

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE DOUTORADO**

**CONTROLE DO CARRAPATO-DO-BOI DE FORMA  
SUSTENTÁVEL: SENSIBILIDADE RACIAL, FATORES  
ECONÔMICOS E SISTEMA LONE TICK**

**Jacqueline Cavalcante Barros**

CAMPO GRANDE, MS

2024

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE DOUTORADO**

**CONTROLE DO CARRAPATO-DO-BOI DE FORMA  
SUSTENTÁVEL: SENSIBILIDADE RACIAL, FATORES  
ECONÔMICOS E SISTEMA LONE TICK**

**CATTLE TICK CONTROL IN A SUSTAINABLE WAY: BREED SENSITIVITY,  
ECONOMIC FACTORS AND THE LONE TICK SYSTEM**

**Jacqueline Cavalcante Barros**

**Orientador: Prof. Dr. Renato Andreotti**

**Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Carneiro Brumatti**

Tese apresentada à  
Universidade Federal de  
Mato Grosso do Sul, como  
requisito para obtenção do  
título de Doutor em  
Ciência Animal. Área de  
concentração: Produção  
Animal.

CAMPO GRANDE, MS

2024



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



**Certificado de aprovação**

JACQUELINE CAVALCANTE BARROS

**CONTROLE DO CARRAPATO-DO-BOI DE FORMA SUSTENTÁVEL: SENSIBILIDADE, FATORES  
ECONÔMICOS E SISTEMA LONE TICK**

**CATTLE TICK CONTROL IN A SUSTAINABLE WAY: SENSITIVITY, ECONOMIC FACTORS AND THE  
LONE TICK SYSTEM**

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 18-11-2024

BANCA EXAMINADORA:

---

Dr. Renato Andreotti e Silva  
(EMBRAPA) – Presidente

---

Dra. Aline Gomes da Silva  
(UFMS)

---

Dr. André de Abreu Rangel Aguirre  
(FIOCRUZ)

---

Dr. Fernando Paiva  
(UFMS)

---

Dra. Dra. Katia Denise Saraiva Bresciani  
(UNESP)

---

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Aline Gomes da Silva, Professora do Magistério Superior**, em 19/11/2024, às 12:02, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **RENATO ANDREOTTI E SILVA, Usuário Externo**, em 19/11/2024, às 14:22, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **André de Abreu Rangel Aguirre, Usuário Externo**, em 19/11/2024, às 15:59, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Paiva, Professor do Magisterio Superior**, em 20/11/2024, às 08:43, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Katia Denise Saraiva Bresciani, Usuário Externo**, em 21/11/2024, às 12:22, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, 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.ufms.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5258458** e o código CRC **92DDEFB8**.

## COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Para meu pai José Cavalcante Barros (*in memoriam*),  
nunca pensei que sua ausência fosse  
me trazer tanta tristeza.

## AGRADECIMENTOS

À minha querida mãe, Maria Barbosa Barros, meu porto seguro, meu exemplo de alegria, otimismo e empatia.

À minha família, Willian Oshiro, Kenzo Cavalcante Oshiro, Yudi Cavalcante Oshiro, e minha irmã Giselle Cavalcante Barros, por compreenderem a necessidade da minha ausência.

Ao meu orientador, Dr. Renato Andreotti, pela motivação e apoio em todos os momentos ao longo dessa jornada.

Ao meu coorientador Ricardo Brumatti pelas intervenções e paciência.

À Eurize Caldas Pessanha pela presença e disposição em ajudar em todas as horas.

Ao Dr. Antônio do Nascimento Ferreira Rosa, representante da Embrapa Gado de Corte, que apoiou o projeto do meu doutorado.

Ao Sérgio Bender, Embrapa Clima Temperado, pelo apoio e parceria.

Ao James Pureza, Emater Canguçu, pela disposição, empatia, suporte local e on-line.

Ao Dr. Rodrigo Casquero Cunha, professor da Universidade Federal de Pelotas, pelo esforço na realização das atividades, pela organização dos alunos, e pelo apoio imensurável.

Ao Dr. Marcos Valério Garcia, pela disponibilidade em contribuir, companheirismo e amizade.

Aos amigos do laboratório da Embrapa Gado de Corte que contribuíram comigo de várias formas em diversos momentos: Kauê Rodriguez Martins, Leandra Marla Oshiro, Leandro de Oliveira Souza Higa, Namor Pinheiro Zimmermann e Pâmella Oliveira Duarte.

À Márcia Brockstedt Duarte, proprietária da fazenda Martimar, por ter acreditado no nosso projeto e permitido a execução na sua fazenda.

A todos a minha eterna gratidão.

“Pai...  
Você foi meu herói, meu bandido...  
...Você faz parte desse caminho  
Que hoje eu sigo em paz”  
*(Fábio Junior).*

## Resumo

BARROS, J.C. Controle do carrapato-do-boi de forma sustentável: sensibilidade racial, fatores econômicos e sistema Lone Tick. 2024. 98f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2024.

O mercado internacional sinaliza, para próxima década, um potencial aumento na demanda por proteína animal, gerando oportunidade para o Brasil incrementar suas exportações de carne bovina em 29,7%. Para suprir essa procura é preciso aumentar a produtividade na cadeia produtiva de bovinos, esse fato coloca o investimento em genética como ponto estratégico nesse processo, pois a composição racial de bovinos no país apresenta apenas 15% de taurinos e seus cruzamentos, raças *Bos taurus* são mais produtivas e mais sensíveis ao carrapato *Rhipicephalus microplus*. Independentemente do nível tecnológico, o nível de infestação do carrapato afeta diretamente o desempenho econômico e produtivo dos diferentes sistemas de produção da pecuária no Brasil. Com intenção de fornecer informações para incrementar a produtividade e mitigar os impactos ambientais no setor produtivo, o presente estudo teve como objetivos: desenvolver uma prática para controle do carrapato *R. microplus*, sem uso de acaricida, por meio de um sistema de manejo rotacionado; investigar a sensibilidade de raças bovinas em relação ao carrapato para melhor entender os riscos de altas infestações desse parasito; analisar o impacto econômico das infestações de carrapatos na cadeia produtiva de bovinos; e validar o Sistema Lone Tick com enfoque no desenvolvimento sustentável. O estudo resultou na elaboração de quatro artigos: o primeiro artigo trata do desenvolvimento de um sistema de manejo rotacionado denominado Sistema Lone Tick, que controlou o nível de infestação de carrapatos na raça Senepol sem o uso de acaricidas durante um ano no Cerrado, e manteve o equilíbrio enzoótico para tristeza parasitária bovina (TPB). O segundo artigo apresenta a Régua do Carrapato, uma ferramenta simples de fácil entendimento, por meio da qual produtores e técnicos têm uma visão da composição racial dos bovinos e sua carga de sensibilidade ao carrapato, que pode ser fundamental na tomada de decisão para encontrar um equilíbrio entre o aumento da produtividade e o risco de perdas econômicas dependendo da raça. O terceiro artigo discorre sobre o aumento da sensibilidade ao carrapato consequência da migração para raças de maior produtividade, o impacto econômico no setor produtivo, a resistência dos carrapatos aos acaricidas, a necessidade de políticas públicas adequadas e de novas tecnologias para mitigar o uso de produtos químicos. O quarto artigo apresenta um estudo de caso utilizando o sistema Lone Tick no bioma Pampa, com avaliação de eficiência e viabilidade econômica. Os resultados mostram a capacidade do sistema em reduzir o número de carrapatos por animal, inferior ao limiar econômico, promovendo a estabilidade enzoótica para TPB, diminuindo em mais de 90% o número de aplicações de acaricidas, aumentando a produtividade, e reduzindo em 64,4% os custos operacionais, com margem de lucro de 70%, relação benefício/custo de 1,79 e rentabilidade de 2,71%. Com esses resultados o sistema Lone Tick tem possibilidade de atender um nicho de mercado crescente que busca a produção agroecológica como alternativa, e ainda preservando a biodiversidade com uma produção extensiva sustentável. Uma pecuária sustentável que promova o crescimento econômico com desenvolvimento social preservando a biodiversidade e gerenciando com responsabilidade o uso dos recursos naturais para as futuras gerações, é possível.

Palavras-chave: *Rhipicephalus microplus*. Bovinos. Viabilidade econômica. Custos.

## Abstract

BARROS, J.C. Cattle tick control in a sustainable way: breed sensitivity, economic factors and the lone tick system. 2024. 98f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2024.

The international market is signaling a potential increase in demand for animal protein over the next decade, creating an opportunity for Brazil to increase its beef exports by 29.7%. To meet this demand, productivity in the cattle production chain must be increased. This fact makes investment in genetics a strategic point in this process, since the racial composition of cattle in the country has only 15% of *Bos taurus* breeds and their crossbreeds, *B. taurus* breeds, are more productive and more sensitive to the *Rhipicephalus microplus* tick. Regardless of the technological level, the level of tick infestation directly affects the economic and productive performance of the different livestock production systems in Brazil. With the intention of providing information to increase productivity and mitigate environmental impacts in the production sector, the present study had the following objectives: to develop a practice for tick *R. microplus* control, without the use of acaricides, through a rotational management system; to evaluate the sensitivity of cattle breeds in relation to ticks to better understand the risks of high infestations of this parasite; to analyze the economic impact of tick infestations in the cattle production chain; and to validate the Lone Tick System with a focus on sustainable development. The study resulted in the preparation of four articles: the first article deals with the development of a rotational management system called the Lone Tick System, which controlled the level of tick infestation in the Senepol breed without the use of acaricides for one year in the Cerrado, and maintained the enzootic balance for TPB. The second article presents the Tick Ruler, a simple and easy-to-understand tool, which allows producers and technicians to have an overview of the racial composition of cattle and their sensitivity to ticks, which can be fundamental in decision-making to find a balance between increased productivity and the risk of economic losses depending on the breed. The third article discusses the increased sensitivity to ticks as a result of the migration to higher-productivity breeds, the economic impact on the production sector, tick resistance to acaricides, and the need for appropriate public policies and new technologies to mitigate the use of chemical products. The fourth article presents a case study using the Lone Tick system in the Pampa biome, with an evaluation of efficiency and economic viability. The results show the system's ability to reduce the number of ticks per animal below the economic threshold, promoting enzootic stability for TPB, reducing the number of acaricide applications by more than 90%, increasing productivity, reducing operating costs by 64.4%, with a profit margin of 70%, a benefit/cost ratio of 1.79, and profitability of 2.71%. With these results, the Lone Tick system has the potential to serve a growing market niche that seeks agroecological production as an alternative, while also preserving biodiversity with sustainable extensive production. Sustainable livestock farming that promotes economic growth with social development, preserving biodiversity and responsibly managing the use of natural resources for future generations is possible.

Keywords: *Rhipicephalus microplus*. Cattle. Economic viability. Costs.

## Lista de ilustrações

### ARTIGO 1

<b>Figura 1</b> - Sistema <i>Lone Tick</i> . Ciclo de pastejo com 112 dias e 84 dias livres de carrapatos.....	24
<b>Figura 2</b> - Perfil de peso bovino e média mensal de carrapatos no período de um ano.....	27
<b>Figura 3</b> - Resultados médios de ELISA para <i>A. marginale</i> em bovinos ao longo de doze meses.....	27
<b>Figura 4</b> - Resultados médios de ELISA para <i>B. bigemina</i> em bovinos ao longo de doze meses.....	27
<b>Figura 5</b> - Número de cópias de DNA de <i>A. marginale</i> e carrapatos nos animais.....	28
<b>Figura 6</b> - Número de cópias de DNA de <i>B. bigemina</i> e carrapatos nos animais.....	28

### ARTIGO 2

<b>Figura 1</b> - Número médio de teleóginas de <i>Rhipicephalus microplus</i> coletadas por raça ao longo dos experimentos.....	45
<b>Figura 2</b> - Taxa de recuperação de teleóginas de <i>Rhipicephalus microplus</i> (TRT) por raça.....	47
<b>Figura 3</b> - Dispersão dos animais em relação à sensibilidade ao <i>R. microplus</i> dentro da mesma raça e entre raças.....	48
<b>Figura 4</b> - Ranqueamento da susceptibilidade ao <i>R. microplus</i> : Régua de Carrapato.....	48

### ARTIGO 3

<b>Figura 1</b> - Infestação de larvas de carrapato no pasto.....	61
<b>Figura 2</b> - Bovinos infestados com carrapatos.....	61
<b>Figura 3</b> - Perfil da sensibilidade ao carrapato: Régua do carrapato disponível no Museu do carrapato mostrando os diferentes níveis de sensibilidade dos bovinos com relação as raças....	63
<b>Figura 4</b> - Sistema <i>Lone Tick</i> . Ciclo de pastejo com 112 dias e 84 dias livres de carrapatos.....	67

### ARTIGO 4

<b>Figura 1</b> - Desenho esquemático dos piquetes utilizados no Sistema <i>Lone Tick</i> .....	78
<b>Figura 2</b> - Média de carrapatos por piquete, precipitação e temperatura registrados na fazenda Martimar durante o período experimental de 2021 a 2023.....	81
<b>Figura 3</b> - Evolução do crescimento do campo nativo no piquete 1, faz. Martimar durante período experimental de 2021 a 2023.....	86

## Lista de tabelas

### ARTIGO 2

<b>Tabela 1</b> - Descrição das variáveis estudadas na avaliação da sensibilidade de raças à infestação artificial por larvas de carrapatos <i>Rhipicephalus microplus</i> , Campo Grande, MS, Brasil.....	<b>42</b>
<b>Tabela 2</b> - Análise estatística dos parâmetros biológicos das fêmeas ingurgitadas de carrapatos <i>Rhipicephalus microplus</i> coletadas por raça.....	<b>46</b>
<b>Tabela 3</b> - Variabilidade genética de indivíduos dentro de uma raça (%) classificada de acordo com o número de carrapatos <i>Rhipicephalus microplus</i> coletados.....	<b>47</b>

### ARTIGO 4

<b>Tabela 1</b> - Custos operacionais com controle do carrapato, receita e lucro brutos, em reais, na fazenda Martimar durante o período experimental em 2021/22 e 2022/23.....	<b>82</b>
<b>Tabela 2</b> - Indicadores financeiros do Sistema Lone Tick na fazenda Martimar período 2021/2023.....	<b>83</b>
<b>Tabela 3</b> - Retorno estimado da implantação do Sistema Lone Tick na Fazenda Martimar em 2021/2022.....	<b>84</b>

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>17</b>
<b>ARTIGO 1 - Controle de larvas do carrapato <i>Rhipicephalus microplus</i> no campo com base no distanciamento do hospedeiro - Sistema Lone Tick.....</b>	<b>21</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>21</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>22</b>
<b>2. Material e métodos.....</b>	<b>22</b>
2.1. <i>Local de estudo.....</i>	<i>22</i>
2.2. <i>Animais e delineamento experimental.....</i>	<i>23</i>
2.3. <i>Aprovação do Comitê de ética.....</i>	<i>23</i>
2.4. <i>Manejo dos animais.....</i>	<i>23</i>
2.5. <i>ELISA .....</i>	<i>24</i>
2.6. <i>Extração de DNA genômico.....</i>	<i>24</i>
2.7. <i>Detecção de B. bigemina usando qPCR.....</i>	<i>25</i>
2.8. <i>Detecção de A. marginale usando qPCR.....</i>	<i>25</i>
2.9. <i>Análise estatística.....</i>	<i>26</i>
<b>3. Resultados.....</b>	<b>26</b>
<b>4. Discussão.....</b>	<b>29</b>
<b>5. Conclusão.....</b>	<b>33</b>
<b>6. Referências.....</b>	<b>33</b>
<b>ARTIGO 2 - Perfil de sensibilidade da raça bovina ao carrapato <i>Rhipicephalus microplus</i>.....</b>	<b>38</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>38</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>39</b>
<b>2. Material e métodos.....</b>	<b>41</b>
2.1. <i>Descrição dos experimentos.....</i>	<i>41</i>
2.1.1. <i>Delineamento dos projetos.....</i>	<i>41</i>
2.1.2. <i>Área de estudo.....</i>	<i>42</i>
2.1.3. <i>Infestações e coletas.....</i>	<i>43</i>
2.2. <i>Análise de parâmetros biológicos.....</i>	<i>43</i>
2.2.1. <i>Taxa de recuperação de teleóginas.....</i>	<i>43</i>
2.2.2. <i>Variabilidade genética por raça.....</i>	<i>44</i>

2.2.3. <i>Ranqueamento da susceptibilidade aos carrapatos</i> .....	44
2.3. <i>Análise estatística</i> .....	44
<b>3. Resultados</b> .....	<b>45</b>
<b>4. Discussão</b> .....	<b>48</b>
<b>5. Conclusões</b> .....	<b>52</b>
<b>6. Referências</b> .....	<b>53</b>
<b>ARTIGO 3 - Impacto econômico do carrapato-do-boi na pecuária em transformação no Brasil</b> .....	<b>57</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>57</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>58</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>58</b>
<b>2. Metodologia</b> .....	<b>60</b>
<b>3. Resultados e Discussão</b> .....	<b>60</b>
<b>4. Conclusões</b> .....	<b>68</b>
<b>5. Referências</b> .....	<b>69</b>
<b>ARTIGO 4 - Análise econômica de sistema de produção de gado de corte com controle do carrapato (<i>Rhipicephalus microplus</i>) de forma sustentável</b> .....	<b>73</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>73</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>74</b>
<b>2. Metodologia</b> .....	<b>76</b>
2.1. <i>Período de rotação</i> .....	77
2.2. <i>Eficácia do Sistema Lone Tick</i> .....	77
2.3. <i>Análise Econômica</i> .....	78
2.3.1. <i>Eficiência</i> .....	78
2.3.2. <i>Viabilidade Econômica</i> .....	80
<b>3. Resultados</b> .....	<b>81</b>
<b>4. Discussão</b> .....	<b>84</b>
4.1. <i>Dimensão ambiental</i> .....	85
4.2. <i>Dimensão econômica</i> .....	87
4.3. <i>Dimensão socioambiental</i> .....	89
<b>5. Conclusão</b> .....	<b>89</b>
<b>6. Referências</b> .....	<b>89</b>
<b>Considerações finais</b> .....	<b>95</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>97</b>

## INTRODUÇÃO

O Brasil lidera o mercado mundial de exportação de carne bovina desde 2004, é o segundo em produção de carne (ABIEC<sup>a</sup>, 2023) contando, em 2022, com um rebanho de 234 milhões de cabeças (IBGE, 2023) distribuídas em mais de 2,5 milhões de estabelecimentos rurais (Barretto *et al.*, 2023). No mesmo ano o agronegócio da pecuária de corte somou cerca de R\$ 1,02 trilhão de reais e representou 10% do PIB brasileiro, (ABIEC<sup>b</sup>, 2023). Esses dados confirmam a importância do setor para a economia brasileira.

Estudos têm demonstrado a tendência de crescimento do consumo de proteína animal no mercado nacional e na demanda global até 2030, consequência do crescimento populacional, processo de urbanização e aumento da renda (Marcial, 2015; EMBRAPA, 2018).

Simultaneamente, em consequência da conectividade dos indivíduos nas mídias sociais e o acesso à informação, surgiu um novo consumidor que valoriza alimentos seguros, com rastreabilidade da produção, restrição no uso de produtos químicos, “pegada” ambiental, e bem-estar animal. Esses novos padrões de consumo exercem influência nos sistemas de produção agrícola (EMBRAPA, 2018; OECD/FAO, 2023).

Em projeções do MAPA (2023) para a próxima década apontam um crescimento potencial das exportações de carne bovina no Brasil de 29,7% e do consumo interno de 4,8%; do lado da oferta, a projeção de aumento da produção de carne bovina é de 12,4%.

Para atender a essa demanda, o Brasil necessita de um incremento na produtividade e isso gera a necessidade de investimento em genética, pois a composição racial de bovinos no país apresenta apenas 15% de taurinos e seus cruzamentos (USDA, 2021). Raças *Bos taurus* são mais produtivas e, também, mais sensíveis ao carrapato *Rhipicephalus microplus* (Andreotti, Garcia e Koller, 2019).

Com essa composição racial o preço pago pelo mercado em dólares/ton é 20 a 30% menor para o produto brasileiro em comparação ao de outros países, por exemplo, EUA e Austrália (Olivier, 2021), o que representa uma perda de receita.

No período de 2013 a 2023, a introdução de animais cruzados na produção de gado de corte obteve um aumento de 122,8%, ultrapassando a marca de 17 milhões de doses de sêmen comercializados no Brasil, em 2023 (Asbia, 2023). Uma importante conquista e uma grande preocupação, pois, além do melhoramento genético, o aumento da produtividade na pecuária de corte passa pelo controle do carrapato *R. microplus* nas raças mais sensíveis (Andreotti, Garcia e Koller, 2019).

*Rhipicephalus microplus*, é uma espécie de carrapato que possui somente um hospedeiro na fase parasitária - ciclo monoxeno (Gonzales, 1975; Garcia *et al.*, 2019;), foi introduzido no Brasil no início do século XVIII, sendo encontrado em praticamente todo o território nacional, onde sua presença na cadeia produtiva da pecuária causa um prejuízo estimado com perdas diretas e indiretas de US\$ 3,24 bilhões/ano (Grisi *et al.*, 2014).

Os prejuízos de forma direta são ocasionados pela espoliação nos bovinos causando inapetência, irritabilidade, imunossupressão, anemia, diminuição de peso, lesões do couro com desvalorização comercial, diminuição na produção de carne e leite, transmissão dos agentes da tristeza parasitaria bovina (TPB) levando a mortalidade de bovinos (Andreotti; Garcia; Koller, 2019).

Em estudos, no Brasil, a quantificação da perda de peso por carrapato é de 0,22 kg/carrapato/ano (Honer e Gomes,1990), desta forma, o fator genético é fundamental para o impacto sanitário e econômico.

O nível de infestação de carrapatos nos rebanhos varia de acordo com a presença e grau de raças susceptíveis. No caso, bovinos Zebu (*Bos indicus*) são mais resistentes, sendo animais rústicos e adaptáveis ao clima do Brasil central (Ribeiro *et al.*, 2009), enquanto *Bos taurus* são mais sensíveis em regiões quentes, sofrendo estresse calórico (West, 2003) além de serem mais susceptíveis ao parasitismo (Pina *et al.*, 2021).

Em uma avaliação de estimativa de perda de peso (Kg) por meio de infestação foi demonstrado que animais da raça Brangus tiveram a maior perda de peso, independente da categoria, onde a engorda teve uma perda de 1,16% do seu peso vivo (PV), e recria, uma perda de 6,79%. Com relação ao Nelore, ocorreu uma perda de 0,18% e 0,95%, para engorda e recria, respectivamente (Calvano *et al.*, 2019).

Analisando as categorias destinadas ao abate em sistema extensivo com animais cruzados, sem controle de carrapatos, novilhas apresentaram uma redução de 5% no peso médio (Kg) e os machos com 24 meses de 8,1% quando comparados ao sistema com controle. Em relação à produtividade, o sistema com controle produziu 6,51 Kg/ha, que representa um incremento de 10,9% comparado com sistema sem controle (Calvano *et al.*, 2021).

As perdas indiretas estão relacionadas com os custos da mão de obra, medicamentos para controle de TPB, acaricidas, aquisição de equipamentos e manutenção (Gomes, 2001). É importante conhecer a relação custo do tratamento e a perda da produtividade. Calvano *et al.* (2019) encontraram um custo com tratamento de pulverização de 6,4% para as categorias de recria de cruzados, ou seja, os custos com aplicação de acaricidas correspondem a 6,4% do

valor dos prejuízos econômicos causados pela infestação, para as categorias de engorda, a relação foi de 5,64.

A principal ferramenta de controle do carrapato ainda são os acaricidas. No entanto, o uso dessa tecnologia gera externalidades negativas como contaminação do ambiente, dos produtos que chegam ao consumidor e risco de intoxicação dos trabalhadores (Kunz e Kemp, 1994; De Meneghi, Stachurski e Adakal, 2016).

Além do mais, o uso intensivo de acaricidas tem agravado a situação de populações de carrapatos resistentes e multirresistentes em todo o país (Higa *et al.*, 2015; Bonatte-Júnior *et al.*, 2022), e essa realidade afeta a indústria química pela dificuldade no desenvolvimento de novas bases, as empresas do ramo usam como estratégia para lançamento de novos produtos o aumento da concentração dos princípios ativos, e associações entre os princípios já existentes.

Diante desse cenário, o setor agropecuário tem sido pressionado para desenvolver sistemas de produção com maiores índices de produtividade, complexos, sustentáveis, e sistêmicos, além de que a pecuária tem papel importante na garantia da sustentabilidade por meio da redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), bem como pela recuperação de pastagens degradadas e fomento aos sistemas de integração com uso de tecnologias para aumentar a produtividade das pastagens (Bungenstab *et al.*, 2019).

A evolução para uma pecuária mais sustentável envolve a aplicação de novas tecnologias, e neste caso, tecnologia alternativa para o controle do carrapato nos sistemas de produção para contemplar as dimensões econômica, social e ambiental que contribuem no alcance dos objetivos e metas do desenvolvimento sustentável (ODS) (Okado e Quinelle, 2016).

A dimensão econômica está relacionada ao efeito poupa-terra, onde há o aumento da produtividade utilizando a mesma área, e ao uso de recursos naturais renováveis. A dimensão social está relacionada ao impacto nos pequenos e médios produtores e agricultores familiares. A dimensão ambiental implica na utilização de boas práticas para mitigar os efeitos na degradação do solo, para recuperação de pastagem, manutenção da biodiversidade e prestação de serviços ecossistêmicos, que é a recompensa aos produtores que mantêm os ativos naturais das áreas de reserva legal, preservação permanente e vegetação nativa (Okado e Quinelle, 2016; Bungenstab *et al.*, 2019).

Com a intenção de fornecer informações para incrementar a produtividade e mitigar os impactos ambientais no setor produtivo, o presente estudo teve como objetivos: desenvolver uma prática para controle do carrapato, sem uso de acaricida, por meio de um sistema de manejo rotacionado (sistema Lone Tick); investigar a sensibilidade de raças bovinas em relação ao carrapato para melhor entender os riscos de altas infestações desse parasito; analisar o impacto

econômico das infestações de carrapatos na cadeia produtiva de bovinos; e validar o Sistema Lone Tick com enfoque no desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ABIEC<sup>a</sup>. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **O Perfil da Pecuária no Brasil**. São Paulo, SP: Beef Report, 2023. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/wp-content/uploads/Final-Beef-Report-2023-Cap03-FINAL.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2024.
- <sup>b</sup>. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/wp-content/uploads/Final-Beef-Report-2023-Cap05-FINAL.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2024.
- ANDREOTTI, Renato; GARCIA, Marcos Valério; KOLLER, Wilson Werner. Controle estratégico dos carrapatos nos bovinos. *In:* (org.). **Carrapatos na cadeia produtiva de bovinos**. Brasília: Embrapa, 2019. p. 125-136. Disponível em: <https://cloud.cnpgc.embrapa.br/controle-do-carrapato-ms/files/2019/02/Controle-Carrapatos-2019-COMPLETO-EBOOK.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2023.
- ASBIA. Associação Brasileira de Inseminação Artificial. **Index Asbia 2023**. Uberaba: Asbia, 2023. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///C:/Users/Dell/Downloads/Index\_ASBIA\_2023-1.pdf. Acesso em: 10 fev. 2024.
- BARRETTO, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira; CHAMMA, Ana Letícia Sbitkowski; FENDRICH, Arthur Nicolaus; DOURADO NETO, Durval; GIANETTI, Giovani Willian; ARAUJO, Marcela Almeida; TAKAHASHI, Naila de Freitas; MAULE, Rodrigo Fernando; MARTINS, Sergio Paganini; RANIERI, Simone Beatriz Lima. A Conjuntura da Pecuária Brasileira. **Tradehub Earth**, 2023. Disponível em: [https://tradehub.earth/wp-content/uploads/2023/10/202306\\_TH-Policy-Brief-Brazilian-Livestock\\_05-Portuguese.pdf](https://tradehub.earth/wp-content/uploads/2023/10/202306_TH-Policy-Brief-Brazilian-Livestock_05-Portuguese.pdf). Acesso em: 08 jan. 2024.
- BONATTE-JÚNIOR, Paulino; BARROS, Jacqueline Cavalcante; MACIEL, Willian Giguelin; GARCIA, Marcos Valério; HIGA, Leandro de Oliveira Souza; ANDREOTTI, Renato. Control Strategies for the Tick *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1888) on Cattle.: Economic Evaluation and Report of a Multidrug-Resistant Strain. **Acta Parasitologica**, v. 67, p. 1564–1572, 2022. DOI em: <https://doi.org/10.1007/s11686-022-00611-8>
- BUNGENSTAB, Davi José; ALMEIDA, Roberto Giolo; LAURA, Valdemir Antônio; BALBINO, Luiz Carlos; FERREIRA, Andre Dominghetti (org.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. EBOOK. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1112571>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- CALVANO, Maria Paula Cavuto Abrão; BRUMATTI, Ricardo Carneiro; BARROS Jacqueline Cavalcante; GARCIA, Marcos Valério; MARTINS, Kauê Rodriguez; ANDREOTTI, Renato. Bioeconomic simulation of *Rhipicephalus microplus* infestation in different beef cattle production systems in the Brazilian Cerrado. **Agricultural Systems**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103247>
- CALVANO, Maria Paula Cavuto Abrão; BRUMATTI, Ricardo Carneiro; GARCIA, Marcos Valério; BARROS, Jacqueline Cavalcante; ANDREOTTI, Renato. Economic

efficiency of *Rhipicephalus microplus* control and effect on beef cattle performance in the Brazilian Cerrado. **Experimental and Applied Acarology**, v.79, p. 459–471, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10493-019-00446-5>

DE MENEGHI, Daniele; STACHURSKI, Frederic; ADAKAL, Hassane. Experiences in tick control by acaricide in the traditional cattle sector in Zambia and Burkina Faso: possible environmental and public health implications. **Frontier Public Health**. v. 4, p. 1–11, 2016. DOI:[10.3389/fpubh.2016.00239](https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00239)

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018. 212 p.

GARCIA, Marcos Valério; RODRIGUES, Vinícios da Silva; KOLLER, Wilson Werner; ANDREOTTI, Renato. Biologia e importância do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. In: ANDREOTTI, Renato; GARCIA, Marcos Valério; KOLLER, Wilson Werner (org.). **Carrapatos na Cadeia Produtiva de Bovinos**. Campo Grande: Embrapa Gado de corte, 2019. p. 17-28. Disponível em: <https://cloud.cnpgc.embrapa.br/controle-do-carrapato-ms/files/2019/02/Controle-Carrapatos-2019-COMPLETO-EBOOK.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2024.

GOMES, A. **Aspectos da cadeia produtiva do couro bovino no Brasil e em Mato Grosso do Sul**. In: Reuniões técnicas sobre couros e peles. Palestras e proposições, 2001, Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 127). Disponível em: [https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=319289&biblioteca=va\\_zio&busca=gomes%202001&qFacets=gomes%202001&sort=autoria-sort&paginacao=t&paginaAtual=10](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=319289&biblioteca=va_zio&busca=gomes%202001&qFacets=gomes%202001&sort=autoria-sort&paginacao=t&paginaAtual=10). Acesso em: 09 mar. 2023.

GONZALES, João Carlos. **O controle do carrapato dos bovinos**. Porto Alegre: Sulina, 1975.

GRISI, Laerte; LEITE, Romário Cerqueira; MARTINS, João Ricardo de Souza; BARROS, Antônio Thadeu Medeiros; ANDREOTTI, Renato; CANÇADO, Paulo Henrique; PÉREZ DE LEÓN, Adalberto Angel; PEREIRA, Jairo Barros; VILLELA, Humberto Silva. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 23, p. 150–6, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612014042>

HIGA, Leandro Oliveira Souza; GARCIA, Marcos Valério; BARROS, Jacqueline Cavalcante; KOLLER, Wilson Werner; ANDREOTTI, Renato. Acaricide Resistance Status of the *Rhipicephalus microplus* in Brazil: A Literature Overview. **Medicinal chemistry**, v. 5, p. 326-333, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0444.1000281>. Acesso em: 29 abr. 2024.

HONER, Michael Robin; GOMES, Alberto. O manejo integrado de mosca dos chifres, berne e carrapato em gado de corte. Campo Grande: **Embrapa – CNPGC**, 1990. (Circular Técnica, 22). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/318787>. Acesso em: 17 mar. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **Produção da Pecuária Municipal PPM**.

Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2022\\_v50\\_br\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2022_v50_br_informativo.pdf). Acesso em: 16 jul. 2024.

KUNZ, S.E.; KEMP, D.H. Insecticides and acaricides: resistance and environmental impact. **Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)**. v. 13, p. 1249–1286, 1994. Disponível em: <https://doc.woah.org/dyn/portal/digidoc.xhtml?statelessToken=YvVA-nI6Q2640FBJNC0hrmtjv9ckp4QeSsWwMvo1Q5w=&actionMethod=dyn%2Fportal%2Fdigidoc.xhtml%3AdownloadAttachment.openStateless>

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2022/23 a 2032/33: Projeções de Longo Prazo**. Brasília: MAPA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2022-2023-a-2032-2033.pdf/view>. Acesso em: 26 jul. 2024.

MARCIAL, Elaine C (org.). Megatendências mundiais 2030: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo?: contribuição para um debate de longo prazo para o Brasil. **Ipea**, Brasília, 2015.

OECD/FAO. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico/ Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032**. Paris: OECD Publishing, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>. Acesso em 25 jun. 2024.

OKADO, Giovanni Hideki Chinaglia; QUINELLI, Larissa. Megatendências Mundiais 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento sustentável (ODS): uma reflexão preliminar sobre a “Nova Agenda” das Nações Unidas. **Revista Baru – Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, Goiânia, v. 2, n. 2, p. 109-110, jul.-dez. 2016. DOI: <https://doi.org/10.18224/baru.v2i2.5266> . Acesso 28 out. 2023.

OLIVIER, Jéssica. Carta do Boi - Exportação de carne bovina: evolução dos preços internacionais e competitividade entre os países. **SCOT Consultoria**, Bebedouro, n. 227, set. 2021. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/cartas/54586/> Acesso em: 13 jan. 2024.

PINA, 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. <https://doi.org/10.11158/saa.26.5.10>.

RIBEIRO, Andrea Bueno; ALENCAR, Maurício Mello; FREITAS, Alfredo Ribeiro; REGITANO, Luciana Correia de Almeida; OLIVEIRA, Márcia Cristina de Sena; IBELLI, Adriana Mércia. Heat tolerance of Nelore, Senepol × Nelore and Angus × Nelore heifers in the southeast region of Brazil. **South. African. Journal of Animal Science**. v. 39, p. 263-265, 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131940/heat-tolerance-of-nelore-senepol-x-nelore-and-angus-x-nelore-heifers-in-the-southeast-region-of-brazil>. Acesso em: 29 abr. 2024.

USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **The Brazilian Bovine Genetics Market and US Exports**. Brasília: GAIN, 2021. Disponível em: [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=The%20Brazilian%20Bovine%20Genetics%20Market%20and%20US%20Exports\\_Brasilia\\_Brazil\\_03-01-2021](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=The%20Brazilian%20Bovine%20Genetics%20Market%20and%20US%20Exports_Brasilia_Brazil_03-01-2021) Acesso em: 12 jan. 2024.

WEST, Joe W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.86, p. 2131–44, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203020373803X>. Acesso em: 22 set. 2023.

## ARTIGO 1

Publicado: Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports  
<https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2023.100950>

### Controle de larvas do carrapato *Rhipicephalus microplus* a campo com base no distanciamento do hospedeiro - Sistema Lone Tick

Renato Andreotti <sup>a</sup>, Jacqueline Cavalcante Barros <sup>a,f</sup>, Namor Pinheiro Zimmermann <sup>b</sup>, Marcos Valério Garcia <sup>c</sup>, Leandro de Oliveira Souza Higa <sup>d</sup>, Kauê Rodriguez Martins <sup>e</sup>

<sup>a</sup> Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

<sup>b</sup> Universidade Federal do Paraná Brasil- UFPR, Campus Palotina, Paraná,

<sup>c</sup> Biotick/ Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS Brasil

<sup>d</sup> Bolsista Pós -Doc CNPq/ Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, Brasil

<sup>e</sup> Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil

<sup>f</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil

#### Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar um sistema de controle do carrapato *Rhipicephalus microplus* em bovinos baseado no distanciamento hospedeiro-carrapato. Seu impacto nos perfis dos patógenos *Anaplasma marginale* e *Babesia bigemina* também foi avaliado usando imunossorção enzimática (ELISA) e reação em cadeia da polimerase em tempo real (qPCR). Os experimentos foram conduzidos no Mato Grosso do Sul, Brasil. Um total de 37 animais Senepol com infestação natural de carrapatos foram usados neste estudo. Os carrapatos nos animais foram contados e o manejo rotacionado foi realizado em intervalos de 28 dias. Essa abordagem foi repetida até o final do experimento para manter um baixo número de carrapatos, resultando em uma média final de 6,3 carrapatos/hospedeiro. Os bovinos mantiveram uma resposta imune aos agentes da Tristeza Parasitária Bovina (TPB). As cópias de DNA de *A. marginale* ( $X^- 1.1$ ) e *B. bigemina* ( $X^- 0.05$ ) não variaram significativamente com a diminuição da contagem de carrapatos ao longo do período do estudo. Com base nesses resultados, concluímos que um período de distanciamento de 84 dias entre carrapatos e bovinos em condições do bioma Cerrado pode controlar carrapatos em animais e manter a estabilidade enzoótica. Dessa forma, é possível criar raças produtivas com menores custos do controle de carrapatos.

**Palavras-chave:** carrapato, bovino, Tristeza Parasitária Bovina, rotação.

## 1. Introdução

*Rhipicephalus microplus* é uma espécie monoxênica, que tem o gado bovino como principal hospedeiro, e está distribuída mundialmente, ocorrendo entre os paralelos 32° Norte e 32° Sul (Nunes *et al.*, 1982). É encontrada em quase todo o território brasileiro, e sua presença na cadeia produtiva do gado bovino causa um prejuízo estimado de US\$ 3,24 bilhões/ano (Grisi *et al.*, 2014).

*Rhipicephalus microplus* transmite a TPB e é endêmico no bioma Cerrado brasileiro. A Tristeza Parasitária Bovina é uma doença complexa relacionada a três hemoparasitos: *Anaplasma marginale*, uma bactéria gram-negativa pertencente à ordem Rickettsiales, e *Babesia bovis* e *Babesia bigemina* protozoários pertencentes à ordem Piroplasmida. Os sinais clínicos incluem anemia hemolítica, febre, hemoglobínúria ocasional e morte (Antunes *et al.*, 2017; Homer *et al.*, 2000). O nível de infestação de carrapatos nos rebanhos varia de acordo com a presença e o grau de suscetibilidade das raças. O gado zebuino (*Bos indicus*), um animal rústico que se adapta ao clima do Brasil central, é mais resistente a *R. microplus* (Hansen, 2004; Ribeiro *et al.*, 2009). *Bos taurus* é mais suscetível a *R. microplus*, além de ser mais sensível a regiões com climas quentes, pois sofre com estresse por calor (West, 2003).

A maioria dos rebanhos brasileiros é composta por gado zebuino, embora o Brasil seja um dos maiores produtores e exportadores de carne bovina do mundo Pereira (2008). No entanto, grandes esforços têm sido feitos para melhorar geneticamente os rebanhos por meio da introdução de novas raças bovinas e seus cruzamentos, gerando assim animais com maior produtividade (Andreotti *et al.*, 2018). Nesse contexto, a raça Senepol (*B. taurus*) é utilizada no desenvolvimento de cruzamentos na indústria pecuária no bioma Cerrado (Pina *et al.*, 2021).

O objetivo deste estudo foi investigar um sistema de controle para carrapatos *R. microplus* em bovinos naturalmente infestados com base no tempo de sobrevivência das larvas em pastagens por meio do distanciamento hospedeiro-parasita. Além disso, o perfil dos principais patógenos TPB no hospedeiro foi avaliado.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Local de estudo

O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, no município de Campo Grande, estado do Mato Grosso do Sul, Brasil (latitude 20°26'32,60" S e longitude 54°43'8,26" W). Os animais foram mantidos em uma área de 32 ha dividida em quatro piquetes de 8 ha

cada, com *Brachiaria brizanta* vr. marandu. Suplementação mineral e água foram fornecidos *ad libitum*.

### 2.2. Animais e delineamento experimental

Foram utilizados 37 machos desmamados e castrados da raça Senepol na fase de recria, com idade aproximada de nove meses e peso médio inicial de 190,8 kg. Senepol é uma raça de *B. taurus* utilizada para produção de carne e cruzamento no bioma Cerrado, e que apresenta alta infestação de carrapatos em pastagens em climas tropicais (Pina *et al.*, 2021).

Um delineamento experimental antes-depois com dados auto pareados foi usado neste estudo (Wainer, 2011; Cohen *et al.*, 2018; Assis, 2020). As medições foram feitas em cada unidade experimental antes e depois da intervenção, com as medições iniciais usadas como controle. Este delineamento experimental está em conformidade com os princípios éticos do Comitê de Ética Animal (CEUA), em que a dor e o estresse devem ser evitados em animais. O presente estudo retratou um cenário de campo onde, em uma situação convencional no bioma Cerrado, o gado sensível a carrapatos deve receber tratamento com acaricidas para evitar miíase e o risco de morte por TPB. Este requisito impediu a formação de um grupo controle, sem manejo rotacionado, para comparação.

### 2.3. Aprovação do Comitê de ética

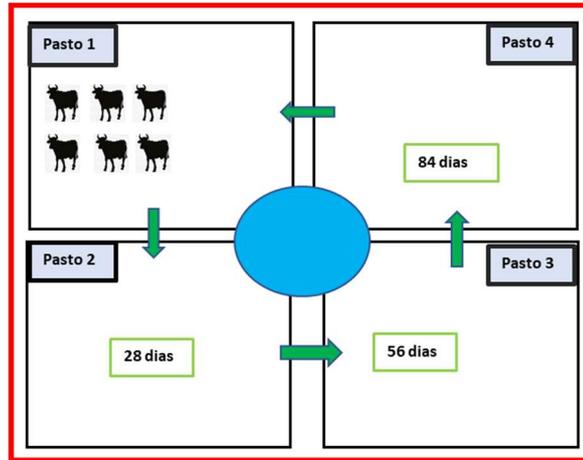
O manejo dos animais foi realizado seguindo as normas publicadas pela Conselho Nacional de Experimentação Animal (CONCEA). Os projetos foram aprovados pelo Comitê de Ética Animal (CEUA 5/2018) da Embrapa Gado de Corte.

### 2.4. Manejo dos animais

Cada piquete foi utilizado por 28 dias; portanto, os animais retornaram ao pasto inicial após 84 dias de diferimento (tempo de ausência do hospedeiro no pasto) promovendo um vazio sanitário para o carrapato (Figura 1).

A cada troca de pasto após o período de 28 dias, cada animal foi pesado e os carrapatos contados, a primeira contagem foi realizada antes da entrada dos bovinos no primeiro pasto, servindo como contagem controle. Além disso, amostras biológicas, incluindo amostras de sangue e fezes, foram coletadas em cada animal para avaliar a ocorrência dos agentes e as condições clínicas associadas à TPB.

**Figura 1** - Sistema *Lone Tick*. Ciclo de pastejo com 112 dias e 84 dias livres de carrapatos.



O sangue foi coletado em tubos com e sem etilenodiaminotetracético (EDTA). Amostras de sangue de oito animais (21,6%) foram selecionadas aleatoriamente antes do início do experimento e submetidas ao ensaio de imun absorção enzimática (ELISA) para avaliação da resposta imune e reação em cadeia da polimerase em tempo real (qPCR) para avaliação quantitativa dos agentes da TPB.

O volume de eritrócitos foi avaliado pela técnica do microhematócrito (Alves *et al.*, 1986). A contagem de ovos por grama de fezes (OPG) foi determinada de acordo com a técnica descrita por Gordon e Whitlock (1939) para avaliar o nível de infecção de parasitos intestinais, e a contagem de carrapatos foi realizada de acordo com a técnica descrita por Wharton e Utech (1970).

## 2.5. ELISA

Para detectar a presença de anticorpos contra- *B. bigemina* e contra- *A. marginale*, foi realizado um ELISA indireto utilizando um kit comercial (Imunodot diagnosticos ®; Jaboticabal, SP, Brasil). Os preparos e procedimentos foram realizados conforme recomendações do fabricante.

## 2.6. Extração de DNA genômico

Para a extração do DNA genômico foi utilizado um volume de 300 µl de sangue, seguindo os métodos descritos por Di Pietro *et al.* (2011), com modificações por Martins *et al.* (2020). As amostras foram quantificadas por espectrofotometria usando NanoDrop (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, EUA), com concentração final de 100 ng/µl e armazenadas em *freezer* a -80 °C.

### 2.7. Detecção de *B. bigemina* usando qPCR

As amostras para testar *B. bigemina* foram submetidas à análise qPCR para quantificar o número de cópias circulantes do gene *cBisg*. A quantificação absoluta foi realizada usando primers (PrimeTime® Std qPCR As-say-IDT-Integrated DNA Technologies®) baseados na sequência *B. bigemina* LK054939.1 no GenBank e projetados usando o software Primer Quest Tool (IDT Technologies, Coralville, Iowa, EUA) para cobrir um fragmento de 88 pb do gene *cBisg* (forward primer 5'CGAAGTGCCCAACCATATTA-3', probe 5'-/56-FAmQCGAGTGTGT/Zen/ TATCAGAGTATTA ACTGAGGT/ 3IABkFQ/-3', and reverse primer 5'TGGTTCCAGGAGATAT-3).

A formação do primer-dímero foi testada na ferramenta Oligo Analyzer (<https://www.idtdna.com/pages/tools/oligoanalyzer>). A especificidade foi testada usando a plataforma NCBI Blast ([https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE\\_TYPE=BlastSearch&LINK\\_LOC=blasthome](https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome)), limitando as pesquisas de organismos a bovinos, humanos ou babesia. A eficiência da reação foi calculada conforme descrito por Okino *et al.* (2018) com diluições seriadas (1:10) até  $10^{10}$  realizadas para construir uma curva padrão com diferentes concentrações de DNA sintético gBlocks® Gene Fragments (IDT, Coralville, IA, EUA) contendo a sequência de *B. bigemina* (com número de acesso LK054939.1). Modelos negativos duplicados e controles negativos foram adicionados em cada execução de qPCR.

A reação foi projetada para incluir 10 µL por poço, com 5 µL de TaqMan™ Universal PCR Master Mix (ThermoFisher Scientific), 0,5 µL de cada iniciador (10 µM), 3 µL de MiliQ H<sub>2</sub>O e 1 µL de 100 ng/µL de gDNA em duplicata, e água ultrapura foi usada em vez de amostras de gDNA para o controle negativo.

Uma curva padrão de cinco pontos (concentrações de  $10^5$  a  $10^{10}$  gBlocks®) foi usada como controle interno. Para análise das amostras utilizou-se um sistema de PCR em tempo real StepOnePlus™ com ciclo de ativação de sonda de hidrolase que incluiu 95°C por 10 min, seguido por 45 ciclos de desnaturação a 95°C por 45 s e uma etapa de anelamento/extensão a 60° C por 1 min. O sinal de reação foi registrado durante a etapa de extensão e os dados foram analisados usando StepOne v2.3. As informações mínimas para publicação de experimentos quantitativos de PCR em tempo real (MIQUE) foram seguidas (Bustin *et al.*, 2009). Usando os resultados do qPCR, o número de moléculas de DNA alvo em cada reação foi calculado de acordo com os métodos descritos por Ke *et al.* (2006).

### 2.8. Detecção de *A. marginale* usando qPCR

As sequências de primers e a sonda TaqMan foram desenvolvidas de acordo com métodos relatados por Carelli *et al.* (2007) usando o gene *msp1b*, que foi produzido pela Integrated DNA Technologies (IDT, Coralville, IA, EUA). A mistura qPCR, calibração da curva e ciclo foram realizados de acordo com Martins *et al.* (2020).

### 2.9. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico R (R Core Team). Os dados de peso, contagem de carrapatos nos animais, número de cópias de DNA de *A. marginale* e *B. bigemina* e resultados de ELISA foram testados quanto à normalidade usando o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para avaliar a correlação entre número de carrapatos em relação ao peso do animal, número de cópias de DNA de *A. marginale* e *B. bigemina* em relação ao número de carrapatos, utilizou-se o teste não paramétrico de Spearman.

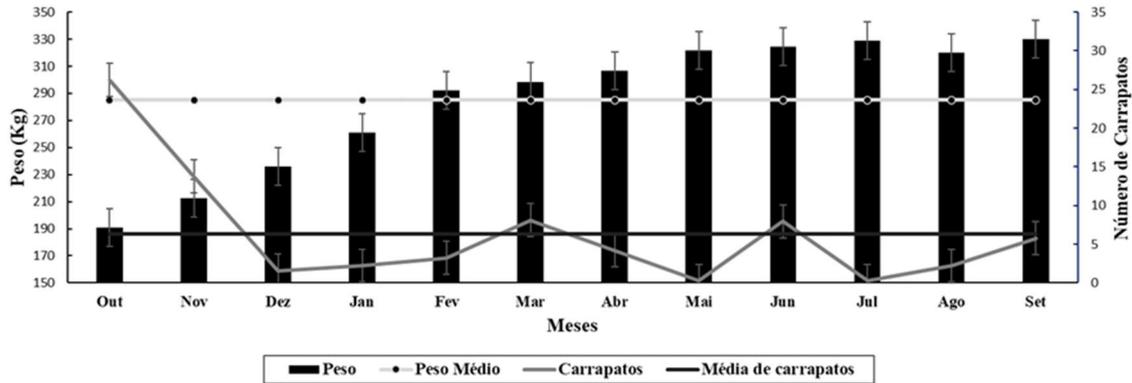
Para comparar o número de cópias de DNA de *A. marginale* e *B. bigemina* e outras variáveis, foram considerados os valores dos animais selecionados aleatoriamente (n=8). Os resultados foram considerados significativos quando  $p \leq 0.05$ .

## 3. Resultados

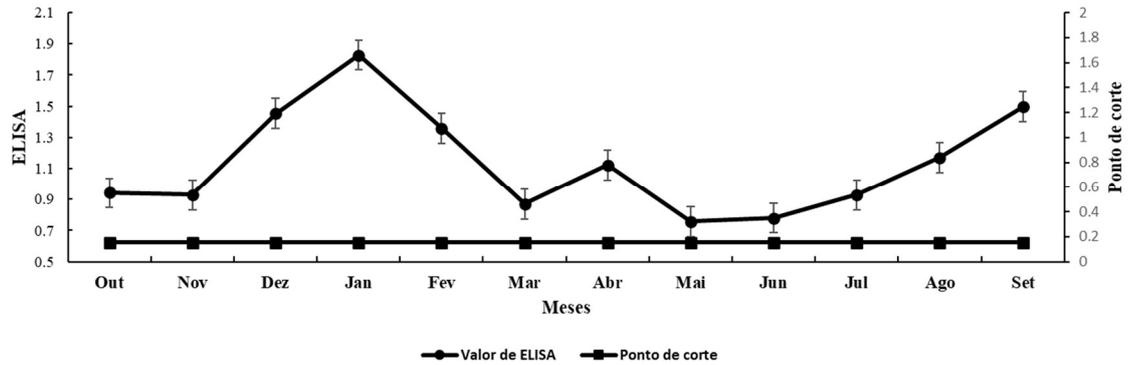
No período de um ano, o peso médio inicial e final dos animais mantidos em condições de campo foram de 190,8 e 330 kg, respectivamente, com um ganho de peso médio diário de 0,425 Kg. A contagem média de carrapatos foi de 6,3 carrapatos com intervalo de confiança de 95% (IC = 5,129 – 7,442) (Figura 2).

Os resultados do teste de microhematócrito estavam dentro do limite normal para todos os animais, e nenhum sinal clínico de TPB foi observado durante o período experimental. No entanto, apesar da ausência de sinais clínicos, todos os oito animais selecionados aleatoriamente apresentaram uma resposta sorológica para *A. marginale* e *B. bigemina* acima do ponto de corte (Figuras 3 e 4). Os animais foram tratados contra endoparasitos com 1 ml de Levamisol (Ripercol L 7,5%; Zoetis®, Campinas, Brasil), para cada 20 kg de peso vivo quando a contagem de OPG foi  $\geq 400$ .

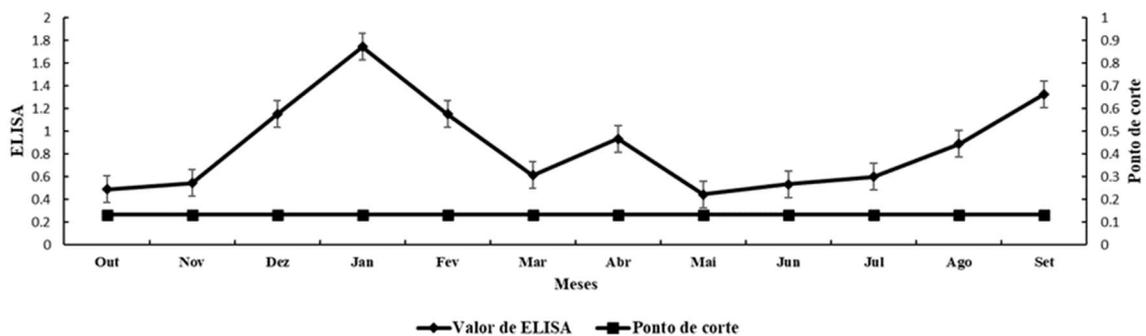
**Figura 2** - Perfil de peso bovino e média mensal de carrapatos no período de um ano.



**Figura 3** - Resultados médios de ELISA para *A. marginale* em bovinos ao longo de doze meses



**Figura 4** - Resultados médios de ELISA para *B. bigemina* em bovinos ao longo de doze meses

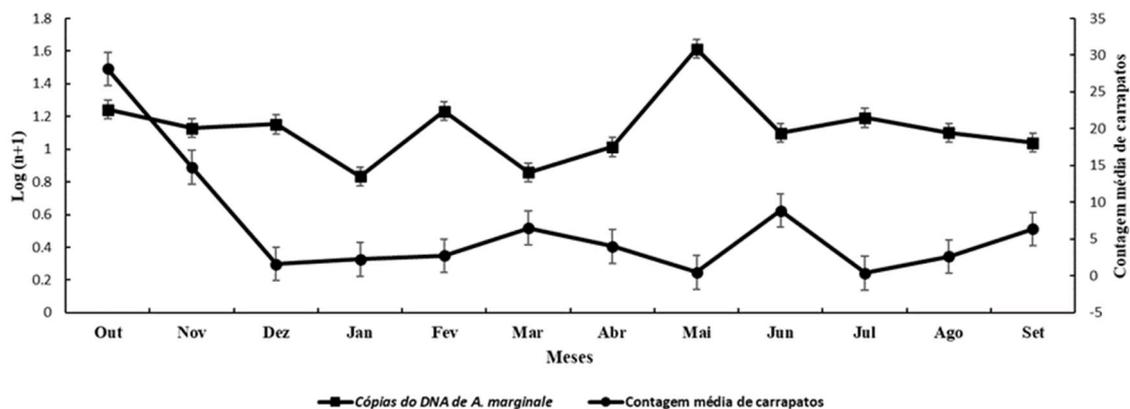


Uma diferença significativa entre os meses foi observada em relação à contagem de carrapatos ( $p < 0,01$ ), entre o primeiro (dia zero) e os demais meses (mês 3,  $p = 0,000$ ; mês 4,  $p = 0,000$ ; mês 5,  $p = 0,000$ ; mês 6,  $p = 0,000$ ; mês 7,  $p = 0,000$ ; mês 8,  $p = 0,000$ ; mês 10,  $p = 0,000$ ; mês 11,  $p = 0,000$ ; e mês 12,  $p = 0,040$ ), demonstrando uma diminuição no número de carrapatos em comparação ao número inicial. Especificamente, a contagem de carrapatos diminuiu saindo

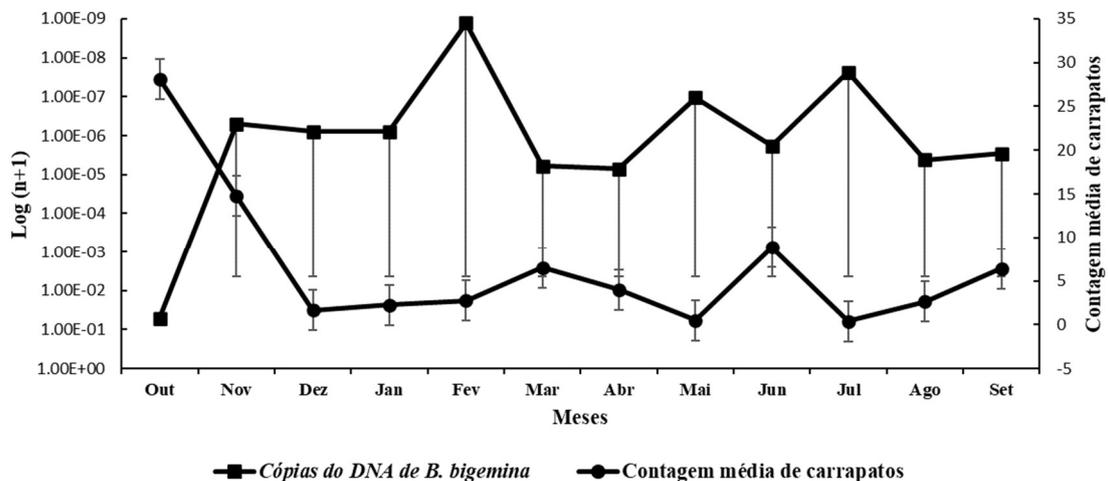
de uma média inicial de 26,2 carrapatos/animal para 6,3 carrapatos/animal em 84 dias sem o uso de acaricidas, mostrando uma redução de 75,95% na população de carrapatos. Além disso, foi observada uma correlação negativa entre o peso do animal e a contagem de carrapatos ( $r = -0,252$ ,  $p = 0,000$ ). Nenhuma correlação foi observada entre a contagem de carrapatos e a quantidade de DNA do agente, apesar da presença dos agentes em todas as observações.

As Figuras 5 e 6 mostram os números médios de cópias de DNA de *A. marginale* e *B. bigemina* e o número médio mensal de carrapatos. As contagens médias de cópias de *A. marginale* e *B. bigemina* não foram significativamente diferentes. Além disso, o número de cópias de DNA *B. bigemina* e *A. marginale*, os resultados do ELISA e a contagem média de carrapatos não foram estatisticamente significativos.

**Figura 5** - Número de cópias de DNA de *A. marginale* e carrapatos nos animais



**Figura 6** - Número de cópias de DNA de *B. bigemina* e carrapatos nos animais



#### 4. Discussão

Os carrapatos-do-boi completam sua fase de vida parasitária entre 21 e 22 dias. Essa fase de vida inclui o ingurgitamento de fêmeas que caem no chão e põem ovos, iniciando assim a fase não parasitária. Essa fase de vida livre constitui 95% da população de carrapatos no ambiente que pode causar reinfestação em animais e não é considerado um alvo direto para o controle de carrapatos (Pereira *et al.*, 2008). Foram definidos 28 dias em cada pasto (Pina *et al.*, 2021), porque é o tempo suficiente para os carrapatos, no estágio parasitário, se desprendam do bovino e assim podem ser separados do hospedeiro.

Portanto, neste estudo, buscamos desenvolver uma estratégia de controle do carrapato na fase de vida livre por meio do manejo rotacionado, considerando o tempo de sobrevivência das larvas sem contato com seu hospedeiro. Vários estudos relataram a longevidade das larvas no ambiente (Wilkinson, 1957; Gauss e Furlong, 2002; Labruna, 2008; Cruz *et al.*, 2020). No entanto, determinar o tempo de separação entre o bovino e os carrapatos, e o tempo de sobrevivência das larvas são cruciais para o controle bem sucedido.

A utilização de 20 dias de selagem do pasto para rotação, conforme implementado por Nicaretta *et al.* (2020), não foi suficiente para reduzir as infestações de *R. microplus* no gado, que exigiu 105 dias para desinfestar o pasto. Entretanto, como demonstrado no presente estudo, 84 dias para o controle foram eficazes.

A raça Senepol é utilizada para produção de carne e como opção de cruzamento no bioma Cerrado apesar de sua alta sensibilidade a parasitos em pastagens de climas tropicais (Marques, 2003; Pina *et al.*, 2021).

Em um sistema de teste de baía com infestações controladas com 15.000 larvas, a raça Senepol produz uma média de 276 fêmeas ingurgitadas no final da fase parasitária (Pina *et al.*, 2021). Vale ressaltar que uma única fêmea ingurgitada de carrapato é capaz de produzir e dar origem a 3.000 larvas, e são organismos com grande potencial biótico (Balashov, 1972; Oliver-Jr, 1989).

Em condições de campo, o controle de larvas de carrapatos *R. microplus* com base no distanciamento do hospedeiro (Figura 1), conforme demonstrado no presente estudo, considera uma média de seis carrapatos por dia, o que resultaria em uma infestação potencial de 18.000 larvas por dia no pasto, totalizando aproximadamente 504.000 larvas em um período de 28 dias. Considerando a média de seis fêmeas ingurgitadas viáveis diariamente, os animais potencialmente receberam uma carga de 326 larvas por dia.

Altas infestações na raça Senepol causam danos consideráveis, especialmente porque excedem o limite econômico de 40 carrapatos descrito por Gonzales (2003). No Brasil, os danos causados pelo carrapato custam 3,24 bilhões de dólares por ano (Grisi *et al.*, 2014).

As baixas contagens de carrapatos nos animais até o final do experimento corroboram com resultados de Hernández *et al.* (2000), que utilizaram um modelo de simulação da dinâmica populacional de carrapatos em um sistema de rotação de pastagens e observaram supressão, mas não erradicação, da população de carrapatos.

No estudo, o sistema de controle conseguiu reduzir notavelmente a reinfestação de larvas em animais ao longo de um ano, indicando que a maioria das larvas não sobreviveu após o período de diferimento. Isso causou um vazio sanitário eficiente para o controle do carrapato sem o uso de acaricidas. O não uso de acaricidas também é um fator importante, juntamente com a manutenção de pequenas populações de carrapatos. Embora o tratamento com produtos químicos seja atualmente a principal ferramenta para o controle de carrapatos, ele pode levar à contaminação ambiental, deixar resíduos em produtos de origem animal e ao surgimento de populações de carrapatos resistentes aos acaricidas, causando perdas econômicas (Kunz e Kemp, 1994; FAO, 2004; Gunasekara *et al.*, 2007; Grisi *et al.*, 2014; Higa *et al.*, 2016). Em geral, apesar da sensibilidade ao *R. microplus*, o gado Senepol pode ser submetido a esse sistema de controle.

De acordo com Bonatte-Junior *et al.* (2022), a primeira contagem parcial de teleóginas no início do experimento foi utilizada como controle. Vale ressaltar que com a diminuição das infestações de carrapatos, foi observado menor risco de miíase, que além de danificar e desvalorizar o couro, também é uma porta de entrada para infecções secundárias (Reck *et al.*, 2014).

Se for levado em consideração que no Brasil a sazonalidade de *R. microplus* é bem definida com picos de gerações anuais que variam de três a seis por ano (Labruna, 2008; Cruz *et al.*, 2020), essa dinâmica pode ser interrompida sem a erradicação total dos carrapatos, beneficiando-se da manutenção de uma região endêmica para os agentes. Diante desses fatos, sugere-se que quando os animais retornam ao piquete inicial, após 84 dias, já se passou tempo suficiente para que as larvas morressem por inanição. A longevidade é influenciada pelas condições climáticas, principalmente pelo ambiente e pela temperatura do solo (Cruz *et al.*, 2020).

Além disso, os mesmos níveis de *B. bigemina* observados durante esse período (Figura. 6) indicam que a média de seis carrapatos manteve a transmissão transestadial, considerada como uma adaptação específica ao ciclo de vida do carrapato (Chauvin *et al.*, 2009). A

inoculação de esporozoítos de *Babesia* via carrapatos em áreas endêmicas, como o bioma Cerrado, e ciclos subsequentes de replicação intraeritrocítica dos merozoítos induzirão uma reação do sistema imunológico do hospedeiro. Assim, o número de carrapatos aumenta a circulação do agente no hospedeiro, e a reinfestação de larvas no pasto resulta em um aumento da transmissão para o gado. Esses efeitos diferenciais da infecção por *Babesia* dependem da raça, idade, condições nutricionais e do número de parasitos circulantes no hospedeiro (Christensson, 1989).

Apesar de ser sensível a carrapatos, a raça Senepol mostrou que o sistema de controle manteve baixa infestação de carrapatos. Posteriormente, foi observado um nível estável de população circulante de *Babesia* e anticorpos. Esses resultados mostram que raças de animais sensíveis a carrapatos com baixa infestação não apresentaram sintomas de TPB durante o período. Foram observados poucos e baixos picos de parasitas relacionados à baixa contagem de carrapatos nos animais; o que é desejável para manter a estabilidade enzoótica de agentes infecciosos (*B. bovis*, *B. bigemina* e *A. marginale*), que são transmitidos quase exclusivamente por *R. microplus* (Santos *et al.*, 2017).

Os resultados de qPCR foram positivos para todas as amostras de sangue coletadas de ambos os hemoparasitas. Números menores de cópias de DNA e menor número de carrapatos foram observados no presente estudo, ao contrário dos observados por Martins *et al.* (2020), que relataram um número médio de cópias de DNA de *A. marginale* de 431,1 e 2.758,9, e contagens médias de carrapatos de 45,51 e 10,08 nas raças Brangus e Nelore, respectivamente. Neste estudo, o número médio de cópias de DNA e a contagem de carrapatos foram de 1,1 cópias e 6,3 carrapatos, respectivamente. Em ambos os estudos, nenhum caso clínico foi observado nos animais.

O número de cópias de *A. marginale* variou, mas não foi correlacionado ao número de carrapatos, esse achado pode ser explicado pela capacidade dos hemoparasitas de serem transmitidos por vetores hematófagos diferentes dos carrapatos, como moscas e mosquitos (Aubry e Geale, 2011).

Uma variação no número de cópias de DNA de *B. bigemina* também foi observado, houve correlação com o número de carrapatos. Martins *et al.* (2020) detectaram *B. bigemina* em todas as amostras de sangue, mas não observaram correlação entre o número de cópias e o número de carrapatos contados. Além disso, uma diminuição inicial na parasitemia de *B. bigemina* foi associada a uma redução no número de carrapatos do primeiro para o segundo mês.

Giglioti *et al.* (2016) obtiveram uma contagem média de DNA de *B. bigemina* de 0,82 e 2,85 cópias em bovinos Angus e Canchim, respectivamente. Em bovinos Nelore e Angus, Martins *et al.* (2020) observaram  $3,25 \pm 0,18$  e  $2,5 \pm 0,15$  cópias de DNA, respectivamente, enquanto uma média de 0,0043 cópias de DNA foram observadas no presente estudo. Além disso, *A. marginale* e *B. bigemina* foram observadas em todas as amostras avaliadas usando ELISA, ao contrário de Martins *et al.* (2020) que detectaram 11,4% de *A. marginale* das amostras das raças Brangus ( $n = 11$ ) e 11,8% das amostras de Nelore ( $n = 12$ ).

Destaca-se também o bom desempenho de ganho de peso médio diário de 0,425 Kg durante o período experimental, demonstrando boa performance dentro da categoria animal desta raça quando comparado com a raça Nelore nas mesmas condições ambientais, tendo em vista que esta raça é bem adaptada ao clima do Cerrado (Silveira *et al.*, 2004).

Desde o início dos anos 2000, a cadeia produtiva da pecuária brasileira vem sofrendo forte impacto negativo por conta das mudanças climáticas. Com o tempo, os critérios ambientais se tornaram requisitos adicionais para importação de produtos agrícolas (Ruviano *et al.*, 2012). Nesse contexto, a mensuração dos impactos ambientais do agronegócio por meio da Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma tendência mundial (Claudino e Talamini, 2013). Com base na cadeia produtiva da carne, a redução da geração de dióxido de carbono, gás de efeito estufa (GEE) em alguns elos da cadeia, reflete diretamente na ACV da carne bovina.

Segundo Ruviano *et al.* (2012), existem alternativas para mitigar GEE na pecuária, como recuperação de pastagens, plantio direto e substituição de insumos com menor geração de CO<sub>2</sub>. Isso significa que a redução do uso de acaricidas no controle de carrapatos afeta diretamente a mensuração da pegada de carbono animal na produção de carne.

Os resultados do estudo sugerem que as populações de carrapatos podem ser controladas de forma ecologicamente sustentável, atendendo assim à demanda do mercado internacional (De Meneghi *et al.*, 2016).

Com uma população controlada de carrapatos, o investimento em melhoramento genético poderia aumentar a produtividade da cadeia produtiva de bovinos, mesmo entre raças sensíveis ao carrapato *R. microplus*, fortalecendo assim a tendência de inclusão do *B. taurus* nos rebanhos nacionais.

## 5. Conclusão

Com base nos resultados da avaliação de 1 ano, foi concluído que um período de distanciamento de 84 dias entre larvas de carrapatos e bovinos no bioma Cerrado pode controlar carrapatos em bovinos da raça Senepol.

Além disso, 84 dias de diferimento do pasto permitiram a manutenção do gado no campo sem o uso de acaricidas, mantendo assim um equilíbrio enzoótico sem a presença de animais sintomáticos para TPB. Desta forma, é possível criar raças mais produtivas com controle do carrapato a custos menores, e de forma sustentável.

No geral, o presente estudo fornece uma base para pesquisas futuras sobre o efeito do manejo de pastagens no distanciamento entre carrapatos e hospedeiros em outros biomas. Avanços na produção de raças mais produtivas e abordagens de controle de carrapatos ecologicamente corretas podem agregar valor à indústria pecuária.

## 6. Referências

Alves, A.J., Souza Filho, S.D., Oliveira, H.M., Carvalho Neto, J.L., 1986. Determinação de Microhematócritos em Centrífuga Convencional. *Rev. Bras. Anál. Clín.* 18, 47–48. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-35329>.

Andreotti, R., Barros, J.C., Garcia, M.V., Rodrigues, V.S., Higa, L.O.S., Duarte, P.O., Blecha, I.M.Z., Bonatte-Junior, P., 2018. Cattle tick infestation in Brangus cattle raised with Nellore in Central Brazil. *Semina Ciênc. Agrar.* 39, 1099–1113. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p1099>.

Antunes, S., Rosa, C., Couto, J., Ferrolho, J., Domingos, A., 2017. Deciphering babesia vector interactions. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 7, 429. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00429>.

Assis, J.P., 2020. Testes de hipóteses estatísticas / Janilson Pinheiro de Assis, Roberto Pequeno de Sousa, Paulo Cesar Ferreira Linhares– Mossoro: EdUFERSA, 2020. Disponível. <https://livraria.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/165/2020/08/testes-de-hipoteses-estatisticas-edufersa.pdf>.

Aubry, P., Geale, D.W., 2011. A review of bovine anaplasmosis. *Transbound. Emerg. Dis.* 58 (1), 1–30. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2010.01173.x>.

Balashov, Y.S., 1972. Bloodsucking ticks (Ixodoidea) - vectors of diseases of man and animals. *Misc. Publ. Entomol. Soc. Am.* 8, 161–376. <https://doi.org/10.4182/HKTD2318.8-5.167>.

Bonatte-Junior, P., Barros, J.C., Maciel, W.G., Garcia, M.V., Higa, L.O.S., Andreotti, R., 2022. Control strategies for the tick *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1888) on cattle: economic

evaluation and report of a multidrug-resistant strain. *Acta Parasitol.* 67, 1564–1572. <https://doi.org/10.1007/s11686-022-00611-813>.

Bustin, A.S., Benes, V., Garson, E.J., Hellems, L., Huggett, J., Kubista, M., Müller, R., Nolan, T., Pfaffl, M.W., Shipley, G.L., Vandesompele, J., Wittwer, C.T., 2009. The MIQE guidelines: minimum information for publication of quantitative real-time PCR experiments. *Clin. Chem.* 55, 611–622. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2008.112797>.

Carelli, G., Decaro, N., Lorusso, A., Elia, G., Lorusso, E., Mari, V., Ceci, L., Buonavoglia, C., 2007. Detection and quantification of *Anaplasma marginale* DNA in blood samples of cattle by real-time PCR. *Vet. Microbiol.* 124 (1–2), 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2007.03.022>.

Chauvin, A., Moreau, E., Bonnet, S., Plantard, O., Malandrin, L., 2009. Babesia and its hosts: adaptation to long-lasting interactions as a way to achieve efficient transmission. *Vet. Res.* 40, 37. <https://doi.org/10.1051/vetres/2009020>.

Christensson, D.A., 1989. Inverse age resistance to experimental *Babesia divergens* infection in cattle. *Acta Vet. Scand.* 30, 453–464. <https://doi.org/10.1186/BF03548023>.

Claudino, E.S., Talamini, E., 2013. Life cycle assessment (LCA) applied to agribusiness: a review. *Gestão Controle Ambient. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 17 (1), 77–85. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000100011>.

Cohen, L., Manion, L., Morrison, K., 2018. *Research Methods in Education*. Routledge, Abingdon, Oxon. <https://doi.org/10.4324/9780203224342>, 628 p. 6a edição. Copyright 2018.

Cruz, B.C., Mendes, A.F.L., Maciel, W.G., Santos, I.B., Gomes, L.V.C., Felippelli, G., Teixeira, W.F.P., Ferreira, L.L., Soares, V.E., Lopes, W.D.Z., Costa, A.J., Oliveira, G.P., 2020. Biological parameters for *Rhipicephalus microplus* in the field and laboratory and estimation of its annual number of generations in a tropical region. *Parasitol. Res.* 119, 2421–2430. <https://doi.org/10.1007/s00436-020-06758-5>.

De Meneghi, D., Stachurski, F., Adakal, H., 2016. Experiences in tick control by acaricide in the traditional cattle sector in Zambia and Burkina Faso: possible environmental and public health implications. *Front. Public Health* 4, 239. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00239>.

Di Pietro, F., Ortenzi, F., Tilio, M., Concetti, F., Napolioni, V., 2011. Genomic DNA extraction from whole blood stored from 15- to 30-years at -20 °C by rapid phenol–chloroform protocol: a useful tool for genetic epidemiology studies. *Mol Cell. Probes* 25 (1), 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.mcp.2010.10.003>.

FAO, 2004. Food and agriculture organization. In: Resistance Management and Integrated Parasite Control in Ruminants: Guidelines. Food and Agriculture Organization, Animal Production and Health Division, Roma. <https://www.fao.org/3/ag014e/ag014e.pdf>.

Gauss, C.L.B., Furlong, J., 2002. Comportamento de larvas infestantes de *Boophilus microplus* em pastagem de *Brachiaria decumbens*. *Cien. Rural.* 32, 46–472. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000300016>.

- Gigliotti, R., Oliveira, H.N., Santana, C.H., Ibelli, A.M.G., Neo, T.A., Bilhassi, T.B., Rabelo, M.D., Machado, R.Z., Brito, L.G., Oliveira, M.C.S., 2016. Babesia bovis and Babesia bigemina infection levels estimated by qPCR in Angus cattle from an endemic area of Sao Paulo state, Brazil. *Ticks Tick Borne Dis.* 7 (5), 657–662. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.02.011>.
- Gonzales, J.C., 2003. O controle do carrapato do boi. Universidade de Passo Fundo, RS. Editora UFP, Passo Fundo, p. 128.
- Gordon, H.M., Whitlock, H.V., 1939. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. *J. Counc. Sci. Ind. Res.* 12, 50–52. <http://hdl.handle.net/102.100.100/339340?index=1>.
- Grisi, L., Leite, R.C., Martins, J.R., Barros, A.T., Andreotti, R., Cançado, P.H., Pérez de León, A.A., Pereira, J.B., Villela, H.S., 2014. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 23, 150–156. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612014042>.
- Gunasekara, A.S., Truong, T., Goh, K.S., Spurlock, F., Tjeerdema, R.S., 2007. Environmental fate and toxicology of fipronil. *J. Pestic. Sci.* 32, 189–199. <https://doi.org/10.1584/jpestics.R07-02>.
- Hansen, P.J., 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83, 349–360. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>.
- Hernández, A.F., Teel, P.D., Corson, M.S., Grant, W.E., 2000. Simulation of rotational grazing to evaluate integrated pest management strategies for Boophilus microplus (Acari: ixodidae) in Venezuela. *Vet. Parasitol.* 92, 139–149. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(00\)00282-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(00)00282-X).
- Higa, L.O.S., Garcia, M.V., Barros, J.C., Koller, W.W., Andreotti, R., 2016. Evaluation of Rhipicephalus (Boophilus) microplus (Acari: Ixodidae) resistance to different acaricide formulations using samples from Brazilian properties. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 25, 163–171. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612016026>.
- Homer, M.J., Aguilar-Delfin, I., Telford, S.R., Krause, P.J., Persing, D.H., 2000. Babesiosis. *Clin. Microbiol. Ver.* 13, 451–469. <https://doi.org/10.1128/CMR.13.3.451>.
- Ke, G.M., Cheng, H.L., Ke, L.Y., Ji, W.T., Chulu, J.L., Liao, M.H., Chang, T.J., Liu, H.J., 2006. Development of a quantitative light cycler real-time RT-PCR for detection of avian reovirus. *J. Virol. Methods* 133 (1), 6–13. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2005.09.011>.
- Kunz, S.E., Kemp, D.H., 1994. Insecticides and acaricides: resistance and environmental impact. *Ver. Sci. Tech.* 13, 1249–1286. <https://doi.org/10.20506/rst.13.4.816>.
- Labruna, M.B., 2008. As gerações anuais. In: Pereira, M.C., Labruna, M.B., Szabo, M.P.J., Klafke, G.M. (Eds.), *Rhipicephalus (Boophilus) microplus: biologia, controle e resistência*. MedVet, São Paulo, p. 169.
- Marques, D.C., 2003. Criação de Bovinos. Consultoria Veterinária e Publicações, Belo Horizonte, CVP, p. 659.

- Martins, K.R., Garcia, M.V., Bonatte-Junior, P., Duarte, P.O., Higa, L.O.S., Csordas, B.G., Zimmermann, N.P., Barros, J.C., Andreotti, R., 2020. Correlation between *Rhipicephalus microplus* ticks and *Anaplasma marginale* infection in various cattle breeds in Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 81, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00514-1>
- Nicaretta, J.E., Dos Santos, J.B., Couto, L.F.M., Heller, L.M., Cruvinel, L.B., De Melo Júnior, R.D., Cavalcante, A.S.S., Zapa, D.M.B., Ferreira, L.L., Monteiro, C.M.O., Soares, V.E., Lopes, W.D.Z., 2020. Evaluation of rotational grazing as a control strategy for *Rhipicephalus microplus* in a tropical region. *Res. Vet. Sci.* 131, 92–97. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.04.006>.
- Nuñez, J.L., Muñoz Cobenas, M.E., Moltedo, H.L., 1982. *Boophilus microplus*, la garrapata comum del ganado vacuno. *Buenos Aires Hemisf'erio Sur* 184, 9789500042390, 9500042398.
- Okino, C.H., Giglioti, R., Silva, M., Oliveira, H.N., Oliveira, M.C.S., 2018. Comparative evaluation of DNA extraction kit, matrix sample and qPCR assays for bovine babesiosis monitoring. *Mol. Biol. Rep.* 45, 2671–2680. <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4436-9>.
- Oliver Jr., J.H., 1989. Biology and systematics of ticks (Acari: Ixodida). *Annu. Ver. Ecol. Syst.* 20, 397–430. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.20.110189.002145>.
- Pereira, J.C.C., 2008. Melhoramento genético aplicado à produção animal. In: Pereira, J.C.C. (Ed.), *Introdução, Herança e Meio, correlações genéticas, seleção e auxílio a seleção, heterose e cruzamentos e melhoramento genético das raças zebu*. Editora FEPMVZ, Belo Horizonte, pp. 1–329.
- Pereira, M.C., Labruna, M.B., Szab'ó, M.P.J., Klafke, G.M., 2008. *Rhipicephalus (Boophilus) Microplus* (Biologia, Controle e resist'encia). *MedVet*, São Paulo, 169 pp.
- Pina, 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. <https://doi.org/10.11158/saa.26.5.10>.
- R Core Team, 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL. <https://www.R-project.org/>.
- Reck, J., Klafke, G.M., Webster, A., Dall'Agnol, B., Scheffer, R., Souza, U.A., Corassini, V.B., Vargas, R., Santos, J.S., Martins, J.R., 2014. First report of fluazuron resistance in *Rhipicephalus microplus*: a field tick population resistant to six classes of acaricides. *Vet. Parasitol.* 201, 128–136. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.01.012>.
- Ribeiro, A.B., Tinoco, A.F.F., Lima, G.F.C., Guilhermino, M.M., Rangel, A.H.N., 2009. Produção e composição do leite de vacas Gir e Guzerá nas diferentes ordens de parto. *Rev. Caatinga* 22, 46–51. <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1051>.
- Ruviaro, C.F., Gianezini, M., Brand'ao, F.S., Winck, C.A., Dewes, H., 2012. Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. *J. Clean. Prod.* 28, 9–24. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.015>.

Santos, G.B., Gomes, I.M.M., Silveira, J.A.G., Pires, L.C.S.R., Azevedo, S.S., Antonelli, A.C., Ribeiro, M.F.B., Horta, M.C., 2017. Tristeza Parasitária em bovinos do semiárido pernambucano. *Pesqui. Vet. Bras.* 37, 1–7. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017000100001>.

Silveira, J.C., McManus, C.M., Mascioli, A.S. Campos, da Silva, L.O., Silveira, A.C., Garcia, J.A.S., Louvandini, H., 2004. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no Estado do Mato Grosso do Sul. *Rev. Bras. Zootec.* 33, 1432–1444. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000600010>.

Wainer, J., 2011. Experimento em sistemas colaborativos. In: *Colaborativos, Sistemas*, Pimentel, M., Fuks, H. (Eds.), Editora Sociedade Brasileira de Computação/Elsevier Disponível em: <https://sistemascolaborativos.uniriotec.br/experimento-em-sistemas-colaborativos/>.

West, J.W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86, 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X).

Wharton, R.H., Utech, K.B.W., 1970. The relation between engorgement and dropping of *Boophilus microplus* (Casnestrini) (*Ixodidae*) to the assessment of the tick numbers on cattle. *J. Aust. Entomo. Soc.* 9 (3), 171–182. <https://doi.org/10.1111/J.1440-6055.1970.TB00788.X>.

Wilkinson, P.R., 1957. The spelling of pasture in cattle tick control. *Aust. J. Agric. Res.* 8, 414–423. <https://doi.org/10.1071/AR9570414>.

## ARTIGO 2

Publicado: Ticks and Tick-borne Diseases

<https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2024.102363>

### Perfil de sensibilidade da raça bovina ao carrapato *Rhipicephalus microplus*

Jacqueline Cavalcante Barros<sup>a</sup>, Marcos Valério Garcia<sup>b</sup>, Leandro de Oliveira Souza Higa<sup>b</sup>,  
Alexandre da Silva Souza<sup>c</sup>, Renato Andreotti<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Campo Grande, MS, Brasil

<sup>b</sup>Bolsista DCR/ Fundapam / Embrapa Gado de Corte, Saúde Animal, Campo Grande, MS

<sup>c</sup>Veterinário, bolsista da Fundapam, Campo Grande, MS, Brasil

<sup>d</sup>Embrapa Gado de Corte, Saúde Animal, Avenida Rádio Maia, 830, Campo Grande, MS, Brasil

#### Resumo

Entre os bovinos, as raças *Bos taurus* e seus cruzamentos são mais sensíveis às infestações por carrapatos do que as raças *Bos indicus*, que são mais resistentes à infestação e mais adaptáveis aos climas tropicais. A presença de indivíduos suscetíveis nos rebanhos e o controle inadequado do carrapato levam a perdas diretas e indiretas na cadeia produtiva da carne, além do aumento da mortalidade devido à Tristeza Parasitária Bovina. O objetivo deste estudo foi descrever, comparar e classificar a sensibilidade de diferentes raças de bovinos ao carrapato *Rhipicephalus microplus* e apresentar, como resultado inovador, uma escala chamada Régua do Carrapato. Dados secundários sobre o número de fêmeas ingurgitadas recuperadas, peso das fêmeas ingurgitadas, peso da massa de ovos e número de larvas foram extraídos de relatórios de pesquisa de experimentos conduzidos ao longo de 18 anos com oito raças para descrever e relatar a sensibilidade das raças à infestação artificial por larvas de *R. microplus*. Para as análises, foram calculados a taxa de recuperação de teleóginas e o percentil de dispersão de indivíduos em suas respectivas raças, e realizada a comparação desses percentis entre as raças. O ranqueamento dos percentis resultou na organização das raças de acordo com sua suscetibilidade ao *R. microplus*, essa escala chamamos “Régua do Carrapato”. A régua é uma ferramenta simples, de fácil entendimento, pode ser usada por técnicos e produtores para comparar a sensibilidade de uma raça de interesse ao carrapato, podendo auxiliar os produtores na tomada de decisões para encontrar um equilíbrio entre o aumento dos ganhos produtivos e o risco de prejuízos econômicos dependendo da composição racial do rebanho bovino.

**Palavras-chave:** Régua do carrapato, *R. microplus*, resistência, hospedeiro.

### Abreviações

TPB = Tristeza Parasitária Bovina

TRT = Taxa de recuperação de teleóginas

QT = Quantidade total de teleóginas recuperadas por animal

QLI = Quantidade de larvas infestadas por animal

## 1. Introdução

*Rhipicephalus microplus* é uma espécie de carrapato com ciclo monoxênico, e o bovino é seu principal hospedeiro (Gonzales, 1975; Garcia *et al.*, 2014). No Brasil, essa espécie é conhecida como carrapato-do-boi, foi introduzida no início do século XVIII e está distribuída entre os paralelos 32° norte e 32° sul (Nuñez *et al.*, 1982).

Fatores ambientais como temperatura e umidade influenciam diretamente no metabolismo e desenvolvimento dos estágios de vida livre de *R. microplus*. Temperatura de 28°C e umidade relativa de 80% são consideradas favoráveis para essa espécie, e no Brasil, o número de gerações pode variar de 2,5 a 5 no país durante o ano, dependendo do clima regional (Oshiro *et al.*, 2021). O local onde o estudo foi conduzido está na zona de transição entre os climas subtropical úmido (Cfa) e tropical com inverno seco (Aw) de acordo com a classificação de Köppen -Geiger. (Peel *et al.*, 2007).

*Rhipicephalus microplus* tem predileção por se fixar em algumas regiões na pele do bovino, por exemplo, na região ventral, entre as pernas, úbere, escroto, barbela e pavilhão auricular. Também em lugares que dificultam a autolimpeza dos bovinos como a axilas e tábua do pescoço (Wagland, 1978).

As perdas causadas por esta espécie de carrapato são resultado direto da infestação nos bovinos, causando inapetência, irritabilidade, imunossupressão, anemia, perda de peso, lesões no couro levando à desvalorização comercial, diminuição da produção de carne e leite e transmissão de patógenos da Tristeza Parasitária Bovina (TPB), levando à mortalidade do gado (Andreotti *et al.*, 2019).

As perdas indiretas estão relacionadas aos custos de mão de obra, medicamentos para controle da TPB, acaricidas, aquisição de equipamentos e manutenção. Essas perdas diretas e indiretas no Brasil são estimadas em US\$ 3,2 bilhões anualmente (Grisi *et al.*, 2014).

*Bos taurus* e seus cruzamentos têm maior sensibilidade a infestações de carrapatos do que outras raças (Gomes *et al.*, 1989). Além disso, o gado *B. taurus* é mais produtivo, porém

menos tolerante ao calor em regiões de clima tropical e sofre mais estresse térmico do que o gado *Bos indicus* (West, 2003). As raças *Bos indicus* têm pelagem curta, são mais resistentes a infestações de carrapatos e mais adaptáveis ao clima tropical do Brasil central (Hansen, 2004; Ribeiro *et al.*, 2009).

A presença de indivíduos suscetíveis nos rebanhos e o controle inadequado de carrapatos levam às situações endêmicas com flutuações que podem gerar altos níveis de infestação em apenas uma geração, permitindo surtos mais intensos de TPB e aumentando a mortalidade no rebanho (Martins *et al.*, 2020, 2022).

A cadeia produtiva de bovinos no Brasil, nas últimas décadas, foi incrementada com o desenvolvimento genético de raças europeias mais produtivas e precoce, com o objetivo de alcançar mercados internacionais devido à demanda por produtos de origem animal como fonte de proteína e outros derivados e por maior valor agregado (Wedekin, 2017).

Aproximadamente 80% do efetivo de bovinos no Brasil é composto por cruzamentos de Zebu e Nelore. Em 2018, o Brasil foi o segundo maior produtor mundial de carne bovina, respondendo por 15% da produção de carne bovina e ocupando o primeiro lugar nas exportações (ABIEC, 2023).

A base do rebanho bovino do Brasil Central é a raça Nelore, se caracteriza pela adaptabilidade ao clima, rusticidade e resistência a carrapatos, o que proporciona baixos índices de infestação parasitária e serve como base genética a ser melhorada (Andreotti *et al.*, 2018).

Entre as raças europeias produtivas utilizadas no Brasil para gado de corte destacam-se as raças: Angus, originária da Escócia; Caracu proveniente de cruzamentos de diversas raças (Primo, 2000); Senepol originária do Caribe, resultante de cruzamentos entre as raças N'Dama e Red Poll, que foram introduzidas no Brasil em 2000 (ABCB Senepol, 2023).

Considerando apenas as áreas tropicais, a raça Brangus, cujo desenvolvimento no Brasil se deu a partir de 1940, é geneticamente 3/8 Nelore e 5/8 Angus, tem características de produção associadas à adaptabilidade ao clima tropical e à sensibilidade ao carrapato (Salomoni e Del Duca, 2009). A composição genética da raça Brangus levou a uma sensibilidade 62,5% maior ao carrapato do que a das raças resistentes, com uma sensibilidade específica da raça observada.

Em termos de produção de leite, a raça Holandesa tem alta produtividade, mas baixa adaptabilidade ao clima tropical e é cruzada com a raça Gir para formar a raça Girolando (5/8 Holstein com 3/8 Gir). Ambas as raças requerem controle de carrapatos nos rebanhos (McManus *et al.*, 2008).

Assim, a produção de gado de corte no Brasil avança na busca do aumento da produtividade usando como ferramenta o melhoramento genético, mas o controle do carrapato

é um obstáculo que deve ser superado, especialmente devido ao agravamento das situações de resistência e/ou multirresistência dos carrapatos. Há relatos de populações resistentes a mais de oito acaricidas no Rio Grande do Sul (Higa *et al.*, 2015; Junior *et al.*, 2022).

Atualmente, existe no sistema produtivo brasileiro uma diversidade de raças e de cruzamentos de bovinos que geram um gradiente de sensibilidade aos carrapatos, e essas características não são consideradas pelos produtores durante a seleção de novos animais. Essa realidade dificulta o controle de *R. microplus* e, portanto, é importante conhecer a suscetibilidade das raças aos carrapatos para o desenvolvimento de estratégias de controle bem-sucedidas.

O objetivo deste estudo transversal de corte foi descrever, comparar e hierarquizar a sensibilidade de diferentes raças de bovinos estabulados em relação ao carrapato *R. microplus* e apresentar, como resultado inovador, uma escala denominada Régua do Carrapato.

## 2. Material e métodos

Este foi um estudo observacional transversal de corte, em que foram investigadas as associações estatísticas entre uma causa (raça) e efeito (sensibilidade ao carrapato) em um determinado período (Levin, 2006). A análise e avaliação foram realizadas usando dados secundários de relatórios de pesquisa divulgados na Embrapa Gado de Corte (latitude 20°26'32,60" S e longitude 54°43'8,26" W) em Campo Grande MS, Brasil, de 2002 a 2020.

Os dados secundários, ou seja, os parâmetros biológicos das teleóginas, incluindo o número de teleóginas recuperadas, os pesos das teleóginas e o peso da massa de ovos, foram registrados em planilhas do Excel para cada experimento.

Esses dados foram utilizados para avaliar infestações artificiais de carrapatos em diversas raças de bovinos estabulados e sem tratamento prévio com qualquer tipo de acaricida. Este estudo buscou descrever e relatar a sensibilidade das raças em relação à infestação artificial por larvas de carrapatos *R. microplus*.

### 2.1. Descrição dos experimentos

#### 2.1.1. Delineamento dos projetos

Ao longo de 18 anos, oito raças foram usadas nos experimentos: Holandesa, Caracu, Senepol, Romosinuano, Belmont Red, Angus, Brangus e Nelore, e algumas foram utilizadas mais de uma vez. Houve cinco experimentos diferentes com gado Holandês, quatro com Angus,

três com Caracu, dois com Senepol, dois com Brangus e dois com Nelore; as outras raças foram usadas apenas uma vez (Tabela 1).

**Tabela 1** - Descrição das variáveis estudadas na avaliação da sensibilidade de raças à infestação artificial por larvas de carrapatos *Rhipicephalus microplus*, Campo Grande, MS, Brasil.

Raça	Número de animais	Ano/mês	Número de larvas utilizadas por animal
Angus	9	2016/fev	10.000
	4	2016/abr	15.000
	5	2018/dez	15.000
	6	2020/out	15.000
Belmont Red	6	2002/abr	20.000
Brangus	5	2013/abr	15.000
	10	2016/fev	10.000
Caracu	6	2002/abr	20.000
	16	2018/jul	15.000
	12	2018/ago	15.000
Holandês	6	2010/abr	15.000
	6	2010/nov	15.000
	6	2011/jun	15.000
	6	2012/fev	15.000
	4	2014/set	15.000
Nelore	10	2016/fev	10.000
	5	2016/abr	15.000
Romosinuano	6	2002/Abr	20.000
Senepol	14	2018/jul	15.000
	10	2018/ago	15.000

Todos os procedimentos realizados utilizando animais estavam de acordo com as normas publicadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Gado de Corte, “(CEUA 008/2014 e 005/2018)”.

### 2.1.2. Área de estudo

Todos os experimentos utilizaram baias individuais (2,8 × 2,0 m); cada baia tinha um estrado de madeira com espaços de 20 cm entre ripas para facilitar o fluxo de água ao lavar as baias e para remover os resíduos juntamente com as teleóginas. Havia um total de 32 baias.

Os bovinos de cada experimento eram recém desmamados (com idade entre 8 e 12 meses) e eram da mesma categoria animal. Todos os animais foram identificados

individualmente com brincos numerados. Para cada experimento, os bovinos foram alocados em baias individuais em diferentes épocas do ano e infestado com larvas ativas.

Durante todo o período de estudo, o sistema de manejo alimentar foi o mesmo para todos os experimentos. A alimentação, que incluía silagem de forrageiras, sorgo e milho, foi projetada para um ganho de peso de 200 gramas por dia, e fornecida duas vezes ao dia, e a água *ad libitum*.

### 2.1.3. *Infestações e coletas*

Em todos os experimentos, para as infestações de larvas em cada unidade animal, teleóginas de cepas regionais (Campo Grande, MS, Brasil) foram previamente coletadas e incubadas em estufa *Biochemical Oxygen Demand* (DBO) a 27 °C com 80% de umidade relativa para completar seu ciclo *in vitro*. Após o período de oviposição das fêmeas ingurgitadas, a massa de ovos foi separada e pesada com base nas necessidades de cada experimento, onde 1 g de massa de ovos correspondeu a 20.000 larvas (Labruna *et al.*, 1997), e a massa de ovos foi colocada em tubos para incubação e posterior eclosão. Após o período de maturação, aproximadamente com 12 a 15 dias de vida, as larvas foram usadas para infestação dos bovinos.

Para infestação artificial dos bovinos, tubos com larvas não alimentadas foram amarrados com barbante no dorso escapular do animal por quatro horas, permitindo que as larvas escapassem dos tubos e se fixassem na pele do animal naturalmente. A partir do vigésimo primeiro dia após a infestação, as teleóginas se desprendem e são recuperadas seguindo o procedimento stall test descrito por Brasil (1997). Por 20 dias consecutivos, as teleóginas foram coletadas através da separação nas fezes, identificadas por baia e animal, e levadas ao laboratório.

Segundo Pereira e Labruna (2008), as fêmeas ingurgitadas de *R. microplus* desprendem-se do boi entre 18 e 35 dias após a infestação larval, sendo o dia modal de desprendimento o 21º ou o 22º dia. Assim, durante os experimentos pode-se ter perdido um pequeno número de teleóginas que se desprenderam antes do 21º dia após a infestação. Entretanto, essa lacuna foi normalizada no estudo porque foi aplicada a todas as infestações experimentais.

Posteriormente, os grupos de carrapatos dos respectivos animais foram lavados, secos, contados e pesados. As teleóginas foram colocadas em placas de Petri e armazenadas em uma estufa BOD, no final da oviposição a massa de ovos foi pesada.

## 2.2. *Análise de parâmetros biológicos*

### 2.2.1. *Taxa de recuperação de teleóginas*

Considerando o número de larvas infestadas e teleóginas recuperadas por animal em cada experimento, foi possível calcular a taxa de recuperação de teleóginas (TRT) por raça (Piña et al., 2021):

$$TRT = \frac{QT}{QLI} \times 100$$

onde

TRT = taxa de recuperação de teleóginas

QT = quantidade total de teleóginas recuperadas por animal

QLI = quantidade de larvas infestadas por animal.

### 2.2.2. Variabilidade genética por raça

Para analisar a dispersão dos animais em relação à sensibilidade ao *R. microplus* dentro da mesma raça, foi calculado o percentil da variável quantidade de carrapatos recuperados. Um box plot foi usado para comparar a dispersão entre as raças. As análises foram realizadas usando o SAS OnDemand for Academics.

### 2.2.3. Ranqueamento da susceptibilidade aos carrapatos

Todos os dados individuais sobre o número de carrapatos recuperados, independentemente da raça, foram agrupados e calculado o percentil. As análises foram realizadas no SAS OnDemand for Academics. Esses percentis foram ordenados em uma linha horizontal em uma escala de 0 a 100%, e o valor médio de carrapatos recuperados por raça foi registrado no respectivo percentil e destacado.

Este ranking organizou as raças por sua susceptibilidade ao *R. microplus*, essa organização chamamos de “Régua do Carrapato”, nela também é destacado o percentil do limiar econômico. Para esta ferramenta, quanto mais próximo o valor estiver de 0, mais resistente é a raça, e quanto mais distante do limiar econômico o valor estiver, maior a susceptibilidade da raça. Essas informações podem ser utilizadas na tomada de decisão dos produtores para investir em raças mais produtivas.

### 2.2.4. Análise estatística

Os dados sobre a produção de carrapatos, taxa de recuperação e peso médio das teleóginas foram comparados pelo teste de ANOVA com pós teste dos mínimos quadrados, valores de  $p < 0,05$  foram considerados estatisticamente significativos. Para a análise dos níveis

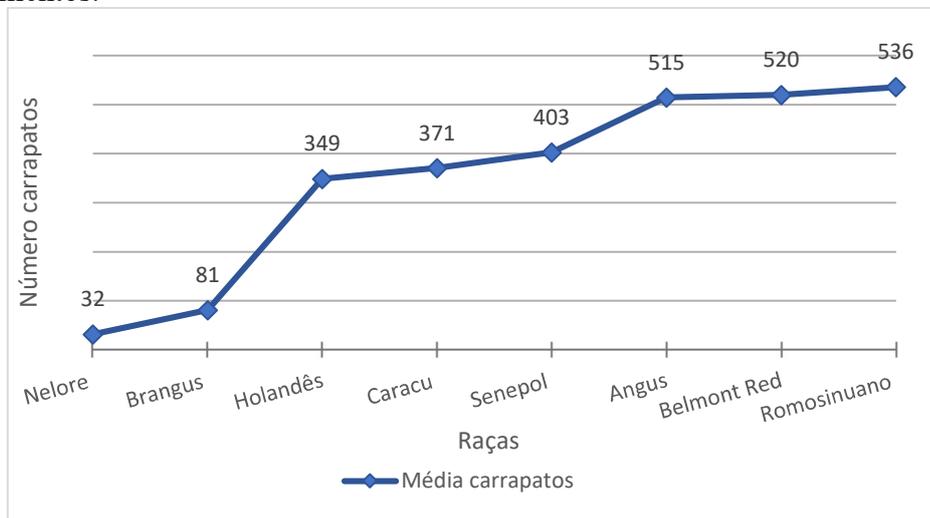
de infestação utilizou-se o teste ANOVA (SAS OnDemand for Academics), com valores de  $p < 0,05$  considerados estatisticamente significativos.

### 3. Resultados

O número de larvas infestadas por animal variou entre 10, 15 e 20 mil, e apesar dessa flutuação, não houve diferença estatística entre as infestações ( $p = 0,33$ ). Os resultados mostram que o número de larvas aplicadas nas infestações foi suficiente e uniforme, portanto, pode ser utilizado para avaliar a sensibilidade das raças de bovinos através de sua suscetibilidade genética ao longo do período de estudo, e definir um perfil para cada grupo na construção da Régua do Carrapato.

A Figura 1 mostra o número médio de carrapatos recuperados por animal durante todo o experimento por raça. Os resultados revelaram os perfis de sensibilidade ao carrapato, onde a raça Nelore apresentou a maior resistência ao parasita, e a raça Romosinuano foi a mais suscetível.

**Figura 1** - Número médio de teleóginas de *Rhipicephalus microplus* coletadas por raça ao longo dos experimentos.



Nota: Os resultados da ANOVA usados para comparar as diferenças estão detalhados na Tabela 2.

A comparação das raças de sangue zebuino em sua composição genética com as demais raças revelou que houve diferenças nos perfis de sensibilidade ao *R. microplus* (Tabela 2). As raças Nelore e Brangus não diferiram significativamente entre si em relação ao número de teleóginas, entretanto são estatisticamente diferentes das demais raças.

Os carrapatos recuperados apresentaram pesos estatisticamente iguais entre as raças Brangus, Angus e Holandesa (Tabela 2), variando de 0,232 a 0,304 g.

O peso médio dos carrapatos, que variou de 0,243 g a 0,271 g para as raças Brangus, Angus, Holandês, Nelore e Senepol, pode refletir uma normalidade e as boas condições individuais das fêmeas ingurgitadas. Embora bovinos com sangue zebuino tivessem menos carrapatos, as fêmeas ingurgitadas que atingiram a idade adulta apresentaram pesos e tamanhos dentro da faixa esperada.

**Tabela 2** - Análise estatística dos parâmetros biológicos das fêmeas ingurgitadas de carrapatos *Rhipicephalus microplus* coletadas por raça.

	Média teleóginas coletadas	Média Peso (g)	Taxa de recuperação de teleóginas*(%)	Taxa conversão ovos** (%)
Nelore	32.53 ± 25.17 <sup>a</sup>	0.249 ± 0.019 <sup>bc</sup>	0.31 ± 0.26 <sup>a</sup>	46.04±0.64
Brangus	80.60 ± 54.05 <sup>a</sup>	0.271 ± 0.030 <sup>a</sup>	0.76 ± 0.57 <sup>a</sup>	45.40±1.27
Holandês	349.14 ± 203.65 <sup>b</sup>	0.264 ± 0.017 <sup>ab</sup>	2.33 ± 1.36 <sup>b</sup>	49.80 ± 1.02
Caracu	371.29 ± 316.87 <sup>b</sup>	0.233 ± 0.025 <sup>cd</sup>	2.37 ± 2.09 <sup>b</sup>	-
Senepol	403.42 ± 238.99 <sup>b</sup>	0.243 ± 0.031 <sup>cd</sup>	2.69 ± 1.59 <sup>bc</sup>	-
Angus	515.50 ± 336.00 <sup>b</sup>	0.268 ± 0.036 <sup>a</sup>	3.82 ± 2.14 <sup>c</sup>	42.88±1.50
Belmont Red	520.16 ± 782.45 <sup>b</sup>	0.219 ± 0.020 <sup>d</sup>	2.59 ± 3.89 <sup>bc</sup>	-
Romosinuano	535.83 ± 515.88 <sup>b</sup>	0.228 ± 0.020 <sup>cd</sup>	2.68 ± 2.58 <sup>bc</sup>	-

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

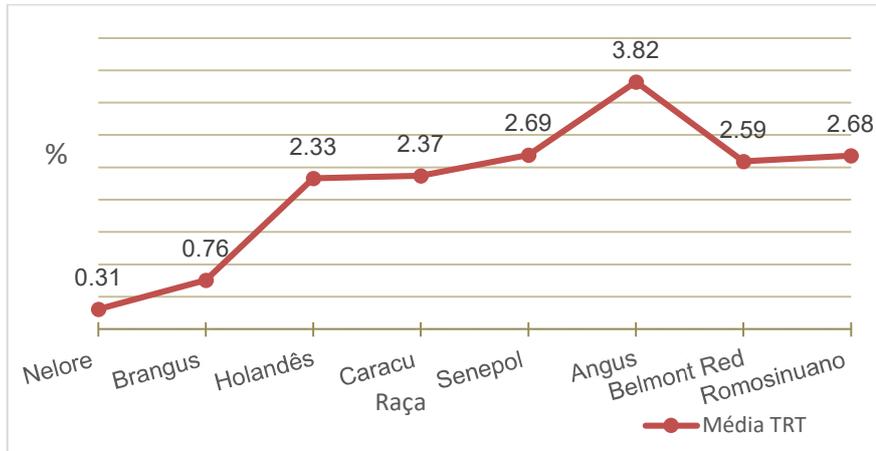
\*TRT, \*\*Porcentagem de peso da fêmea ingurgitada que foi convertida em ovos

Para as raças Caracu, Romosinuano e Belmont Red, os pesos das teleóginas não foram estatisticamente diferentes. Em relação à taxa de conversão em ovos foi observada uma variação entre 42,9% e 49,8%.

A taxa de recuperação de teleóginas (TRT), mostrada na Figura 2, indica a capacidade do animal de converter larvas infestadas artificialmente em teleóginas, onde o número de larvas utilizadas é conhecido, ou seja, a TRT reflete a porcentagem de sobrevivência bem-sucedida das larvas que se desenvolvem até o estágio adulto. A TRT é um indicador que auxilia na avaliação da sensibilidade da raça.

A dispersão da variabilidade genética dos indivíduos nas suas respectivas raças é mostrada na Tabela 3, nela observamos a distribuição dos indivíduos nas raças (%) conforme o número de carrapatos coletados.

**Figura 2** - Taxa de recuperação de teleóginas (TRT) de *Rhipicephalus microplus* por raça.

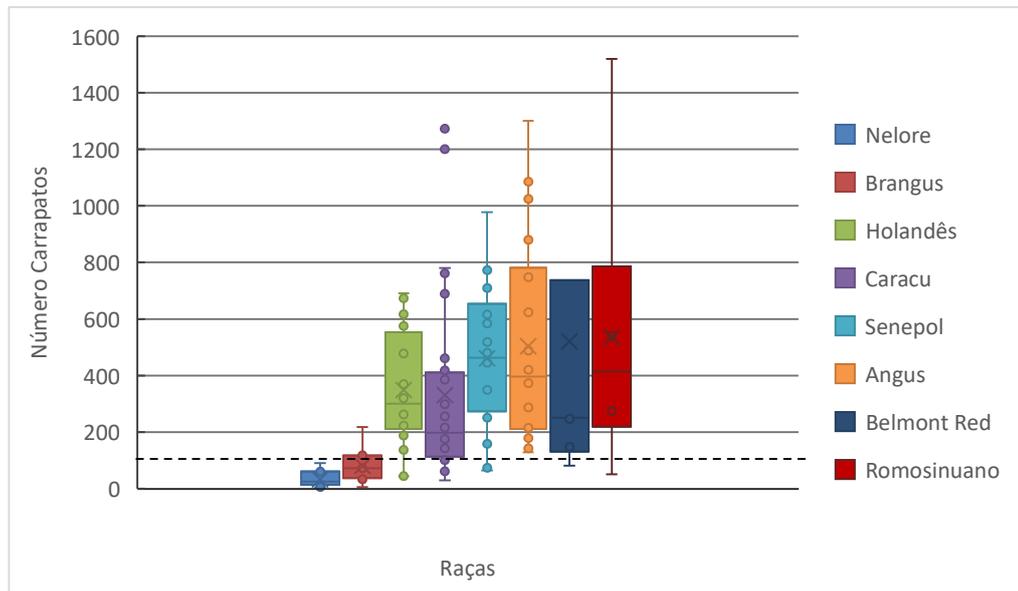


**Tabela 3** - Variabilidade genética de indivíduos dentro de uma raça (%) classificada de acordo com o número de carrapatos *Rhipicephalus microplus* coletados.

	Número de carrapatos		
	<40	40 - 100	>100
Nelore	70,5	29,5	0
Brangus	31.3	39,7	29
Holandês	0	12.4	87,6
Caracu	4	14.1	81,9
Senepol	0	10.7	89,3
Angus	0	0	100
Belmont Red	0	5.7	94,3
Romosinuano	0	4.4	95,6

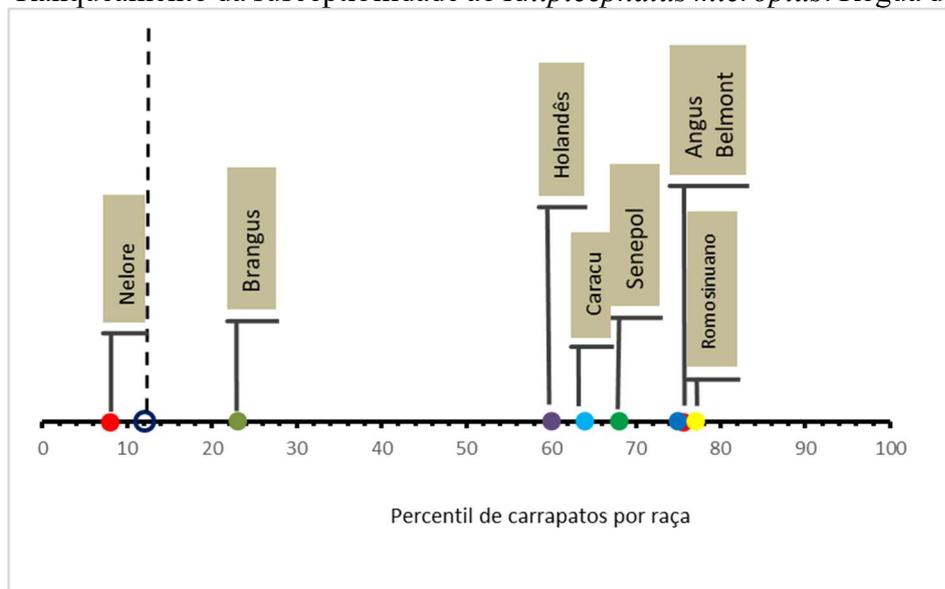
A Figura 3 compara as tendências de dispersão da variabilidade genética entre as raças e dá suporte à construção da Régua do Carrapato. O conhecimento do número médio de carrapatos por raça e a sua distribuição permite ranquear as raças por perfil de sensibilidade (Figura 4). A linha pontilhada marca o limiar econômico (P11).

**Figura 3** - Dispersão dos animais em relação à sensibilidade ao *R. microplus* dentro da mesma raça e entre raças.



Nota: A linha tracejada indica 100 carrapatos.

**Figura 4** - Ranqueamento da susceptibilidade ao *Rhipicephalus microplus*: Régua de Carrapato



Nota: O percentil por raça foi calculado com base no número de teleóginas recuperadas. A linha tracejada mostra o limite econômico relativo a 40 carrapatos.

#### 4. Discussão

As taxas de recuperação das larvas viáveis das fêmeas ingurgitadas nos experimentos variaram de 0,04% a 5% (Tabela 2-  $0,3 \pm 0,26$  e  $2,7 \pm 2,58$ ), indicando que houve uma grande

diferença no sucesso de parasitismo entre os animais dependendo da raça. As condições de infestação nas pastagens representam 95% da população de carrapatos (Pereira e Labruna, 2008), proporcionando a oportunidade de infestação diária. Dado que uma fêmea de carrapato põe aproximadamente 3.000 ovos (Pereira e Labruna, 2008), em situações não controladas, pode ocorrer uma grave crise dentro de um mês de exposição, ou seja, em um curto espaço de tempo, afetando negativamente a saúde dos animais.

Em comparação com as raças geneticamente mais suscetíveis, o número de carrapatos recuperados da raça Angus foi 1,3 vezes maior que o recuperado da raça Senepol, ou seja, o número de carrapatos recuperados da raça Angus foi 28% maior que o recuperado da raça Senepol e 6,4 vezes maior que o recuperado da raça Brangus.

Ao comparar as raças Brangus, Senepol e Angus em relação à raça Nelore, foram recuperados 2,5×, 12,6× e 16,1× mais carrapatos nessas raças respectivamente do que na raça Nelore.

Andreotti *et al.* (2018) compararam infestações de carrapatos em animais Nelore e Brangus criados juntos à campo e relataram que a raça Brangus foi mais suscetível, produziu 6,8× mais carrapatos do que a raça Nelore, sugerindo que a genética da raça interage com as condições ambientais no campo afetando a sensibilidade aos carrapatos.

Dessa forma, criar animais com diferentes sensibilidades acarreta maiores custos no controle do carrapato, tendo em vista que é importante controlar as larvas nas pastagens e que é necessário tratar todos os animais do piquete.

A infestação de carrapatos em animais Nelore produziu grande número de larvas e ninfas ingurgitadas, mas poucos indivíduos se desenvolveram até a idade adulta, demonstrando que esta raça, apesar de receber a mesma carga de infestação que as outras raças, tem maior capacidade de se proteger, sugerindo que seu sistema imunológico dificulta o desenvolvimento do carrapato até a idade adulta.

Essas observações foram consistentes com os resultados de estudos do transcriptoma da saliva do carrapato por Giachetto *et al.* (2020), que relataram uma rica variedade de substâncias bioativas que permitem a alimentação sanguínea em animais Angus sensíveis. Diferentes transcrições foram identificadas em carrapatos que tinham animais suscetíveis como hospedeiros e em animais resistentes, indicando que essas características são definidas nos genomas das raças.

Os pesos das teleóginas das raças Caracu, Romosinuano e Belmont Red não diferiram significativamente, mas estavam abaixo do peso médio relatado na literatura por Oliveira (1979). Isso sugere que, devido ao grande número de ninfas que se tornaram viáveis, a

competição intraespecífica pressionou o desenvolvimento das fêmeas ingurgitadas, resultando em menores pesos das teleóginas.

A porcentagem de peso das fêmeas ingurgitadas que foi convertida em ovos foi entre 42,9% e 49,8%. Oliveira (1979) relatou taxas de conversão entre 47,8% e 56,9%; entretanto, naquele estudo, a raça não foi mencionada, e a raça influencia o processo de oviposição.

Quanto maior a taxa de recuperação, menor o efeito da resposta imune do animal às infestações de carrapatos e, conseqüentemente, maior sua susceptibilidade ao *R. microplus*. Angus obteve o maior TRT (3,8%). Os animais no campo são submetidos à infestação diária de milhares de larvas, isso significa que, quanto maior o TRT, maior o risco dos bovinos de contrair TPB devido ao aumento da transmissão do agente.

Em contraste, para a raça mais resistente, o Nelore, o TRT foi de 0,3%. O Brangus, com um TRT de 0,8%, não foi estatisticamente diferente da raça Nelore; importante lembrar que o Brangus é atualmente uma das raças amplamente utilizadas para aumentar a produtividade nos sistemas de produção de gado de corte na região de cerrados no Brasil central.

Em geral, animais com sangue de *B. taurus* foram mais suscetíveis aos carrapatos, com valores de TRT significativamente diferentes em relação aos animais de sangue zebuino (Tabela 2). Molento *et al.* (2013) realizaram contagens de carrapatos para animais de diferentes raças e observaram que animais com maior proporção de sangue de *B. indicus* apresentaram contagens de carrapatos menores do que animais de raças europeias, achado que corrobora os resultados deste estudo.

Dentro de uma mesma raça, ocorreram animais com diferentes expressões de sensibilidades ao *R. microplus*, esse achado é corroborado pelos diferentes níveis de infestação observados em indivíduos do mesmo rebanho após cinco meses de contagem de carrapatos (Brasil, 2020).

Comparando a variabilidade genética dos indivíduos dentro de uma raça e a dispersão entre eles, na raça Nelore, 70,5% dos animais apresentaram menos de 40 carrapatos (Tabela 3), ou seja, abaixo do limiar econômico de perda (Gonzales, 2003) estimada em 8,8 kg/animal/ano, sem efeito mensurável no desempenho animal.

Entre os animais Nelore, 29,5% apresentaram até 91 carrapatos, ou seja, no limite extremo do quartil 4 (Figura 3). Honer e Gomes (1990) calcularam uma perda de peso por bovino de 0,22 kg/carrapato/ano; com base nessa estimativa, para animais que apresentam entre 41 e 80 carrapatos, há perdas diretas devido à infestação; para animais que apresentam entre 81 e 100 carrapatos, há impactos negativos no ganho de peso.

Para animais que apresentam alta sensibilidade, com mais de 100 carrapatos, o impacto no ganho de peso é maior, além de correm maior risco de TPB. Essas observações corroboram com achados de Jonsson (2006), que relatou que altos níveis de infestação por *R. microplus* promovem um efeito supressor na resposta imune e que essa supressão facilita a transmissão de doenças como babesiose e anaplasmose; além disso, para animais com mais de 100 carrapatos/dia, a aplicação de acaricida é rentável porque o custo da aplicação por cabeça compensa a perda de peso vivo por fêmea ingurgitada.

Entre os animais Brangus, 31,3% mostraram-se mais resistentes, gerando menos de 40 carrapatos, 39,7% desenvolveram até 100 teleóginas e 29% tinham mais de 100 carrapatos. Como a raça Brangus tem origem nas raças Angus e Nelore, a genética do Nelore fornece um nível maior de resistência.

Uma pequena parcela dos animais das raças Holandesa, Caracu, Senepol, Belmont Red e Romosinuano (12,4%, 14,1%, 10,7%, 5,7% e 4,4%, respectivamente), apresentou entre 41 e 100 teleóginas. Os indivíduos restantes foram mais sensíveis, e o risco de TPB se agrava conforme o número de carrapatos aumenta (Figura 3).

Todos os indivíduos Angus (100%) apresentaram mais de 100 carrapatos, chegando a um pico de 1.300, o que demonstra o grau de suscetibilidade desta raça ao *R. microplus*, exigindo maior atenção no controle dos carrapatos.

Na Régua do Carrapato, raças à esquerda têm em média menos de 40 carrapatos e podem ser classificadas como resistentes. Neste estudo, apenas os animais Nelore se encaixam nessa categoria. Em geral, as raças estudadas requerem controle de carrapatos para garantir seu potencial genético produtivo.

Quanto mais próximo de 100 for o número de carrapatos, mais suscetível será a raça e maiores serão os riscos de perdas econômicas resultantes da perda de peso, custos com acaricidas, tratamentos curativos e risco de morte devido à infecção por agentes TPB.

A análise de infestação de carrapatos realizada por Calvano *et al.* (2019) revelou perdas econômicas em raças Brangus e em outras raças avaliadas com base no desempenho animal (perda de peso), mostrando a importância do controle de carrapatos para mitigar esses efeitos. Além disso, à medida que a tecnologia avança, incluindo escolha de raças com genética mais produtiva e maior sensibilidade aos carrapatos, aumenta o impacto econômico na cadeia produtiva da pecuária (Calvano *et al.*, 2021).

O sistema de produção no campo pressiona os rebanhos através da produção massiva de larvas em pastagens ao longo de gerações, 95% dos carrapatos estão na forma larval nas pastagens. Essa alta infestação, além do perfil da raça e outras variáveis, como qualidade da

pastagem, estado nutricional, efeito do estresse no rebanho e época do ano, influenciam a condição geral dos animais e amplificam a sensibilidade aos carrapatos.

A Régua do Carrapato auxilia na identificação da extensão desse problema e no estabelecimento de métodos para prevenir infestações recorrentes quando a preocupação com controle do carrapato é inadequada. A Régua do Carrapato fornece um guia prático que demonstra os efeitos do nível de infestação de 30 carrapatos para 600 carrapatos para diferentes raças, por exemplo. Além disso, essa ferramenta demonstra o impacto da infestação nas condições econômicas do campo, corroborando os dados de Calvano *et al.* (2021), que demonstraram maior perda de investimento em tecnologia em situações em que os carrapatos não foram adequadamente controlados.

A avaliação das projeções de mercado revelou uma estimativa positiva para a cadeia produtiva da pecuária bovina, evidenciando a necessidade de investimento em genótipos mais produtivos, conforme relatado por Barros *et al.* (2024); no entanto, essa transformação dependerá do comprometimento com o controle do carrapato devido à sensibilidade das raças produtivas às infestações.

## 5. Conclusões

Em tempos de pecuária de precisão, quando os produtores tomam decisões com base em bancos de dados organizados e precisos, o conhecimento das particularidades das raças auxilia os pecuaristas a escolherem as linhagens bovinas mais produtivas e rentáveis para compor um rebanho.

Neste estudo, a composição do rebanho foi caracterizada quanto à resistência ou sensibilidade ao *R. microplus*, e foi comparada entre as raças usando a Régua do Carrapato, permitindo aos produtores analisarem melhor os potenciais danos econômicos devido aos carrapatos quando ele introduz uma raça mais produtiva.

Os resultados reforçam a necessidade dos pecuaristas conhecerem os riscos em adquirir animais mais produtivos, como Brangus, dos quais 29% apresentarão sensibilidade a carrapatos, o que levará a perdas econômicas, comparativamente, 100%, 81,9% e 89,3% dos bovinos Angus, Caracu e Senepol apresentarão sensibilidade aos carrapatos, o que levará a perdas econômicas e, portanto, exigirão maior manejo.

A Régua do Carrapato é uma ferramenta simples e de fácil entendimento. Ela pode ser usada por técnicos e produtores para avaliar a sensibilidade aos carrapatos de uma raça de interesse, e pode auxiliar os produtores na tomada de decisões para encontrar um equilíbrio

entre o aumento dos ganhos de produção e o risco de perdas econômicas dependendo da composição racial em um rebanho bovino. Além disso, no futuro, o desenvolvimento de um aplicativo Régua do Carrapato permitirá a incorporação contínua de informações de raça no sistema ao longo do tempo e garantirá sua disponibilidade aos produtores.

## 6. Referências

- ABCB Senepol (Associação Brasileira de Criadores de Bovinos Senepol), 2023. <https://senepol.org.br/historia-da-raca/> (accessed 17 February 2023).
- ABIEC (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne), 2023. Beef REPORT. O perfil da pecuária no Brasil. <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/> (accessed 9 February 2023).
- Andreotti, R., Barros, J.C., Garcia, M.V., Rodrigues, V.D.S., Higa, L.D.O.S., Duarte, P.O., Blecha, I.M.Z., Bonatte-Junior, P., 2018. Cattle tick infestation in Brangus cattle raised with Nellore in central Brazil. *Semina: Ciênc. Agrár.* 39, 1099. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p1099>.
- Andreotti, R., Garcia, M.V., Koller, W.W., 2019. Carrapatos na cadeia produtiva de bovinos. Controle Estratégico dos Carrapatos nos Bovinos. <https://cloud.cnpgc.embrapa.br/controle-do-carrapato-ms/files/2019/02/Controle-Carrapatos-2019-COMPLETO-EBOOK.pdf> (accessed 9 March 2023).
- Barros, J.C., Garcia, M.V., Calvano, M.P.C.A., Andreotti, R., 2024. Impacto econômico do carrapato-do-boi na pecuária em transformação no Brasil. *Revista Contemporânea* 4, 3266–3287. <https://doi.org/10.56083/rcv4n1-184>.
- Brasil, 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Avaliação Seletiva de Bovinos para o Controle do Carrapato *Rhipicephalus microplus*/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/arquivos-publicacoes-bem-estar-animal/CARRAPATO2.pdf>.
- Brasil, M.P., 1997. Regulamento técnico para licenciamento e/ou renovação de licença de produtos antiparasitários de uso veterinário. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/producao-veterinarios/legislacao-1/portaria/portaria-sda-mapa-no-48-de-12-05-1997.pdf/view> (accessed 16 June 2023).
- Calvano, M.P.C.A., Brumatti, R.C., Barros, J.C., Garcia, M.V., Martins, K.R., Andreotti, R., 2021. Bioeconomic simulation of *Rhipicephalus microplus* infestation in different beef cattle production systems in the Brazilian Cerrado. *Agric. Syst.* 194, 103247. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103247>.
- Calvano, M.P.C.A., Brumatti, R.C., Garcia, M.V., Barros, J.C., Andreotti, R., 2019. Economic efficiency of *Rhipicephalus microplus* control and effect on beef cattle

- performance in the Brazilian Cerrado. *Exp. Appl. Acarol.* 79, 459–471. <https://doi.org/10.1007/s10493-019-00446-5>.
- Garcia, M., Andreotti, R., Reis, F., Aguirre, A., Barros, J., Matias, J., Koller, W., 2014. Contributions of the hair sheep breed Santa Ines as a maintenance host for *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) in Brazil. *Parasites Vectors* 7, 515. <https://doi.org/10.1186/preaccept-1451455905133272>.
- Giachetto, P.F., Cunha, R.C., Nhani, A., Jr., Garcia, M.V., Ferro, J.A., Andreotti, R., 2020. Gene expression in the salivary gland of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* fed on tick-susceptible and tick-resistant hosts. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 9, 477. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2019.00477>.
- Gomes, A., Honer, M.R., Schenk, M.A.M., Curvo, J.B.E., 1989. Populations of the cattle tick (*Boophilus microplus*) on purebred Nellore, Ibage and Nellore × European crossbreds in the Brazilian savanna. *Trop. Anim. Health Prod.* 21, 20–24. <https://doi.org/10.1007/bf02297336>.
- Gonzales, J.C., 1975. O Controle do Carrapato dos Bovinos. Sulina, Porto Alegre, RS.
- Gonzales, J.C., 2003. O Controle do Carrapato do Boi, Terceira Edição. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
- Grisi, L., Leite, R.C., Martins, J.R.D.S., de Barros, A.T.M., Andreotti, R., Cançado, P.H.D., de León, A.A.P., Pereira, J.B., Villela, H.S., 2014. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 23, 150–156. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612014042>.
- Hansen, P.J., 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83, 349–360. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>.
- Higa, L.O.S., Garcia, M.V., Barros, J.C., Koller, W.W., Andreotti, R., 2015. Acaricide resistance status of the *Rhipicephalus microplus* in Brazil: a literature overview. *Med. Chem.* 5, 326–333. <https://doi.org/10.4172/2161-0444.1000281>.
- Honer, M., Gomes, A., 1990. O Manejo Integrado de Mosca dos Chifres, Berne e Carrapato em Gado de Corte. EMBRAPA-CNPGC, Campo Grande. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/318787>
- Jonsson, N.N., 2006. The productivity effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation on cattle, with particular reference to *Bos indicus* cattle and their crosses. *Vet. Parasitol.* 137, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.01.010>.
- Junior, P.B., Barros, J.C., Maciel, W.G., Garcia, M.V., de Oliveira Souza Higa, L., Andreotti, R., 2022. Control strategies for the tick *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1888) on cattle: economic evaluation and report of a multidrug-resistant strain. *Acta Parasitol.* 67, 1564–1572. <https://doi.org/10.1007/s11686-022-00611-8>.
- Labruna, M.B., Leite, R.C., de Oliveira, P.R., 1997. Study of the weight of eggs from six ixodid species from Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 92, 205–207. <https://doi.org/10.1590/s0074-02761997000200012>.

- Levin, K.A., 2006. Study design III: cross-sectional studies. *Evid.-Based Dent.* 7, 24–25. <https://doi.org/10.1038/sj.ebd.6400375>.
- Martins, K.R., Garcia, M.V., Bonatte-Junior, P., Duarte, P.O., Csordas, B.G., Higa, L.d.O.S., Zimmermann, N.P., Barros, J.C., Andreotti, R., 2022. Seasonal fluctuations of *Babesia bigemina* and *Rhipicephalus microplus* in Brangus and Nellore cattle reared in the Cerrado biome, Brazil. *Parasites Vectors* 15, 395. <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05513-2>.
- Martins, K.R., Garcia, M.V., Bonatte-Junior, P., Duarte, P.O., de Higa, L.O.S., Csordas, B.G., Barros, J.C., Andreotti, R., 2020. Correlation between *Rhipicephalus microplus* ticks and *Anaplasma marginale* infection in various cattle breeds in Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 81, 585–598. <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00514-1>.
- McManus, C., Teixeira, R.d.A., Dias, L.T., Louvandini, H., Oliveira, E.M.B., 2008. Características produtivas e reprodutivas de vacas Holandesas e mestiças Holandês × Gir no Planalto Central. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37, 819–823. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982008000500006>.
- Molento, M.B., Fortes, F.S., Buzatti, A., Kloster, F.S., Sprenger, L.K., Coimbra, E., Soares, L.D., 2013. Partial selective treatment of *Rhipicephalus microplus* and breed resistance variation in beef cows in Rio Grande do Sul, Brazil. *Vet. Parasitol.* 192, 234–239. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.10.021>.
- Nuñez, J.L., Cobenas, M.E.M., Moltedo, H.L., 1982. *Boophilus microplus*, la Garrapata Comum del Ganado Vacuno. *Hemisfério Sur*, Buenos Aires, Argentina.
- Oliveira, G.P., 1979. Relação entre o peso da postura e o peso da fêmea ingurgitada de *Boophilus microplus* (Can.) (Acarina: Ixodidae). *Científica* 7, 273–276.
- Oshiro, L.M., da Silva Rodrigues, V., Garcia, M.V., Higa, L.D.O.S., Suzin, A., Barros, J.C., Andreotti, R., 2021. Effect of low temperature and relative humidity on reproduction and survival of the tick *Rhipicephalus microplus*. *Exp. Appl. Acarol.* 83, 95–106. <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00576-1>.
- Peel, M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 11, p. 1633-1644, 2007.
- Pereira, M.C., Labruna, M.B., 2008. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, in: Pereira, M.C., Labruna, M.B., Szabó, M.P.J., Klafke, G.M. (Eds.), *Rhipicephalus (Boophilus) microplus: Biologia, Controle e Resistência*. *Medicina Veterinária*, São Paulo, MedVet, p. 169.
- Piña, F.T.B., Zimmermann, N.P., Garcia, M.V., Higa, L.D.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, 954–961. <https://doi.org/10.11158/saa.26.5.10>.

- Primo, A.T. 2000. The discovery of Brazil and the introduction of domestic animals. In: V Global Conference on Conservation of Domestic Animal Genetic Resource, 2000, Brasília. Proceedings... Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. CD-ROM. CD59.
- Ribeiro, A.R.B., Alencar, M.M., Freitas, A.R., Regitano, L.C.A., Oliveira, M.C.S., Ibelli, A.M.G., 2009. Heat tolerance of Nelore, Senepol x Nelore and Angus x Nelore heifers in the southeast region of Brazil. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 39, 263–265. <https://doi.org/10.4314/sajas.v39i1.61261>.
- Salomoni, E., Del Duca, L.O.A., 2009. Ontem Ibagé hoje Brangus: a história de uma raça. Embrapa Pecuária Sul. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79051/1/IBage-Brangus.pdf>. (accessed 4 July 2023).
- Wagland, B.M., 1978. Host resistance to cattle tick (*Boophilus microplus*) in Brahman (*Bos indicus*) cattle. III. Growth on previously unexposed animals. *Aust. J. Agric. Res.* 29, 401–409. <https://doi.org/10.1071/ar9780401>.
- Wedekin, I., 2017. Economia da Pecuária de Corte: Fundamentos e Ciclos de Preços. Wedekin Consultores, São Paulo, Brazil.
- West, J.W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86, 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(03\)73803-x](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(03)73803-x).

### ARTIGO 3

Publicado: Revista Contemporânea  
DOI: 10.56083/RCV4N1-184

#### **Impacto econômico do carrapato-do-boi na pecuária em transformação no Brasil**

Jacqueline Cavalcante Barros<sup>a</sup>, Marcos Valério Garcia<sup>b</sup>, Maria Paula Cavuto Abrão Calvano<sup>c</sup>,  
Renato Andreotti<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Campo Grande, MS, Brasil

<sup>b</sup>Bolsista DCR/ Fundapam / Embrapa Gado de Corte

<sup>c</sup>Bolsista Embrapa Gado de Corte

<sup>d</sup>Embrapa Gado de Corte, Saúde Animal, Avenida Rádio Maia, 830, Campo Grande, MS

#### **Resumo**

Estima-se em 3,2 bilhões de dólares/ano os prejuízos provocados pelos carrapatos à economia do país. Esse quadro se agrava com a introdução de raças taurinas e seus cruzamentos na composição racial de bovinos no país pela procura de raças mais produtivas para atender às demandas do mercado internacional na próxima década, gerando rebanhos mais sensíveis aos carrapatos. Este artigo discute o impacto econômico da infestação pelo carrapato-do-boi, ancorando-se em dados da literatura e nos resultados de pesquisa deste Grupo. O carrapato-do-boi, ectoparasito que tem o bovino como principal hospedeiro, alimenta-se do sangue do animal, na fase parasitária, momento das maiores perdas econômicas. A infestação em raças taurinas mais produtivas causa impacto na produtividade do rebanho gerando a necessidade de um controle estratégico associado a políticas públicas para gerenciar esse gargalo. Para comparar as raças, foi elaborada uma “régua do carrapato” mostrando que, na raça Nelore (zebuína), os prejuízos ficam abaixo e, na raça Brangus (taurina), ficam acima do limiar econômico. As análises realizadas levaram à conclusão de que: o investimento em genética mais produtiva deve levar em conta que o controle estratégico beneficia o desempenho produtivo e econômico das propriedades; a resistência dos carrapatos aos acaricidas merece um monitoramento adequado; há demandas por práticas e formas de controle mais sustentáveis, sem produtos químicos, como o controle por meio do Sistema Lone Tick para garantir a sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Bovinos, Controle do Carrapato, Sustentabilidade, Economia.

## Abstract

The damage caused by ticks to the country's economy is estimated at 3.2 billion dollars/year. This situation worsens with the introduction of taurine breeds and their crosses into the racial composition of cattle in the country due to the demand for more productive breeds to meet the demands of the international market in the next decade, generating herds that are more sensitive to ticks. This manuscript discusses the economic impact of cattle tick infestation, based on data from the literature and research results from this Group. The cattle tick, an ectoparasite that has cattle as its main host, feeds on the animal's blood, in the parasitic phase, the time of greatest economic losses. Infestation in more productive taurine breeds impacts the herd's productivity, generating the need for strategic control associated with public policies to manage this bottleneck. To compare the breeds, a “tick rule” was created, showing that, in the Nelore (zebu) breed, the economic losses are below and in the Brangus (taurine) breed, are above. The analyzes carried out led to the conclusion that: investment in more productive genetics must consider that strategic control benefits the productive and economic performance of properties; tick resistance to acaricides deserves adequate monitoring; There are demands for more sustainable practices and forms of control, without chemicals, such as control through the Lone Tick System to ensure sustainability.

**Keywords:** Bovine, Tick Control, Sustainability, Economy.

## 1. Introdução

O Brasil lidera o mercado mundial de exportação de carne bovina: é o segundo em produção de carne contando com um rebanho de 172 milhões de cabeças (IBGE, 2017) distribuídas em mais de 2,5 milhões de estabelecimentos rurais (Barretto *et al.*, 2023); em 2022 o agronegócio da pecuária de corte somou cerca de R\$ 1,02 trilhão de reais e representou 10% do PIB brasileiro, (Abiec<sup>a</sup>, 2023); além disso é o quarto produtor mundial de leite. Esses dados confirmam a importância do setor para a economia brasileira.

Estudos tem demonstrado a tendência de crescimento do consumo no mercado nacional e do aumento da demanda global por proteína animal. Essa realidade sinaliza a necessidade de transformações na cadeia produtiva pela substituição de áreas ou estabelecimentos menos produtivos.

O mercado organizado da carne representa 63% da oferta e segue normas de *compliance*, pois parte da carne bovina se destina à exportação por grandes frigoríficos para atender ao

mercado externo e às exigências do grande varejo do mercado interno (Barretto *et al.*, 2023), apesar dos diferentes níveis tecnológicos dentro da cadeia produtiva.

A pecuária bovina se constitui como a atividade rural que mais ocupa espaço no território nacional, sendo a principal atividade de metade dos estabelecimentos rurais do país de forma segmentada no seu perfil econômico e nas suas relações sociais e ambientais (IBGE, 2017; Abiec<sup>b</sup>, 2023)

Em 2017, 56% do rebanho bovino efetivo pertenciam às pequenas e médias propriedades, o que coloca a pecuária como atividade de forte impacto social, pois, ao agregar mais tecnologia nessas propriedades, capacita o produtor a se especializar na fase de cria, ou no ciclo completo para um nicho de mercado ou na pecuária leiteira e, desta forma, o mantém na cadeia produtiva (Barretto *et al.*, 2023).

Em relação às questões ambientais, a pecuária tem papel importante na garantia da sustentabilidade através da redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), bem como pela recuperação de pastagens degradadas e fomento aos sistemas de integração com uso de tecnologias para aumentar a produtividade das pastagens (Bungenstab *et al.*, 2019).

Projeções de aumento das exportações na próxima década apontam um crescimento potencial em torno de 30%, tendo em vista o aumento da demanda mundial por carne bovina e a estagnação de outros países na exportação do produto (MAPA, 2021).

Para enfrentar essa demanda, o Brasil necessita de um aumento de produtividade bovina e isso gera a necessidade de investimento em genética pois a composição racial de bovinos no país apresenta apenas 15% de taurinos e seus cruzamentos (USDA, 2021), raças mais produtivas, mas sensíveis ao carrapato.

Com essa composição racial o preço pago pelo mercado em US\$/Ton é 20 a 30% menor para o produto brasileiro em comparação ao de outros países, por exemplo EUA e Austrália. Esse impacto também se reflete na produção de leite onde a produtividade é pelo menos 3 vezes menor na mesma comparação (Olivier, 2021).

Há, portanto, um grande espaço de mercado futuro para o produto nacional e um potencial de crescimento na produtividade por meio do investimento em genética fazendo com que o produtor possa migrar nessa direção.

Nesse cenário, os carrapatos tornam-se uma preocupação econômica e este artigo se propõe a discutir o impacto biológico da infestação do carrapato-do-boi (*Rhipicephalus microplus*) nos bovinos dentro da cadeia produtiva, e seu reflexo no desempenho econômico com sustentabilidade.

## 2. Metodologia

Esta discussão está ancorada na análise de informações científicas sobre o carrapato e seu impacto na saúde animal e na produtividade da pecuária.

Constituem bases para essa análise dados atualizados da literatura pertinente e, principalmente, resultados publicados de pesquisas realizadas pelo Grupo de Pesquisa do CNPq “Eco-epidemiologia de vetores de importância sanitária e seus agentes”, a saber: 111 Artigos em periódicos, 6 Livros, 10 Dissertações de Mestrado e 13 Teses de Doutorado. (Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/3621407609889650>).

Constituíram focos dessa análise:

- A biologia e a ecologia do carrapato;
- A análise da genética dos bovinos na produção animal e na sensibilidade ao carrapato dentro do perfil do sistema de produção e suas perdas no cenário atual;
- A análise econômica dos prejuízos causados a partir do impacto do carrapato na saúde animal, e os fatores genéticos dos bovinos relacionados com a sensibilidade ao carrapato;
- O controle do carrapato com o viés de sustentabilidade face às demandas do *compliance* exigidas pelo mercado internacional.

## 3. Resultados e Discussão

O ciclo de vida do *R. microplus* é dividido em duas fases: a fase parasitária consiste na fixação da larva até o desprendimento da teleógina, durando aproximadamente 21 dias, já, na fase de vida livre, as larvas (Figura 1) podem permanecer ativas nas pastagens de 84 a 100 dias. Vale lembrar que a longevidade das larvas na pastagem depende efetivamente das condições climáticas/ambientais, e pode variar entre regiões, por isso, é importante o conhecimento da biologia e da ecologia do carrapato (Garcia *et al.*, 2019; Cruz *et al.*, 2020; Andreotti *et al.*, 2024).

Na fase parasitária, além da ingestão de sangue, aparecem lesões da pele, irritabilidade, miíases e inapetência que prejudicam o desenvolvimento e a produção animal. Nesse momento pode ocorrer a transmissão dos agentes da Tristeza Parasitária Bovina (TPB) gerando a mortalidade de animais (Figura 2) (Andreotti *et al.*, 2019).

**Figura 1** - Infestação de larvas de carrapato no pasto



Fonte: Arquivo pessoal

**Figura 2** - Bovinos infestados com carrapatos.



Nota: A - Alta infestação de carrapatos. B - Bezerro com TPB. C - Míases. D- Morte por infestação e TPB.  
Fonte: Arquivo pessoal

O processo de infestação e reinfestação é muito rápido, assim, quando a visualização mostra um alto nível da infestação, deve-se considerar que esse animal está com apenas 5% dos carrapatos, pois 95% majoritariamente de larvas permanecem na pastagem (Campos Pereira *et al.*, 2010).

Vale lembrar que, na fase de vida livre, a teleógina realiza a postura de 3.000 ovos, que darão origem às larvas, e conseqüentemente o risco de uma reinfestação intensa a cada geração do carrapato (Furlong, 2003).

Existe uma estimativa econômica no país de que o carrapato gera uma perda anual de 3,2 bilhões de dólares ao ano no país (Grisi *et al.*, 2014) mesmo com o atual perfil genético do rebanho nacional.

Atualmente, o controle do carrapato em bovinos é realizado de várias formas, a forma mais recomendada no Brasil é o uso do controle estratégico, que tem por objetivo reduzir a densidade populacional dos carrapatos, por meio do uso de acaricidas de forma a otimizar o seu

uso e reduzir as populações dentro de um impacto favorável na relação custo/benefício (Bonatte-Jr *et al.*, 2019).

Para isso propõe-se aplicação de acaricidas em menor número de vezes considerando o ciclo de vida do carrapato e suas relações com variações ambientais, dinâmica populacional, principalmente sazonalidade, para identificar quando a população de carrapatos se encontra mais vulnerável ao controle (Andreotti *et al.*, 2019).

O uso de acaricida deve ser empregado com orientação técnica para evitar a contaminação dos animais, dos trabalhadores e reduzir a contaminação dos produtos e do ambiente.

O controle por meio de acaricidas é viável economicamente para animais de recria da raça Brangus, contribuindo para que essa categoria consiga desenvolver o seu potencial genético e tornar o sistema de produção mais eficiente (Calvano *et al.*, 2019).

Outros aspectos de manejo em função da categoria animal e fatores ambientais se destacam: altas infestações de carrapatos no período de pós desmame, demasiado estresse, período seco e queda na resistência imunológica, favorecem o parasitismo e, sem tratamento, mostram maior infestação de carrapatos e menor ganho de peso (Bonatte Jr *et al.*, 2019).

Já para animais zebuínos como a raça Nelore, o controle estratégico deixa de ser eficiente economicamente por estar abaixo do limiar econômico, sendo necessário o acompanhamento para tratamento tático com base em observações (Andreotti *et al.*, 2018)

A resistência do carrapato aos diferentes produtos é uma realidade entre todas as populações desse ectoparasita, inclusive com cepas multirresistentes em todo país, gerando a necessidade de monitoramento por meio de políticas públicas (Higa *et al.*, 2015, 2016).

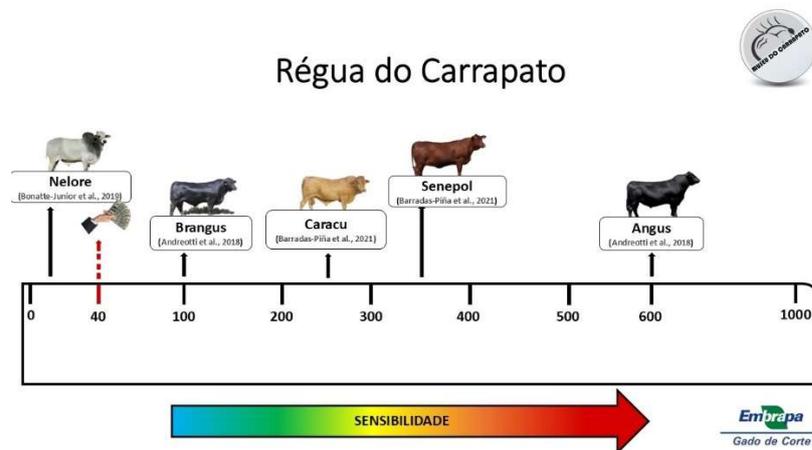
Portanto, é preciso estar atento a esses aspectos ao selecionar os acaricidas que devem ser utilizados, pois a escolha do produto e a forma de aplicação estão relacionadas às decisões que são tomadas dentro da propriedade. Para tomar essa decisão é importante demonstrar o impacto econômico quando a infestação não é controlada. Estar ciente dos custos relacionados às questões sanitárias dos animais é uma das chaves para o sucesso (Wolf, 2005).

O nível de infestação de carrapatos nos rebanhos varia de acordo com a presença e grau de raças susceptíveis. Bovinos zebu (*Bos indicus*) são mais resistentes, sendo animais rústicos e adaptados ao clima do Brasil central (Hansen, 2004; Ribeiro *et al.*, 2009), enquanto as raças taurinas (*Bos taurus*) são mais sensíveis ao parasitismo principalmente em regiões de clima quente (West, 2003).

Baseada nos resultados das pesquisas do Grupo sobre a sensibilidade das raças ao carrapato, foi elaborada uma “Régua do Carrapato” (Figura 3), ferramenta que permite a

visualização do impacto da sensibilidade da composição das raças dos bovinos aos carrapatos. Considerando que o limiar econômico da infestação está em torno de 40 carrapatos (Gonzales, 2003), pode-se entender melhor a importância do aumento da sensibilidade do rebanho, em uma determinada composição genética, e o seu risco para infestação do carrapato em relação a escolha da raça no sistema de produção.

**Figura 3** - Perfil da sensibilidade ao carrapato: Régua do carrapato disponível no Museu do carrapato mostrando os diferentes níveis de sensibilidade dos bovinos com relação as raças.



Fonte: arquivo pessoal

Como exemplo, essa “régua” mostra que, na raça Nelore (zebuína), os prejuízos ficam abaixo do limiar econômico, na raça Brangus (taurina), esses prejuízos estão acima.

Assim, o manejo de um rebanho com raças de sensibilidades diferentes no mesmo pasto mantém o perfil de infestação relacionado com a característica de cada raça acarretando um custo maior ao produtor (Andreotti *et al.*, 2018).

Para gerar uma estimativa de prejuízo em função do nível de infestação por raça de bovinos é necessário quantificar a perda de peso por carrapato na infestação para gado de corte.

Estudos no país mostraram que a quantificação em função da perda de peso por carrapato é de 0,22 kg/carrapato/ano (Honer e Gomes, 1990), mostrando que o fator genético é fundamental para o impacto sanitário e econômico.

O número médio de carrapatos por animal foi baseado nos dados que avaliaram o comportamento da infestação de carrapatos em bovinos da raça Brangus associada ao Nelore no Brasil Central, em rebanho infestado naturalmente, com valores de referência de 102 carrapatos/animal/ano para Brangus, e 15 carrapatos/animal/ano Nelore (Andreotti *et al.*, 2018).

Um modelo de simulação permite avaliar a integração de cenários, fornecer avaliação econômica do sistema de produção da bovinocultura de corte em fazendas por longos períodos, e chegar a uma projeção futura (Pang *et al.*, 1999; Schwartz, 2000; Brumatti *et al.*, 2011, Lopes *et al.*, 2019).

Para uma simulação bioeconômica da infestação por carrapatos em diferentes sistemas de produção de bovinos de corte no Cerrado Brasileiro, com objetivo de estimar e comparar a perda econômica relacionada às infestações do carrapato em sistemas de produção de bovinos sob pastejo e diferentes padrões tecnológicos, um estudo adotou os níveis de taxa anual de renovação e manutenção das pastagens (Calvano *et al.*, 2019).

A análise mostrou que o carrapato afeta diretamente o sistema econômico e produtivo dos diferentes sistemas de produção de bovinos de corte, independentemente do nível tecnológico. Sendo que as perdas da eficiência produtiva com a presença do parasita são maiores quanto maior o uso da tecnologia na cadeia produtiva.

Na pecuária de corte, animais cruzados (*B. taurus* e *B. indicus*) tiveram uma perda de peso economicamente significativa de 6,8% do seu peso vivo (PV) reduzido na fase de recria, equivalendo a uma perda econômica de US\$ 34,61/animal/ano (Calvano *et al.*, 2019).

A pecuária é uma das *commodities* mais importantes do Brasil (De Carvalho e De Zen 2017) e, com o seu avanço nacional e a necessidade de aumento da produtividade bovina em uma mesma área de produção, surgiu a necessidade de tecnificação dos sistemas produtivos (Bonatte Jr *et al.*, 2019).

À medida que o nível tecnológico dos sistemas aumenta, há um aumento no peso médio dos animais nas diferentes categorias. Ao analisar os custos de produção, especificamente os custos sanitários, os valores são maiores para os sistemas que adotaram o controle estratégico do carrapato, mas a diferença é pequena, tendo uma variação nos valores de 2,4% a 4,1% entre sistemas sem e com controle de carrapato (Calvano *et al.*, 2020).

Calvano *et al.* (2020), ao analisarem as categorias destinadas ao abate, mostraram que houve um incremento médio de 10,1% da média de Peso Médio (Kg); para novilhas o incremento foi de 5,2%; e, para a categoria de machos com 24 meses foi de 0,8%. Já o ganho geral foi de 6,51 Kg/há que representa um incremento de 10,9%.

Resultados dos indicadores produtivos com relação aos econômicos na simulação de Calvano *et al.* (2020), evidenciaram que o lucro e a receita dos sistemas melhorados crescem de acordo com o grau de intensificação desses sistemas, corroborando com outros autores (Corrêa *et al.*, 2006; Barros *et al.*, 2011; Gaspar *et al.*, 2018).

Os dados demonstraram que os bovinos com alta infestação de carrapato independente do sistema de produção, deixaram de produzir animais mais pesados do que os sistemas que adotaram o controle estratégico.

Nos estudos de Calvano *et al.* (2019), ao quantificar essa perda em Kg/ano, verificou-se que animais cruzados na fase de recria, perderam 22,44Kg PV. Para as categorias destinadas ao abate, nos sistemas com infestação, os animais tiveram uma diferença de peso entre novilhas de 19 Kg PV, para machos de 24, 36 e >36 meses tiveram uma diferença de 39, 68 e 92 Kg/PV, respectivamente, em relação aos sistemas denominados com controle.

É importante ressaltar que o estado sanitário do animal aliado com a genética e uma boa alimentação contribuem para melhorar a eficiência produtiva na produção de carne bovina. Segundo Wedekin *et al.* (2017) isso é denominado como o tripé do desenvolvimento tecnológico das atividades cria, recria e engorda, e sempre estiveram ligadas às atividades de pesquisa e desenvolvimento na produção de bovinos de corte.

Mesmo com a posição favorável da cadeia produtiva de bovinos brasileira no mercado internacional, um dos gargalos que precisam ser melhor discutidos se relaciona com a necessidade de aumentar a composição genética dos taurinos no rebanho, que hoje está em torno de 15% (USDA, 2021), o que causa um impacto negativo em torno de 25 a 30% no valor do produto brasileiro no mercado internacional (Olivier, 2021).

Numa avaliação de estimativa de perda total (Kg) de peso por meio de infestação foi demonstrado que animais da raça Brangus tiveram a maior perda de peso, independente da categoria, onde a engorda teve uma perda de 1,16% do seu PV, e recria, uma perda de 6,79%. Com relação ao Nelore ocorreu uma perda de 0,18% e 0,95%, para engorda e recria, respectivamente (Calvano *et al.*, 2019).

Fica claro que é necessário observar o uso da genética com uma visão na sensibilidade do carrapato observando que a raça Nelore está abaixo do limiar econômico sofrendo pouco efeito da espoliação do carrapato no seu desenvolvimento, já a raça Brangus possui uma média de carrapatos acima do limiar econômico preconizado mostrando uma perda significativa (Bonatte Jr *et al.*, 2019).

O sistema de produção da pecuária de corte é caracterizado em geral pelas fases de cria, recria e engorda, em que o estoque de bovinos compõe parte do ativo circulante da propriedade rural (Wedekin *et al.*, 2017), mas se apresenta de forma heterogênea em relação à quantidade e à qualidade das tecnologias que são empregadas dentro das propriedades rurais (Euclides-Filho, 2008) em função da diversidade dos sistemas de produção, imposta por fatores ambientais, sociais e econômicos.

A introdução de animais cruzados na produção de gado de corte obteve um aumento de 28,3% (Flake, 2021) em 2021, aproximando-se da marca de 20 milhões de unidades de sêmen comercializados no Brasil. Uma importante conquista, mas também uma grande preocupação, pois estes animais são mais sensíveis ao carrapato bovino (Andreotti *et al.*, 2018).

A perda de peso ocorre em animais da raça Nelore e Brangus quando infestados com o carrapato, mas as maiores perdas concentram-se em animais da raça Brangus, principalmente na fase de recria onde essa perda pode chegar a 6,89% do seu PV (Calvano *et al.*, 2019). Além disso podem ocorrer surtos de mortalidade por TPB não sendo uma situação de fácil estimativa por sua pouca previsibilidade.

Ao se projetar os dados de animais Brangus para uma quantidade maior de animais no rebanho, essas perdas ficam mais evidentes. Por exemplo, para 1.000 animais na fase de recria a perda totalizaria 22.440 kg/ano, e a mesma quantidade para animais de engorda, a perda totalizaria 5.610 Kg no período de três meses (Calvano *et al.*, 2019).

Essas perdas demonstram um efeito negativo no desempenho dos animais para a produção de carne, tendo em vista que a combinação de raças taurinas, com raças zebuínas resulta geralmente, em animais com boa capacidade produtiva em ambientes tropicais, mas com uma dependência maior do fator controle do carrapato.

Para as categorias destinadas ao abate nos sistemas com infestação, os animais apresentaram diferença de peso nas novilhas de 19 kg PV, enquanto nos machos com 24, 36 e > 36 meses a diferença foi de 39, 68, e 92 kg / PV, respectivamente, em comparação com os sistemas com controle de carrapato (Calvano *et al.*, 2021).

A modernização da pecuária envolve, também, a criação de indicadores econômicos, financeiros e zootécnicos e o aumento do nível tecnológico dos sistemas de produção (Wedekin *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2018). Tais indicadores podem ajudar a minimizar as grandes incertezas nos resultados produtivos e econômicos dentro de um sistema de produção configurado para atender a objetivos específicos e diversificados (Costa *et al.*, 2018).

Os custos sanitários apresentam um valor inferior em relação aos demais custos de produção, independente se os sistemas possuem ou não um nível de tecnificação mais avançados. Alguns autores ao estudarem diferentes níveis tecnológicos atestam que à medida que se aumenta a tecnificação dos sistemas, há também um aumento nos indicadores produtivos dos mesmos (Corrêa *et al.*, 2006; Cardoso *et al.*, 2016; Gaspar *et al.*, 2018).

Calvano *et al.* (2021) demonstraram uma diminuição nesses indicadores dentro do sistema de produção com infestação de carrapato. Os danos causados pelo carrapato no desempenho produtivo dos sistemas refletem diretamente no desempenho econômico. Ao se

fazer uma análise do balanço econômico, os valores da receita bruta total são menores nos sistemas com infestação de carrapatos, pois esses sistemas apresentaram a menor produção de PV por animal, afetando assim, no resultado da produção (@/animal), levando a uma redução na receita, podendo chegar a uma diferença de 10,3% em sistemas extensivos.

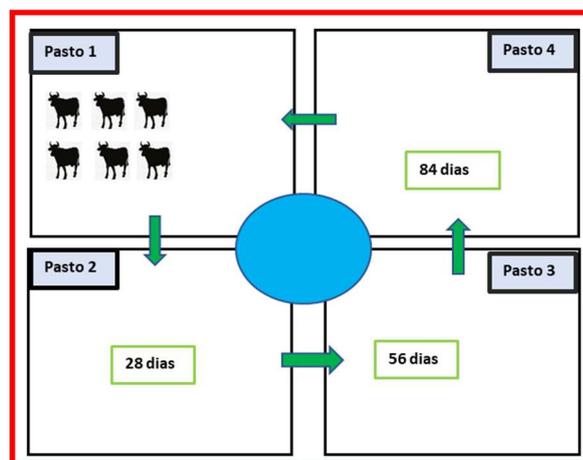
Bonatte-Jr *et al.* (2019) relataram que animais Brangus sem tratamento para carrapatos apresentaram menor ganho de peso a campo, maior contagem de carrapatos e custos mais elevados em comparação com animais que receberam tratamento profilático contra a TPB e tratamento curativo contra miíases.

Quando o custo do controle é comparado com as perdas econômicas (relação custo/perda), causadas pela perda de peso dos animais através da infestação, conclui-se que o controle pode ser um procedimento eficiente e economicamente viável para a diminuição da infestação do carrapato.

Calvano *et al.* (2019), ao analisar a relação do custo do tratamento com pulverização e as perdas econômicas por infestação, encontraram um valor de 6,4% e 5,64% para as categorias de recria e engorda, respectivamente, nas raças cruzadas, e ressalta que é importante ter a relação custo do tratamento e perda da produtividade, para demonstrar que o controle pode ser um procedimento economicamente eficiente.

Uma alternativa de controle de carrapatos oferecida, é o eficiente Sistema *Lone Tick* (Figura 4), controle sem o uso de acaricidas desenvolvido pela Embrapa Gado de Corte (Andreotti *et al.*, 2024).

**Figura 4** - Sistema Lone Tick. Ciclo de pastejo com 112 dias e 84 dias livres de carrapatos.



Fonte: Andreotti *et al.*, 2024.

No Sistema Lone Tick, animais de recria da raça Senepol avaliados por um período de um ano, com peso médio inicial de 190,8 kg e peso médio final de 330 kg, obtiveram ganho de peso médio diário de 0,425 Kg durante o período experimental. Foi observada uma média de 6,3 carrapatos por animal, com intervalo de confiança (IC) de 95%, e não foram observados sinais clínicos de TPB e miíases (Andreotti et al., 2024). A raça Senepol expressa uma sensibilidade que produz em média 276 carrapatos (Piña *et al.*, 2021).

#### 4. Conclusões

Baseado nas análises da produção do grupo de pesquisa e da literatura atualizada chegou-se às seguintes conclusões.

O mercado sinaliza, para a próxima década, um grande potencial de aumento na demanda da produção da cadeia produtiva de bovinos gerando a necessidade de maior produtividade e sustentabilidade, o que coloca o investimento em genética como ponto estratégico nesse processo.

O investimento na genética bovina, para aumentar a produtividade, faz o produtor investir na migração para raças taurinas e seus cruzamentos promovendo um aumento da sensibilidade do rebanho bovino aos carrapatos.

Esse aumento da sensibilidade ao carrapato, nesta migração, é uma realidade que precisa ser equacionada do ponto de vista tecnológico, de políticas públicas e formação de pessoal, gerando segurança para a sanidade do rebanho e no investimento na produção.

O carrapato afeta diretamente o desempenho econômico e produtivo dos diferentes sistemas de produção da pecuária no Brasil, independentemente do nível tecnológico, mas os prejuízos serão maiores quanto maior for o investimento.

A adoção do controle estratégico beneficia diretamente o desempenho produtivo e econômico das propriedades em todos os sistemas, mas é importante ressaltar a necessidade de políticas públicas adequadas para que o uso desta tecnologia se torne mais efetiva no país e, além disso, a resistência dos carrapatos aos acaricidas merece um monitoramento adequado por meio de um programa de pesquisa nacional.

As demandas por sustentabilidade no mercado internacional pressionam por práticas de controle mais sustentáveis por meio de *compliance* e outras formas de controle, como o Sistema Lone Tick, para mitigar o uso de produtos químicos, permitindo ao produtor oferecer produtos seguros para o mercado, livre de contaminantes e sem contaminação ambiental.

## 5. Referências

- ABIEC<sup>a</sup> - Associação Brasileira Das Indústrias Exportadoras De Carnes. Beef Report 2023: O Perfil da Pecuária no Brasil. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/wp-content/uploads/Final-Beef-Report-2023-Cap03-FINAL.pdf>. Acesso em: 08/01/2024.
- <sup>b</sup>. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/wp-content/uploads/Final-Beef-Report-2023-Cap04-FINAL.pdf>. Acesso em: : 08/01/2024.
- Andreotti, R., Barros, J.C., Garcia, M.V., Rodrigues, V.S., Higa, L.O., Duarte, P.O., Blecha, I.M.Z., Bonatte-Júnior, P., 2018. Cattle tick infestation in Brangus cattle raised with Nellore in central Brazil Semina. Ciências Agrárias 9, 125. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p1099>.
- Andreotti, R., Garcia, M.V., Koller, W.W., 2019. Carrapatos na cadeia produtiva de bovinos. In: Controle Estratégico Dos Carrapatos nos Bovinos, p. 125. Available in. <https://cloud.cnpqc.embrapa.br/controle-do-carrapato-ms/files/2019/02/Controle-Carrapatos-2019-COMPLETO-EBOOK.pdf>. Accessed in: 15/03/2020.
- Andreotti, R.; Barros, J.C.; Zimmermann, N.P.; Garcia, M.V.; Higa, L.O.S.; Martins, K.R. Control of *Rhipicephalus microplus* tick larvae in the field based on distancing from the host - Lone tick system. Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports 47 (2024) 100950. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2023.100950>
- Barretto, A.G.O.P; Chamma, A.L.S.; Fendrich, A.N.; Dourado Neto, D.; Gianetti, G.W.; de Araujo, M.A.; Takahashi, N.F.; Maule, R.F.; Martins, S.P.; Ranieri, S.B.L. A Conjuntura da Pecuária Brasileira. Tradehub. Earth, 2023 Disponível em: <[https://tradehub.earth/wp-content/uploads/2023/10/202306\\_TH-Policy-Brief-Brazilian-Livestock\\_05-Portuguese.pdf](https://tradehub.earth/wp-content/uploads/2023/10/202306_TH-Policy-Brief-Brazilian-Livestock_05-Portuguese.pdf)>. Acesso: 08 de jan. de 2024.
- Barros, J.C.; Figueiredo-Neto, L. F.; Fagundes, M.B.B.; Andreotti, R. Economic assesment of neosporosis in beef cattle system performance with different technological levels. Semina: Ciências Agrárias, v. 32, p. 1943-1954, 2011.
- Bonatte Junior P, Rodrigues VS, Garcia MV, Higa LOS, Zimmermann NP, Barros JC, Andreotti R (2019) Economic performance evaluation of Brangus and Nellore cattle breed naturally infested with *Rhipicephalus microplus* in an extensive production system in Central- West Brazil. Exp and App Acar 78:567–577. <https://doi.org/10.1007/s10493-019-00404-1>
- Brumatti, R.C., Ferraz, J.B.S., Eler, J.P., Formigoni, I.B., 2011. Desenvolvimento de índice de seleção em gado de corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. Archivos de Zootecnia 60 (230), 205–213. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922011000200005>.
- Bungenstab, D.J.; Almeida, R.G.de.; Laura, V.A.; Balbino, L.C.; FERREIRA, A.D. Editores técnicos. ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília, DF: Embrapa, 2019. PDF (835 p.): il. color. EBOOK Disponível em

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1112571>. Acesso em: 10/01/2024.

- Calvano, M.P.C.A.; Brumatti, R.C.; Barros J.C.; Garcia, M.V.; Martins, K.R.; Andreotti, R. Bioeconomic simulation of *Rhipicephalus microplus* infestation in different beef cattle production systems in the Brazilian Cerrado. *Agricultural Systems* 194 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103247>
- Calvano, M.P.C.A.; Brumatti, R.C.; Garcia, M.V.; Barros, J.C.; Andreotti, R. Economic efficiency of *Rhipicephalus microplus* control and effect on beef cattle performance in the Brazilian Cerrado. *Experimental and Applied Acarology* (2019) 79:459–471 <https://doi.org/10.1007/s10493-019-00446-5>
- Campos Pereira M., Labruna M.B., Szabó M.P.J., Klafke G.M. (2008) *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: biologia, controle e resistência. MedVet, São Paulo. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103247>
- Campos Pereira, M., Labruna, M.B., 2008. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Chapter 3. In: Campos Pereira, M., et al. (Eds.), *Rhipicephalus (Boophilus) microplus: Biologia, Controle e Resistência*. Medicina Veterinária, São Paulo, p. 169.
- Cardoso, A.S., Berndt, A., Leyten, A., 2016. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agric. Syst.* 143, 86–89. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.12.007>.
- Corrêa, E.S., Costa, F.P., Melo Filho, G.A., Pereira, M.A., 2006. *Sistemas de Produção Melhorados Para Gado de Corte em Mato Grosso do Sul, 2006*. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS (Comunicado técnico, n. 102). (ISSN 1516-9308).
- Costa, F.P., Teixeira Dias, F.R., Gomes, R.C., Pereira, M.A., 2018. Indicadores de Desempenho na Pecuária de Corte: Uma Revisão no Contexto da Plataforma +Precoce. Embrapa Gado de Corte. Documento 237. ISSN 1983-974X. Available in. [https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1090951/1/Indicadores\\_dedesempenhonapecuariadecorte.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1090951/1/Indicadores_dedesempenhonapecuariadecorte.pdf).
- Cruz, B.C., Mendes, A.F.L., Maciel, W.G., Santos, I.B., Gomes, L.V.C., Fellipelli, G., Teixeira, W.F.P., Ferreira, L.L., Soares, V.E., Lopes, W.D.Z., Costa, A.J., Oliveira, G.P. Biological parameters for *Rhipicephalus microplus* in the field and laboratory and estimation of its annual number of generations in a tropical region. *Parasitol. Res.* v. 119, p. 2421-2430, 2020.
- De Carvalho, T.B., De Zen, S., 2017. A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. *Revista IPecege*. 3, 85–99. <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.1.85>.
- Euclides-Filho K. (2008) A pecuária de corte no Cerrado Brasileiro. In: Faleiro F, Neto A (eds) *Savanas: desafios e estratégia para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. Embrapa Cerrados, Planaltina, pp 613–644
- Flake, O. The Brazilian Bovine Genetics Market and US Exports. 2021. Disponível: <https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportBy>

FileName?fileName=The%20Brazilian%20Bovine%20Genetics%20Market%20and%20US%20Exports\_Brasilia\_Brazil\_03-01-2021 Acesso em: 24/01/2024.

- Furlong, J., Martins, J.R.S., Prata, M.C.A., Carrapato dos bovinos: controle estratégico nas diferentes regiões brasileiras. Comunicado Técnico, 36, Embrapa Gado de Leite. 2003
- Garcia, M.V., Rodrigues, V.S., Koller, W.W., Andreotti, R., 2019. Biologia e importância do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. In: Carrapatos na Cadeia Produtiva de Bovinos. Embrapa Gado de corte, p. 17. Disponível: <<https://cloud.cnpgc.embrapa.br/controlado-carrapato-ms/files/2019/02/Controle-Carrapatos-2019-COMPLETO-EBOOK.pdf>>. Acesso em: 12/01/2024.
- Gaspar, A.O., Brumatti, R.C., Arruda de Paula, L, Dias, A.M. (2018). A simulation of the economic and financial efficiency of activities associated with beef cattle pasture. Custos e Agronegócios on Line, v 14, 1. ISSN 1808–2882 Available in: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v14/OK%204%20financial.pdf> Accessed in: 18/02/2020.
- Grisi L, Leite RC, Martins JR, Barros AT, Andreotti R, Cancado PH, Leon AA, Pereira JB, Villela HS (2014) Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. Rev Bras Parasitol Vet 23:150–156. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612014042>
- Hansen, P.J., 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. Anim. Reprod. Sci. 82-83,349–60.
- Higa L.D.O.S., Garcia M.V., Barros J.C, Koller W.W, Andreotti R. (2015) Acaricide resistance status of the *Rhipicephalus microplus* in Brazil: a literature overview. Med Chem 5:326. <https://doi.org/10.4172/2161-0444.1000281>
- Higa L.D.O.S., Garcia M.V., Barros J.C., Koller W.W., Andreotti R. (2016) Evaluation of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) resistance to different acaricide formulations using samples from Brazilian properties. Rev Bras Parasitol Vet 25:163–171. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612016026>
- Honer, M.R., Gomes, A., 1990. O manejo integrado de mosca dos chifres, berne e carrapato em gado de corte Embrapa Gado de Corte Circular Técnica, 22, p. 60 (ISSN0100-n50).
- IBGE-Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Censo Agropecuário: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível:[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro\\_2017\\_resultados\\_definitivos.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf)>. Acesso em: 08/01/2024.
- Lopes, R.B., et al., 2019. Bioeconomic simulation of compensatory growth in cattle production systems. Livest. Sci. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.08.011>.
- MAPA - Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Projeções do Agronegócio: Brasil 2020/21 a 2030/31, Projeções de Longo Prazo. Brasília: MAPA, 2021

- Olivier, J. Exportação de carne bovina: evolução dos preços internacionais e competitividade entre os países. Carta do Boi, set. 2021, n.227. Disponível: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/cartas/54586/> Acesso em: 13/01/2024
- Pang, H., M. Makatechian, J. A. Basarab, and R. T. Berg. 1999. Structure if a dynamic simulation model for beef cattle production systems. *Can. J. Anim. Sci.* 79:409–417. doi: 10.4141/A99-020 [CrossRef] [Google Scholar]
- 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. <https://doi.org/10.11158/saa.26.5.10>.
- Ribeiro, A.B., Tinoco, A.F.F., Lima, G.F.C., Guilhermino, M.M., Rangel, A.H.N., 2009. Produção e composição do leite de vacas Gir e Guzerá nas diferentes ordens de parto. *Rev. Caatinga.* 22, 46–51.
- Schwartz, E.S.; Smith, J.E. (2000), "Short-term variations and long-term dynamics in commodity prices", *Management Science*, 46, 893-911.
- USDA. United States Department of Agriculture Economic Research Service, 2024. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/data-products/meat-price-spreads>. Acesso 10/01/2024.
- Wedekin, I., 2017. *Economia da Pecuária de Corte: Fundamentos e Ciclos de Preços* – São Paulo. Wedekin Consultores, p. 180.
- West, J.W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86, 2131–44.
- Wolf, C.A., 2005. Producer livestock disease management incentives and decisions. *Int. Food Agribusin. Manag. Rev.* 8 (1), 46–61, 2005. Available. <https://ageconsearch.umn.edu/record/8179/files/0801wo01.pdf>

## ARTIGO 4

### **Análise econômica de sistema de produção de gado de corte com controle do carrapato (*Rhipicephalus microplus*) de forma sustentável**

Jacqueline Cavalcante Barros <sup>a,f</sup>, Ricardo Carneiro Brumatti<sup>a</sup>, Marcos Valério Garcia<sup>b</sup>, Sérgio Elmar Bender<sup>c</sup>, James Barbosa Pureza<sup>d</sup>, Rodrigo Casquero Cunha<sup>e</sup>, Renato Andreotti <sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil*

<sup>b</sup> *Biotick/ Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS Brasil*

<sup>c</sup> *Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil*

<sup>d</sup> *Emater, Canguçu, Rio Grande do Sul, Brasil*

<sup>e</sup> *Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil*

<sup>f</sup> *Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil*

#### **Resumo**

O carrapato *Rhipicephalus microplus* é uma espécie monóxena, sendo o bovino seu principal hospedeiro. No Brasil sua presença na cadeia produtiva de bovinos acarreta uma perda estimada de US\$ 3,24 bilhões/ano. Os prejuízos econômicos estão relacionados à perda de peso em bovinos de corte, queda na produção de leite, danos no couro, morte do animal, custos com aquisição de acaricidas e medicamentos. A principal ferramenta é o controle químico, porém a resistência aos acaricidas é uma realidade que afeta tanto os produtores como a indústria farmacêutica, pois além dos riscos de intoxicação do aplicador, contaminação do meio ambiente, ocasiona também resíduos na carne e leite. Para implantação de um sistema produtivo utilizando raças cruzadas, com eficiência e sustentabilidade, o produtor leva em consideração aspectos econômicos para tomada de decisão. O objetivo no artigo foi mensurar os potenciais benefícios econômicos do sistema Lone Tick, oferecendo aos produtores indicadores que demonstrem a viabilidade e eficiência econômica do novo sistema com enfoque no desenvolvimento sustentável, e possam apoiar a decisão dos produtores sobre a adoção da nova tecnologia e minimizar o problema do controle do carrapato. No estudo de caso realizado no Bioma Pampa, o sistema Lone Tick mostrou-se promissor na capacidade de reduzir o número de carrapatos por animal abaixo de 10 carrapatos/animal/dia, este sistema promoveu a estabilidade enzoótica para Tristeza Parasitária Bovina (TPB), diminuiu em 91,6% o número de aplicações de acaricidas, mitigando a contaminação ambiental, e proporcionando o bem-estar animal; também promoveu o aumento da produtividade, redução de 64,4% dos custos operacionais, com margem de lucro de 70%, e relação benefício/custo de 1,79. A partir desses

resultados, o sistema Lone Tick tem possibilidade de atender um nicho de mercado crescente que busca a produção agroecológica como alternativa, e ainda preservando a biodiversidade com uma produção extensiva sustentável.

**Palavras-chave:** prejuízos econômicos, acaricida, Lone Tick, estudo de caso, custos de produção

## 1. Introdução

O Brasil lidera o mercado mundial de exportação de carne bovina desde 2004, é o segundo em produção de carne (Abiec<sup>a</sup>, 2023) contando, em 2022, com um rebanho de 234 milhões de cabeças (IBGE, 2023) distribuídas em mais de 2,5 milhões de estabelecimentos rurais (Barretto *et al.*, 2023); no mesmo ano o agronegócio da pecuária de corte somou cerca de R\$ 1,02 trilhão de reais e representou 10% do PIB brasileiro, (Abiec<sup>c</sup>, 2023). Esses dados confirmam a importância do setor para a economia brasileira.

Estudos tem demonstrado a tendência de crescimento do consumo de proteína animal no mercado nacional e na demanda global para 2030, consequência do crescimento populacional, processo de urbanização e aumento da renda (Marcial, 2015; Embrapa, 2018).

Simultaneamente, em consequência da conectividade dos indivíduos nas mídias sociais e o acesso a informação, surgiu um novo consumidor que valoriza alimentos seguros, com rastreabilidade da produção, restrição no uso de produtos químicos, “pegada” ambiental, e bem-estar animal, esses novos padrões de consumo exercem influência nos sistemas de produção agrícola (Embrapa, 2018; OECD/FAO, 2023).

A pecuária bovina se constitui como a atividade rural que mais ocupa espaço no território nacional, sendo a principal atividade de metade dos estabelecimentos rurais do país de forma segmentada no seu perfil econômico e nas suas relações sociais e ambientais (IBGE, 2020; Abiec<sup>b</sup>, 2023)

Em 2017, 56% do rebanho bovino efetivo pertenciam às pequenas e médias propriedades, o que coloca a pecuária como atividade de forte impacto social, pois, ao agregar mais tecnologia nessas propriedades, capacita o produtor a se especializar na fase de cria, ou no ciclo completo para um nicho de mercado ou na pecuária leiteira e, desta forma, o mantém na cadeia produtiva (Barretto, 2023).

Em projeções do MAPA (2023), para a próxima década, apontam um crescimento potencial das exportações de carne bovina no Brasil de 29,7% e do consumo interno de 4,8%; do lado da oferta a projeção de aumento da produção de carne bovina é de 12,4%.

Para atender essa demanda, o Brasil necessita de um incremento na produtividade e isso gera a necessidade de investimento em genética, pois a composição racial de bovinos no país apresenta apenas 15% de Taurinos e seus cruzamentos (USDA, 2021), raças *Bos taurus* são mais produtivas e sensíveis ao carrapato.

Com essa composição racial o preço pago pelo mercado em US\$/ton é 20 a 30% menor para o produto brasileiro em comparação ao de outros países por exemplo EUA e Austrália (Olivier, 2021), o que representa uma perda de receita.

Além do melhoramento genético, o aumento da produtividade na pecuária de corte também passa pelo controle do carrapato *Rhipicephalus microplus* nas raças mais sensíveis (Andreotti, Garcia e Koller *et al.*, 2019). O nível de infestação de carrapatos nos rebanhos varia de acordo com a presença e grau de raças susceptíveis, bovinos Zebu (*Bos indicus*) são mais resistentes, sendo animais rústicos e adaptáveis ao clima do Brasil central (Hansen, 2004; Ribeiro *et al.*, 2009), enquanto *Bos taurus* são mais sensíveis em regiões quentes, sofrendo estresse calórico (West, 2003) além de serem mais susceptíveis ao parasitismo (Pina *et al.*, 2021).

*Rhipicephalus microplus*, é uma espécie de carrapato que possui somente um hospedeiro na fase parasitária - ciclo monoxeno (Gonzales, 1975; Garcia *et al.*, 2019), foi introduzido no Brasil no início do século XVIII. *R. microplus* é encontrado em praticamente todo o território brasileiro, onde sua presença na cadeia produtiva da pecuária causa um prejuízo estimado com perdas diretas e indiretas de US\$ 3,24 bilhões/ano (Grisi *et al.*, 2014).

Os prejuízos de forma direta são ocasionados pela espoliação nos bovinos causando inapetência, irritabilidade, imunossupressão, anemia, diminuição de peso, lesões do couro com desvalorização comercial, diminuição na produção de carne e leite, transmissão dos agentes da tristeza parasitaria bovina (TPB) levando a mortalidade de bovinos (Andreotti, Garcia e Koller, 2019).

As perdas indiretas estão relacionadas com os custos da mão de obra, medicamentos para controle de TPB, acaricidas, aquisição de equipamentos e manutenção (Gomes, 2001).

O ciclo de vida do *R. microplus* é dividido em duas fases: a fase parasitária consiste na fixação da larva até o desprendimento da teleógina, durando aproximadamente 21 dias, e a fase de vida livre, onde as larvas podem permanecer ativas nas pastagens de 84 a 100 dias, lembrando que essa fase representa 95% da população de carrapatos (Pereira e Labruna, 2008).

Na fase de vida livre, a teleógina realiza a postura em média de 3.000 ovos, que darão origem às larvas e conseqüentemente o risco de uma reinfestação intensa a cada geração do carrapato (Furlong, Martins e Prata, 2003).

A principal ferramenta de controle do carrapato ainda são os acaricidas (Andreotti *et al.*, 2024), no entanto o uso dessa tecnologia gera externalidades negativas como contaminação do ambiente, dos produtos que chegam ao consumidor, e risco de intoxicação dos trabalhadores rurais (Kunz e Kemp, 1994; De Meneghi, Stachurski e Adakal, 2016).

Além do mais, o uso intensivo de acaricidas tem agravado a situação de populações de carrapatos resistentes e multirresistentes em todo o país (Higa *et al.*, 2015; Bonatte-Júnior *et al.*, 2022), e essa realidade afeta a indústria farmacêutica pela dificuldade no desenvolvimento de novas bases químicas. As empresas do ramo usam como estratégia para lançamento de novos produtos o aumento da concentração dos princípios ativos, e associações entre os princípios já existentes.

Diante desse cenário, o setor agropecuário é pressionado para desenvolver sistemas de produção com maiores índices de produtividade, complexos, sustentáveis, sistêmicos, de baixa emissão de gases do efeito estufa (GEE) e com uso racional da água (pegada hídrica).

Com a intenção de incrementar a produtividade e mitigar os impactos ambientais do setor produtivo, através de uma alternativa de controle do carrapato mais sustentável, a Embrapa Gado de Corte desenvolveu o Sistema Lone Tick (Andreotti *et al.*, 2024), esse sistema de manejo rotacionado promove o controle do carrapato sem o uso de acaricidas tendo como princípio o distanciamento das larvas na pastagem e do hospedeiro.

Porém para implantação de um novo sistema produtivo, com eficiência e sustentabilidade, o produtor leva em consideração os aspectos econômicos para sua tomada de decisão, desta forma, o objetivo do artigo é mensurar os potenciais benefícios econômicos do sistema Lone Tick, oferecendo aos produtores indicadores que demonstrem a viabilidade e eficiência econômica do novo sistema com enfoque no desenvolvimento sustentável, e possam apoiar a decisão dos produtores sobre a adoção da nova tecnologia e minimizar o problema do controle do carrapato.

## **2. Metodologia**

Foi realizado um estudo de caso na fazenda Martimar localizada na Coxilha dos Piegas, 4º Distrito de Canguçu – Rio Grande do Sul (Brasil), a uma latitude 31°27'33.9"S e longitude 52°55'03.7"W, situada no bioma Pampa, com clima subtropical e semiúmido. O pasto era

composto por campo nativo com no mínimo 15 espécies de gramíneas e leguminosas. A propriedade tinha área total de 710 hectares, com reserva legal, realizava o sistema de criação extensiva tradicional com atividade de cria. O rebanho era composto de matrizes da raça Braford e Hereford.

A proprietária tinha como objetivo realizar a atividade de cria com enfoque na produção agroecológica, sem utilização de transgênicos, preservando o bioma Pampa e o campo nativo, e para essa transição havia a necessidade de controlar os carrapatos, sem produto químico, para certificação da produção. A produtora não participava de nenhuma associação de pecuaristas que poderia organizar a produção de carne certificada com destino a um nicho de mercado, como exemplo Apropampa.

O estudo de caso levou vinte e quatro meses, com início em agosto de 2021 e término em agosto de 2023. A produtora como tomadora de preços, e levando em consideração o ciclo da pecuária em relação a flutuação dos preços do gado, escolheu momentos diferentes para venda dos animais produzidos em 2022, comercializando os animais machos alguns meses antes do grupo de fêmeas.

### 2.1. *Período de rotação*

O Sistema Lone Tick tem como base os 21 dias da fase parasitária do carrapato, e a premissa de que 7 dias, além daquele período, são suficientes para que 98% das larvas dos carrapatos completem o sua fase de vida parasitário, por isso foi definido como 28 dias o período do manejo rotacionado dos animais no sistema (Andreotti *et al.*, 2024).

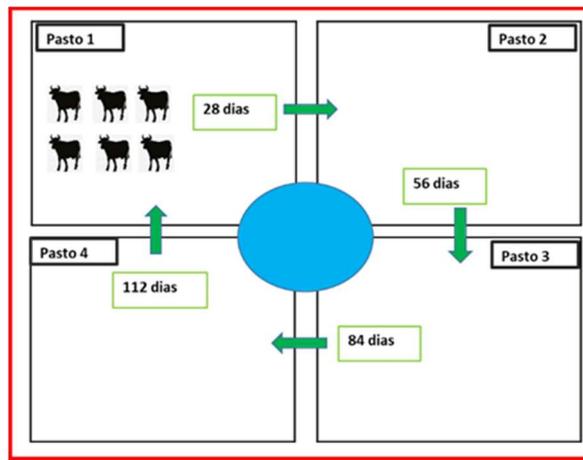
Vale lembrar que a longevidade das larvas na pastagem depende efetivamente das condições climáticas e ambientais, e pode variar entre regiões, por isso, é importante o conhecimento da biologia e da ecologia do carrapato (Garcia *et al.*, 2019). Como medida de segurança sanitária foi definido o tratamento de todos os animais caso a contagem mensal do número de carrapatos ultrapassasse 100 carrapatos/animal.

### 2.2. *Eficácia do Sistema Lone Tick*

O sistema Lone Tick foi conduzido em uma área de 32ha dividida em quatro piquetes de 8ha. A cada ano, foram submetidas ao sistema em média 15 matrizes de corte prenhas com idade média de quatro anos, oriundas de um sistema de criação extensiva tradicional e com infestação natural de carrapatos, depois da parição os bezerros também foram monitorados. A área experimental na qual as matrizes foram alocadas estava sem presença de bovinos por um período de 60 dias antes do início do estudo.

Os bovinos foram manejados pelo método de pastejo rotacionado a cada 28 dias, esse período é suficiente para que as larvas dos carrapatos completem o seu ciclo de vida parasitário e desprendam do animal no mesmo piquete. A cada 28 dias os animais foram levados ao mangueiro para pesagem, contagem dos carrapatos, avaliação clínica geral e coleta de sangue e fezes. Após esse manejo retornaram ao piquete subsequente, desta forma ocorreu um vazio sanitário de 84 dias (Figura 1).

**Figura 1** - Desenho esquemático dos piquetes utilizados no Sistema Lone Tick



Fonte: Andreotti *et al.*, 2024

O vazio sanitário tem como base o tempo de sobrevivência das larvas no ambiente e no período de vida parasitário do *R. microplus*, 84 dias é o suficiente para que as larvas do carrapato não estejam mais viáveis para infestação dos animais, promovendo assim um distanciamento entre o hospedeiro e o parasito.

A eficácia do sistema Lone Tick foi observada pelo comportamento da contagem de carrapatos ao longo dos meses e pela redução do número de aplicações de acaricidas. Como referência os dados foram comparados com o sistema tradicional utilizado pela proprietária, na pecuária extensiva, utilizando o tratamento com carrapaticida uma vez a cada 30 dias.

### 2.3. Análise Econômica

#### 2.3.1. Eficiência

Para gestão dos custos foi utilizado o método de custeio por centro de custos, todos os custos de produção, despesas variáveis e investimentos necessários para implantação e manutenção do sistema Lone Tick foram registrados em planilha como: instalação de cerca elétrica nos piquetes, instalação de bebedouro, adubação, serviço de roçagem, fornecimento de

sal, medicamentos e mão-de-obra. No sistema tradicional foram incluídos os custos com a compra e aplicação dos acaricidas, considerando a utilização de 12 aplicações do acaricida por animal/ano.

As receitas também foram lançadas em planilha, no sistema Lone Tick a receita das vendas dos bezerros foi registrada conforme a transação local (R\$/Kg). Para cálculo da receita no sistema tradicional foi levado em consideração a perda de peso dos bezerros ocasionado pela infestação dos carrapatos, e para tal foi modelado uma equação matemática, através do programa Model Evaluation System 3.2.4 (MES), onde a variável dependente foi o ganho/perda de peso do bezerro, e variável independente o número de carrapatos observados, desta forma foi possível calcular a perda de peso dos bezerros em função da média de carrapatos:

$$\text{GanhoPeso} = 24.4 - 0.3X + 0.0034X^2 - 0,000009.7X^3$$

De posse dos custos e receitas do sistema Lone Tick, foi elaborado o Fluxo de caixa, o Demonstrativo de Resultado Econômico (DRE) e calculado os indicadores financeiros: capital de giro, margem bruta, rentabilidade, relação benefício custo. O capital de giro, recurso que atende as necessidades das transações em um período, foi calculado pelo método indireto utilizando o fluxo de caixa, adaptado de Silva (2017).

$$CG = \Delta COT$$

CG = Capital de giro

$\Delta COT$  = Variação do custo operacional total no período

A margem de lucro mostra a participação do lucro bruto na receita bruta.

$$MgL = Lb/Rb$$

MgL = Margem de lucro

Lb = Lucro bruto

Rb = Receita Bruta

Rentabilidade é o rendimento sobre o capital investido.

$$R = Lb/Inv$$

R = Rentabilidade

Lb = Lucro bruto

Inv = Capital investido

Relação Benefício-custo considera os benefícios e os custos relacionados com o projeto, resultado acima de 1 significa que os benefícios superam os custos.

$$RBC = Rb / COT + Inv$$

RBC = Relação Benefício-custo

Rb = Receita Bruta

COT = Custo operacional total

Inv = Capital investido

### 2.3.2. Viabilidade Econômica

Por meio da técnica de Orçamentação Parcial proposta por Hoffmann *et al.* (1984), que consiste na estimativa do valor da receita, em função do uso de uma tecnologia, comparada com a estimativa dos custos decorrentes da utilização dessa mesma tecnologia, foi estimado um custo-benefício propiciado pela introdução do sistema Lone Tick em parte do negócio agropecuário.

#### Orçamentação parcial

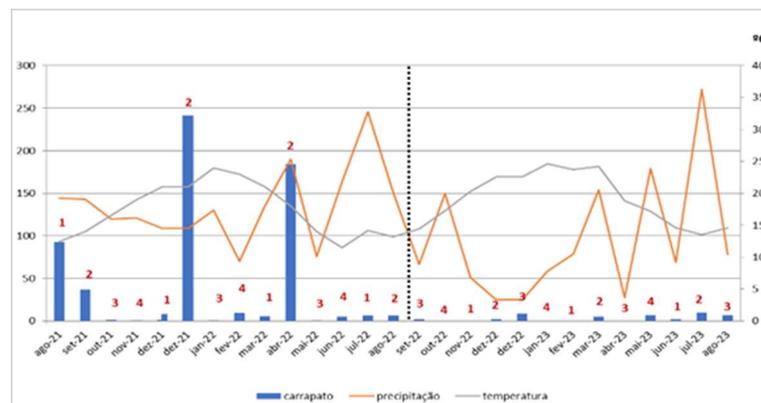
<b>A</b> – Aumento dos custos (com a implementação sistema Lone Tick) ..	R\$
<b>B</b> – Diminuição da renda (com o sistema Lone Tick) .....	R\$
Subtotal (A+B) .....	R\$
<b>C</b> – Diminuição dos custos (comparando com a prática tradicional) ....	R\$
<b>D</b> – Aumento da renda (comparando com a prática tradicional) .....	R\$
<b>Alteração da renda líquida após implantação</b>	
<b>(C+D) – (A+B) = .....</b>	<b>R\$</b>

Se o cálculo da alteração da renda líquida for positivo, significa que vale a pena o produtor instalar o sistema Lone Tick, dentro dos padrões descritos no projeto, o sistema tem viabilidade econômica. A técnica de orçamentação foi citada por Pereira (2019) como uma alternativa de análise econômica para implantação do Sistema de Integração Lavoura e Pecuária (ILPF) realizada em vários biomas do Brasil.

### 3. Resultados

No primeiro ano os animais entraram no piquete 1 infestados naturalmente com média de 93 carrapatos. Nos primeiros 28 dias todos os carrapatos se desprenderam do hospedeiro e contaminaram o referido piquete, após o primeiro circuito no sistema (tempo em que os animais rotacionam nos 4 piquetes) o número de carrapatos reduziu drasticamente (Figura 2).

**Figura 2** - Média de carrapatos por piquete, precipitação e temperatura registrados na fazenda Martimar durante o período experimental de 2021 a 2023.



O perfil climatológico da região, aliado ao tipo de microambiente, com diversidade de espécies de gramíneas e leguminosas, ofereceram condições para manutenção e sobrevivência das larvas no pasto, com o retorno dos animais ao piquete 1 ocorreu a reinfestação que foi registrada na entrada do piquete 2.

Os manejos nos dias 30/12/21 e 22/04/22 apresentaram média de carrapatos por animal acima de 150, como medida de segurança sanitária, todas as matrizes foram tratadas com carrapaticida Colosso FC30. Apesar das duas intervenções neste primeiro ano o sistema Lone Tick reduziu o uso de acaricidas, pois no mesmo período no sistema tradicional seriam realizados 12 tratamentos para controle do parasito.

No segundo ano, a partir de agosto 2022, as novas matrizes infestadas naturalmente foram tratadas com Colosso FC30 na entrada do piquete, essa medida garantiu a manutenção da média de carrapatos do sistema abaixo de 10 carrapatos/animal, corroborando com achados de Andreotti *et al.*, 2024, lembrando que no início do estudo a média era 93 carrapatos/animal. Também não houve incidência de miíase e nem tristeza parasitária bovina, e ocorreu uma redução de 91,6% no número de aplicações de acaricidas.

Para análise da eficiência foram comparados os custos de produção e despesas do sistema tradicional com os dois anos em estudo. Pode-se verificar que a diminuição do uso de carrapaticida reduziu o custo operacional em 62,5% e 66,3%, respectivamente no ano 1 e 2 com a introdução da nova tecnologia (Tabela 1).

**Tabela 1** - Custos operacionais com controle do carrapato, receita e lucro brutos, em reais, na fazenda Martimar durante o período experimental em 2021/22 e 2022/23

<b>Custos</b>	Tradicional	LoneTick Ano 1	LoneTick Ano 2
Medicamentos	357,48	69,00	0,00
Carrapaticidas	561,60	30,00	15,00
Descartável	240,00	60,00	20,00
Folha Pagamento	2.184,00	1.092,00	1.092,00
<b>Total</b>	3.343,08	1.251,00	1.127,00
<b>Receita</b>	31.122,25	32.007,19	25.707,50
<b>Lucro</b>	19.373,36	20.460,18	19.932,42

A composição da receita é resultado do número de bezerros produzidos e vendidos no ano e o preço pago no mercado spot na região de Canguçu, RS. No primeiro ano foram vendidos 14 bezerros e no segundo ano 15, o comportamento da receita bruta entre os anos de estudo pode ser explicado pelo ciclo da pecuária.

A oscilação do preço do boi gordo em fases de alta e baixa caracteriza o ciclo da pecuária, como o boi gordo é o produto final a variação do seu preço traz impacto no preço das demais categorias, segundo Wedekin (2017) os preços das vacas e animais mais jovens variam mais do que o preço do boi gordo, em tempo de ciclo em alta o preço do bezerro apresenta um ágio.

Com o preço do boi gordo em alta o produtor retém matrizes para produção de bezerros, que também está valorizado, isso gera um aumento da oferta de boi gordo no longo prazo, que trará como consequência a queda do preço de todas as categorias. Com o tempo a redução do preço desestimula o produtor que passa a vender as vacas, comprometendo a produção de bezerros e animais para reposição no futuro gerando uma redução na oferta do boi gordo, consequentemente o preço do boi gordo retorna a crescer iniciando um novo ciclo de alta de preços na pecuária.

Tendo como base a série histórica, a partir de 2017, do Indicador do Bezerro ESALQ/BM&FBovespa, o ciclo de alta da pecuária alcançou o pico máximo do valor do

bezerro em abril/2021, iniciando um movimento de queda até os dias atuais. A produtora tendo como expectativa a continuidade do preço em alta, observada em 2021, decidiu pela venda dos bezerros em duas etapas em 2022.

Os machos foram vendidos em março/22, aos seis meses de idade, no valor de R\$ 12,30/Kg. As fêmeas foram negociadas em junho/22, aos 9 meses de idade, no valor de R\$ 9,37/Kg. Diante disso, no sistema Lone Tick o peso médio do macho foi de 187,96 Kg e da fêmea 239,2 Kg. A receita final gerada foi de R\$ 32.007,19 (Tabela 1).

No sistema tradicional levou-se em consideração a perda de 5,6Kg por animal em função da infestação de carrapatos calculado através do modelo matemático. O peso médio do macho foi de 182,36 Kg e da fêmea 233,4 Kg, como a venda é realizada em R\$/Kg o peso dos animais traz consequências diretas na receita bruta do sistema tradicional que foi de R\$ 31.122,25.

Já em 2023, os bezerros foram comercializados em uma única etapa, aos 8 meses de idade, com peso médio de 209 Kg no valor de R\$ 8,20/Kg, neste ano o ciclo de baixa da pecuária influenciou o resultado da receita bruta registrada em R\$ 25.707,50. Apesar da redução no valor das vendas o lucro não sofreu grande impacto porque os custos operacionais totais, que são os custos com controle do carrapato somados os demais custos de produção e despesas, no segundo ano foram menores e isso trouxe uma compensação no cálculo do lucro bruto (Tabela 1).

Na tabela 2 são apresentados os indicadores financeiros extraídos do Fluxo de Caixa e Demonstração de resultados para implantação e manutenção do sistema Lone Tick no período de dois anos.

**Tabela 2** - Indicadores financeiros do Sistema Lone Tick na fazenda Martimar período 2021/2023

Resultados	Unidade	
Capital de giro	R\$ ha/ano	233,56
Margem bruta	%	70,00
Rentabilidade	%	2,71
Benefício /Custo		1,79

A proprietária disponibilizou, durante o estudo, um capital de giro em média de R\$ 233,56 ha/ano para manutenção do sistema. Observando a receita, a margem de lucro bruto foi em média de 70%, ou seja, de cada R\$ 100 de venda o lucro apropriado foi de R\$ 70,00. A relação Benefício/Custo de 1,79 significa que a cada R\$ 1,00 gasto ou investido no sistema Lone Tick

reflete em um aumento da receita bruta de R\$ 1,79. A rentabilidade de 2,71% mostra o ganho percentual sobre o capital investido no sistema novo.

Para avaliação da viabilidade econômica, por meio da orçamentação parcial, foram utilizados os custos e receita do primeiro ano de implantação do sistema Lone Tick (Ano 1) comparados com custos e receita do sistema tradicional no mesmo período.

Para introdução do novo sistema foi necessária instalação de cercas elétricas para divisão dos piquetes a um custo de R\$ 1.890,20. Após um ano, com a redução do uso do acaricida, o Lone Tick promoveu uma economia no custo operacional de R\$ 2.092,08 (Tabela 3).

**Tabela 3** - Retorno estimado da implantação do Sistema Lone Tick na Fazenda Martimar em 2021/2022

A- Aumento das despesas com a implementação da tecnologia	R\$ 1.890,20
B- Diminuição da renda	R\$ 0
<b>Subtotal (A+B)</b>	<b>R\$ 1.890,20</b>
C- Diminuição das despesas	R\$ 2.092,08
D- Aumento da renda	R\$ 884,93
<b>Subtotal (C+D)</b>	<b>R\$ 2.977,01</b>
<b>Alteração da renda líquida</b>	
<b>(C+D) - (A+B) =</b>	<b>R\$ 1.086,81</b>

No DRE de 2021/22 o sistema Lone Tick aferiu uma receita bruta de R\$32.007,19 que comparada a receita bruta do sistema tradicional, de R\$31.122,25, apresenta uma diferença de R\$ 884,93 que corresponde ao aumento da renda pelo uso do novo sistema.

O resultado positivo da renda líquida de R\$1.086,81 evidencia que, nas condições conhecidas, há viabilidade econômica na implantação da nova tecnologia. Esse ganho estimado é composto do aumento da renda, proporcionado pelo uso do novo sistema, e do valor não gasto com o uso dos acaricidas, sendo assim, na venda dos bezerros a produtora obteve um ganho de R\$ 77,62/bezerro quando comparado ao sistema anterior.

#### 4. Discussão

Desde a publicação do documento “Pecuária a grande sombra sobre o planeta” (FAO, 2006) a pecuária de corte brasileira tem sido mundialmente criticada, principalmente pela mudança do uso da terra por meio do desmatamento, pois é a primeira atividade econômica que se fixa, pela emissão de gás metano (CH<sub>4</sub>) proveniente da fermentação entérica dos bovinos, causando o aumento da emissão dos gases de efeito estufa (GEE) e em consequência o agravamento das mudanças climáticas, e pela interferência na manutenção da biodiversidade.

Desta forma, o Brasil assumiu compromisso internacional para cumprir uma agenda ambiental de diminuição de emissões de GEE, através da adoção de tecnologias que diminuem os impactos ambientais da atividade pecuária, como recuperação e ou vedação de pastagens, melhoramento genético de animais para auxiliar na digestão e assim reduzir as emissões entéricas, produção de novilho precoce, e remoção do carbono da atmosfera através dos sistemas integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).

Contudo, a pecuária também é vulnerável aos impactos negativos da mudança do clima, Lima e Alves (2008) descrevem a vulnerabilidade da pastagem e dos animais com uma possível elevação da temperatura nas regiões dos trópicos. Dentro desse contexto, novas tecnologias devem ser desenvolvidas para atender as diferentes realidades rurais na contribuição da mitigação do problema climático.

O sistema Lone Tick é uma alternativa de produção de bovinos no contexto da sustentabilidade, a sua implementação pode ser analisada por meio das três dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiental, econômica e social, aprovado na ECO-92, conhecida como Agenda 21 (ONU, 1992).

Lembrando que desenvolvimento sustentável implica em promover o crescimento econômico e social preservando a biodiversidade e gerenciando com responsabilidade o uso dos recursos naturais para atender as necessidades das gerações atual e futuras.

#### 4.1. *Dimensão ambiental*

Os campos nativos do Sul do Brasil (Campos Sulinos) ocupam grande parte do bioma Pampa, restrito ao Rio Grande do Sul e as áreas mais altas do Planalto Sul-brasileiro. Possui elevada biodiversidade de espécies nativas, sendo cerca de 450 gramíneas e 200 leguminosas importantes para o fornecimento de forragem natural para a atividade pecuária, e uma rica fauna (Nabinger e Dall’Agnol, 2019).

No entanto, os campos nativos estão perdendo lugar para a produção de grãos, pastagens cultivadas exóticas e para silvicultura, o bioma Pampa sofreu uma redução de 21,4% da sua

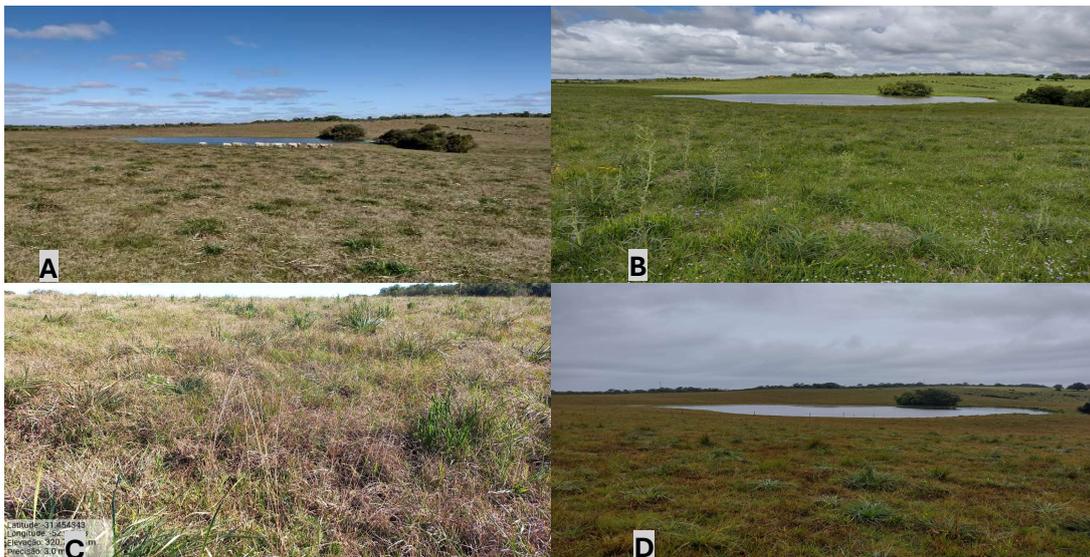
vegetação nativa entre 1985 e 2020 (Guarino *et al.*, 2023) essas monoculturas eliminam a biodiversidade e degradam o ambiente.

Para Nabinger *et al.* (2009) dada a aptidão do ecossistema para o pastejo, reconhecendo a importância do campo nativo na manutenção do equilíbrio ecológico da região, e da pressão econômica para transformação do bioma Pampa, é preciso buscar alternativas econômicas para assegurar a permanência da atividade da pecuária de forma sustentável e conservacionista.

Os mesmos autores indicam tecnologias com as quais o produtor consegue maximizar a produção animal na pastagem nativa com preservação: ajuste da carga animal em função da disponibilidade de forragem, subdivisão em piquetes, diferimento dos piquetes, e sobressemeadura de espécies de inverno.

O sistema Lone Tick tem como princípio a divisão da área em piquetes e o manejo rotacionado dos animais. A rotação permite o diferimento dos piquetes de 84 dias, esse descanso, além de controlar a infestação de carrapatos na pastagem nativa que é o objetivo principal do sistema, favoreceu o acúmulo de matéria orgânica e desenvolvimento de raízes, contribuindo para o vigor da rebrota e, conseqüentemente, aumento da oferta de forragem e da melhora da estrutura do solo por conta da redução da compactação pelo pisoteio (Figura 3).

**Figura 3** - Evolução do crescimento do campo nativo no piquete 1, faz. Martimar durante período experimental de 2021 a 2023.



Nota: A – agosto 2021, B – dezembro 2021, C – julho 2022, D – julho 2023

A Figura 3A mostra as condições do pasto no início do estudo de caso com baixa produção de forragem, na Figura 3B após o diferimento de 84 dias o campo nativo retornou com vigor. Nas Figuras 3C e 3D apresentam a massa de forragem produzidas em 2022 e 2023.

Além da preservação da pastagem nativa, o novo sistema diminui a contaminação ambiental através da redução do uso de acaricidas. A contaminação do ambiente pode ocorrer na forma de aplicação (pulverização) e pelo descarte incorreto das embalagens, há também o risco de contaminação na carne e leite (Kunz e Kemp, 1994; De Meneghi, Stachurski e Adakal, 2016).

O sistema Lone Tick é uma tecnologia de manejo rotacionado que agrega recomendações já conhecidas para conservação do bioma Pampa, mas traz como diferencial o controle do carrapato, combinando preservação da biodiversidade, saúde animal e produção sustentável.

#### 4.2. Dimensão econômica

A região Sul apresenta três gerações do carrapato *R. microplus* ao ano, segundo estudos de Alves-Branco, Pinheiro e Macedo (1987) com animais Hereford e Brangus, a primeira geração no final da primavera com média de carrapatos de 37 e 8 por animal/dia respectivamente, a segunda em fevereiro com média de carrapatos de 306 e 156, e a terceira e mais crítica em abril/maio com média de 957 e 593 carrapatos/animal/dia.

Em outra pesquisa Alves-Branco *et al.* (2000) testaram, durante três anos, dois esquemas de controle químico contra o carrapato, no primeiro ano, em abril, 28,6% dos animais pertencentes ao grupo testemunhas morreram com média 295 carrapatos/animal/dia, no segundo ano a mortalidade foi de 35,7% com média de 1.624 carrapatos/animal/dia, e no terceiro ano foi de 42% com média de 543 carrapatos/animal/dia.

O sistema Lone Tick manteve o nível de infestação abaixo de 10 carrapatos/animal/dia, sem uso de acaricida durante um ano, promovendo a estabilidade enzoótica para TPB o que evita o surto da doença, comum no verão e outono (Gaspar *et al.*, 2018) e não houve relato de miíase causada por altas infestações de carrapato. A não ocorrência de óbito é um outro benefício direto do sistema, pois o maior prejuízo está na morte do animal comum nos períodos favoráveis ao carrapato e, conseqüentemente, com surgimento de surto de TPB.

A carga parasitária foi reduzida abaixo do limiar econômico de 40 carrapatos, essa infestação traz uma perda estimada de 8,8 Kg/animal/ano que não é percebida na performance dos animais de recria e engorda (Barros *et al.*, 2024).

Outro benefício, de forma indireta, se refere ao controle das endoparasitoses, as matrizes entraram no sistema Lone Tick com 14 de OPG (ovos por grama de fezes) uma baixa infecção, de acordo Ueno e Gonçalves (1998), que reduziu para 6 de OPG ao longo do estudo, não havendo necessidade de tratamento tanto das matrizes como dos bezerros.

De acordo com Nabinger *et al.* (2009) a produção anual de peso vivo (PV) nas propriedades médias de campos nativos no Rio Grande do Sul é de 70 kg PV/ha/ano. Levando em consideração a fase de cria, no primeiro ano o sistema Lone Tick produziu 83 Kg PV/ha e no segundo 97 Kg PV/ha, resultado do diferimento dos piquetes que permitiu maior disponibilidade de forragem, e da redução da carga parasitária do *R. microplus* que impactou no peso dos bezerros.

Dentro dessa realidade, no sistema tradicional a infestação promoveu uma redução de 3% no peso médio (kg) para os machos e 2,34% para as fêmeas. Estimativas de Calvano *et al.* (2021) utilizando novilhas destinadas ao abate, em sistema extensivo sem controle de carrapato, ocorreu uma redução de 5% no peso médio (Kg) e os machos com 24 meses uma redução de 8,1% quando comparados ao sistema com controle, quanto maior a categoria animal maiores os prejuízos.

O uso de acaricida para o controle do carrapato foi reduzido de 12 aplicações anual para uma única aplicação na entrada dos animais no sistema Lone Tick, uma redução de 91,6% no número de aplicações, e que corresponde a uma redução média de 64,4% no custo operacional com controle do carrapato.

O aumento da produtividade com menor custo traz impacto positivo no lucro, isso pode ser observado pela margem de lucro média de 70% (Tabela 2), apesar das oscilações do preço de venda dos bezerros, desfavorável no segundo ano, a produtora conseguiu manter a margem de lucro.

O sistema Lone Tick apresentou uma relação benefício/custo de 1,79 indicando que os benefícios superam os custos, com rentabilidade de 2,71% mostrando que o sistema tem potencial para gerar um retorno positivo sobre o investimento e é financeiramente viável.

Além da eficiência produtiva, o sistema tem viabilidade econômica na sua implantação, observado no resultado positivo da renda líquida de R\$1.086,81 (Tabela 3), onde a produtora obteve um ganho a mais de R\$ 77,62 por bezerro vendido quando comparado ao sistema tradicional, apesar da vantagem a produtora não recebeu nenhum ganho extra pela produção de um bezerro oriundo de um sistema agroecológico.

Entretanto, pode-se inferir que o sistema Lone Tick é economicamente viável, pois aumentou a produtividade (Kg PV/ha/ano), aumentou o peso médio do bezerro, reduziu os custos, e diminuiu os riscos de prejuízos com a morte de animais, combinando preservação da biodiversidade, bem-estar animal e produção extensiva sustentável.

Nesse sentido, o Lone Tick tem potencial para integrar programas de agregação de valor ao longo da cadeia da carne bovina e de acesso a nichos de mercado, por exemplo a Associação

dos Produtores do Pampa Gaúcho que promove a marca coletiva APROPAMPA, ofertando uma carne diferenciada, de alto sabor e qualidade, procedente do bioma Pampa e produzida a pasto nativo de maneira sustentável e preservacionista (Selistre *et al.*, 2022).

Outro exemplo é a Associação Alianza del Pastizal (agrega Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai) que comercializa, na rede de supermercados Carrefour, a carne produzida de forma sustentável em campos nativos com a conservação da biodiversidade do bioma Pampa (Alianza del Pastizal, 2024).

#### 4.3. *Dimensão socioambiental*

A implantação do sistema Lone Tick conciliou a preservação da biodiversidade, com a produção extensiva sustentável e a geração de renda em comunidades do interior, de certa maneira essas ações asseguram a permanência da atividade pecuária de forma rentável contribuindo para a fixação do gaúcho em suas terras e a valorização da sua tradição histórica e cultura.

## 5. Conclusão

O sistema Lone Tick mostrou-se promissor na capacidade de reduzir o número de carrapatos por animal abaixo de 10 carrapatos/animal/dia, valor inferior ao limiar econômico, promovendo a estabilidade enzoótica para TPB, diminuiu em 91,6% o número de aplicações de acaricidas, mitigando a contaminação ambiental, e proporcionando o bem-estar animal. O sistema Lone Tick também promoveu o aumento da produtividade, redução de 64,4% dos custos operacionais, com margem de lucro de 70%, relação benefício/custo de 1,79 e rentabilidade de 2,71%. Com esses resultados o sistema tem possibilidade de atender um nicho de mercado crescente que busca a produção agroecológica como alternativa, e ainda preservando e conservando a biodiversidade com uma produção extensiva sustentável.

## 6. Referências

ABIEC<sup>a</sup>. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **O Perfil da Pecuária no Brasil**. São Paulo, SP: Beef Report, 2023. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/wp-content/uploads/Final-Beef-Report-2023-Cap03-FINAL.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2024.

<sup>b</sup>. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/wp-content/uploads/Final-Beef-Report-2023-Cap05-FINAL.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2024.

<sup>c</sup>. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/wp-content/uploads/Final-Beef-Report-2023-Cap05-FINAL.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2024.

ALIANZA DEL PASTIZAL. [site institucional]. Disponível em: <https://www.alianzadelpastizal.org.br>. Acesso em: 16 set. 2024.

ALVES-BRANCO, Francisco de Paula Jardim; PINHEIRO, Alfredo da Cunha; MACEDO, Jeeva Barbara Rodrigues Ribeiro. Prevalência Estacional do *Boophilus microplus* em bovinos das raças Hereford e Ibagé. In. **Coletânea das Pesquisas: Medicina Veterinária e Parasitologia**. Bagé: EMBRAPA-CNPO, 1987. p. 223-228.

ALVES-BRANCO, Francisco de Paula Jardim; PINHEIRO, Alfredo da Cunha; SAPPER, Maria de Fátima M.; FRANCO, José Carlos B. **Programas estratégicos e estratégico integrado para o controle das parasitoses em bovinos de corte no Rio Grande do Sul**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2000. 32 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 25).

ANDREOTTI, Renato; BARROS, Jacqueline Cavalcante; ZIMMERMANN, Namor Pinheiro; GARCIA, Marcos Valério; HIGA, Leandro de Oliveira Souza; MARTINS, Kauê Rodriguez. Control of *Rhipicephalus microplus* tick larvae in the field based on distancing from the host - Lone tick system. **Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports**, n. 47, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2023.100950>

ANDREOTTI, Renato; GARCIA, Marcos Valério; KOLLER, Wilson Werner. Controle estratégico dos carrapatos nos bovinos. In:\_(org.). **Carrapatos na cadeia produtiva de bovinos**. Brasília: Embrapa, 2019. p. 125-136. Disponível em: <https://cloud.cnpgc.embrapa.br/controle-do-carrapato-ms/files/2019/02/Controle-Carrapatos-2019-COMPLETO-EBOOK.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2023.

BARRETTO, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira (coord.). Caminhos possíveis para a pecuária brasileira: *Documentos de Projetos* (LC/TS.2023/104). Santiago: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), 2023.

BARRETTO, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira; CHAMMA, Ana Letícia Sbitkowski; FENDRICH, Arthur Nicolaus; DOURADO NETO, Durval; GIANETTI, Giovani Willian; ARAUJO, Marcela Almeida; TAKAHASHI, Naila de Freitas; MAULE, Rodrigo Fernando; MARTINS, Sergio Paganini; RANIERI, Simone Beatriz Lima. A Conjuntura da Pecuária Brasileira. **Tradehub Earth**, 2023. Disponível em: [https://tradehub.earth/wp-content/uploads/2023/10/202306\\_TH-Policy-Brief-Brazilian-Livestock\\_05-Portuguese.pdf](https://tradehub.earth/wp-content/uploads/2023/10/202306_TH-Policy-Brief-Brazilian-Livestock_05-Portuguese.pdf). Acesso em: 08 jan. 2024.

BARROS, Jacqueline Cavalcante; GARCIA, Marcos Valério; HIGA, Leandro de Oliveira Souza; SOUZA, Alexandre da Silva; ANDREOTTI, Renato. Profile of cattle breed sensitivity to the tick *Rhipicephalus microplus*. **Ticks Tick Borne Diseases**, v. 15, n. 5, sep., 2024. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2024.102363.

- BONATTE-JÚNIOR, Paulino; BARROS, Jacqueline Cavalcante; MACIEL, Willian Giguelin; GARCIA, Marcos Valério; HIGA, Leandro de Oliveira Souza; ANDREOTTI, Renato. Control Strategies for the Tick *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1888) on Cattle.: Economic Evaluation and Report of a Multidrug-Resistant Strain. **Acta Parasitologica**, v. 67, p. 1564–1572, 2022. DOI em: <https://doi.org/10.1007/s11686-022-00611-8>
- CALVANO, Maria Paula Cavuto Abrão; BRUMATTI, Ricardo Carneiro; BARROS Jacqueline Cavalcante; GARCIA, Marcos Valério; MARTINS, Kauê Rodriguez; ANDREOTTI, Renato. Bioeconomic simulation of *Rhipicephalus microplus* infestation in different beef cattle production systems in the Brazilian Cerrado. **Agricultural Systems**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103247>
- DE MENEGHI, Daniele; STACHURSKI, Frederic; ADAKAL, Hassane. Experiences in tick control by acaricide in the traditional cattle sector in Zambia and Burkina Faso: possible environmental and public health implications. **Frontier Public Health**. v. 4, p. 1–11, 2016. DOI:[10.3389/fpubh.2016.00239](https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00239)
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018. 212 p.
- FAO. **Livestock's Long Shadow, environmental issues and options**. Rome: FAO, 2006. Disponível em: <https://www.fao.org/3/a0701e/a0701e00.htm>. Acesso em: 14 mai 2023.
- FURLONG, John, MARTINS, João Ricardo de Souza, PRATA, Márcia Cristina de Azevedo. **Carrapato dos bovinos: controle estratégico nas diferentes regiões brasileiras**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 36).
- GARCIA, Marcos Valério; RODRIGUES, Vinícios da Silva; KOLLER, Wilson Werner; ANDREOTTI, Renato. Biologia e importância do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. In: ANDREOTTI, Renato; GARCIA, Marcos Valério; KOLLER, Wilson Werner (org.). **Carrapatos na Cadeia Produtiva de Bovinos**. Campo Grande: Embrapa Gado de corte, 2019. p. 17-28. Disponível em: <https://cloud.cnpgc.embrapa.br/controle-do-carrapato-ms/files/2019/02/Controle-Carrapatos-2019-COMPLETO-EBOOK.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2024.
- GASPAR, Emanuelle Baldo; SACCO, Ana Maria Sastre; BENAVIDES, Magda Vieira; TRENTIN, Gustavo. **Medidas para controle de tristeza parasitária bovina**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2018. (Embrapa Pecuária Sul. Comunicado técnico, 99)
- GOMES, A. **Aspectos da cadeia produtiva do couro bovino no Brasil e em Mato Grosso do Sul**. In: Reuniões técnicas sobre couros e peles. Palestras e proposições, 2001, Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 127). Disponível em: [https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=319289&biblioteca=va\\_zio&busca=gomes%202001&qFacets=gomes%202001&sort=autoria-sort&paginacao=t&paginaAtual=10](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=319289&biblioteca=va_zio&busca=gomes%202001&qFacets=gomes%202001&sort=autoria-sort&paginacao=t&paginaAtual=10). Acesso em: 09 mar. 2023.
- GONZALES, João Carlos. **O controle do carrapato dos bovinos**. Porto Alegre: Sulina, 1975.

- GRISI, Laerte; LEITE, Romário Cerqueira; MARTINS, João Ricardo de Souza; BARROS, Antônio Thadeu Medeiros; ANDREOTTI, Renato; CANÇADO, Paulo Henrique; PÉREZ DE LEÓN, Adalberto Angel; PEREIRA, Jairo Barros; VILLELA, Humberto Silva. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 23, p. 150–6, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612014042>
- GUARINO, Ernestino Souza Gomes; PORTO, Ana Boeira; THOMAS, Pedro Augusto; MÜLLER, Sandra Cristina; URRUTH, Leonardo Marques; CHEMELLO, Davi; NABINGER, Carlos; SANT'ANNA, Danilo Menezes; MARTIN, Eduardo Velez; OVERBECK, Gerhard Ernst; SOUZA, Gabriela Coelho. Proposta de guia para a restauração de campos nativos no sul do Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2023 (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 394).
- HANSEN, Peter James. Physiological and cellular adaptations of Zebu cattle to termal stress. **Animal Reproduction Science**. 82/83, 349-360, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>.
- HIGA, Leandro Oliveira Souza; GARCIA, Marcos Valério; BARROS, Jacqueline Cavalcante; KOLLER, Wilson Werner; ANDREOTTI, Renato. Acaricide Resistance Status of the *Rhipicephalus microplus* in Brazil: A Literature Overview. **Medicinal chemistry**, v. 5, p. 326-333, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0444.1000281>. Acesso em: 29 abr. 2024.
- HOFFMANN, Rodolfo; ENGLER, Joaquim José de Camargo; SERRANO, Ondalva, THAME, Antônio Carlos de Mendes; NEVES, Evaristo Marzabal. **Administração da empresa agrícola**. 4ª. Ed. rev. São Paulo: Pioneira, 1984.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **Atlas do espaço rural brasileiro**. Rio de Janeiro: IBGE - Coordenação de Geografia, 2. Ed., 2020. 324 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **Produção da Pecuária Municipal PPM**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2022\\_v50\\_br\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2022_v50_br_informativo.pdf). Acesso em: 16 jul. 2024.
- KUNZ, S.E.; KEMP, D.H. Insecticides and acaricides: resistance and environmental impact. **Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)**. v. 13, p. 1249–1286, 1994. Disponível em: <https://doc.woah.org/dyn/portal/digidoc.xhtml?statelessToken=YvVA-nI6Q2640FBJNC0hrmtjv9ckp4QeSsWwMvo1Q5w=&actionMethod=dyn%2Fportal%2Fdigidoc.xhtml%3AdownloadAttachment.openStateless>
- LIMA, Magda Aparecida; ALVES, Bruno José Rodrigues. Vulnerabilidades, impactos e adaptação à mudança do clima no setor agropecuário e solos agrícolas. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, n. 27, p. 73-110, 2008. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/31628>. Acesso em: 4 set. 2024.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio:**

**Brasil 2022/23 a 2032/33: Projeções de Longo Prazo.** Brasília: MAPA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2022-2023-a-2032-2033.pdf/view>. Acesso em: 26 jul. 2024.

MARCIAL, Elaine C (org.). Megatendências mundiais 2030: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo?: contribuição para um debate de longo prazo para o Brasil. Brasília: Ipea, 2015.

NABINGER, Carlos; DALL'AGNOL, Miguel. **Guia para reconhecimento de espécies dos campos sulinos.** Brasília: Ibama, 2019. 132 p. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/phocadownload/file/7819-guia-para-reconhecimento-de-especie-dos-campos-sulinos>

NABINGER, Carlos; FERREIRA, Eduardo Tonet; FREITAS Aline K.; CARVALHO, Paulo César de Faccio; SANT' ANNA, Danilo Menezes. Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. In: PILLAR, V.D. *et al.* (Ed.). Campos sulinos conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009, p. 175-198.

OECD/FAO. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico/ Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032.** Paris: OECD Publishing, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>. Acesso em 25 jun. 2024.

OLIVIER, Jéssica. Carta do Boi - Exportação de carne bovina: evolução dos preços internacionais e competitividade entre os países. **SCOT Consultoria**, Bebedouro, n. 227, set. 2021. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/cartas/54586/> Acesso em: 13 jan. 2024.

ONU. United Nations Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992 AGENDA 21. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&nr=23&type=400&menu=35>. Acesso em: 5 set. 2024.

PEREIRA, Marcelo Campos, LABRUNA, Marcelo Bahia. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, In: PEREIRA, Marcelo Campos, LABRUNA, Marcelo Bahia, SZABÓ, Matias Pablo Juan, KLAFKE, Guilherme Marcondes (Eds.), ***Rhipicephalus (Boophilus) microplus: Biologia, Controle e Resistência.*** São Paulo: MedVet, 2008, p. 169.

PEREIRA, Mariana de Aragão. **Avaliação econômica de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: as experiências da Embrapa.** Mariana de Aragão Pereira (editora técnica). Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2019 (Embrapa Gado de Corte. Documento 268).

RIBEIRO, Andrea Bueno; ALENCAR, Maurício Mello; FREITAS, Alfredo Ribeiro; REGITANO, Luciana Correia de Almeida; OLIVEIRA, Márcia Cristina de Sena; IBELLI, Adriana Mércia. Heat tolerance of Nelore, Senepol × Nelore and Angus × Nelore heifers in the southeast region of Brazil. **South. African. Journal of. Animal.**

**Science**. v. 39, p. 263-265, 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131940/heat-tolerance-of-nelore-senepol-x-nelore-and-angus-x-nelore-heifers-in-the-southeast-region-of-brazil>. Acesso em: 29 abr. 2024.

SELISTRE, Alexandre Valente; WAGNER, Rodrigo Soares; OLIVEIRA, Tamara Esteves; BARCELLOS, Júlio Otávio Jardim. APROPAMPA: uma organização de pecuaristas para valorização da procedência da carne bovina. *In*: Edna Maria de Oliveira Ferronato (org.). **Indicações Geográficas do Rio Grande do Sul registradas até março de 2021**. Brasília: MAPA/AECS, 2022. p. 37-52. Disponível em: <http://192.168.3.118:8080/handle/1/212>. Acesso em: 16 set. 2024.

SILVA, José Pereira. **Análise financeira das empresas – 13ª edição revista e ampliada**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2017.

UENO, Hakaru; GONÇALVES, Pedro Cadral. **Manual para diagnóstico das helmintoses de ruminantes**. 4 ed. Tokyo: Japan Internacional Cooperation Agency, 1998.149p.

USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **The Brazilian Bovine Genetics Market and US Exports**. Brasília: GAIN, 2021. Disponível em: [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=The%20Brazilian%20Bovine%20Genetics%20Market%20and%20US%20Exports\\_Brasilia\\_Brazil\\_03-01-2021](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=The%20Brazilian%20Bovine%20Genetics%20Market%20and%20US%20Exports_Brasilia_Brazil_03-01-2021) Acesso em: 12 jan. 2024.

WEDEKIN, Ivan. **Economia da pecuária de corte: fundamentos e o ciclo de preços**. Ivan Wedekin. São Paulo: Wedekin Consultores, 2017. 180p.

WEST, Joe W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.86, p. 2131–44, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203020373803X>. Acesso em: 22 set. 2023.

## Considerações finais

O mercado internacional sinaliza, para a próxima década, um potencial aumento na demanda por proteína animal, gerando oportunidade para o Brasil incrementar suas exportações de carne bovina em 29,7%. Para suprir essa procura é preciso aumentar a produtividade na cadeia produtiva de bovinos, e esse fato coloca o investimento em genética como ponto estratégico nesse processo.

O melhoramento genético bovino faz o produtor migrar seus investimentos para raças taurinas e seus cruzamentos promovendo um aumento da sensibilidade do rebanho aos carrapatos. Independentemente do nível tecnológico, o nível de infestação do carrapato afeta diretamente o desempenho econômico e produtivo dos diferentes sistemas de produção da pecuária no Brasil.

No artigo 2 foi apresentada a Régua do Carrapato, uma ferramenta simples e de fácil entendimento, por meio da qual produtores e técnicos têm uma visão da composição racial dos bovinos e sua carga de sensibilidade ao carrapato, que pode ser fundamental na tomada de decisão para encontrar um equilíbrio entre o aumento da produtividade e o risco de perdas econômicas dependendo da composição racial do rebanho.

Com a intenção de fornecer informações para incrementar a produtividade, utilizando raças taurinas, e atender às demandas por sustentabilidade no mercado internacional, que pressionam por práticas de controle mais sustentáveis por meio de *compliance* e outras formas de controle, foi desenvolvido no artigo 1 um sistema de manejo rotacionado denominado de Sistema Lone Tick, que controlou o nível de infestação de carrapatos na raça Senepol sem o uso de acaricidas durante um ano no Cerrado, e manteve o equilíbrio enzoótico para TPB.

O artigo 3 discorre sobre o aumento da sensibilidade ao carrapato consequência da migração para raças de maior produtividade, o impacto econômico no setor produtivo, a resistência dos carrapatos aos acaricidas, a necessidade de políticas públicas adequadas e de novas tecnologias para mitigar o uso de produtos químicos, permitindo ao produtor oferecer produtos seguros para o mercado, livre de contaminantes e sem contaminação ambiental.

No artigo 4 foi apresentado um estudo de caso utilizando o sistema Lone Tick no bioma Pampa, com resultado promissor na capacidade de reduzir o número de carrapatos por animal, inferior ao limiar econômico, promovendo a estabilidade enzoótica para TPB, diminuindo em mais de 90% o número de aplicações de acaricidas, mitigando a contaminação ambiental, e proporcionando aumento da produtividade.

Com esses resultados o sistema Lone Tick tem possibilidade de atender um nicho de mercado crescente que busca a produção agroecológica como alternativa, e ainda preservando a biodiversidade com uma produção extensiva sustentável.

A pecuária sustentável em transformação deve promover o crescimento econômico com desenvolvimento social preservando a biodiversidade e gerenciando com responsabilidade o uso dos recursos naturais para as futuras gerações.

## ANEXOS

ANEXO A – Artigo 1: Controle de larvas do carrapato *Rhipicephalus microplus* no campo com base no distanciamento do hospedeiro - Sistema Lone Tick

Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports 47 (2024) 100950



Contents lists available at ScienceDirect

Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/vprsr](http://www.elsevier.com/locate/vprsr)



Original Article

Control of *Rhipicephalus microplus* tick larvae in the field based on distancing from the host - Lone tick system



Renato Andreotti<sup>a,\*</sup>, Jacqueline Cavalcante Barros<sup>a,f</sup>, Namor Pinheiro Zimmermann<sup>b</sup>,  
Marcos Valerio Garcia<sup>c</sup>, Leandro de Oliveira Souza Higa<sup>d</sup>, Kauê Rodriguez Martins<sup>e</sup>

<sup>a</sup> *Embrapa Beef Cattle, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brazil*

<sup>b</sup> *Federal University of Paraná - UFPR, Palotina Campus, Paraná, Brazil*

<sup>c</sup> *Biotick Fellow/Embrapa Beef Cattle, Campo Grande, MS, Brazil*

<sup>d</sup> *Bolsista Pós-Doutorado CNPq/Embrapa Beef Cattle, Campo Grande, MS, Brazil*

<sup>e</sup> *Federal University of Palotina, Rio Grande do Sul, Brazil*

<sup>f</sup> *Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brazil*

#### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Tick  
Cattle  
Cattle tick fever  
Rotation

#### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate a host-tick distancing control system using *Rhipicephalus microplus* in cattle. Its impact on the profiles of the pathogens *Anaplasma marginale* and *Babesia bigemina* was also assessed using enzyme-linked immunosorbent and real-time polymerase chain reaction. Experiments were conducted in Mato Grosso do Sul, Brazil. A total of 37 Senepol animals with natural tick infestation were used in this study. The ticks on the animals were counted, and pasture rotation was performed at 28-day intervals. This approach was repeated until the end of the experiment to maintain a low number of ticks, resulting in a final average of 6.3 ticks/host. Cattle maintained an immune response to the cattle tick fever (CTF) agents. DNA copies of *A. marginale* ( $X \sim 1.1$ ) and *B. bigemina* ( $X \sim 0.05$ ) did not vary significantly with the decrease in tick count throughout the study period. Based on these results, we conclude that a distancing period of 84 days between ticks and cattle in conditions of the Cerrado biome can control ticks in animals and maintain enzootic stability. Thus, it is possible to create productive breeds with lower tick control costs.

## ANEXO B – Artigo 2: Perfil de sensibilidade da raça bovina ao carrapato *Rhipicephalus microplus*

Ticks and Tick-borne Diseases 15 (2024) 102363



Contents lists available at ScienceDirect

Ticks and Tick-borne Diseases

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/tbdis](http://www.elsevier.com/locate/tbdis)



Original article

### Profile of cattle breed sensitivity to the tick *Rhipicephalus microplus*

Jacqueline Cavalcante Barros<sup>a</sup>, Marcos Valério Garcia<sup>b</sup>, Leandro de Oliveira Souza Higa<sup>b</sup>, Alexandre da Silva Souza<sup>c</sup>, Renato Andreotti<sup>d,\*</sup>

<sup>a</sup> Federal University of Mato Grosso do Sul, Graduate Program in Animal Science, Campo Grande, MS, Brazil

<sup>b</sup> Scholarship Holder DCR/Fundapam/Embrapa Beef Cattle, Animal Health, Campo Grande, MS, Brazil

<sup>c</sup> Veterinarian, Fundapam Fellow, Campo Grande, MS, Brazil

<sup>d</sup> Embrapa Beef Cattle, Animal Health, Avenida Rádio Maia, 830, Campo Grande, MS CEP 79106-550, Brazil

#### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Tick ruler  
*R. microplus*  
Resistance  
Host

#### ABSTRACT

Among cattle, *Bos taurus* breeds and their crosses are more sensitive to tick infestations than *Bos indicus* breeds that are more resistant to infestation and more adaptable to tropical climates. The presence of susceptible individuals in herds and inadequate tick control lead to direct and indirect losses in the meat production chain, in addition to increased mortality due to cattle tick fever. The objective of this study was to describe, compare and rank the sensitivity of different breeds of stabled cattle to the tick *Rhipicephalus microplus* and to present, as an innovative result, a scale called the Tick Ruler. Secondary data on the number of retrieved engorged females, engorged female ticks' weight, egg mass weight and number of larvae were extracted from research reports of experiments conducted over 18 years with eight breeds to describe and report the sensitivity of the breeds to artificial infestation by *R. microplus* larvae. For analyses, the recovery rate of engorged female ticks and the percentile of dispersion of individuals in their respective races were calculated, and comparison of these percentiles between races was performed. The ranking of the percentiles resulted in the organization of the breeds by their susceptibility to *R. microplus*; we call this scale the "Tick Ruler." The ruler is a simple, easy-to-understand tool that can be used by technicians and producers to evaluate the tick sensitivity of a breed of interest and can assist producers in decision-making to find a balance between increased production gains and the risk of economic losses depending on the breed composition in a cattle herd.

ANEXO C – Artigo 3: Impacto econômico do carrapato-do-boi na pecuária em transformação no Brasil



**Contemporânea**  
*Contemporary Journal*  
 4(1): 3266-3287, 2024  
 ISSN: 2447-0961

Artigo



**IMPACTO ECONÔMICO DO CARRAPATO-DO-BOI NA  
 PECUÁRIA EM TRANSFORMAÇÃO NO BRASIL**

ECONOMIC IMPACT OF THE CATTLE TICK ON BRAZILIAN  
 LIVESTOCK IN TRANSFORMATION

DOI: 10.56083/RCV4N1-184  
 Recebimento do original: 29/12/2023  
 Aceitação para publicação: 29/01/2024

**Jacqueline Cavalcante Barros**

Doutoranda pelo Programa de Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)  
 Instituição: Embrapa Gado de Corte  
 Endereço: Avenida Rádio Mala, 830, Vila Popular, Campo Grande-MS, CEP: 79106-550  
 E-mail: jacqueline.barros@embrapa.br

**Marcos Valério Garcia**

Doutor em Microbiologia Agropecuária pela Universidade Estadual Paulista (UNESP)  
 Instituição: Embrapa Gado de Corte  
 Endereço: Avenida Rádio Mala, 830, Vila Popular, Campo Grande-MS, CEP: 79106-550  
 E-mail: marcosvagar@gmail.com

**Maria Paula Cavuto Abrão Calvano**

Doutora em Ciência Animal pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)  
 Instituição: Embrapa Gado de Corte  
 Endereço: Avenida Rádio Mala, 830, Vila Popular, Campo Grande-MS, CEP: 79106-550  
 E-mail: mpcavutoabraocalvano@gmail.com

**Renato Andreotti**

Doutor em Ciências pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)  
 Instituição: Embrapa Gado de Corte  
 Endereço: Avenida Rádio Mala, 830, Vila Popular, Campo Grande - MS, CEP: 79106-550  
 E-mail: renato.andreotti@embrapa.br

**RESUMO:** Estima-se em 3,2 bilhões de dólares/ano os prejuízos provocados pelos carrapatos à economia do país. Esse quadro se agrava com a introdução de raças taurinas e seus cruzamentos na composição racial de bovinos no país pela demanda de raças mais produtivas para atender às demandas do mercado internacional na próxima década, gerando rebanhos

3266

ANEXO D – Artigo 4: Análise Econômica de sistema de produção de gado de corte com controle do carrapato (*Rhipicephalus microplus*) de forma sustentável

**Agricultural Systems**  
**Economic analysis of beef cattle production system with sustainable control of the cattle tick (*Rhipicephalus microplus*)**  
 --Manuscript Draft--

<b>Manuscript Number:</b>	
<b>Article Type:</b>	Research Paper
<b>Keywords:</b>	economic losses; acaricide; Lone Tick; case study
<b>Corresponding Author:</b>	Renato Andreotti Brazilian Agricultural Research Corporation Campo Grande, Mato Grosso do Sul BRAZIL
<b>First Author:</b>	Jacqueline Cavalcante Barros
<b>Order of Authors:</b>	Jacqueline Cavalcante Barros Ricardo Brumatti Marcos Valério Garcia Sergio Elmar Bender James Barbosa Pureza Rodrigo Casquero Cunha Renato Andreotti
<b>Abstract:</b>	The main host of the tick <i>Rhipicephalus microplus</i> are cattle. In Brazil, its presence in the cattle production chain causes an estimated loss of US\$ 3.24 billion/year. The economic losses are related to weight loss in cattle, reduced milk production, animal deaths and costs with acaricides. The main control tool is chemical products, but resistance to acaricides affects producers and the pharmaceutical industry, in addition