sete dias até seu total ingurgitamento, quando são chamadas de teleógenas, se desprendem do hospedeiro e iniciando outra fase de vida livre e outro ciclo de vida⁴⁰ (Figura - 2).

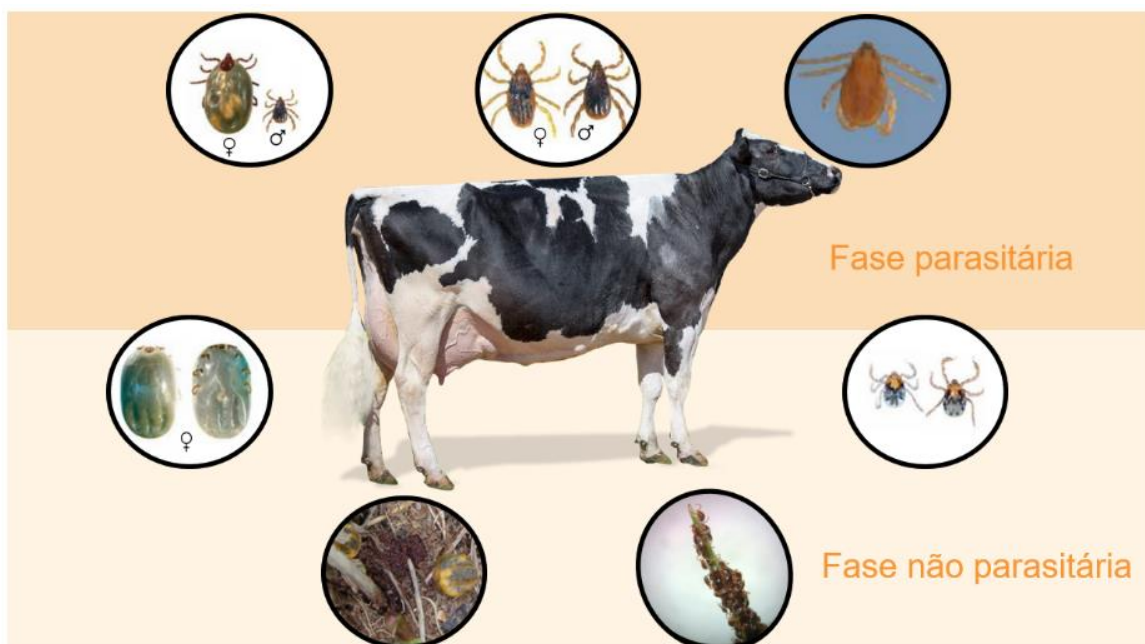


Figura 2 - Ciclo de vida do *Rhipicephalus microplus*.

Fonte: Domínio público e editado pelo autor.

2.1.3. Importância e controle químico

R. microplus é um ectoparasito monoxeno hematófago que necessita obrigatoriamente de um hospedeiro, ingerindo substratos teciduais e principalmente sangue. É um dos principais transmissores dos agentes etiológicos responsáveis pela TPB, doença que afeta gravemente o desenvolvimento do bovino, podendo levá-lo à morte. Devido aos danos econômicos acarretados pelo carrapato e os custos relacionados com o seu controle, que atingem a ordem de 3 bilhões de dólares por ano no Brasil, esse ectoparasito se tornou o principal alvo de programas de controle nos rebanhos da América do Sul. Uma fêmea de *R. microplus* ingere, em média, de 2 a 3 mL de sangue do seu hospedeiro; em grandes infestações, com várias fêmeas ingerindo esse volume de sangue, pode ocorrer anemia dos animais, predispondo a outras enfermidades e também, em perdas na produção de leite e carne, além de danos no couro por reações inflamatórias e miíases nos locais de fixação do carrapato. Por fim, o somatório dessas consequências do parasitismo pode resultar na morte do animal^{19,40}.

Para controlar a infestação por carrapatos, o método mais utilizado é a aplicação de acaricidas químicos, que podem ser classificados em carrapaticidas de contato ou sistêmicos. Os carrapaticidas são comumente aplicados de forma injetável, tópica sobre o lombo (pour on) ou por banhos (pulverização ou banho de imersão). Atualmente há centenas de produtos com diferentes princípios ativos e apresentações no mercado veterinário brasileiro⁴¹⁻⁴².

Os carrapaticidas registrados para controle de carrapatos, no Brasil, estão classificados em diferentes classes químicas, sendo elas: carbamatos (propoxur, carbaril); organofosforados (clorpirifós, coumafós, diazinon, diclorvós, fention, triclofon); formamidinas (amitraz); lactonas macrocíclicas (selamectina, moxidectina, ivermectina); fenilpirazóis (fipronil); piretróides (deltametrina, flumetrina, cipermetrina); inibidores de crescimento (fluazuron, diflubenzuron, lufenuron e novaluron)^{23, 46}. Os últimos lançamentos ocorreram com carrapaticidas cuja substâncias ativas pertencem a classe das isoxazolininas, incluindo as moléculas afoxolaner, fluralaner, sarolaner e lotilaner. Contudo, os carrapaticidas pertencentes a essa última classe química estão restritos somente para controle de carrapatos em cães⁴⁷.

Atualmente, com uma vasta disponibilidade de acaricidas no mercado mundial, é relevante atentar para a melhor prescrição. O conhecimento das diferentes classes químicas existentes e seus modos de ação, somado ao perfil de susceptibilidade da população de carrapatos é muito importante na prescrição de um acaricida. Estas informações evitam o erro de escolher dentre tantas moléculas disponíveis, diferentes acaricidas pertencentes ao mesmo grupo químico ou que atue no mesmo sítio alvo do carrapaticida anteriormente utilizado no qual a população de carrapatos não responde mais de forma eficiente^{16, 23, 24, 48}.

A alta frequência de tratamentos com acaricidas e/ou doses insuficientes destes, exercem uma forte pressão seletiva sobre as populações de carrapatos que podem acelerar a seleção de populações resistentes²³. A resistência de populações de em *R. microplus* a todas as classes químicas disponíveis comercialmente, já pode ser observada em diferentes regiões do Brasil e do mundo, isso tem aumentado a dificuldade de controlar as infestações^{19, 20, 48}. Este fato resulta em uma ameaça para os esforços que visam mitigar os prejuízos e o risco de transmissão de doenças causadas por carrapatos²⁴.

2.2 Métodos de aplicação de carrapaticidas químicos de contato

2.2.1 Banheiro de imersão

É um método antigo de banho carrapaticida que exige infraestrutura e manutenções onerosas. É um tanque impermeável cheio de calda carrapaticida onde os animais atravessam a nado permitindo um contato uniforme da calda por todo corpo do bovino. Exige um abrigo, pois não pode estar exposto as intempéries, principalmente às chuvas, além de controle e correções da concentração e pH da calda. Não é indicado para vacas em lactação e pode ser perigoso a saúde dos animais, dos humanos e meio ambiente⁴⁰.

2.2.2 Bomba costal

A bomba costal é um equipamento originalmente desenvolvido para a agricultura e comumente utilizado na pecuária para banhos de controle de artrópodes em geral. É um equipamento de acionamento manual e de capacidade de armazenamento da calda carrapaticida limitada (5 – 20 L). Existem vários fabricantes e modelos no mercado, mas em geral, possuem tanque de polietileno e sistema de ejeção em aço inox com bico de ejetor de jato cônico, que pode ser substituído por outros bicos de jatos distintos que influenciam na forma e na vazão do jato do líquido ejetado ³¹.

As bombas costais são geralmente pouco ergonômicas e exigem muito esforço do agente aplicador. Seu mau uso já foi relacionado a doenças ortopédicas como deformações lombocervicais da coluna vertebral e a intoxicações, pois não protege adequadamente o agente aplicados de contato com os líquidos ejetados, normalmente tóxicos para humanos ^{32-33, 52-53}.

2.2.3 Aspersor estacionário

Aspersores estacionários na pecuária são adaptações de aspersores agrícolas de irrigação para pulverização de líquidos sobre animais contidos, sejam bovinos, equinos, ovinos, suínos etc. A força propulsora é resultante de uma bomba hidráulica e a calda pulverizada é previamente produzida e armazenada em tanque adaptados, normalmente caixa d'água. Sua ação, geralmente simula chuva da solução que se deseja aplicar, como chuva de carrapaticida, nos tratamentos dos carrapatos. Este tipo de aspersão, atinge os animais sobre o lombo, permitindo com que a calda escorra pelo corpo do animal, porém, a região ventral sai seca e sem tratamento. Este método, também, desperdiça muita calda, pois grande parte do seu volume atinge o solo sem ter tido contato com o animal a ser tratado ²⁵⁻²⁸.

2.2.4 Pulverizador de alta pressão (WAP)

Banho por pulverizador de alta pressão é aquele adaptado com o uso de uma lavadora de alta pressão, uma máquina que bombeia água sob pressão através de uma tubulação para a limpeza de superfícies com um jato de água a alta velocidade. Equipamentos como estes operam a pressões de até 30.000 PSI. Sua adaptação para a pecuária exige um tanque armazenador da calda carrapaticida pré-preparada, pois sua função é limitada a pulverização ⁵¹.

2.3 A realidade em campo do controle carrapaticida

Estudos com trabalhadores e produtores de leite de Minas gerais avaliaram o conhecimento destes funcionários e produtores de leite sobre o carrapato dos bovinos e seu controle. Estes

produtores não tinham informação sobre testes de eficiência de carrapaticidas e controle de carrapatos. 92,3% dos produtores nada sabiam sobre o período não-parasitário. Para 96,4%, o que determinava o momento do tratamento era o grau de infestação de carrapatos. 93,3% utilizavam bomba-costal para aplicação do carrapaticida, o método mais comum de aplicação insuficiente e susceptível ao erro de aplicação. Desconhecimento sobre a correta prática da diluição da calda carrapaticida. Demonstrando, com aquele estudo, a necessidade de melhor instrução dos produtores em relação à biologia e ao controle do *Rhipicephalus microplus*⁵²⁻⁵⁵.

3. OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

Avaliar e comparar os resultados de formulação carrapaticida de contato aplicados por bomba costal, pulverizador de alta pressão e por pulverizador automatizado para controle de *R. microplus*.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar e comparar a eficácia de formulação carrapaticida de contato aplicados por bomba costal, pulverizador de alta pressão e por pulverizador automatizado para controle de *R. microplus*.
- Avaliar e comparar o tempo de banho, pressão (PSI), volume de calda aplicada e aspectos ergonômicos na aplicação de carrapaticidas utilizando bomba costal, pulverizador de alta pressão e por pulverizador automatizado para controle de *R. microplus*.
- Registrar a percepção da pessoa que aplicou o carrapaticida sobre as facilidade e dificuldades do manuseio de cada um dos equipamentos, considerando o desconforto e o peso.

REFERÊNCIAS

1. ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. REPORT Beef - Perfil da Pecuária no Brasil. 49p. 2020.
2. EMBRAPA. Leite de vacas felizes. Anuário Leite 2019. Embrapa Gado de Leite. Juiz de Fora. 53p. 2020. Disponível em: embrapa.br/gado-de-leite
3. BARROS, M.N.D.L, RIET-CORREA, F., AZEVEDO, S.S., LABRUNA, M.B. Off-host development and survival of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in the Brazilian semiarid. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. v.9, 17-24 p. 2017.
4. CAMPOS FERREIRA, M., LABRUNA, M.B. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Chapter 3. In: CAMPOS FERREIRA, M., LABRUNA, M.B., SZABÓ, M.P.J., KLAFKE, G.M. (Eds.). *Rhipicephalus (Boophilus) microplus: biologia, controle e resistência*. Medicina Veterinária, São Paulo, 169 p. 2008.
5. GUGLIELMONE A.A., SZABÓ M.P.J., MARTINS J.R.S., ESTRADA-PEÑA A. Diversidade e importância de carrapatos na sanidade animal. In: BARROS-BATTESTI DM, ARZUA M., BECHARA, G.H. Carrapatos de importância médico veterinária da região neotropical: um guia ilustrado para identificação de espécies. *Vox/ICTTD-3/Butantan*, São Paulo, p. 115-124, 2006.
6. GUERRERO, F.D., LOVIS, L., MARTINS, J.R. Acaricide resistance mechanisms in *Rhipicephalus microplus*. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 1-6, 2012.
7. FARIAS, N.A., RUAS, J.L., SANTOS, T.R.B. Análise da eficácia de acaricidas sobre o carrapato *Boophilus microplus*, durante a última década, na região sul do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v. 38, n. 6, 1700-1704 p. 2008.
8. VARGAS M.S., CÉSPEDES N.S., SÁNCHEZ H.F., MARTINS J.R. & CÉSPEDES C.O.C. Avaliação in vitro de uma cepa de campo de *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) resistente à Amitraz. *Ciência Rural* 33(4):737-742. 2003.
9. POHL P.C., KLAFKE G.M., CARVALHO D., MARTINS J.R., DAFFRE S., DA SILVA VAZ I. MASUDA A. ABC transporter efflux pumps: A defense mechanism against ivermectin in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *INTERNATIONAL JOURNAL FOR PARASITOLOGY*, v. 41, p. 1323-1333, 2011.
10. GEORGE J.E., POUND J.M., DAVEY R.B. Acaricides for controlling tick on cattle and the problem of acaricide resistance. In: Bowman AS, Nuttall P (eds) *Ticks: biology, diseases and control*. Cambridge University Press, Cambridge. 2008. P.408-423.
11. KLAFKE G., WEBSTER A., AGNOL B.D., PRADEL E., SILVA J., CANAL L.H.L.,

- BECKER M., OSÓRIO M.F., MANSSON M., BARRETO R., SCHEFFE, 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 Tick. Borne.* 2017. Vol. 8, 73–80.
12. NAVA S., TOFFALETTI J.R., ROSSNER M.V., MOREL N., MANGOLD A.J. Alternative applications of the strategic control against the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in a subtropical área. *Parasitology Research*, 2021. Vol. 120:11, p. 3653 – 3661, doi: 10.1007/s00436-021-07324-3
13. MARTINEZ M.L., SILVA M.V.G.B., MACHADO M.A., NASCIMENTO C.S. Associação do gene candidato BOLA-DRB3.2 com resistência a ectoparasitos em bovinos. *Proceedings of the 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Campo Grande, MS, Brazil. 2004.
14. FURLONG, J. Controle do carrapato dos bovinos na região sudeste do Brasil. *Cadernos da Escola de Veterinária Universidade Federal de Minas Gerais*, v. 8, p. 49-61, 1993.
15. ROCHA C.M.B.M., LEITE R.C, BRUHN F.R.P, GUMARÃES A.M., FURLONG J. Perceptions of Milk producers from Divinópolis, Minas Gerais, regarding *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* control. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 20, n. 4, 295-302 p. 2008.
16. EIDEN, A.L., KAUFMAN, P., ALLAN, S.A. Detection of Permethrin Resistance and Fipronil Tolerance in *Rhipicephalus sanguineus* (Acari: Ixodidae) in the United States. *Journal of Medical Entomology*. 52(3):429-436. 2015.
17. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA/visualize>>. Acesso em: 27 ago. 2020.
18. RODRÍGUEZ-VIVAS R.I., HODGKINSON J.E., TREES A.J. Resistencia a acaricidas em *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: a situação real dos mecanismos de resistência. *Rev Mex Cienc Pecu*; 3 (S1): 9-24. 2012.
19. RECK, J., MARKS, F.S., RODRIGUES, R.O., SOUZA, U.A., WEBSTER, A., LEITE, R.C., GONZALES, J.C., FLAFKE, G.M., MARTINS, J.R. Does *Rhipicephalus microplus* tick infestation increase the risk for myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax* in cattle? *Preventive Veterinary Medicine*, v. 1, 59-62 p. 2014.
20. KLAFKE, G.M., MILLER, R.J., TIDWELL, J., BARRETO, R., GUERRERO, F.D., KAUFMAN, P.E., PÉREZ DE LEÓN, A.A. Mutation in the Sodium Channel Gene Corresponds with Phenotypic Resistance of *Rhipicephalus sanguineus sensu lato* (Acari: Ixodidae) to Pyrethroids. *JOURNAL OF MEDICAL ENTOMOLOGY*, v. 54, p. 1639-1642,

- 2017.
21. BROWN S., ZEIDLER M.P., Hombria J.E. JAK/STAT signalling in *Drosophila* controls cell motility during germ cell migration. *Dev. Dyn.* 235(4): 958--966. 2006.
 22. CRUZ, B.C. Aspectos ecológicos, biológicos e de resistência de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) na região de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. (Tese doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Julho de Mesquita Filho", Jaboticabal, 146 p. 2017.
 23. RODRÍGUEZ-VIVAS, R.I., GRISI, L., PÉREZ de LEÓN, A A., VILLELA, H.S.; TORRES-ACOSTA, J.F.J., FRAGOSO H.S., ROMERO S.D., ROSARIO C.R., SALDIERNA, F., GARCÍA C.D. Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. *Revista México Ciencia Pecuaria*, v. 8, n. 1, 61-74 p. 2017a.
 24. RODRÍGUEZ-VIVAS, R.I., OJEDA-CHI, M.M., TRINIDAD-MARTINEZ, I., DE LEÓN A.A.P. First documentation of ivermectin resistance in *Rhipicephalus sanguineus* sensu lato (Acari: Ixodidae). *Veterinary Parasitology* 233:9–13. 2017b.
 25. BARNETT, S.A. The control of ticks on livestock. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1961. 115p.
 26. VERISSIMO C.J. Prejuízos causados pelo carrapato *Boophilus microplus*. *Zootecnia*, Nova Odessa, 1993. V. 31:3/4, p. 97-106.
 27. OLIVEIRA, L.E.K., OLIVEIRA, M.S. Aplicação de medicamentos em bovinos utilizando pulverizador costal manual e sistema “pour-on”. Brasília: SENAR. 1998. 76p.
 28. LEITE, R.C. Práticas auxiliares no manejo parasitário em bovinos. Campinas: Merial Brasil, 2004. p.1-15.
 29. LABRUNA M.B. 2008. Combate contra R. (B.) microplus. In: Pereira, M. C., Labruna, M. B., Szabò, M. P. J., Klafke, G. M. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: biologia, controle e resistência. São Paulo: MedVet. 65-80.
 30. 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, n.4, p.295-302, 2011.
 31. 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, 2012. P. 11-51.
 32. ANNOOTT I.M., BONSAI J.L., TUIINBULII G.J., CHESTER G., HART T.B. Worker Exposure to a Herbicide Applied with Ground Sprayers in the United Kingdom. *American*

- Industrial Hygiene Association Journal, 1987. Vol. 48:2, p. 167 – 1751, doi: 10.1080/15298668791384571
33. GANDINI E.M.M., GANDINI A.M.M., LEITE A.M.P. Avaliação ergonômica e do risco de lombalgia na utilização de pulverizador costal manual em plantios de eucalipto no município de Curvelo – MG. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto – SP, 2010.
 34. VERÍSSIMO, C.J., SILVA, R.G., OLIVEIRA, A.A.D., RIBEIRO, W R., ROCHA, U.F. Contagens de instares do carrapato *Boophilus microplus* em bovinos mestiços. Boletim de Indústria Animal, v. 54, n.2, 21-26 p. 1997.
 35. GRISI, L., LEITE, R.C; MARTINS, J.R.S., BARROS, A.T.M., ANDREOTTI, R., CANÇADO, P.H.D., LEÓN, A.A.P., PEREIRA, J.B, VILLELA, H.S. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. Rev Bras Parasitol Vet.; 23(2): 150-156. 2014.
 36. 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.
 - HITCHCOCK, L.F. Estudos sobre os estágios não parasitários do carrapato bovino *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarina: Ixodidae). Australian Journal of Zoology 3 (3) 295 – 311: 1955.
 37. GONZALES, J.C. O controle do carrapato do boi. 2. ed. Porto Alegre: Edição do Autor, 235 p. 1995.
 38. FURLONG, J, PRATA, M.C.A. Carrapato-dos-bovinos: ações simples permitem convivência em harmonia. In: ANDREOTTI, R., KOLLER, W.W. Carrapatos no Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 187 p. 2013.
 39. CAMPOS PEREIRA, M., LABRUNA, M.B. *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. Chapter 3. In: CAMPOS PEREIRA, M.; LABRUNA, M.B., SZABÓ, M. P. J., KLAFKE, G. M. (Eds.). *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*: biologia, controle e resistência. Medicina Veterinária, São Paulo, 169 p. 2008.
 40. LABRUNA, M. B., LEITE, R.C., GOBESSO, A.A.O., GENNARI, S.M., KASAI, N. Controle estratégico do carrapato *Amblyomma cajennense* em equinos. Ciência Rural, v. 34, 195-200 p. 2004.
 41. SINDAN – Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Saúde Animal. Mercado Brasil 2019 e Anuário, 2020. Disponível em: <http://www.sindan.org.br/anuario2019/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

42. CORRÊA D.D. Nemertinos do litoral Brasileiro. Boletim da Faculdade de filosofia, ciências e letras, Universidade de São Paulo. Doctoral dissertation. Universidade de São Paulo, 1-90. 1954.
43. BRASIL. Lei nº 11.936, de 14 de maio de 2009. Proíbe a fabricação, a importação, a exportação, a manutenção em estoque, a comercialização e o uso de diclorodifeniltricloreto (DDT) e dá outras providências.
44. RAYNAL, J.T. et al. Resistência do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a acaricidas [*Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistance to acaricides]. Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias, v. 110, p. 23–29, 2015.
45. FERNANDES, I., CHANUT-DELALANDE, H., FERRER, P., LATAPIE, Y., WALTZER, L., AFFOLTER, M., PAYRE, F., PLAZA, S. Zona pellucida domain proteins remodel the apical compartment for localized cell shape changes. Dev. Cell 18(1): 64--76. 2010.
46. WOOD, A. Compendium of Pesticide Common Names. Acesso em 05 de agosto de 2020). Disponível em: http://www.alanwood.net/pesticides/class_acaricides.html
47. MILLER, R.J, WHITE, W.H., DAVEY, R.B., GEORGE, J.E., DE LEON, A.P. Efficacy of Spinosad Against Acaricide-Resistant and Susceptible *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* and Acaricide-Susceptible *Amblyomma americanum* and *Dermacentor variabilis*. Journal of Medical Entomology, Volume 48, Issue 2, Pages 358–365. 2011.
48. IILDA, I. O que é ergonomia. In: Ergonomia: projeto e produção. São Paulo: Editora Blucher Ltda. 1990. P.1-22.
49. LOPES, E.S., OLIVEIRA, F.M., RODRIGUES, C.K. Determinação da carga física de trabalho na atividade de aplicação manual de herbicida. Ambiência, Guarapuava – PR. 2011. VOL.7:2, p. 329 – 337.
50. WAP. Manual de instruções. FW005460. Rev.1 Outubro 2017. In: https://blog.wap.ind.br/wp-content/uploads/2018/05/4100_Manual.pdf
51. ROCHA, C.M.B.M., OLIVEIRA, P.R., LEITE, R.C., CARDOSO, D.L., CALIC, S.B., FURLONG, J. Perception of dairy farmers from Passos county, MG, Brazil, concerning the tick *Boophilus microplus* (acari: ixodidae). Ciência Rural. 2006. 36:4, 1235-1242.
52. AMARAL, M.A.Z., ROCHA, C.M.B.M., FACCINI, J.L., FURLONG, J., MONTEIRO, C., PRATA, M.C.A. Strategic control of cattle ticks: milk producers' perceptions. Revista Brasileira Parasitologia veterinária. 2011. 20:2, 148-154.
53. AMARAL, M.A.Z., ROCHA, C.M.B.M., FACCINI, J. L., FURLONG, J., MONTEIRO, C., PRATA M.C.A. Perceptions and attitudes among milk producers in Minas Gerais regarding cattle tick biology and control. Revista Brasileira Parasitologia veterinária. 2011. 20:3, 194-

201. Boller W., Machry M. 2007. Operating pressure and spray nozzles effects on the efficiency of contact herbicide in soybeans. *Engenharia Agrícola*. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo - RS, Vol. 27:3, p. 722 – 727, doi: 10.1590/S0100-69162007000400015
54. ROCHA, C.M.B.M., LEITE, R.C., BRUHN, F.R.P., GUIMARÃES, A.M., FURLONG, J. 2011. Perceptions of Milk producers from Divinópolis, Minas Gerais, regarding *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* control. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. 20: 4, 295-302

CAPÍTULO 2 – Manuscrito que será submetido - Ticks and Tick-borne Diseases

Comparing acaricide efficacy to control *Rhipicephalus microplus* using different sprayer equipment and validation of an automated spraying equipment

Nélio Moraes^a, João Eduardo Nicaretta^a, Daniel de Castro Rodrigues^{a,b}, Bruno César Ferreira Gonzaga^{a,c}, Mayara Macedo Barrozo^a, Francisca Letícia Vale^a, Lainny Jordana Pereira e Sousa^a, Ana Lúcia Coutinho^a, Gabriel Webert Gomes^d, Welber Daniel Zanetti Lopes^{a,e}, Caio Monteiro^{a,e}

a – Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Goiás. Avenida Esperança, s/n, Campus Samambaia, Goiânia – Goiás, Brazil. CEP: 74.690-900. E-mail: docamponelio@gmail.com, dtij@hotmail.com, mayaramacedob@gmail.com, leticiadetecta@gmail.com, lainnyjordana@gmail.com, luciacoutinho13@gmail.com

b – MSD Saúde Animal. Avenida Dr. Chucri Zaidan, 246-96, 9o andar, São Paulo - SP – Brasil. CEP: 04583-110. E-mail: daniel.rodrigues2@merck.com

c - Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás - Campus Colemar Natal e Silva - Rua 235, s/n - Setor Leste Universitário, Goiânia – GO 74605-050 Brasil. E-mail: brunogonzaga@ufg.br

d – Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. Avenida Esperança, s/n, Campus Samambaia, Goiânia – Goiás, Brazil. CEP: 74.690-900. E-mail: gwebert@discente.ufg.br

e – Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública da Universidade Federal de Goiás (UFG). Rua 235, s/n, Setor Universitário, Campus Colemar e Silva, Goiânia, Goiás, Brasil. CEP: 74605-050. Tel.: +55 32 98876 1228. E-mail: wdzlopes@hotmail.com, caiosat@gmail.com

Abstract

The present work compared the efficiency of three different equipment sprayer for acaricides application to control *Rhipicephalus microplus*. To compare the equipment, an acaricide containing three active ingredients (one pyrethroid and two organophosphate) was used. In experiment 1 (farm 1 Goiânia, GO, Brazil), three equipment were tested: backpack sprayer (BS), high pressure sprayer (HPS) and automated sprayer (AS). In experiment 2 (farm 2 – São José do Rio Pardo, SP, Brazil), two equipment were tested: BS and HPS. In both experiments, 10 bovines with similar tick burden were used. In day 0, in both experiments, the animals were treated with the acaricide. On days +1 (only in experiment 1), +3, +7, +14, +21, +28 and +35 (only in experiment 2), ticks count was performed to determine the control efficacy. The application time, pressure (KPa) and volume applied (L) in each spraying system were also evaluated. Adult immersion test (AIT) using three different acaricides (combination of pyrethroid + organophosphate) was performed to compare the susceptibility of strains from each farm. In experiment 1, all treatments reduced significantly ($p < 0.05$) the number of ticks on animals, however, the HPS resulted greater efficacy of the acaricide since day +1. In experiment 2, both treatments (with HPS and BS) reduced ($p < 0.05$) the tick burden, however the HPS resulted in more accentuated reduction. The application time was of 4.5, 150 e 330 seconds, while pressure was of 306.8, 4,826.3 and 172.4–220.6 KPa for AS, HPS and BS, respectively. In the AIT the values of efficacy were between 99.8 - 100% for the tick strain form the farm 1 (Goiânia), while for tick strain from the farm 2 (São José do Rio Pardo), the efficacy was between 67.2 - 80.9%. We conclude the application sprayer equipment influences the efficacy of the acaricide. All three equipment sprayers were efficient for acaricide application; the best efficacy was obtained using the HPS while the AS resulted in good efficacy and lower application time. The strain from the farm 2 was less susceptible for all acaricides tested.

Key words: Cattle tick, automatic sprayer, backpack sprayer, high pressure sprayer.

1. Introduction

Rhipicephalus microplus is the main ectoparasite of economic importance for global cattle-rising mainly in tropical and subtropical countries (Guglielmone et al., 2006), with losses estimated in 3 billion dollars per year, considering only Brazil. Some consequences of the infestation by this tick are blood loss, inflammatory reactions, stress, predisposition to myiasis and opportunistic diseases causing productivity reduction (Grisi et al., 2004). In addition, this ectoparasite acts as a vector for protozoans and bacteria causing Cattle Tick Fever (CTF), a complex of diseases constituted of babesiosis and anaplasmosis (Furlong et al., 2004; Martins and Furlong, 2006). Thus, controlling *R. microplus* tick is important within the context of cattle farm management and sanity (Amaral et al., 2011a, b).

Control of *R. microplus* is performed mainly using synthetic acaricides belonging to different chemical classes such as pyrethroids, organophosphates, amidines, macrocyclic lactones, phenylpyrazoles and growth inhibitors (Kunz e Kamp, 1994; Labruna, 2008; Rocha et al., 2011; Rodriguez-Vivas et al., 2018). Control is performed with contact or systemic acaricides, applied through different spraying methods, immersion baths, pour-on application and/or injectable (Furlong et al., 2007; Rocha et al., 2011; Rodriguez-Vivas et al., 2018). The constant utilization of these products has resulted in selection of populations of resistant ticks. There are literature registers of resistant populations for all chemical classes available in the market, including multi-resistant populations (Reck et al., 2014; Klafke et al., 2017; Valsoni, 2020). However, survivor of ticks may occur not only due to resistance but also due to flaws in acaricide application (Furlong and Martins, 2005).

When applying acaricides it is important to pay attention to all details involving the management of *R. microplus*, including the choice of acaricide and the period of year and form of application (Furlong et al., 2007). Spray baths with different equipment is one of the main application systems for acaricides, however, there are no equipment developed and validated specifically for this purpose in the Brazilian market, forcing the use of equipment developed for

agriculture and adapted for acaricide application in bovines (Rocha et al., 2011; Rodrigues, 2012). Backpack Sprayer (BS) for agricultural use represents the main application system for acaricides in cattle, although issues related to ergonomics may increase the chance of mistaken application of the acaricide, reducing its efficacy and causing problems for farm workers (Lopes et al., 2011; Rocha et al., 2011, Rodrigues, 2012). High-Pressure Sprayers (HPS) are also used to apply acaricides, but few data are available concerning the efficacy of commercial formulations applied with this equipment (Rodrigues, 2012). Automated Sprayers (AS) also represent an alternative for acaricide application in cattle; however, few models are available in the market, some with high cost (Rocha et al., 2011; Rodrigues, 2012).

To determine the relative efficacy of different equipment's, studies are required (Kunz and Kamp, 1994, Rodrigues, 2012; Rodriguez-Vivas et al., 2018). The present work aimed to compare the efficacy of a acaricide using different equipment sprayer, in two farms.

2. Material and methods

2.1. Ethical issues

The research was approved by the Animal Use Ethics Committee (CEUA) from the Federal University of Goiás (UFG) (Protocol 073/20), according to the ethical principles for animal experimentation. All experimental stages for evaluation tests followed the standards of Ordinance nº 4 from the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (“Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento” – MAPA - Brasil, 1997) and the recommendations from the reference guide of good practices and humanitarian management of animals (Grandin, 2013) and the Certified Humane Brazil for Animal Well-Being (Paranhos da Costa et al., 2019).

2.2. Experiment 1 – comparison of sprayer equipment

2.2.1 Location of the experiment, animals and acaricide

The experiment was performed on the “Fazenda Escola” (dairy production – farm 1) from the School of Veterinary and Animal Science (EVZ) from the Federal University of Goiás (UFG), in the county of Goiânia, Goiás, Brazil (16° 35’ 39.07” S, 49° 17’ 1.22” W and 764 m altitude). Forty Girolando (Gir x Holstein, genetic proportion of $\frac{7}{8}$) cows, naturally infested with *R. microplus* and mean weight of 420 kg from the farm itself were used, acclimatization period was not needed. Only bovines with good nutritional status, without previous treatment with acaricides for at least 90 days, were included in the study. A commercial acaricide formulation was used (Potenty® - MSD Animal Health), constituted by the association of two organophosphates (Ethion 16 g/100 mL and chlorpyrifos 8.5 g/100 mL) and one pyrethroid (Alpha-cypermethrin 5 g/100 mL).

2.2.2 Automated sprayer (AS)

The automated sprayer (AS) is an equipment developed and marketed by the ATLA Agribusiness industry. This equipment stores water in a water box of 500 liters. By means of a hydraulic pump of 1.1 KW triggered by a command circuit (constituted by a closed-circuit board, driving wrench and timer wrench), it generates a water flow which exerts pressure on a Venturi Tube suctioning the acaricide directly from the container, which is sequence is mixed directly in the water stream forming an emulsion at the recommended concentration. Such concentration may be adjusted to different concentrations for different acaricides. The command circuit is triggered by an optical proximity sensor of 24V-DC. After being triggered by the sensor the emulsion flows through a polyvinyl chloride (PVC) system of pipes to be applied in the cattle, trough of 34 spraying nozzles, with 12 nozzles in the lower part, 12 nozzles in the laterals and 10 nozzles in the superior part (nozzles types - JA-2 and JHS-110 01, with conical and fan jets, respectively). All

the hydraulic system (pipes and spraying nozzles) is supported by an open metallic structure of tubular galvanized steel with 10 cm diameter on a concrete foundation with steel trusses (Figure 1).

2.2.3 Backpack sprayer (BS)

The Backpack sprayer (BS - PJH - Máquinas Agrícolas Jacto S.A) contains a 20 L chamber to store the acaricide emulsion, a piston to generate hydraulic pressure which is triggered manually by a lateral lever, generating hydraulic pressure to pump the acaricide solution through a hose into the spray gun, which is regulated by a valve which controls the solution flow through the JDR spray nozzle (Figure 2). For the acaricide bath with BS, all animals were tied up to contain movements.

2.2.4. High-pressure sprayer (HPS)

To use the High-Pressure Sprayer equipment (HPS - LK 1305 - KALA industry) to apply the acaricide, an adaptation was made using a 40 L tank to store the acaricide emulsion and a low-pressure hydraulic hose to carry the solution into the sprayer equipment. The HPS also has an electric system of 0,97 KW which generates hydraulic pressure, to pump the acaricide emulsion through a high-pressure hose into the spraying gun, which is regulated by a valve which controls the flow through the spraying nozzle. For the acaricidal bath with HPS, each animal of this experimental group was contained in some cattle trunk (Figure 2).



Figure 01 – Structure of the automated sprayer for application of contact acaricides in cattle. **A:** Water box of 500 liters; **B:** Hydraulic pump of 1.5 HP; **C:** Command circuit; **D:** Venturi Tube; **E:** Acaricide; **F:** Optical proximity sensor of 24V-DC; **G:** PVC pipes; **H:** Lower nozzles; **I:** Lateral nozzles **J:** Top nozzles; **L:** galvanized steel with 10 cm diameter.

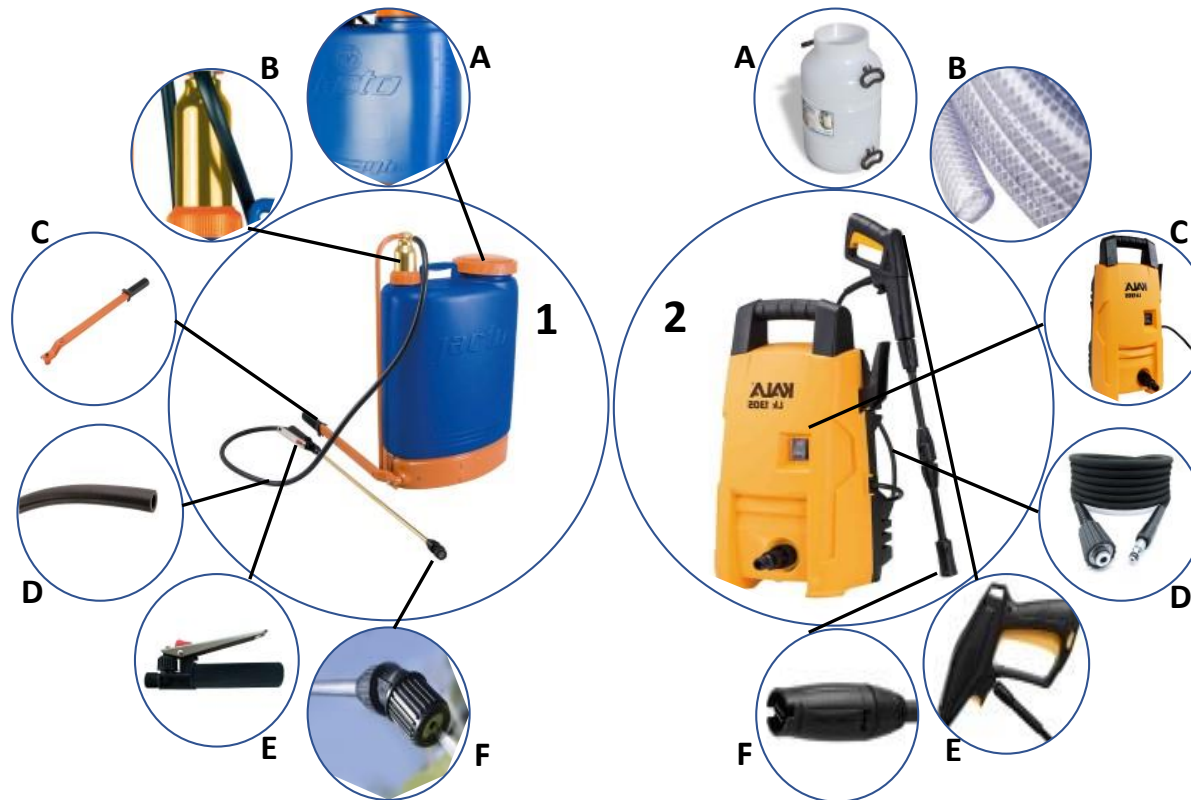


Figure 2 –1: Backpack sprayer : 20 L chamber to store the acaricide emulsion; B:piston to generate hydraulic pressure;C: lateral lever; D:high pressure hose ; E:valve and F: spray nossle.2: High-pressure sprayer . A:40 L tank, B:low-pressure hydraulic hose, C:electric pump of 1300 HP, D: high-pressure hydraulic hose, E: valve F: spray nossle.

2..2.4. Evaluation of acaricide efficacy applied with different sprayer equipment

Bovines were assigned in groups on day zero, according to the means of *R. microplus* females ticks (between 4.5 and 8 mm) quantified in the left side of each animal on days -3, -2 and -1 (Wharton and Utech, 1970). First, the animals were listed in decreasing order according to the mean number of ticks. Within that order, the first four animals were clustered in the first block; the next four bovines were designated to the second block, and so on, until all ten blocks were constituted. Then, within each block, the animals were randomly designated by lottery, to one of the four experimental groups: Group 1 – control (without treatment); Group 2 – acaricide applied with AS; Group 3 – acaricide applied with HPS; Group 4 – acaricide applied with BS.

Bovines were treated (sprayed) with acaricide (alpha-cypermethrin + ethion + chlorpyrifos) on day 0, using three types of spraying equipment. The acaricides (5 L per animal = 0.6250g of alfa-cypermethrin + 2g ethion + 1.0625g chlorpyrifos) were diluted according to the manufacturer recommendations. To treat animals with BS and HPS, bovines were individually contained to facilitate the correct application of the formulation. Each animal was sprayed with 5 L of emulsion, treating uniformly the whole body of the animal. When treating animals with AS sprayer, the bath was performed in one animal at a time, inside the metallic open chamber prepared with the spraying nozzles.

During the application, the pressure (KPa) of each sprayer equipment was evaluated using an analog manometer (0 – 13,789.5 KPa – FAMABRAS). The application time of the acaricide was also evaluated. The volume of acaricide applied (in liters) was established in 5 L for BC and HPS (according to the manufacturer recommendation for animals of the size of a bovine), while for AS this volume was quantified by the addition of the flow rates measured in all the system nozzles by the mean application time consumed per animal. The ergonomic aspects were analyzed by the perception of the person who applied the acaricide about difficulties of handling the equipment, considering the discomfort and weight.

From days 0 until +3, each experimental group was held in separate paddocks with *Urochloa brizantha*, water and mineral salt *ad libitum*. After this period, groups were mixed and re-divided in three groups, each one containing animals from all experimental groups to preserve the same environmental pressure of *R. microplus* infestation.

After treatment, tick counts (females 4.5-8 mm) were performed on days +1, +3, +7, +14, +21 and +28. The efficacy of the treatments was calculated using the following formula (MAPA, 1997):

$$\text{Percentage of efficacy} = \left(1 - \frac{Ta \times Cb}{Tb \times Ca}\right) \times 100$$

- Where: *Ta* = mean number of semi-engorged females ticks that detached naturally from treated animals after the application of the spray formulation (treatment date); *Tb* = mean number of semi-engorged female ticks that detached naturally from treated animals during the three days preceding the treatment date; *Ca* = mean number of semi-engorged female ticks that detached naturally from untreated control animals after the treatment date; *Cb* = mean number of semi-engorged female ticks that detached naturally from untreated control animals during the three days preceding the treatment date.

2.3. Experiment 2 – comparison of sprayer equipment

2.3.1. Location of the experiment, animals and acaricide

The experiment was performed on a private farm (farm 2) in the county of São José do Rio Pardo (SJRP), São Paulo, Brazil (21°35'44" S, 46°53'19" W at 705 m altitude). Thirty Simmental cows, naturally infested with *R. microplus* and mean weight of 490 kg from the farm itself were used, acclimatization period was not needed. Only bovines with good nutritional

status, without previous treatment with acaricides for at least 90 days, were included in the study. The same commercial acaricide formulation of the experiment 1 was used.

2.3.2. Equipment

This experiment compared only two equipment (BS and HPS), the same equipment used in experiment 1.

2.3.3. Evaluation of acaricide efficacy applied with different sprayer equipment

To perform this experiment, the same methodology described in item 2.2 was used and the sprayer equipment tested were BS and HPS. Cows of the Simental breed were used (mean weight of 490 kg), kept in paddocks with "coast-cross" grass (*Cynodon dactylon*), water and salt *ad libitum* and counting ticks were performed to evaluate efficacy of the acaricide on days +3, +7, +14, +21, +28 and +35.

2.4. Experiment 3 – Adult Immersion Test (AIT)

To evaluate the susceptibility profile of both tick populations, an immersion test was performed with engorged females collected from both field experimental locations, EVZ – UFG and particular property in the county of SJRP. These females were removed directly from the infested bovines.

Females within each population were divided in four groups with homogeneous weight and then immersed in the emulsions containing commercial acaricides, diluted according to the manufacturer recommendation. The following commercial formulations were tested:

1. Potenty[®]: Ethion 16 g (OF = Organophosphate), Chlorpyrifos 8.5 g (OF = Organophosphate) and Alfa-cypermethrin 5.0 (PS = Synthetic Pyrethroid) in 100 mL
– MSD Animal Health

2. Cyperclor Plus[®]: Chlorpyrifos 25 g (OF = Organophosphate) + Cypermethrin 15 g (PS = Synthetic Pyrethroid) + Butoxide piperonyl 15 g (SI = Synergist) in 100 mL - Ceva Santé Animale
3. Colosso[®]: Chlorpyrifos 25 g (OF = Organophosphate) + Cypermethrin 15 g (PS = Synthetic Pyrethroid) + Citronelal 1 g (TE = Terpene) in 100 mL – Ouro Fino Animal Health

A control group was also established, where engorged females were immersed in distilled water.

After immersion, these females were conditioned in Petry dishes, identified and incubated in B.O.D. (Solab) chamber at $27^{\circ}\pm 1$ C° and relative humidity (UR) of $80\pm 10\%$, for 15 days for egg laying. After this period the mass of eggs was weighed and conditioned in plastic syringes with the distal extremity trimmed, sealed with hydrophobic cotton, conditioned in B.O.D. chamber under the same conditions previously mentioned, after 20 days the hatchability was evaluated by means of a visual assessment (Figueiredo et al., 2018). The percentage of control was determined using the values of female weight before egg laying, weight of egg masses and percentage of eclosion, according to Drummond (1973).

2.5 Comparison of sprayer equipment

A ranking for the sprayer equipment used was determined for each variable evaluated, efficacy of acaricide, application time and pressure (KPa), based on the experimental results. In this ranking the ergonomics of the equipment during their utilization was also considered. For the final classification the following score was considered: 1st = 3 points; 2nd = 2 points; 3rd = 1 point. The efficiency was used as a criterion of tie breaking.

2.6. Statistical analyses

In experiments 1 and 2, the average of the counts of partially engorged female ticks were log transformed using the equation in $(x + 1)$ using a mixed linear model and interactions. The statistical model included block, animal and residual as random effects. Treatment, application time and the interaction between treatment X application time were considered as fixed effects. All data were analyzed using the software SAS V9.4 at a significance level of 5% ($p < 0.05$).

3. Results

The data about the pressure (KPa) of each sprayer equipment, volume of emulsion applied, and application time are shown in table 1. The volume of acaricide applied was similar in all sprayer equipment tested (5 to 5.1 L), however, the higher pressure was obtained for HPS (4,826.3 KPa), while the shorter application time per animal was for AS (4.5 seconds).

Table 1 – Pressure, volume of the applied acaricide emulsion and time of application of different equipments.

Equipment	Pressure (KPa)	Volume of the applied acaricide (L)	Time of application (seconds)
Automated sprayer	306.8	5.1	4.5
High pressure sprayer	4,826.3	5.0	150 (= 2.5 min)
Backpack sprayer	172.4 – 220.6*	5.0	330 (= 5.5 min)

* Maximum pressure by manual pumping.

3.1. Experiment 1 – comparison of sprayer equipment

The results for this experiment are in table 2 and figure 3. All treatments with acaricide had a mean tick count inferior ($p < 0.05$) than control during the 28 days of evaluation (Table

2). It should be emphasized that on day +3, the mean number of ticks on animals that received treatment by HPS was inferior when compared with treatments BS and AS, and on day +28 when compared to BS (Table 2). HPS resulted in acaricide efficacy superior to 80% through all the evaluation period (+1 to +28), and efficacy superior to 90% between days +3 and +21, with maximum efficacy of 99.6% on days +7 and +14 (Figure 2). In treatments using AS and BS, on day +1 the efficacy of the acaricide was of 69%, being superior to 90% between days +7 and +21, with maximum efficacy of 98.7 and 96.2%, respectively (Figure 3).

Table 2 – Mean number of semi-engorged females of *Rhipicephalus microplus* (measuring between 4.5 – 8.0 mm) on cattle treated with a commercial acaricide (Ethion + chlorpyrifos + Alpha-cypermethrin) applied by different equipments, performed at the Milk Farm from the School of Veterinary and Animal Science (EVZ) from the Federal University of Goiás (UFG), in Goiânia, Goiás, Brazil.

Counted day	Control	Automated sprayer	High pressure sprayer	Backpack sprayer	Pr > F	CV
zero	70.00 a	70.00 a	70.05 a	70.08 a	0.9699	23.77
1	110.60 a	33.90 b	15.11 b	34.00 b	<0.0001	26.04
3	66.10 a	14.20 b	2.30 c	14.90 b	<0.0001	28.22
7	52.50 a	2.20 b	0.20 b	1.40 b	<0.0001	51.93
14	22.40 a	0.60 b	0.10 b	1.10 b	<0.0001	60.33
21	15.70 a	0.20 b	1.00 b	0.60 b	<0.0001	76.96
28	83,00 a	21,60 bc	13,20 c	30,50 b	<0,0001	19,69

Means followed by different letters on the same line show significant differences at the 5% level. Acaricide - 125 ppm Alpha-cypermethrin, 400 ppm of ethion e 212 ppm of chlorpyrifos.

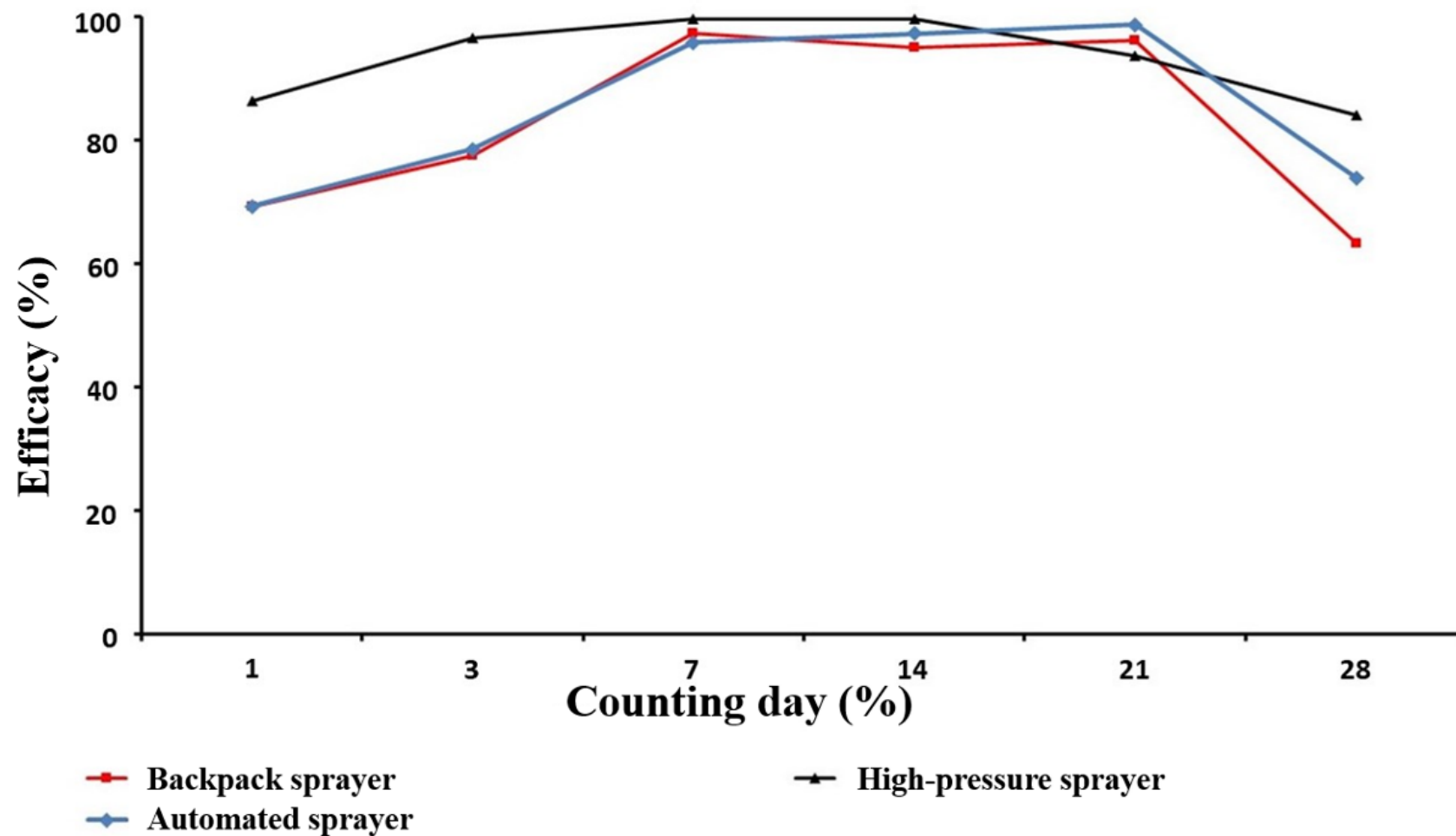


Figure 3 – Efficacy of a commercial acaricide (Ethion + chlorpyrifos + Alpha-cypermethrin) applied by different equipments, performed at the Milk Farm from the School of Veterinary and Animal Science (EVZ) from the Federal University of Goiás (UFG), in Goiânia, Goiás, Brazil.

3.2. Experiment 2 – comparison of sprayer equipment

The results from this experiment are in table 3 and figure 4. All acaricide treatments had a mean tick count inferior ($p < 0.05$) when compared to the control during the 35 days of evaluation (Table 3), with exception of treatment BS on day +35. It should be emphasized that on days +3, +7, +14 and +21, the mean number of ticks in treatment using HPS was inferior ($p < 0.05$) to the value observed in treatment using BS (Table 3). Treatment HPS had efficacy superior to 90% on evaluation days +3, +7, +17 and +21, with maximum efficacy of 99.3% on day +7 (Figure 4). The efficacy in treatment BC was superior to 80% only on day +14, with maximum efficacy of 83.1% (Figure 4).

Table 03 - Mean number of semi-engorged females of *Rhipicephalus microplus* (measuring between 4.5 – 8.0 mm) on cattle treated with a commercial acaricide* (Ethion + chlorpyrifos + Alpha-cypermethrin) applied by different equipments, performed on the farm in São José do Rio Pardo, São Paulo, Brasil.

Counted day	Control	High pressure sprayer	Backpack sprayer	Pr > F ²	CV ³
zero	40.40 a	40.06 a	40.23 a	0.8925	14.45
3	52.70 a	1.20 c	16.20 b	< 0.0001	22.43
7	53.80 a	0.40 c	11.90 b	< 0.0001	18.48
14	77.10 a	2.60 c	13.00 b	< 0.0001	22.20
21	65.00 a	5.20 c	16.20 b	< 0.0001	29.20
28	69.90 a	11.30 b	16.90 b	< 0.0001	16.74
35	64.10 a	31.20 b	43.10 ab	< 0.0246	14.64

Means followed by different letters on the same line show significant differences at the 5% level.
 Acaricide - 125 ppm Alpha-cypermethrin, 400 ppm of ethion e 212 ppm of chlorpyrifos.

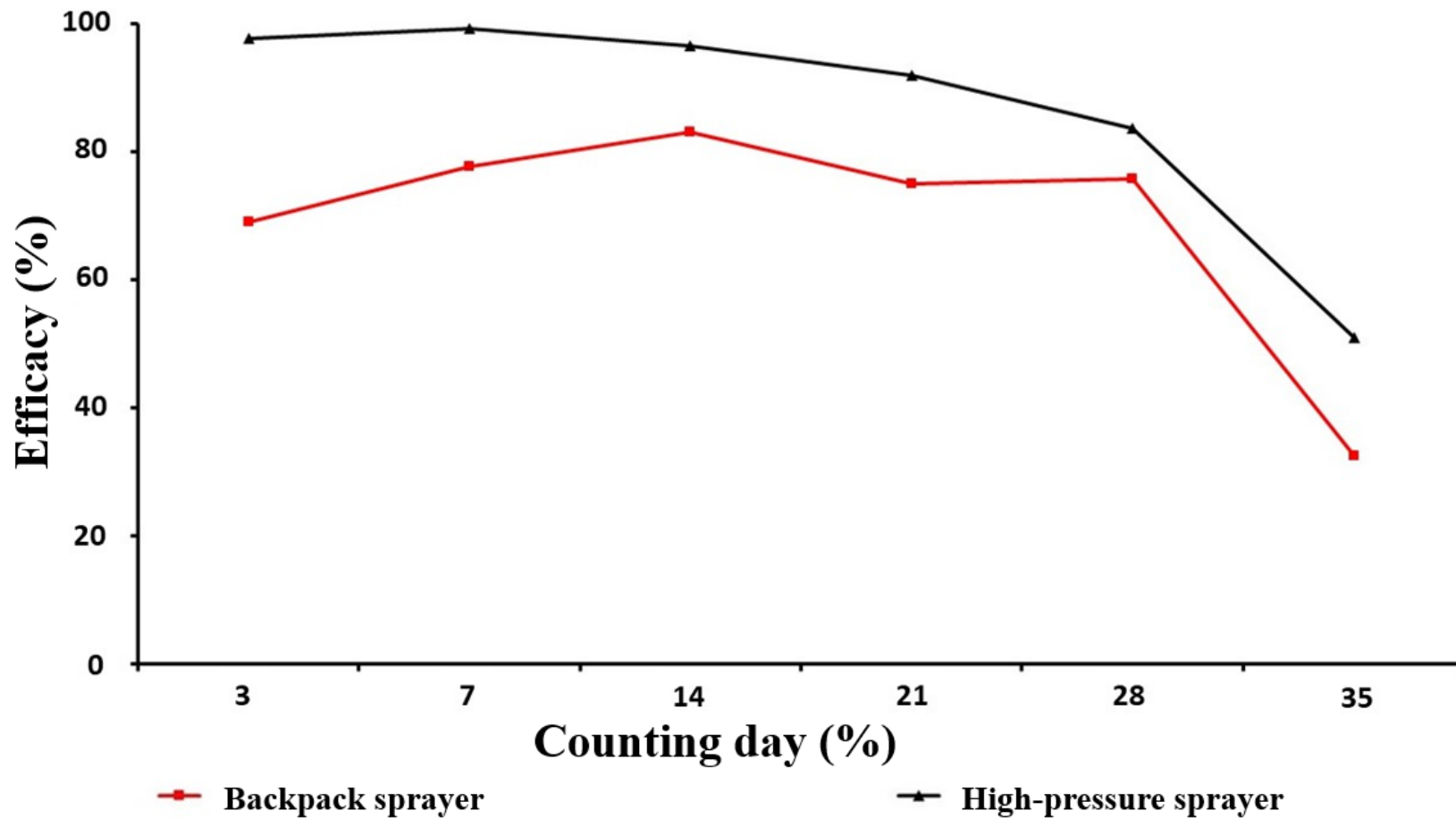


Figure 4 – Mean number of semi-engorged females of *Rhipicephalus microplus* (measuring between 4.5 – 8.0 mm) on cattle treated with a commercial acaricide* (Ethion + chlorpyrifos + Alpha-cypermethrin) applied by different equipments, performed at the farm on São José do Rio Pardo, São Paulo, Brasil.

3.3. Experiment 3 – Immersion test of engorged females

Data regarding the susceptibility of both tick populations derived from the locations where the field studies were performed are showed descriptively in table 4. All commercial acaricide formulations interfered with the reproductive biology of engorged females, resulting in inferior quantity and viability of eggs produced by the ticks of both populations (EVZ-UFG and SJRP). The percentage of control observed in the population from EVZ-UFG (Figure 3), varied from 99.8 to 100%, while the population from SJRP had inferior values, varying from 67.2 to 80.9% (Figure 4). In the immersion test of engorged females in laboratory conditions, the acaricide formulation used in both field experiments (experiment 1 and experiment 2) showed efficacy of 100 and 80%, respectively (Table 4).

3.4 Comparison of spraying equipment for acaricide application

When comparing all three equipment tested and considering all variables evaluated, it was verified that the AS and the HPS were equivalent, exhibiting the same score (= 10). However, due to the tie-breaking criterion (efficacy), the high-pressure sprayer was considered the best equipment. The BS showed the worst classification for all variables (Score = 04 - Table 5).

Table 4 – Peso das fêmeas ingurgitadas antes da postura (mg), peso da massa de ovos (mg), percentual de eclosão e percentual de controle de duas populações de *Rhipicephalus microplus* tratadas com diferentes formulações carrapaticidas comerciais, em condições de laboratório (27°±1 C° e UR 80±10%).

Tick population	Acaricide	Female weight before laying eggs (g)	eggs weight (g)	Percentage of larvae hatching (%)	Control percentage (%)
Fazenda de Leite - UFG	Control	3.47	1.96	87.6	
	1 - Alpha-cypermethrin (125 ppm) + Ethion (400 ppm) + chlorpyrifos (212 ppm)	3.47	0.00	0.00	100.00
	2 - Chlorpyrifos (312,5 ppm) + cypermethrin (187,5) + Piperonyl Butoxide (187,5 ppm)	3.44	0.020	0.00	100.00
	3 chlorpyrifos (312, 5 ppm) + cypermethrin (187,5 ppm) + Citronellal (12,5 ppm)	3.48	0.29	1.00	99.80
São José do Rio Pardo - SJRP	Control	2.74	1.43	99.30	
	1 - Alpha-cypermethrin (125 ppm) + Ethion (400 ppm) + chlorpyrifos (212 ppm)	2.74	0.43	62.30	80.90
	2 - Chlorpyrifos (312,5 ppm) + cypermethrin (187,5) + Piperonyl Butoxide (187,5 ppm)	2.74	0.33	98.30	77.20
	3 chlorpyrifos (312, 5 ppm) + cypermethrin (187,5 ppm) + Citronellal (12,5 ppm)	2.74	0.55	83..60	67.20

1 - 125 ppm Alpha-cypermethrin (pyrethroid), 400 ppm of Ethion (Organophosphates) and 212 ppm of chlorpyrifos (Organophosphates)

2 - 312,5 ppm of Chlorpyrifos (Organophosphates), 187,5 of cypermethrin (pyrethroid), 187,5 ppm of Piperonyl Butoxide (Synergist)

3 - 312, 5 ppm of Chlorpyrifos (Organophosphates), 187,5 ppm of cypermethrin (pyrethroid) e 12,5 ppm of Citronellal (Terpene)

Table 5 – Comparing spraying equipment in the application of acaricide in both experiments

	Automated sprayer	High pressure sprayer	Backpack sprayer
Efficacy	2nd	1st	3rd
Application time	1st	2nd	3rd
Spray pressure	2nd	1st	3rd
Ergonomics	1st	2nd	3rd
Total	10	10*	04

Categories: 1st = 3 pts; 2nd = 2 pts; 3rd = 1 pt.

* Tiebreaker = effectiveness

4. Discussion

R. microplus tick is one of the main problems, from the sanitary and economic point of view for global cattle-rising (Grisi et al., 2014; Lew-Tabor and Rodriguez Valle, 2016; Rodriguez-Vivas, 2018; Agwunobi et al., 2021), and the acaricide application using sprayer equipment is yet the main control method for this ectoparasite. However, the comparative studies regarding the influence of the sprayer equipment on acaricide efficacy are limited, as well as, efforts to develop and improve new equipment for this purpose (Rodrigues, 2012). There are studies available in the literature comparing the efficacy of acaricides applied by spraying and immersion bath (Amaral et al., 1974; Davey et al., 1997). As far as we know, this is the first study comparing the effect of acaricide efficacy using different sprayer equipment, in addition to validate an automated method which may facilitate the management of bovines in farms.

In both experiments of the current study the application of the acaricide emulsion with HPS showed better efficacy (superior to 90% between day +3 and +21), when compared to the

other sprayer equipment evaluated. It is possible that such result occurred due to the pressure of the equipment, once HPS pressure was 15 times stronger than AS pressure and 22 to 28 times stronger than BS pressure. The relation between pressure and efficacy was already demonstrated using insecticides to the control of agricultural pest (Costa et al., 2007; Frits and Hoffmann, 2016, Rodrigues et al., 2018, Skelton et al., 2018). In a study testing the application of botanical acaricides to control ticks in the environment, a HPS model exhibited the best efficacy suppressing nymphs of *Ixodes scapularis* and *Amblyomma americanum* in grasses (Dolan et al., 2009), allowing a deeper penetration of the solution in the vegetation and therefore permitting a higher contact with the ticks. The same effect may be attributed to the application of acaricide on animals, once, probably, HPS may allow the solution to penetrate better in bovine hairs and body folds, allowing higher contact with ticks. In addition, the better efficacy of HPS can be a consequence of the mechanical removal of some ticks, a fact that may increase the efficacy of the treatment. Such issue deserves future investigation.

Although the application of the emulsion via HPS has demonstrated better efficacy when compared to other sprayer equipment, it should be mentioned that during the application it was observed higher animal agitation. This higher agitation may be related with some animal discomfort, due to the high pressure of the jet over the animal skin. Animal well-being is another important feature that must be always considered in cattle-rising (Brasil, 2008; Silva et al., 2015; Paranhos da Costa et al., 2019), thus, although HPS showed the best results, it is important to evaluate the impact of the spray pressure in animal well-being in future studies.

BS showed the worst performance in both experiments (Experiment 1 >90% between +7 and +21 and Experiment 2 <90% in all evaluations), when compared with HPS. The spraying pressure provided by the equipment may probably be the variable explaining the lower efficacy. The BS delivers a spray with lower pressure which has a lower capacity to transpose the barrier of animal hairs and body folds and to reach ticks (Boller and Machry, 2007). It should be

mentioned that spraying pressure using BS, besides being lower, is also inconstant, once it depends on manual pumping by the operator, while in the other sprayer equipment the pressure is constant due to the hydraulic force from an electric pump. This may contribute to a non-uniform bath and a lower efficacy. If the product is not prepared and applied adequately, some ticks may survive because the acaricide will not reach all of them (Furlong and Martins, 2005).

Still regarding BS, it is possible to mention other unfavorable features for this equipment. Previous studies had demonstrated the utilization of BS increases up to 5.3 times the chance of using insufficient acaricide volume per animal (Furlong, 2007; Labruna, 2008). Such issue affects the efficacy of treatment and may increase the selection pressure for resistant populations of ticks (Labruna, 2008; Rodrigues, 2012). The weight of the sprayer equipment, causing discomfort during application, and the volume of acaricide that BS carries, are some negative issues which result in lower volume of acaricide applied per animal (Lopes et al., 2011; Rocha et al., 2011, Rodrigues, 2012). Finally, BS was the equipment which consumed the longest application time of acaricide, and its continuous utilization was already associated with orthopedic problems in the spine as well as intoxication of farm workers, being of practical use only with small herds (Annoott et al., 1987; Iida, 1990; Freitas, 2006; Lopes et al., 2011).

Application of acaricide with PS was performed only in the first study, resulting in efficacy higher than 90% between days +3 and +21. It is interesting to observe that this sprayer equipment also showed intermediary spraying pressure when compared to the other two sprayer equipment tested. Nowadays, agriculture targets technological improvements in production systems using automation technologies, geo-referencing, drones, allowing improvements in productivity and facilitating management (Zghair and Al-Araji, 2021; Sinha and Dhanalakshmi, 2022). In animal production such tendency occurs in a slower fashion, requiring the intensification of technology development to permit the same advances as in agriculture. Although on a smaller scale, some studies evaluated the efficacy of acaricide application with

automated equipment. In a study performed in the USA using one botanical acaricide (10% rosemary oil, 5% geraniol and 2% peppermint) and one chemical acaricide (coumaphos), to control *R. microplus*, applied using a portable semi-automated spraying chamber, a mean efficacy of 71% and 100% was achieved, respectively (Klafke et al., 2021).

AS exhibited other advantages. The time consumed for application was near 30 to 70 times inferior when compared to HPS and BS, respectively. The reduction of application time allows treating a higher number of animals in less time, easing activities of cattle herd management, and reducing labor work demand (Rocha, 2005). Another advantage of AS is that it eliminates human factor in the steps of preparation and application of the formulation, reducing the possibility of errors. Such feature is important, once the negligence or unfamiliarity with the correct preparation and application of acaricide formulation by land owners and farm workers is one of the main issues contributing for the lack of efficacy in the treatment of bovines with acaricides (Rocha et al., 2006; Amaral et al., 2011 a,b; Rocha et al., 2011).

Comparing the efficacy of BS and HPS, in both farms (EVZ and SJRP), is possible to verify the difference was higher in the experiment performed in SJRP. In the adult immersion test, an important tool for phenotypic characterization of tick resistance to acaricides (Furlong et al., 2007; Klafke, 2008; Higa et al., 2016), the population SJRP showed lower susceptibility to commercial formulations containing pyrethroid + organophosphate. This result shows that in less susceptible populations to a determined acaricide, the difference in field applications efficacy between these two sprayer equipment is accentuated.

Comparing results of acaricide efficacy using different sprayer equipment, in both experiments, evidenced that HPS was the most efficient equipment. However, AS also showed good results, in addition to other positive features: good ergonomics, preparation of acaricide and application time. BS equipment presented good results only in experiment 1, and the

utilization of this equipment has unfavorable features: longer time for application, less spraying pressure and worst ergonomics. These results evidenced that a failure to control *R. microplus* in the field may be related to the sprayer equipment and not only to the population of resistant ticks against the acaricide; or the failure may be related to both issues (resistance of ticks and sprayer equipment).

Declaration of competing interest

The authors report no declarations of interest.

Reference

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne 2020. Perfil da Pecuária no Brasil. São Paulo. Beef Report.

Abbott, I.M., Bonsali, J.L., Tuiinbuli, G.J., Chester, G., Hart, T.B., 1987. Worker Exposure to a Herbicide Applied with Ground Sprayers in the United Kingdom. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 48(2), 167-75. doi: 10.1080/15298668791384571

Agwunobi, D.O., Yu, Z., Liu, J.A., 2021. Retrospective review on ixodid tick resistance against synthetic acaricides: implications and perspectives for future resistance prevention and mitigation. *Pestic. Biochem. Physiol.* 173, 1–17. doi:10.1016/j.pestbp.2021.104776

Amaral, N.K., Monmany, L.F.S., Carvalho, L.A.F., 1974. Acaricide AC 84,633: first trials for control of *Boophilus microplus*. *J. Econ. Entomol.* 67(3), 387-389. doi: org/10.1093/jee/67.3.387

Amaral, M.A.Z., Rocha, C.M.B.M., Faccini, J.L., Furlong, J., Monteiro, C., Prata, M.C.A., 2011. Strategic control of cattle ticks: milk producers' perceptions. *Ver. Bras. Parasitol. Vet.* 20(2), 148-54. doi: 10.1590/s1984-29612011000200010

Amaral, M.A.Z., Moch, R.C.M.B., Faccini, J.L., Furlong, J., Monteiro, C., Prata, M.C.A., 2011. Perceptions and attitudes among milk producers in Minas Gerais regarding cattle tick biology and control. *Ver. Bras. Parasitol. Vet.* 20(3), 194-201. doi: 10.1590/s1984-29612011000300003

Boller W., Machry, M., 2007. Operating pressure and spray nozzles effects on the efficiency of contact herbicide in soybeans. *Eng. Agríc.* 27(3), 722-727. doi:10.1590/S0100-69162007000400015

Brasil. Instrução normativa nº 56 de 6 de novembro de 2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estabelecer os procedimentos gerais de Recomendações de Boas Práticas de Bem-Estar para Animais de Produção e de Interesse Econômico - REBEM, abrangendo os sistemas de produção e o transporte. (2008)

Brasil. Portaria nº 48 de 12 de maio de 1997 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aprova o regulamento técnico para produção, controle e emprego de antiparasitários de uso veterinário. Brasília, 16 mai. (1997). Seção 2.3. 3-8.

Costa, A.G.F., Velini, E.D., Negrisoli, E., Carbonari, C.A., Rossi, C.V.S., Corrêa, M.R., Silva, F.M.L., 2007. Effect of wind intensity, pressure and nozzles on spray drift from preemergence herbicide applications. *Plant. Daninha.* 25(1). doi:10.1590/S0100-83582007000100023

Davey, R.B., Ahrens, E.H., George, J.E., 1997. Comparative Effectiveness of Coumaphos Treatments Applied by Different Methods for the Control of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). J. Agric. Entomol. 14(1), 45-54.

Dolan, M.C., Jordan, A.R., Schulze, T.L., Schulze, C.J., Manning, M.C., Ruffolo, D.D., Schmidt, J.P., Piesman, J., Karchesy, J.J., 2009. Ability of Two Natural Products, Nootkatone and Carvacrol, to Suppress *Ixodes scapularis* and *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae) in a Lyme Disease Endemic Area of New Jersey. J. Econ. Ent. 102(6) 2316-2324. doi:10.1603/029.102.0638

Drummond, R.O., Ernst, S.E., Trevino, J.L., Gladney, W.J., Graham, O.H.. 1973. *Boophilus annulatus* and *B. microplus*: Laboratory Tests of Insecticides. J. Econ. Entomol. 66, 130–33. doi:10.1093/jee/69.1.37

Ebinghaus, A., Ivemeyer, S., Knierim, U., 2018. Human and farm influences on dairy cows' responsiveness towards humans – a cross-sectional study. PLoS One.13(12):e0209817. doi: 10.1371/journal.pone.0209817

EMBRAPA, 2020. Leite de vacas felizes. Anuário Leite 2019. Embrapa Gado de Leite. Juiz de Fora. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1124722/anuario-leite-2020-leite-de-vacas-felizes>

Figueiredo, A., Agnolon, I.C., Lopes, L.G., Giglioti, R., de Souza Chagas, A.C., 2018. Comparative study of hatching estimation methods of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

eggs. *Vet. Parasitol.* 264, 35–38. doi:10.1016/j.vetpar.2018.10.015

Freitas, C.S., 2006. Análise ergonômica da atividade com pulverizador costal manual na cultura do café no município de Caratinga-MG. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade) – Centro Universitário de Caratinga, Caratinga-MG.

Fritez, B.K., Hoffmann, W.C., 2016. Measuring spray droplet size from agricultural nozzles using laser diffraction. *Vis. Exp.* 16(115):54533. doi: 10.3791/54533

Furlong, J., Martins, J.R., Prata, M.C.A., 2004. Controle estratégico do carrapato dos bovinos. *Hora Vet.* 23(137), 53-56.

Furlong, J., Martins, J.R., Prata, M.C.A., 2007. O carrapato dos bovinos e a resistência: temos o que comemorar?. *Hora Vet.* 27, 26-32.

Grandin, T., 2013. Recomendações de Manejo Animal e Guia de Auditoria: Uma Abordagem Sistemática para o Bem-Estar Animal. MEAT INST. 11-18.

Grisi, L., Leite, R.C., Martins, J.R.S., Barros, A.T.M., Andreotti, R., Cançado, P.H.D., Leon, A.A.P., Pereira, J.B., Vilela, H.S., 2014. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 23(2), 150-156. doi:10.1590/S1984-29612014042

Grandin, T., 1997. Assessment of stress during handling and transport. *J. Anim. Sci.* 75(1), 249–257. doi:10.2527/1997.751249x

Guglielmone, A.A., Szabó, M.P.J., Martins, J.R.S., Estrada-Peña, A., 2006. Diversidade e importância de carrapatos na sanidade animal. In: Barros-Battesti, D.M., Arzua, M., Bechara, G.H., 2006. Carrapatos de importância médico veterinária da região neotropical: um guia ilustrado para identificação de espécies. Vox/ICTTD-3/Butantan, São Paulo. (2006) pp. 115-124. ISBN: 85-99909-01-0.

Iida, I., 1990. O que é ergonomia. In: Iida, I., Buarque, L., 1990. Ergonomia: projeto e produção. Ed. Blucher Ltda. 1-22.

Klafke, G., Webster, A., Agnol, B.D., Pradel, E., Silva, J., Canal, L.H.L., Becker, M., Osório, M.F., Mansson, M., Barreto, R., Scheffe, R., Souza, U.A., Corassini, V.B., Santos, J., Reck, J., Martins, J.R., 2017. Multiple resistance to acaricides in field populations of *Rhipicephalus microplus* from Rio Grande do Sul state, Southern Brazil. Ticks Tick Borne Dis. 8(1), 73-80. doi: 10.1016/j.ttbdis.2016.09.019

Klafke, G.M., Thomas, D.B., Miller, R.J., Adalberto, A., Pérez de León A.A.P., 2021. Efficacy of a water-based botanical acaricide formulation applied in portable spray box against the southern cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae), infesting cattle. Ticks Tick Borne Dis. 12(4):101721. doi: 10.1016/j.ttbdis.2021.101721

Kunz, S.E., Kemp, D.H., 1994. Insecticides and acaricides: resistance and environmental impact. Rev. Sci. Tech. 13(4), 1249-1286. doi: 10.20506/rst.13.4.816

Labruna, M.B., 2008. Combate contra *R. (B.) microplus*. In: Pereira, M.C., Labruna, M.B., Szabó, M.P.J., Klafke, G.M., 2008. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: biologia, controle e

resistência. MedVet. 65-80.

Lew-Tabor, A.E., Rodriguez Valle, M.A., 2016. review of reverse vaccinology approaches for the development of vaccines against ticks and tick-borne diseases. Ticks Tick Borne Dis. 7(4), 573–85. doi:10.1016/j.ttbdis.2015.12.012

Lopes, E.S., Oliveira, F.M., Rodrigues, C.K., 2011. Determinação da carga física de trabalho na atividade de aplicação manual de herbicida. *Ambiência*. 7(2), 329 – 337. doi:10.5777/ambiencia.2011.02.10

Martins, J.R., Furlong, J., 2005. Os carrapatos, os carrapaticidas e a resistência. In: Furlong, J. (2005). Carrapatos: problemas e soluções. Embrapa Gado de Leite, 21-37.

Paranhos da Costa, M.J.R., Sant'Anna, A.C., Silva, L.C.M., 2015. Temperamento de bovinos Gir e Girolando: efeitos genéticos e de manejo. *Inf. Agro. (Belo Horizonte)*. 36(286). 100-107.

Silva, D.F., 2019. Boas práticas de bem-estar animal na produção de bovinos de corte: Revisão. Monografia – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. 34p, 2019.

Piña, F.T.B., Zimmermann, N.P., Garcia, M.V., Higa, L.O.S., Oshiro, L.M., Duarte, P.O., Barros, J.C., Andreotti, R., 2021. Sensitivity of Senepol and Caracu breeds to parasitism by *Rhipicephalus microplus*. *Syst. Appl. Acarol.* 26(5), 954–961. doi:10.11158/saa.26.5.10

Rocha, C.M.B.M., Oliveira, P.R., Leite, R.C., Cardoso, D.L., Calic, S.B., Furlong, J., 2006. Perception of dairy farmers from Passos county, MG, Brazil, concerning the tick *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). Ciênc. Rural. 36(4), 1235-1242.

Rocha C.M.B.M., 2005. Percepção e atitude de produtores de leite de Minas Gerais de diferentes estratos de produção em relação ao *Boophilus microplus*. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Rocha, C.M.B.M., Leite, R.C., Bruhn, F.R.P., Guimarães, A.M., Furlong, J., 2011. Perceptions of Milk producers from Divinópolis, Minas Gerais, regarding *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* control. Rev. Bras. Parasitol. Vet. 20(4), 295-302.

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

Rodrigues, A.O., Campos, L.G., Creech, C.F., Fritz, B.K., Antuniassi, U.R., Kruger, G.R., 2018. Influence of nozzle type, speed, and pressure on droplet size and weed control from glyphosate, dicamba, and glyphosate plus dicamba. Innovative Application, Formulation, and Adjuvant Technologies. ASTM. Intern. 38, 61–75. doi: 10.1520/STP761020170249

Rodriguez-Vivas, R.I., Jonsson, N.N., Bhushan C., 2018. Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. Parasitol. Res. 117(1), 3-29. doi: 10.1007/s00436-017-5677-6

Reck, J., Klafke, G.M., Webster, A., Dall’Agnol, B., Scheffer, R., Souza, U.A., Corassini, V.B.,

Vargas, R., dos Santos, J.S., de Souza Martins, J.R., 2014. First report of fluazuron resistance in *Rhipicephalus microplus*: A field tick population resistant to six classes of acaricides. *Vet. Parasitol.* 201, 128–136. doi:10.1016/j.vetpar.2014.01.012

Sinha, B.B., Dhanalakshmi, R., 2022. Recent advancements and challenges of Internet of Things in smart agriculture: A survey. *Future Gener. Comput. Syst.* 126, 169-184. doi: 10.1016/j.future.2021.08.006

Skelton, J.J., Pigati, R.L., Clark, A.C., Edwards, R.J., Bissell, D.C., 2018. An approach to measure area distributions of ultra-coarse agricultural sprays. In: 14th International Conference on Liquid Atomization and Spray. Chicago. Code 160082.

Valsoni, L.M., Freitas, M.G., Echeverria, J.T., Borges, D.G.L., Tutija, J., Borges, F.A., 2020. Resistance to all chemical groups of acaricides in a single isolate of *Rhipicephalus microplus* in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Int. J. Acarol.* 46, 276–280. doi:10.1080/01647954.2020.1765867

Wharton, R.H., Utech, K.B.W., 1970. The relation between engorgement and dropping of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Ixodidae) to the assessment of tick numbers on cattle. *Aus. J. Entomol.* 9, 171-182. doi: 10.1111/j.1440-6055.1970.tb00788.x

Zghair, N.A.K., Al-Araji, A.S., 2021. A one decade survey of autonomous mobile robot systems. *IJECER.* 11(6) 4891 – 4906. doi: 10.11591/ijece.v11i6.pp4891-4906

CAPÍTULO 3- CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fica evidente, ao findar destes experimentos que o equipamento utilizado para aplicação de carrapaticida para controle de *R. microplus* é relevante e interfere na eficácia do carrapaticida. Mais investigações devem ocorrer para evidenciar melhor quais características físicas e mecânicas auxiliam na melhor eficiência do equipamento para uma aplicação mais eficaz de carrapaticidas.

É importante ressaltar que a realidade de cada propriedade rural é única. Embora cada equipamento apresente suas vantagens e desvantagens na aplicação do carrapaticida, o tamanho do rebanho bovino e o capital econômico da propriedade rural é, talvez, o principal fator de decisão na escolha de aquisição de um equipamento. Portanto, não cabe dizer que um equipamento é melhor ou pior que outro, mas sim mais adequado a uma determinada propriedade rural. Para um rebanho grande, a economia de tempo e mão-de-obra que um pulverizador automatizado pode justificar seu custo de instalação. Por outro lado, um rebanho pequeno, de até uma dezena de bovinos, a bomba costal, quando bem utilizada, cumpre bem a função de aplicação carrapaticida.

Um aspecto não abordado de forma quantitativa foi a segurança de uso de cada equipamento para o trabalhador. Mesmo com o uso correto dos EPIs, alguns equipamentos oferecem mais risco de contaminação que outros e este é um ponto relevante que pode ser estudado. Assim como já existem pesquisas de ergonomia para o uso da bomba costal, novos estudos comparativos evidenciando os aspectos ergonômicos também podem enriquecer as informações oferecidas aos produtores rurais, os auxiliando ainda mais em suas escolhas de aquisição de equipamentos para controle de carrapatos.

Outro aspecto importante, não abordado de forma quantitativa neste estudo, é o custo de aquisição de diferentes equipamentos para aplicação de carrapaticida em bovinos, assim como, a economia que cada um pode proporcionar no manejo cotidiano de uma propriedade rural. Cabe uma avaliação complexa para futuros pesquisadores, talvez de outras áreas de pesquisa, do custo real de cada equipamento.

ANEXO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA



CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada “**Comparação da eficácia de formulação carrapaticida aplicada em diferentes sistemas de pulverização para controle de *Rhipicephalus microplus***”, registrada com o protocolo nº **073/20**, sob a responsabilidade de **Caio Márcio de Oliveira Monteiro** que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) da Universidade Federal de Goiás (UFG), em reunião de **05/10/2020**.

- Finalidade: () Ensino (X) Pesquisa Científica
- Vigência da autorização (início e fim): 05/10/2020 à 30/08/2023
- Espécie/linhagem/raça: Bovina (cruzada).
- Nº de animais autorizados: 30 animais.
- Peso/Idade: peso 200 a 500kg, idade 18 a 36 meses.
- Sexo: Fêmeas.
- Origem (fornecedor): Fazenda Escola da EVZ- UFG.

