

Universidade Federal de Uberlândia  
Programa de Pós-Graduação em Imunologia e Parasitologia Aplicadas (PPIPA)

AMANDA FERREIRA REZENDE

**Efeito do microambiente sobre a sobrevivência e o número de larvas produzidas por fêmeas do carapato *Rhipicephalus linnaei* (ACARI: IXODIDAE)**

Uberlândia,  
2025

AMANDA FERREIRA REZENDE

Efeito do microambiente sobre a sobrevivência e o número de larvas produzidas por fêmeas do carrapato *Rhipicephalus linnaei* (ACARI: IXODIDAE)

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Imunologia e Parasitologia Aplicadas (PPIPA) da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título mestre

Área de concentração:

Orientador: Prof Dr Matias Szabó

Uberlândia

2025

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

R467 Rezende, Amanda Ferreira, 1996-  
2025 Efeito do microambiente sobre a sobrevivência e o número de larvas produzidas por fêmeas do carrapato *Rhipicephalus linnaei* (ACARI: IXODIDAE) [recurso eletrônico] / Amanda Ferreira Rezende. - 2025.

Orientador: Matias Pablo Juan Szabó .  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Pós-graduação em Imunologia e Parasitologia Aplicadas.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.368>  
Inclui bibliografia.

1. Imunologia. I. , Matias Pablo Juan Szabó,1964-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Imunologia e Parasitologia Aplicadas. III. Título.

CDU: 612.017

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Imunologia e  
Parasitologia Aplicada

Av. Amazonas, s/n, Bloco 4C, Sala 4C218 - Bairro Umuarama, Uberlândia-MG, CEP  
38400-902

Telefone: (34) 3225-8672 - [www.imunoparasito.ufu.br](http://www.imunoparasito.ufu.br) - [coipa@ufu.br](mailto:coipa@ufu.br)



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Imunologia e Parasitologia Aplicadas				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, número 313, do PPGIPA				
Data:	Trinta e Um de Julho de Dois Mil e Vinte e Cinco	Hora de início:	14 horas	Hora de encerramento:	16h e 30min
Matrícula do Discente:	12322IPA002				
Nome do Discente:	Amanda Ferreira Rezende				
Título do Trabalho:	Efeito do microambiente sobre a sobrevivência e o número de larvas produzidas por fêmeas do carrapato <i>Rhipicephalus linnaei</i> (ACARI: IXODIDAE)				
Área de concentração:	Imunologia e Parasitologia Aplicadas				
Linha de pesquisa:	Biologia das interações entre patógenos e seus hospedeiros				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Ecologia e comportamento do carrapato <i>Rhipicephalus linnaei</i>				

Reuniu-se de forma híbrida, com os membros externos em formato remoto e os demais participantes e convidados na sala 2B213 Campus Umuarama, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Imunologia e Parasitologia Aplicadas, assim composta: Professores Doutores: Marcelo Bahia Labruna - USP; Adriano Pinter dos Santos - USP e Matias Pablo Juan Szabó - UFU, presidente e orientador da candidata.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Matias Szabó, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestra.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos e lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Matias Pablo Juan Szabo**, **Professor(a) do Magistério Superior**, em 01/08/2025, às 06:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Pinter dos Santos**, **Usuário Externo**, em 01/08/2025, às 11:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Bahia Labruna**, **Usuário Externo**, em 01/08/2025, às 12:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **6555881** e o código CRC **677C7116**.

AMANDA FERREIRA REZENDE

Efeito do microambiente sobre a sobrevivência e o número de larvas produzidas por fêmeas do carapato *Rhipicephalus linnaei* (ACARI: IXODIDAE)

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Imunologia e Parasitologia Aplicadas (PPIPA) da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título mestre

Área de concentração:

Uberlândia, 31 de julho de 2025

Banca Examinadora:

Marcelo Bahia Labruna

Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal – FMVZ – Universidade Federal de São Paulo - USP

Adriano Pinter dos Santos

Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal – FMVZ – Universidade Federal de São Paulo - USP

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo estímulo, carinho e compreensão.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me guiado nesse caminho da pesquisa e por ter colocados pessoas boas e inspiradoras ao meu lado.

Agradecimento especial aos meus pais, Geraldo e Chirvânia, que sempre me apoiaram, mesmo de longe e me incentivaram a pesquisar, a estudar e buscar um futuro melhor. Agradeço o amor, cuidado e por entender as faltas em momentos importantes. Agradeço a minha irmã Alice e meu sobrinho Joshua, que me escutam todos os dias, sobre carapatos, dificuldades, medos e alegrias. Deus foi maravilhoso em me dar uma família amorosa e compreensiva.

Agradeço ao professor Matias Szabó, que me acolheu no laboratório, me ensinou a conduzir uma colônia de carapatos, me ensinou a ter pensamentos críticos, a lidar com as dificuldades da vida acadêmica, da vida de pesquisa e da vida pessoal. Sem dúvidas, é uma grande inspiração para a minha caminhada.

Aos amigos do LABIX, agradeço toda paciência, compreensão, ajuda e momentos de descontração, a minha caminhada foi mais leve com vocês. Em especial, Vinícius, que me ensinou a cuidar de colônia, a anotar tudo, ter cuidados com as planilhas, pelas caronas e ensinamentos. Rodrigo, Gustavo, Ana Carolina e Adriane, obrigada pelas trocas de conhecimento, pelos ensinamentos de técnicas e por compartilhar momentos de lazer. Vocês estão guardados no meu coração. Agradeço a Marlene juntamente com a sua empresa, Ticks and Fleas, que me auxiliou enviando carapatos para o experimento.

Um agradecimento especial à Kátia Facure, que nos auxiliou com o mundo da estatística, com muita paciência e dedicação.

Aos amigos da vida, do mestrado e dos dias, obrigada por me ajudar em momentos de desespero, obrigada por me ouvir falar de carapato e sobre as dificuldades e alegrias. Obrigada pelos momentos de descontração, o mestrado não seria o mesmo sem vocês. Em especial, Dayanne, Jéssica Geovana, Tomás Bevilacqua, Lola, Karen, Pamela, Ana Luiza, Thalita. Um agradecimento à Priscila, que me inspirou a buscar a pós-graduação mesmo antes de entrar na faculdade.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio e pela bolsa concedida durante os anos do curso

“O sucesso não acontece por acaso. É trabalho duro, perseverança, aprendizado, estudo, sacrifício e acima de tudo, amor pelo que você está fazendo ou aprendendo a fazer.”

Pelé

## RESUMO

Dentre os carapatos de maior importância veterinária e médica, destaca-se a espécie cosmopolita *Rhipicephalus sanguineus* sensu lato. Embora seja um parasita ocasional de seres humanos, é um ectoparasita habitual de cães domésticos e atua como vetor de patógenos potencialmente letais. Na América do Sul, esse complexo é representado por duas espécies distintas: *Rhipicephalus sanguineus* sensu stricto e *Rhipicephalus linnaei*, que diferem em aspectos genéticos, comportamentais e ecológicos. O carapato *R. linnaei* completa sua fase não parasitária em ambientes antropizados e secos, mas, a saber, não em áreas verdes. No entanto, ainda não se conhecem os fatores abióticos que impedem seu desenvolvimento nesses ambientes naturais. Este estudo comparou a interferência de variáveis abióticas (temperatura e umidade relativa do ar) de diferentes ambientes sobre o ciclo de vida do carapato *R. linnaei*, com foco nas fases de fêmeas ingurgitadas, oviposição, eclosão e longevidade das larvas. Os microambientes avaliados foram: uma área verde de Cerrado (Cerradão), um apartamento, um quintal urbano, além de um ambiente laboratorial utilizado para manutenção de colônias, que serviu como controle. Fêmeas ingurgitadas foram posicionadas mensalmente, durante 36 meses, nesses ambientes, acondicionadas em envelopes metálicos e avaliadas diariamente. A temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas a cada hora em todos os microambientes. Nos ambientes antropogênicos, quintal e apartamento, o ciclo de vida foi comprometido em 62% e 27% das liberações, respectivamente. No quintal, essa interrupção ocorreu predominantemente durante a estação seca; já no apartamento, foi restrita a esse mesmo período. Em contraste, no ambiente de mata, o ciclo foi comprometido em 33% das liberações, quase exclusivamente durante a estação chuvosa. A produção de larvas, parâmetro que inclui oviposição e eclosão dos ovos, apresentou maior sensibilidade a condições de umidade relativa média inferior a 60%. Por sua vez, as larvas demonstraram ainda maior suscetibilidade, com significativa redução da sobrevivência observada quando a umidade relativa média foi inferior a 80%. A longevidade das larvas foi afetada nos três microambientes naturais, com redução do período de vida para menos de um terço daquele observado em estufa BOD. Enquanto nesse ambiente controlado a sobrevivência média das larvas foi de aproximadamente 90 dias, nos demais ambientes foi reduzida para 30 dias ou menos. Considerando os resultados obtidos sugerimos que o carapato *R. linnaei* depende para manter seu ciclo de vida em ambientes antrópicos de comportamento por busca de microambientes mais favoráveis e da presença frequente do hospedeiro. Em ambientes verdes a movimentação das larvas é comprometida pela umidade e temperatura mais amena e ausência frequente de hospedeiros.

**Palavras-chave:** carrapato, *Rhipicephalus linnaei*, temperatura, umidade, ciclo de vida, Cerrado

## ABSTRACT

Among the ticks of greatest veterinary and medical importance, the cosmopolitan species *Rhipicephalus sanguineus* sensu lato stands out. Although it is an occasional parasite of humans, it is a habitual ectoparasite of domestic dogs and acts as a vector of potentially lethal pathogens. In South America, this complex is represented by two distinct species: *Rhipicephalus sanguineus* sensu stricto and *Rhipicephalus linnaei*, which differ in genetic, behavioral, and ecological aspects. The tick *R. linnaei* completes its non-parasitic life stage in anthropized and dry environments, but notably not in green areas. However, the abiotic factors that prevent its development in these natural environments are not yet understood. This study compared the influence of abiotic variables (temperature and relative humidity) from different environments on the life cycle of *R. linnaei*, focusing on engorged female ticks, oviposition, egg hatching, and larval longevity. The microenvironments evaluated were: a green Cerrado area (Cerradão), an apartment, an urban backyard, and a laboratory environment used for colony maintenance, which served as control. Engorged females were placed monthly, over 36 months, in these environments, confined in metallic envelopes and evaluated daily. Temperature and relative humidity were recorded hourly in all microenvironments. In anthropogenic environments, the backyard and apartment, the life cycle was interrupted in 62% and 27% of releases, respectively. In the backyard, this interruption occurred predominantly during the dry season; in the apartment, it was restricted to this same period. In contrast, in the forest environment, the cycle was compromised in 33% of releases, almost exclusively during the rainy season. Larval production, a parameter encompassing oviposition and egg hatching, showed greater sensitivity to mean relative humidity below 60%. Larvae themselves demonstrated even higher susceptibility, with significant survival reduction observed when mean relative humidity was below 80%. Larval longevity was affected in all three natural microenvironments, with lifespan reduced to less than one-third of that observed in the BOD incubator. While average larval survival in this controlled environment was approximately 90 days, it was reduced to 30 days or less in the other environments. Based on these results, we suggest that *R. linnaei* relies on behavior seeking favorable microenvironments and frequent host presence to maintain its life cycle in anthropized environments. In green areas, larval movement is compromised by higher humidity, milder temperatures, and frequent absence of hosts.

**Keywords:** tick, *Rhipicephalus linnaei*, temperature, humidity, life cycle, Cerrado

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
2.1 Carapatos como ectoparasitas .....	14
2.2 Carapatos como vetores de agentes infecciosos.....	14
2.3 <i>Rhipicephalus linnaei</i> (Audouin, 1826).....	15
2.4 Complexo <i>R. sanguineus</i> no Brasil.....	17
2.5 <i>Rhipicephalus linnaei</i> e patógenos transmitidos.....	18
2.6 Ciclo de vida e necessidades abióticas .....	19
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
3.1 Local do estudo .....	22
3.2 Microambientes .....	22
3.3 Fêmeas ingurgitadas do carapato <i>R. linnaei</i> e identificação molecular.....	23
3.4 Infestação ambiental e parâmetros abióticos .....	24
3.5 Parâmetros biológicos dos carapatos avaliados.....	24
3.6 Análise de dados.....	25
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>28</b>
4.1 Identificação molecular do carapato <i>R. linnaei</i> .....	28
4.2 Dados extremos de temperatura e umidade relativa de todos os microambientes: .....	28
4.3 Contagem de larvas/eclosão de ovos .....	29
4.4 Influência da temperatura e umidade sobre a eclosão dos ovos e número de larvas....	35
4.5 Sobrevida larval .....	41
4.6 Efeito da temperatura e da umidade sobre a sobrevida das larvas.....	47
<b>5. DISCUSSÃO.....</b>	<b>51</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O carapato, um ectoparasita de uma grande variedade de espécies vertebrados é o principal vetor de patógenos na área da medicina veterinária e o segundo para os seres humanos, atrás somente dos mosquitos (Nicholson et al., 2019). Dentro as espécies de importância, o *Rhipicephalus sanguineus* sensu lato, carapato amplamente distribuído no Brasil (Dantas-Torres et al., 2024), é responsável por transmitir uma variedade de agentes patogênicos para os animais, como a erliquiose canina e a babesiose (Nicholson et al., 2019; Guglielmone et al., 2021). Esse carapato é também relevante para saúde pública, pode transmitir para os humanos, entre outros, as bactérias *Rickettsia rickettsii* e *Rickettsia conorii*, capazes de causar doenças graves e fatais (Socolovschi et al., 2012; Alvarez-Hernandez et al., 2017).

*Rhipicephalus sanguineus* sensu lato, antes considerada uma espécie única de ampla distribuição global (Walker et al., 2000), é na verdade um complexo de espécies morfologicamente similares e associadas aos cães (Pegram et al., 1987; Nava et al., 2015). Recentemente através de estudos de biologia e moleculares com espécimes coletados em localidades tipo algumas das espécies do complexo foram mais bem caracterizadas. Duas espécies se destacam nesse complexo, a linhagem tropical, *Rhipicephalus linnaei* (Audouin, 1826) redescrita por Slapeta et al. (2022) e a temperada, *Rhipicephalus sanguineus* sensu stricto (Latreille, 1806), por Nava et al. (2018). A linhagem temperada no Brasil está restrita ao sul do país e a tropical é predominante no restante do país (Moraes-Filho et al., 2011). *Rhipicephalus linnaei* é um vetor competente da *Erlichia canis*, além disso, não apresenta diapausa comportamental, diferindo dessa maneira da linhagem temperada (Moraes-Filho et al., 2015; Labruna et al., 2017). Em função da dificuldade de distinção morfológica e discriminação apenas recente das espécies, neste estudo, *Rhipicephalus sanguineus* será referido conforme a designação adotada em cada estudo, ou a origem geográfica apresentada.

O carapato *R. sanguineus* s.l. foi introduzido no Brasil e é um parasita comum a cães, associados a habitações humanas, podendo ser encontrado em áreas urbanas e rurais (Ribeiro et al., 1997; Szabó et al., 2001, 2010; Labruna et al., 2017). Esse carapato é trióxeno (Guglielmone et al., 2006), ou seja, possui estágio larva, ninfa e adultos, que se alternam em períodos não parasitários no meio ambiente. Esse carapato está associado aos locais de descanso do hospedeiro, comportamento nidícola, ambiente (Aragão 1936) em que se dá o período de ecdise, ovoposição, eclosão, até a próxima alimentação. Na fase não parasitária os carrapatos estão expostos às variações ambientais, principalmente da alternância da temperatura

e umidade, e que interferem na duração e desempenho biológico ao longo do ciclo de vida (Heath et al., 1981).

Um aspecto importante para as espécies do complexo *R. sanguineus* s.l. no Brasil é que não são relatados em ambientes verdes e raramente são encontrados parasitando animais selvagens. Quando isso ocorre está associado à permanência/passagem/proximidade dos hospedeiros com ambientes antrópicos (Labruna 2005, Szabó et al., 2008; 2019; Luz et al., 2012) e não há um estudo que especificamente tenha avaliado se carapatos *R. linnaei* são capazes de completar o ciclo de vida em ambiente verde.

Portanto neste trabalho pretendeu-se comparar o desenvolvimento de fase não parasitária do carapato *R. linnaei*, especificamente das fases mais sensíveis do ovo e da larva, em ambiente verde em fitofisionomia florestal do Cerrado com aqueles em que a espécie comumente ocorre, locais antropizados (quintal e apartamento) de área urbana inserida no mesmo Bioma. Além disso, foram avaliados os efeitos sazonais de temperatura e umidade sobre os carapatos em cada um dos ambientes para definir os limites que determinam a sobrevivência de populações do carapato. O conhecimento gerado poderá contribuir para uma melhor compreensão da ampla distribuição global dessa espécie e a epidemiologia de doenças transmitidas pelo *R. linnaei*.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Carapatos como ectoparasitas

Os carapatos são ectoparasitas hematófagos pertencentes à classe dos aracnídeos (Guimarães et al., 2001). Atualmente, são conhecidas aproximadamente 1000 espécies de carapatos em todo o mundo (Nicholson et al., 2019; Martins et al., 2021; Barros-Battesti et al., 2024), distribuídas em três famílias, das quais duas se destacam: Ixodidae e Argasidae. A família Ixodidae, composta por carapatos duros devido à presença de um escudo dorsal rígido, inclui mais de 700 espécies distribuídas em 16 gêneros, com a capacidade de permanecerem aderidos ao hospedeiro e se alimentarem por vários dias. Já a família Argasidae, conhecida como carapatos moles, abrange pouco mais de 200 espécies, caracterizadas pela ausência de escudo dorsal rígido e por realizarem alimentações rápidas e intermitentes (Gugliemone et al., 2010; Estrada-Peña et al., 2017). No Brasil, mais de 50 espécies já foram registradas, aproximadamente 40 são pertencentes à família Ixodidae (Barros-Battesti et al., 2024).

Os carapatos dependem da alimentação para manutenção do seu ciclo de vida. Para isso, perfuram a pele do hospedeiro, danificando o tecido, bloqueando as dores e coceiras. A saliva do carapato possui biomoléculas capazes de modular a resposta imune do hospedeiro e a vasoconstrição, garantindo sucesso na alimentação. Em alguns indivíduos, a saliva pode causar reações alérgicas. Além disso, a saliva pode causar toxicose, paralisia (Jongejan e Uilenberg, 2004) e alergias.

A picada de carapato pode causar inúmeros danos aos hospedeiros. Em bovinos, por exemplo, a picada pode afetar a pele e couro, reduzindo seu valor comercial. Podem causar infestações intensas e transmitir agentes patogênicos, que geram prejuízos para a produção. Algumas espécies de carapatos podem causar uma lesão cutânea grave, levando a formação de abscesso por infecção secundária. E é através da picada e alimentação demorada, que os carapatos transmitem agentes infecciosos aos hospedeiros, podendo causar doenças graves aos animais (Jongejan e Uilenberg, 2004).

### 2.2 Carapatos como vetores de agentes infecciosos

Os carapatos possuem relevância médica e veterinária, pois atuam como vetores de diversos patógenos que afetam animais domésticos, silvestres e seres humanos, representando, assim, um problema significativo de saúde pública e animal (Guimarães et al., 2001; Nicholson et al., 2019). Os carapatos conseguem transmitir agentes patogênicos viáveis, através do

processo de hematofagia dos seus hospedeiros, por isso, o tempo de fixação e alimentação são importantes. Para isso, o carapato se utiliza do hipostômio e perfura a pele do hospedeiro, até que consiga alcançar área com vasos sanguíneos da derme. Algumas espécies conseguem se fixar mais profundamente (*Amblyomma*), pois possuem aparelho bucal mais alongado, outros se fixam mais superficialmente (*Rhipicephalus*) (Bowman et al., 1997). Os Ixodídeos secretam uma substância conhecida como cemento, que auxilia na fixação do carapato ao hospedeiro. Um estudo feito com *Ixodes ricinus* avaliou a transmissão de agente patogênico ao hospedeiro e mostrou que esse cemento pode ficar infectado, mesmo após a remoção do carapato (Richard et al., 2017), fazendo com o que o hospedeiro fique em contato direto com o agente patogênico.

Além disso, a saliva do carapato também pode influenciar no tempo de permanência e na transmissão de agente patogênicos, uma vez que há uma modulação da resposta imunológica do hospedeiro pelos bioativos presentes na saliva (Kotál et al., 2015). Isso pode permitir que o carapato permaneça por mais tempo no hospedeiro, deixando-o suscetível à possíveis infecções (Ribeiro et al., 1995; Bowman et al., 1997).

Carapatos são os principais vetores de agentes infecciosos para animais domésticos, responsáveis pela transmissão de várias doenças que causam impactos negativos e só perdem para mosquitos no caso de seres humanos (Jongejan e Uilenberg, 2004). As principais doenças cujos agentes são transmitidos para os animais são a erliquiose canina, tristeza parasitária bovina, cowdriose e teileriose (Dinkisa, 2018). Para humanos transmitem os agentes da doença de Lyme (Parola e Raoult, 2001; Steere et al. 2016), diversas riquetsioses, algumas letais com a febre maculosa brasileira, febre maculosa do mediterrâneo, encefalite viral, febre hemorrágica da criméia e congo (Whitehouse, 2004). São vários agentes patogênicos que evidenciam os carapatos como vetores de grande importância para a saúde pública e para a medicina veterinária.

### 2.3 *Rhipicephalus linnaei* (Audouin, 1826)

O carapato *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806), conhecido como carapato marrom do cão, é, segundo trabalhos mais antigos, a espécie de maior distribuição global, provavelmente por ter como hospedeiro o cão (Pegram et al., 1987; Walker et al., 2000). Porém a taxonomia desse grupo é ainda incerta e motivo de muita pesquisa. A semelhança morfológica de espécies do complexo e a variação intraespecífica de caracteres morfológicos impediu por

muito tempo a correta distinção (Ribeiro et al., 1996; Nava et al., 2015; Dantas-Torres et al., 2024).

Um passo importante para iniciar a organização taxonômica do complexo e, por conseguinte, da distribuição geográfica, dos estudos de biologia, ecologia e participação na epidemiologia de doenças transmitidas por vetores, foi o estabelecimento do novo espécime tipo do *Rhipicephalus sanguineus* stricto sensu por Nava e colaboradores (2018). Para esse trabalho Nava e colaboradores (2018) coletaram carrapatos da localidade em que foi originalmente descrita a espécie por Latreille em 1806, estabeleceram um macho neótipo, uma colônia com espécimes para descrições morfológicas e dados genéticos para uma nova referência. A partir desse trabalho algumas outras espécies do complexo foram sequencialmente mais bem caracterizadas. Em uma análise de taxonomia molecular recente e que analisou o genoma mitocondrial completo de 60 carrapatos, Kelava e colaboradores (2025) consideraram haver 16 espécies no complexo *R. sanguineus*. Porém, apesar dos avanços, há ainda muitas dúvidas na taxonomia do grupo, como o discernimento entre as espécies *R. sanguineus* s.s. e *R. hibericus*. Estas espécies são indistinguíveis pelo genoma mitocondrial (Kelava et al., 2025) mas que parecem ter comportamento de busca por hospedeiro distinto, endofílico nidícola no caso do primeiro e exofílico no caso do segundo (Milán et al., 2024).

Duas das espécies do complexo *R. sanguineus* parecem ser as mais prevalentes mundialmente e distribuídas em diversos continentes. O carrapato *R. sanguineus* s.s foi registrado na América do Norte, América do Sul e Europa enquanto o *R. linnaei*, além dos mencionados anteriormente, na África, Oriente Médio, Sudeste Asiático e Austrália (Dantas-Torres et al., 2024). As outras espécies do grupo parecem ter distribuições mais restritas, ainda assim ocupando áreas extensas como é o caso do *R. turanicus* presente na região Paleártica, Afeganistão, China (norte), Israel, Quirguistão e Uzbequistão (Dantas-Torres et al., 2024).

As duas espécies mais prevalentes do complexo, apesar de indistinguíveis por caracteres morfológicos, possuem diferenças biológicas, ecológicas e de capacidade vetorial. O *R. sanguineus* s.s. está associado ao clima temperado e subtropical enquanto o *R. linnaei* prevalece em regiões tropicais e subtropicais (Burlini et al., 2010; Labruna et al., 2017; Dantas-Torres et al., 2024). Em oposição ao carrapato *R. linnaei*, o *R. sanguineus* s.s suporta mais climas frios e exibe uma diapausa comportamental em seu ciclo de vida (Labruna et al., 2017). O carrapato da linhagem tropical, mas não a temperada, é um bom vetor da bactéria intracelular *Ehrlichia canis* para cães (Moraes-Filho et al., 2015).

## 2.4 Complexo *R. sanguineus* no Brasil

O carapato *Rhipicephalus sanguineus* sensu lato foi introduzido no Brasil (Aragão, 1936). Mais provavelmente foi introduzida na América do Sul, provavelmente pelas diferentes rotas de colonização a partir da África e/ ou Europa (Szabó et al., 2005; Guglielmone et al., 2021). No caso específico do *R. linnaei* a origem mais provável do carapato é a África (Kelava et al., 2025). A espécie, provavelmente *R. linnaei* como explicado mais à frente, já é mencionada como parasita frequente de cão no Brasil no início do século XX sendo registrada no Distrito Federal, três municípios da Bahia, um do Maranhão, dois do Pará e nas margens do rio Guaporé no Mato Grosso Aragão (1911). Aragão (1936) cita que até 1906 a espécie não era conhecida em São Paulo, Minas Gerais e os estados do Sul do Brasil, mas já era abundante nos estados mais ao norte, a partir da Bahia. Segundo o mesmo autor, a partir de 1910 o carapato *R. sanguineus* se disseminou para os demais estados. Nestes se tornou uma praga comum em cães e nas habitações, nas paredes, debaixo de móveis e outros onde impressionavam pela abundância das infestações. Para o controle, entre outros o autor recomenda: “É de todo recomendado cessar o hábito de fazer os cachorros de estimação dormirem nos quartos, no interior das casas e até mesmo na cama dos seus donos, não só pelo lado do asseio como pelo eventual perigo de transmissão de moléstias por elles vehiculadas”. O autor ainda faz duas observações importantes: 1) o *R. sanguineus* só excepcionalmente ataca o homem e; 2) é transmissor do agente da Febre Maculosa Brasileira *Rickettsia rickettsii*, doença denominada à época de Typho exanthemático.

Atualmente carapatos do complexo *R. sanguineus* são comuns no meio urbano e rural do Brasil (Ribeiro et al., 1997; Szabó et al., 2001 e 2010). Ribeiro et al. (1997) identificaram a presença de *R. sanguineus* em 93,2% dos cães errantes no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Em Franca, estado de São Paulo, Szabó et al. (2001) constataram uma taxa de infestação de 27,5% entre os cães avaliados. Já em Uberlândia, Minas Gerais, Szabó et al. (2010) verificaram uma prevalência de infestação de 37,3% em cães de zona rural.

Até o início do século acreditava-se que havia apenas uma espécie do complexo *R. sanguineus* na América do Sul. Szabó et al (2005), ao compararem genes mitocondriais e realizarem cruzamentos entre populações, identificaram duas populações distintas de *R. sanguineus* no continente. A análise molecular revelou que a população Argentina correspondia ao *R. sanguineus* da França e a brasileira era próxima do *Rhipicephalus turanicus* do Zimbábue. Posteriormente Moraes-Filho et al. (2011) registrou as duas espécies no Brasil, sendo o

genótipo Frances restrito ao sul do país. Posteriormente com os trabalhos de Nava et al. (2018) e Slapeta et al. (2022) os genótipos brasileiros foram atribuídos às espécies *R. sanguineus* s.s. quando encontrado no extremo sul do Brasil e *R. linnaei* prevalente no restante do país. A distribuição geográfica dessas espécies está relacionada com variáveis climáticas (Zemtsova et al., 2016; Labruna et al., 2017; Villareal et al., 2018), sendo *R. sanguineus* s.s. prevalente em regiões com temperaturas médias abaixo de 20° C (Labruna et al., 2017), no Brasil restrita apenas no extremo sul Moraes-Filho et al. (2011). A linhagem tropical (*R. linnaei*) por outro lado, é encontrada distribuída por várias regiões do país (Burlini et al., 2010; Moraes-Filho et al., 2011).

*Rhipicephalus linnaei* parece ser a espécie de carapato com a distribuição geográfica mais ampla entre aquelas do complexo *R. sanguineus*. Há registros dessa espécie em todos os continentes com exceção da Antártica (Keleva et al., 2025). Essa linhagem foi redefinida como *Rhipicephalus linnaei* (Slapeta et al., 2022), após identificação morfológica e descrição detalhada da espécie, com a complementação molecular de carapatos coletados no Egito, de forma a estabelecer um referencial taxonômico.

Um aspecto curioso em relação à distribuição destas duas espécies é que o carapato *R. linnaei* vem sendo encontrado em regiões de clima temperado onde a temperatura média anual se encontra abaixo de 20° C como é o caso dos Estados Unidos, Australia e Alemanha (Teo et al., 2024; Stone et al., 2024; Fachet-Lehmann et al., 2025a). Nestes casos, porém deve-se considerar que os cães como membros de famílias, vivem dentro de casa e participam de viagens. Assim carapatos de países de clima tropical podem ser introduzidos e se estabelecerem naqueles de clima temperado, uma vez que o interior de domicílios possui condições abióticas mais próximas daqueles de clima tropical, pelo menos em relação à temperatura.

## 2.5 *Rhipicephalus linnaei* e patógenos transmitidos

Para cães o carapato *R. linnaei* é capaz de transmitir os agentes patogênicos *Ehrlichia canis* e *Babesia vogeli* responsáveis por doenças severas (Fonseca et al., 2017). A *Ehrlichia canis* pode afetar o número de células sanguíneas dos animais, deixando-os em estado de comorbidade, sem se alimentar e deprimidos. Carapatos infectados com esse patógeno, podem transmitir transestadalmente, ou seja, transmitir a bactéria de um estágio para outro. Uma ninfa infectada, por exemplo, pode sofrer ecdise para adultos e continuar infectados,

possibilitando a transmissão para outros animais (Moraes-Filho et al., 2015; Nicholson et al., 2019; Guglielmone et al., 2021). A *Babesia vogeli* infecta os eritrócitos e pode causar anemia e outros sinais clínicos associados, deixando o animal em estado de comorbidade (Moraes-Filho et al., 2015; Fonseca et al., 2017).

Do ponto de vista da saúde pública, a doença mais relevante, transmitida pelo carrapato *R. linnaei*, é a febre maculosa causada por *R. rickettsii*. No norte do México epidemias urbanas estão associadas a uma grande população de carapatos mantidas por cães (Foley et al., 2025). No Brasil não há relato comprovado da Febre maculosa transmitidas por carapatos do gênero *Rhipicephalus*. Entretanto, a bactéria *R. rickettsii* já foi isolada de carapatos *R. sanguineus* (provavelmente *R. linnaei*) em área endêmica (Pacheco et al., 2011) e há uma evidência circunstancial da doença e óbito por transmissão por esta espécie de carrapato em um abrigo de cães (Rozental et al., 2014). Reforçam esta possibilidade as observações de um estudo experimental que demonstrou que *R. sanguineus* originário do sudeste do Brasil (*R. linnaei* provavelmente) é um vetor competente para a transmissão de *R. rickettsii* (Piranda et al., 2011). Essas observações demonstram o potencial perigo desse carrapato associado aos cães e ambientes domésticos, pela proximidade com os seres humanos e reforçam a necessidade de conhecer melhor a sua biologia, especialmente a determinação dos requisitos abióticos mínimos para sua sobrevivência.

## 2.6 Ciclo de vida e necessidades abióticas

O conhecimento sobre o ciclo de vida, comportamento e as exigências ambientais do carrapato *R. linnaei* estão embaralhados com daquelas de outras espécies do complexo. Algumas características, porém, parecem ser comuns, pelo menos, para as duas espécies de maior distribuição mundial, *R. sanguineus* s.s. e *R. linnaei*.

Os três estádios destes carapatos são parasitas majoritariamente de cães domésticos (Guglielmone et al., 2021). Quanto ao comportamento de busca por hospedeiros estas duas espécies são consideradas nidícolas, ou seja, permanecem na fase não parasitária e buscam por hospedeiros, no interior de casas, em tocas e abrigos, local de descanso dos hospedeiros (Aragão, 1936; Nicholson et al., 2019; Fachet-Lehmann et al., 2025a). *Rhipicephalus sanguineus* s.l. possui um ciclo de vida trioxeno, onde cada fase de vida (larva, ninfa e adultos) necessita do hospedeiro para se alimentar e a ecdise, oviposição e incubação de ovos, ocorrem fora do hospedeiro (Guglielmone, et al., 2006; Dantas-Torres, 2010). Larvas podem levar de três a sete dias para se alimentar em cães, ninfas de cinco a sete e adultos de sete a 12 dias, e

em condições de laboratório, com temperatura a 29 °C e 80% de umidade relativa, o carrapato pode completar seu ciclo em até três meses (BECHARA et al., 1995).

A fase não parasitária, ou seja, fora do hospedeiro é encontrada em frestas e buracos entre tijolos de paredes, nas rachaduras, atrás de tomadas, entre telhas e vigas de sustentação, em estrados de madeiras e estruturas semelhantes, capaz de fornecer um ambiente adequado, mas nunca em áreas de gramados e vegetação (Aragão 1936; Szabó et al., 2013).

Porém, nas poucas comparações diretas, quanto aos requisitos de condições abióticas, das duas espécies de maior distribuição mundial, *R. sanguineus* s.s. e *R. linnaei* diferiram. Labruna e colaboradores (2017) observaram que o carrapato *R. sanguineus* s.s. (descrito com *R. sanguineus* linhagem temperada) apresentou taxas de sobrevivência significativamente mais altas do que a espécie tropical (*R. linnaei* pela origem geográfica), quando carrapatos ingurgitados (larvas, ninfas e fêmeas) e ovos foram incubados em temperaturas mais baixas (10 °C e 13 °C) que simulavam as estações de inverno do Cone Sul da América do Sul. Por outro lado, adultos não alimentados do carrapato *R. sanguineus* s.s que se originaram de ninfas submetidas a temperaturas de verão do Brasil tropical ou temperado (acima de 20 °C) permaneceram dormentes, em estado de diapausa comportamental, por pelo menos 20 semanas. Mas quando as ninfas ingurgitadas desta espécie temperada foram mantidas em condições de inverno por pelo menos três meses e, em seguida, transferidas para condições de verão para completar a muda, não foi observada diapausa nos carrapatos adultos. Essas observações reforçaram anteriores que indicavam que carrapatos *R. sanguineus* s.s. na América do Sul (descritas como *R. sanguineus*) teriam uma geração anual (Alcaino et al., 1990; Venzal et al., 2007), no caso regulado por uma diapausa comportamental dos adultos (Labruna et al., 2017). Por outro lado, o *R. linnaei* em clima tropical, pela ausência de diapausa comportamental, possui potencialmente duas ou mais gerações anuais, reguladas pela temperatura ambiente (Labruna et al., 2017). Um estudo sobre a sobrevivência ao ar livre sobre a viabilidade de todos os estágios de desenvolvimento, a postura de ovos e a eclosão de larvas, realizado na Alemanha com carrapatos das duas espécies (*R. sanguineus* s.s. e *R. linnaei*) observou que o *R. sanguineus* s.s. apresentou maior tempo médio de sobrevivência do que *R. linnaei* em todos os estágios de desenvolvimento. No entanto, nenhuma das espécies foi capaz de sobreviver durante o período de inverno por mais de 2 a 4 semanas (Fachet-Lehmann et al., 2025b). Neste estudo foi também observado que o *R. linnaei* era mais afetado pela umidade ambiental elevada em relação ao *R. sanguineus* s.s. (Fachet-Lehmann et al., 2025, comunicação pessoal).

De maneira geral é atribuído a espécies de carrapatos do complexo *R. sanguineus* a capacidade de manter seu ciclo de vida em temperaturas elevadas e baixa umidade (Walker et

al., 2000; Hekimoglu et al., 2024). Dentre as espécies do complexo o carapato *R. linnaei* é aquela que demonstra esta característica de forma mais evidente como evidenciado pelo desenvolvimento de infestações urbanas intensas no norte do México e Sul dos Estados Unidos em áreas desérticas com verão escaldante (Foley et al., 2025). Essa situação se correlaciona com aquelas do comportamento nidícola do carapato em ambientes domésticos, muito mais secos do que as áreas verdes próximas. Uma observação relevante para a saúde pública, foi a constatação de que a uma temperatura elevada (38 °C), adultos do carapato *R. linnaei* aumentaram o comportamento de busca por humanos em comparação com a mesma situação em temperatura ambiente (Backus et al., 2021).

Muitas das observações acima indicam a relação estreita entre o *R. linnaei* e temperaturas elevadas e ambiente seco. Porém não há a saber um trabalho que tenha comparado a fase não parasitária desse carapato em um mesmo bioma, porém em condições antrópicas e de ocorrência frequente das infestações, com ambiente verde do mesmo bioma. Além disso, seria relevante determinar os extremos de temperatura e umidade e suas interações que regulam a capacidade de sobrevivência da espécie no ambiente e, em última análise, responsáveis pelo tempo de permanência de focos de infestação. Neste trabalho foi então investigado o efeito de diversos microambientes sobre a fase não parasitária de maior sensibilidade ambiental de carapatos, os ovos.

### **Objetivos:**

#### **Geral:**

Comparar o desenvolvimento e determinar os limites abióticos (temperatura e umidade) que regem a sobrevivência *Rhipicephalus linnaei* em microambientes antropizados e natural do Cerrado.

#### **Específicos**

1. Comparar a oviposição, taxas de eclosão e sobrevivência de larvas originárias de fêmeas ingurgitadas do carapato *R. linnaei* em um apartamento, um quintal e mata todos no Bioma Cerrado.
2. Determinar os limites de temperatura, umidade e as interações destas para a oviposição, eclosão e sobrevivência de larvas do carapato *R. linnaei*.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Local do estudo

O estudo foi conduzido no período de dezembro de 2021 a novembro de 2024, em Uberlândia, no estado de Minas Gerais. O bioma na região é o Cerrado. O clima é do tipo "Cwa", classificado como tropical de altitude, com duas estações bem definidas: verões quentes e chuvosos (outubro a março), enquanto os invernos são amenos e secos (abril a setembro), conforme a classificação climática Köppen.

#### 3.2 Microambientes

O estudo foi conduzido em quatro microambientes; dois representam extremos ao desenvolvimento do carapato, ideal e desfavorável, e dois microambientes antrópicos de ocorrência natural e frequente de infestações com esse carapato no Brasil. O extremo ideal foi considerado aquele em estufa BOD com condições constantes de temperatura (27 °C) e Umidade Relativa (85%), com fotoperíodo 12/ 12 horas claro/ escuro, no laboratório de Ixodologia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). O ambiente mata, na Fazenda Experimental do Glória, na Universidade Federal de Uberlândia, foi considerado o extremo desfavorável. A mata utilizada foi um fragmento remanescente de Cerrado, que possuía a fitofisionomia de mata semidecidua, com perda de folha no período seco, e no período chuvoso as copas das árvores se encontram cheias (Ribeiro; Walter, 1998; Pereira et al., 2011). A área permanece com o chão coberto por serrapilheira, principalmente no período seco. Algumas espécies florísticas encontradas são *Myrtacea*, *Lauracea* e *Meliacea*, que são representantes de florestas estacionais semideciduais (Magalhães et al., 2017). Um levantamento de espécies de mamíferos foi realizado entre agosto de 2008 e outubro de 2009, na Fazenda Experimental do Glória, por meio de métodos indiretos (pegadas, fezes, crânios) e diretos (visualizações). De acordo com esse estudo, no local de Cerrado com mata semidecidua, foram encontradas as seguintes espécies: Tatu-galinha (*Dasypus novemcintus*), Bugio-preto (*Aloatta caraya*), Cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*), Mão-pelada (*Procyon cancrivorus*), Catitu (*Pecari tajacu*), Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), Cutia (*Dasyprocta azarae*). Nessa região do estudo, havia caixas de areia que registraram pegadas de cães e bovinos (Alves et al., 2014).

Apartamento e quintal de casa foram os ambientes antropizados de avaliação dos carapatos. Inicialmente o quintal foi representado por um alpendre de uma república estudantil, onde havia presença de cães. Esse espaço foi utilizado de dezembro de 2021 a maio de 2023, e foi substituído por outro quintal, com condições ambientais semelhantes à república, ou seja, com um alpendre de uma casa e a presença de cão, até dezembro de 2023. De janeiro de 2024

a novembro de 2024, o microambiente quintal foi trocado novamente, mas sempre mantendo a característica de quintal. No quintal, os envelopes com os carapatos ficavam em locais protegidos de incidência direta do sol e de chuva, mas ficavam susceptíveis às alterações do meio ambiente. No apartamento, os envelopes com os carapatos foram mantidos dentro de um quarto e não havia a presença de animais.

### 3.3 Fêmeas ingurgitadas do carapato *R.*

#### *linnaei* e identificação molecular

Os carapatos utilizados nesse experimento foram fornecidos pela colônia mantida no Laboratório de Ixodologia da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (aprovação CEUA protocolo nº 069/18). Carapatos também foram fornecidos pela empresa Ticks and Fleas, Araguari MG. Para as avaliações do projeto, fêmeas ingurgitadas alimentadas em coelhos foram coletadas após desprendimento natural, lavados em água corrente e secos com papel toalha. Em seguida, eram pesadas em balança de alta precisão, divididas em grupos homogêneos de pesos e levadas para cada um dos quatro ambientes de soltura. As colônias de carapatos de ambos os locais possuíam a mesma origem, eram alimentadas em coelhos não imunes.

Dada a dificuldade em distinguir carapatos do grupo *R. sanguineus* apenas com base na morfologia, identificação molecular de amostra de carapatos das colônias foi realizada para caracterizar como *R. linnaei*. Para esse fim, o DNA foi extraído de amostra de colônias de carapatos utilizando da técnica de guanidina isotiocianato fenol de acordo com Sangioni et al., (2005). O carapato foi macerado com auxílio de agulha hipodérmica 40x12 estéril em microtubo de 1,5 ml, contendo 150 uL de tampão Tris EDTA (TE) iniciando, de forma mecânica, o processo de exposição do material genético. Após homogeneizado foi adicionado 450uL de Tiocianato de Guanidina para incubação por 10 minutos com homogeneização a cada 2 minutos. Foi então adicionado 100 uL de clorofórmio a fim de que houvesse separação das fases orgânica e a fase aquosa, que após recuperada foi submetida a sucessivas lavagens em álcoois. O material obtido após desprezar o sobrenadante foi ressuspensido em TE e congelado para as análises posteriores. A fim de confirmar o sucesso da extração o material foi submetido a PCR, buscando a amplificação fragmento do gene 16S, altamente conservado e amplamente utilizado para confirmação do sucesso da extração de DNA de artrópodes (Mangold et al., 1998). O amplificado foi submetido a eletroforese em gel de agarose a 1,2 %, buscando a visualização do amplicon 460 pares de base. Em seguida foi feita a purificação com o kit

PureLink® (Invitrogen Life Technologies) e posterior envio para sequenciamento do gene 16S utilizando do método Sanger e em laboratório credenciado (ACTgene®).

### 3.4 Infestação ambiental e parâmetros abióticos

Infestação ambiental foi feita a cada 30 dias simultaneamente nos quatro microambientes com cinco fêmeas ingurgitadas. Na BOD os carapatos foram mantidos individualmente em potes de plástico ( $n=5$  por soltura) transparente com a tampa perfurada para permitir a aeração. Nos outros três locais (mata, quintal e apartamento) os carapatos foram mantidos individualmente em envelopes de malha metálica muito fina (5 cm x 5 cm) (NAVA et al., 2013) ( $n=5$  envelopes por soltura por ambiente) para prevenir a fuga de larvas (Figura 1 - A). Esses envelopes permitiam que os carapatos fossem expostos às variações de temperatura e umidade do ambiente local e ao mesmo tempo, eram protegidos de predadores. Esse envelope também permitia que o carapato fosse avaliado diariamente, para observar os parâmetros biológicos do carapato. No ambiente mata os envelopes foram posicionados em contato com o solo e cobertos por serrapilheira. Excepcionalmente na mata, além das fêmeas nos envelopes cinco fêmeas ingurgitadas foram também liberadas sem contenção em envelopes a cada soltura. Ainda na mata, o local de soltura dos carapatos foi demarcado com estacas de metal e tela para sinalizar o local em que estavam (Figura 1- B). No quintal, carapatos foram posicionados nos elementos vasados de um pequeno muro baixo que separava o alpendre do quintal. Não havia vegetação ou solo exposto no quintal (Figura 1 – C). No apartamento, os envelopes ficavam em cima de uma mesa de madeira, protegidos da incidência solar (Figura 1 – D). Em cada ambiente de soltura, o microclima (temperatura e umidade relativa do ar) em que os envelopes estavam inseridos foi acompanhado e registrado a cada hora por um data logger da marca Elitech (modelo GSP-6).

### 3.5 Parâmetros biológicos dos carapatos avaliados

Os seguintes parâmetros biológicos dos carapatos foram avaliados: peso da massa de ovos; período de incubação dos ovos (número de dias entre o início da ovipostura até a eclosão dos ovos), taxa de eclosão dos ovos obtido por inspeção visual, período máximo de sobrevida das larvas (período decorrente entre a eclosão da primeira larva e sobrevivência da última) e número de larvas produzidas por fêmeas. Para obtenção dos pesos das massas de ovos, os envelopes, 15 dias após o início da ovipostura foram levados ao laboratório, as fêmeas

descartadas, as massas de ovos pesadas em balança de precisão e devolvidas nos respectivos envelopes e ao ambiente de origem no mesmo dia. O número de larvas produzidas por fêmea (NLPF) foi calculado a partir dos pesos da massa de ovo e a respectiva taxa de eclosão de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{NLPF} = \text{Peso da massa de ovo (mg)} \times \text{Taxa de eclosão (escala de 0 a 1)} \times 27$$
. Onde, 27 representa o número de ovos presentes em 1 mg de massa de ovo de *R. sanguineus*. (Bertipaglia; Szabó 2000).

### 3.6 Análise de dados

Considerando o período de experimentação prolongada dados foram prejudicados em razão de falhas nos data loggers e lotes de carrapatos inadequados. A fim de garantir maior confiabilidade dos resultados obtidos, os dados foram selecionados de acordo com o desempenho mensal do grupo de carrapatos mantidos na câmara BOD, se o desempenho não fosse adequado, os dados dos parâmetros daquele lote mensal seriam descartados para todos os ambientes. Para as análises, foram utilizados apenas dados dos meses em que os carrapatos da colônia apresentaram desempenho adequado às características da espécie (Bechara et al., 1995; Szabó et al., 1995; 2005; Piranda et al., 2008; Aguiar et al., 2013; Labruna et al., 2017). Especificamente, foram excluídos dados de todos os ambientes nos meses em que a taxa média de eclosão da massa de ovos na incubadora BOD foi inferior a 50% e a sobrevivência larval média foi inferior a 40 dias. Da mesma forma, não foram utilizados dados da temperatura e umidade dos microambientes nos meses em que, devido a falha do registrador de dados, 10% ou mais dos registros foram perdidos.

Para análise foram usados os dois parâmetros biológicos que melhor traduzem o desempenho dos carrapatos em cada microambiente; as médias mensais de larvas obtidas por fêmeas e o tempo de sobrevivência das larvas mantidas em diferentes microambientes (incubadora BOD, quintal, apartamento ou floresta). Estes dados foram analisados usando o teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de comparações múltiplas de Dunn, devido à distribuição não normal dos dados. Quando os dados de tempo de sobrevivência de larvas estavam disponíveis para apenas dois microambientes, o teste U de Mann-Whitney foi usado para as avaliações. A significância estatística foi estabelecida em  $P < 0,05$ .

Os dados de temperatura e umidade nos diferentes ambientes também não seguiram uma distribuição normal e foram comparados usando teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Dunn.

O coeficiente de correlação de Spearman ( $r_S$ ) foi empregado para analisar a relação entre o número médio de larvas produzida por fêmea ingurgitada (e a ocorrência de eclosão) e as variáveis climáticas (temperaturas mínima, máxima e média e umidade relativa, número de horas com temperaturas abaixo de 20 °C e acima de 30 °C e número de horas com umidade relativa abaixo de 35% e acima de 99%) em cada ambiente. Os asteriscos após o valor de  $r_S$  indicam o nível de significância estatística: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ , \*\*\*  $p \leq 0,001$ .

Para análise dos efeitos sobre o número de larvas produzidos e sobrevivência das larvas foram consideradas as temperatura e umidade correspondentes a estes períodos. Para as médias mensais do número de larvas, considerou-se o período referente ao dia em que a fêmea foi colocada no ambiente até o aparecimento da primeira larva (dia da eclosão), já para a sobrevivência, o período considerado foi a partir do dia em que ocorreu a eclosão da primeira larva até o dia da morte da última larva. As informações referentes à produção de larva e à sobrevivência foram analisadas individualmente para cada microambiente, assim como os dados registrados pelos data loggers, referentes à temperatura e à umidade relativa.

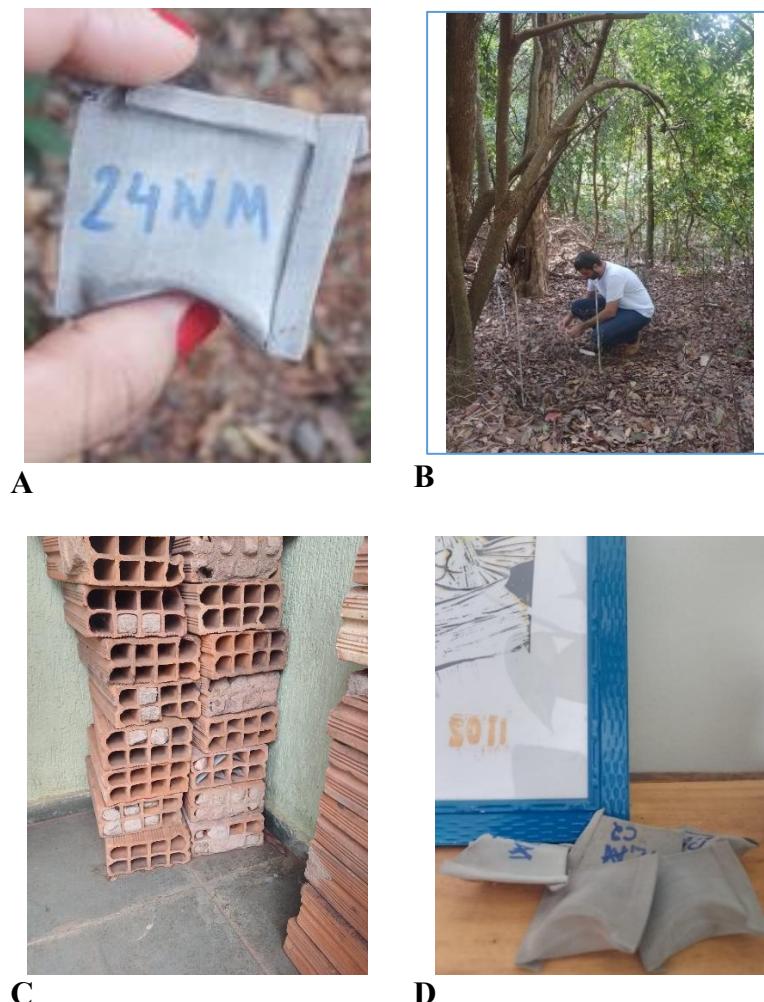
Os efeitos da temperatura média e da umidade relativa média (efeitos principais e efeito da interação entre as duas variáveis) sobre o número de larvas que eclodiram da massa de ovos ou sobre o número de dias correspondente ao período máximo de sobrevivência das larvas foram avaliados usando seleção de modelos. Para isso, foram criados modelos mais complexos (incluindo interação entre as duas variáveis preditoras) e modelos mais simples (com uma única variável preditora). Os diferentes modelos foram comparados usando o Critério de Informação de Akaike (AIC) corrigido para amostras pequenas (AICc). O modelo com o menor valor de AICc foi considerado como representativo de um melhor ajuste aos dados. Para interpretar o efeito das variáveis preditoras combinadas foram construídos gráficos com intervalos de confiança de 95%.

Sendo a variável resposta uma contagem, o Modelo Linear (LM) baseado no pressuposto de distribuição normal e homogeneidade de variâncias não é adequado e o recomendado é utilizar Modelos Lineares Generalizados (GLM) com distribuição de probabilidade Poisson ou Binomial Negativa. No entanto, para se ajustarem bem à distribuição de Poisson, os dados de contagem devem apresentar variância aproximadamente igual à média e parâmetro de dispersão próximo de 1. Quando esses pressupostos não são cumpridos, dizemos que ocorre sobredispersão (variância maior do que a esperada para a distribuição de Poisson) e um GLM com distribuição Binomial Negativa é mais apropriado. Dados de contagem podem ainda apresentar um número de zeros muito maior do que o esperado em uma distribuição de

Poisson. Nesse caso, outros modelos devem ser considerados, sendo eles GLM zero-inflados, com distribuição Poisson (ZIP) ou distribuição Binomial Negativa (ZINB).

A diagnose dos modelos foi realizada aplicando testes de pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância dos resíduos, sobredispersão e inflação de zeros. Os GLMs foram gerados e avaliados no ambiente R, versão 4.3.2 (R Core Team 2023), usando os pacotes AICmodavg (Mazerolle, 2023), car (Fox & Weisberg, 2019), DHARMA (Hartig, 2024), effects (Fox & Weisberg, 2018), MASS (Venables & Ripley, 2002), MUMIn (Barton, 2024), performance (Lüdecke et al., 2021), pscl (Jackman, 2024) para GLM zero-inflacionados (Zeileis et al., 2008).

**Figura 1** – Envelopes e microambientes do estudo. **A**- Envelope de malha metálica; **B**- Marcação com estacas de metal e tela no microambiente Mata; **C**- Elemento vazado para a colocação de carapatos no microambiente Quintal; **D**- Microambiente Apartamento.



## 4. RESULTADOS

### 4.1 Identificação molecular do carapato *R. linnaei*

A sequência parcial do gene 16S obtida foi editada manualmente utilizando o software SeqMan Pro do pacote Lasergene, versão 15 (DNASTAR, Inc., Madison, WI, EUA), utilizando a ferramenta BLASTn (Altschul et al., 1990) para a comparação e depositada no genbank (acesso PV612624.1). A amostra sequenciada apresentou 100% de homologia com *Rhipicephalus linnaei* (número de acesso MW429383).

### 4.2 Dados extremos de temperatura e umidade relativa de todos os microambientes:

Os dados de temperatura e umidade relativa obtidos em alguns microambientes apresentaram grandes variações ao longo do tempo. As análises foram realizadas com base em valores médios, medianas, máximos e mínimos de períodos determinados (relacionados aos períodos de incubação dos ovos e sobrevivência). Dessa forma, variações pontuais, mas potencialmente relevantes, podem ter sido diluídas nessas análises. Para destacar esses extremos, foram selecionados os cinco maiores e os cinco menores valores de temperatura, com seus respectivos meses e anos, bem como as cinco maiores e as cinco menores umidades relativas, também com suas respectivas datas. Esses dados estão apresentados nas tabelas de 1 a 3.

**Tabela 1** – Dados extremos de temperatura e umidade relativa do microambiente Mata.

	Temperatura (° C)	Data	Umidade Relativa (%)	Data
1	7,90	Maio 2022	28,2	set/24
2	8,10	Maio 2022	28,5	set/24
3	8,40	Maio 2022	28,6	set/24
4	8,60	Maio 2022	29,1	set/24
5	8,7	Maio 2022	29,2	set/24
1	31,9	Setembro 2024	100	*
2	32	Setembro 2024	100	*
3	32,1	Setembro 2024	100	*
4	32,41	Setembro 2023	100	*
5	32,6	Setembro 2023	100	*

\*conforme detalhamento no texto

A umidade relativa na mata atingiu 100% em muitas ocasiões, em fevereiro, março, setembro, outubro, novembro, dezembro 2022; janeiro, fevereiro, março e abril de 2023; todos os meses de 2024 e janeiro de 2025. Além desses, o registrador falhou em outros meses com umidade potencialmente de 100%.

**Tabela 2** – Dados extremos de temperatura e umidade relativa do microambiente Quintal.

	Temperatura (° C)	Data	Umidade Relativa (%)	Data
1	8,1	Maio 2023	1,1	Agosto 2023
2	8,4	Maio 2023	1,6	Agosto 2023
3	8,6	Maio 2023	2,7	Agosto 2023
4	8,7	Maio 2023	2,9	Agosto 2023
5	8,8	Maio 2023	3,4	Agosto 2023
1	45,4	Novembro 2023	99,9	Dezembro 2023
2	46,6	Agosto 2023	99,9	Dezembro 2023
3	47,1	Agosto 2023	99,9	Dezembro 2023
4	47,9	Agosto 2023	99,9	Fevereiro 2024
5	49,1	Agosto 2023	99,9	Fevereiro 2024

**Tabela 3** – Dados extremos de temperatura e umidade relativa do microambiente apartamento.

	Temperatura (° C)	Data	Umidade Relativa (%)	Data
1	13,3	Maio 2022	15	Setembro 2022
2	13,3	Maio 2022	15,1	Setembro 2022
3	13,4	Maio 2022	15,2	Setembro 2022
4	13,6	Maio 2022	15,3	Setembro 2022
5	13,8	Maio 2022	15,3	Setembro 2022
1	31,7	Outubro 2022	91,4	Janeiro 2023
2	31,7	Outubro 2022	91,7	Janeiro 2023
3	31,8	Outubro 2022	91,8	Janeiro 2023
4	31,9	Outubro 2022	92,6	Janeiro 2023
5	32	Outubro 2022	92,9	Janeiro 2023

#### 4.3 Contagem de larvas/eclosão de ovos

O número médio de larvas eclodidas por massa de ovos de fêmeas de *R. linnaei* ingurgitadas em laboratório em quatro microambientes está apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4** - Média, amplitude e mediana do número de larvas eclodidas de ovos por fêmeas de *Rhipicephalus linnaei* em quatro microambientes em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 2021-2024.

Microambiente (número de meses com dados mensal de fêmeas)	Média	amplitude	Mediana
Incubadora	1973,5	0 - 4012	2236
BOD			
Apartamento (23)	829,9	0 - 2329	410,7
Quintal (29)	573,2	0 - 2592	0
Mata (25)	794,2	0 - 2427	441,4.

A comparação mensal das contagens de larvas produzidas por fêmea em cada microambiente separadas por ano, está apresentada nas Figuras 2 a 4. Na ausência de dados por interferências independentes do experimento o microambiente correspondente foi retirado do gráfico.

Quando comparado ao número de larvas obtidas da câmara BOD, o menor número de larvas foi produzido no quintal. Os carapatos do apartamento e da mata também apresentaram desempenho inferior; no entanto, sua produção foi maior que a do quintal e semelhantes entre si.

No entanto, os números de larvas produzidas no apartamento e na mata variaram dependendo do mês de ocorrência. No quintal, dados válidos foram obtidos em 29 meses, e em 18 desses meses, ou não houve produção larval ou uma produção média abaixo de 100 larvas. Desses 18 meses, quatro ocorreram durante a estação chuvosa (outubro a março) e 14 durante a estação seca (abril a setembro).

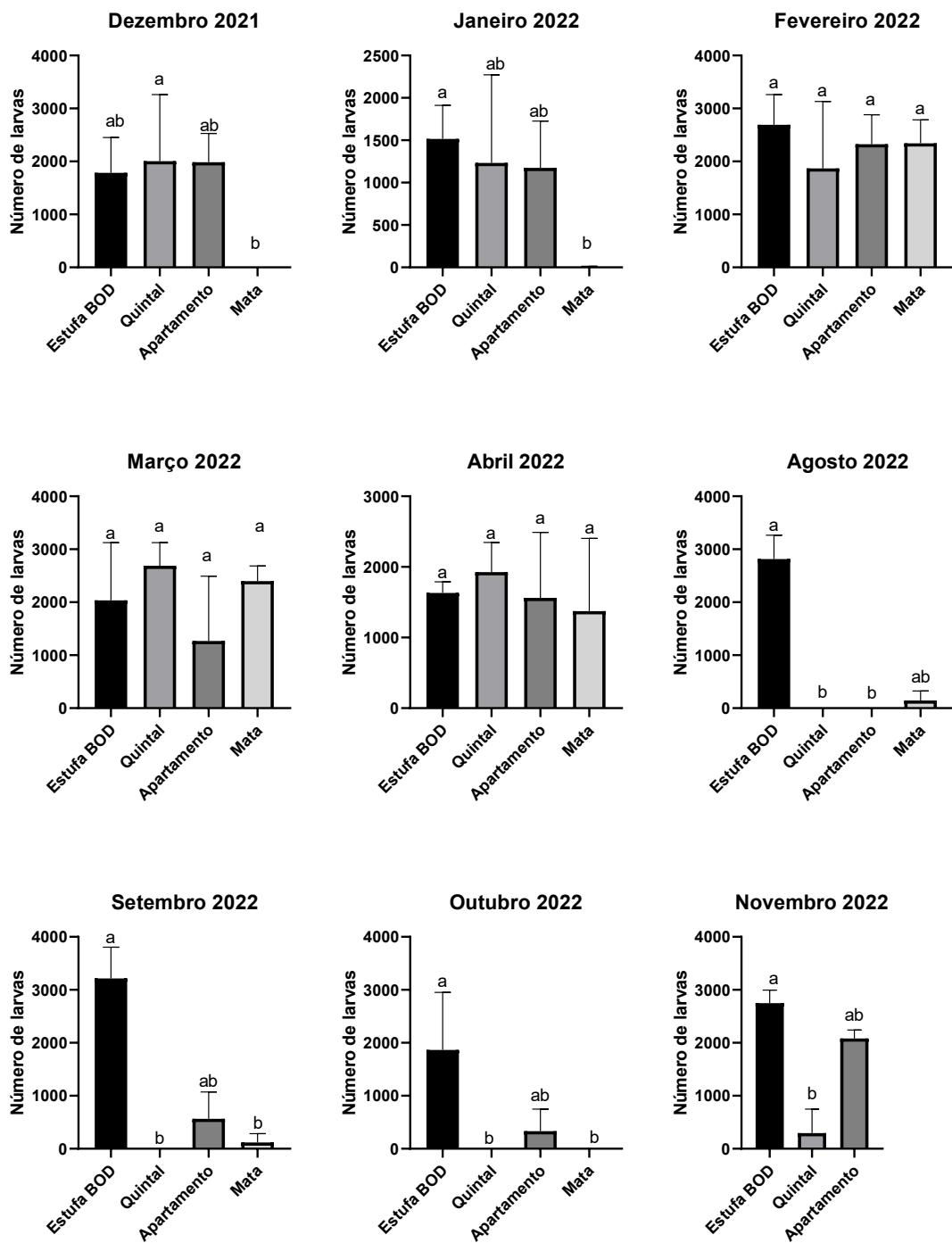
No apartamento, ao longo de 26 meses de dados válidos, não houve produção larval em sete ocasiões, todas durante a estação seca. Na mata, com 27 meses de dados válidos, não ocorreu a produção larval em nove meses, oito durante a estação chuvosa e um durante a estação seca.

Essas observações são ainda corroboradas pela observação de que quando houve eclosão, um número significativamente menor de larvas foi produzido durante muitos dos meses secos no quintal e no apartamento e por números significativamente menores durante os meses chuvosos na mata (Figuras 2 a 4). Observou-se que, quando a eclosão não ocorreu durante o período mais seco, os ovos estavam desagregados, reduzidos em tamanho, secos,

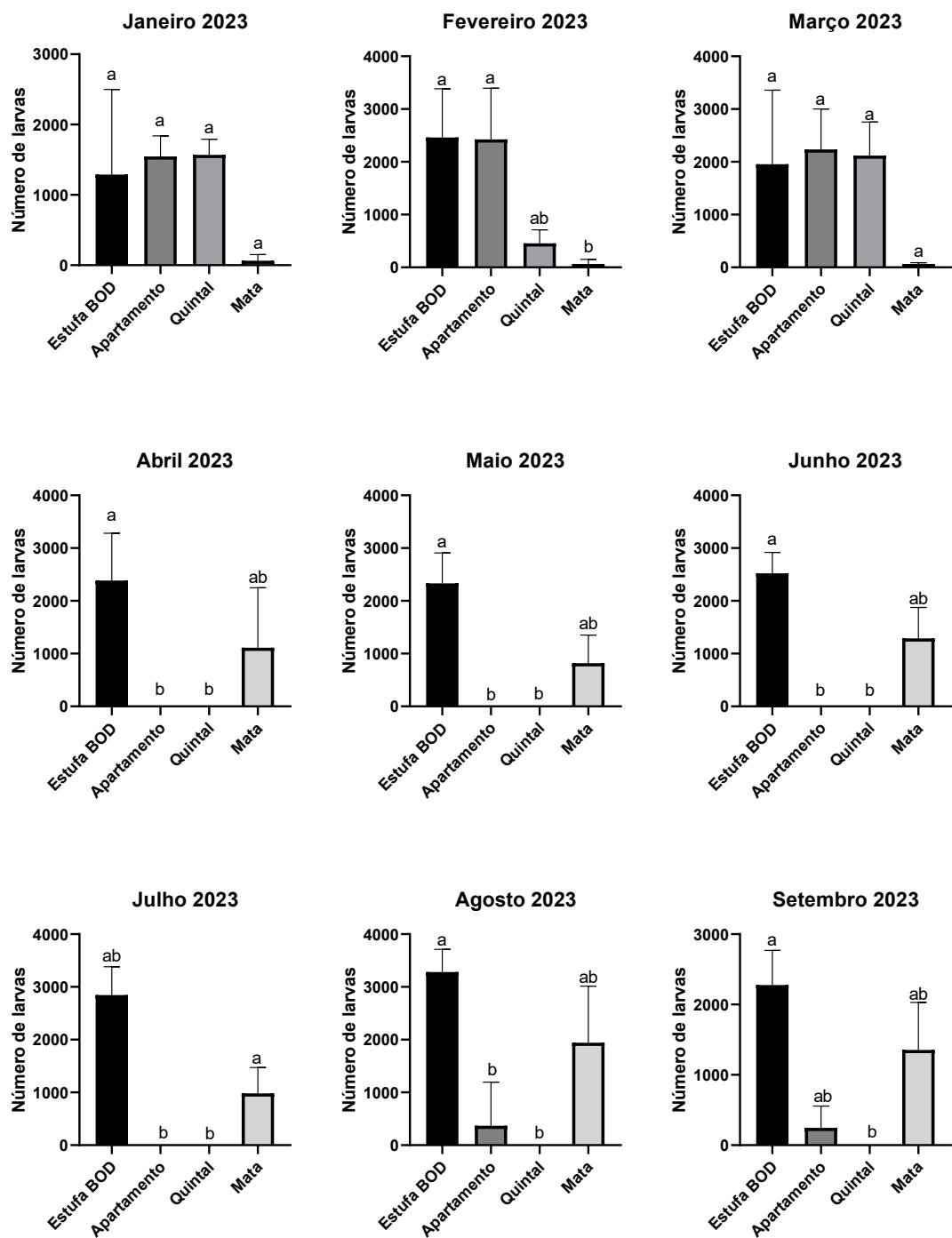
enrugados e opacos. Por outro lado, no ambiente mais úmido, a mata, os ovos não eclodidos estavam frequentemente cobertos por fungos (Figura 5).

Merece destaque a ausência, em todo o período experimental, de larvas na vegetação, solo ou estruturas metálicas dos locais em que as fêmeas ingurgitadas foram soltas livres (sem envelope) na mata.

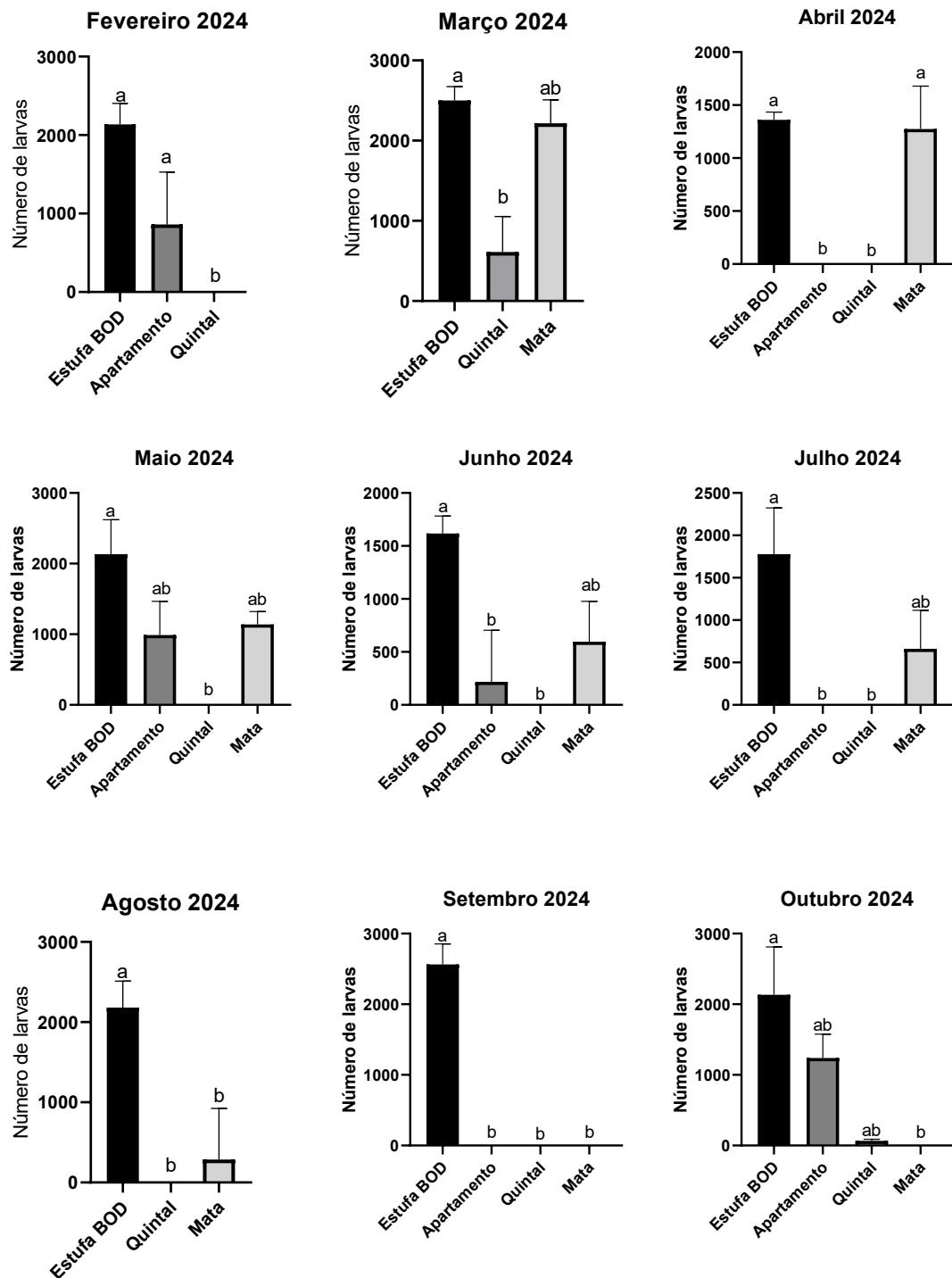
**Figura 2** - Número de larvas obtidas de fêmeas ingurgitadas de *Rhipicephalus linnaei* mantidas em uma incubadora BOD, quintal, apartamento ou floresta em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, durante 2021-2022. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas nas contagens de larvas.



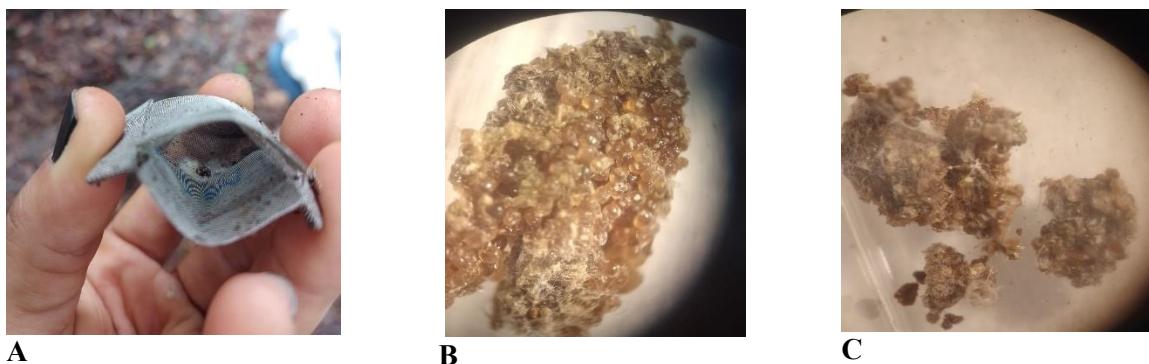
**Figura 3** - Número de larvas obtidas de fêmeas ingurgitadas de *Rhipicephalus linnaei* mantidas em uma incubadora BOD, quintal, apartamento ou floresta em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, durante 2023. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas nas contagens de larvas.



**Figura 4** - Número de larvas obtidas de fêmeas ingurgitadas *de Rhipicephalus linnaei* mantidas em uma incubadora BOD, quintal, apartamento ou floresta em Uberlândia Minas Gerais, Brasil, durante 2024. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas nas contagens de larvas.



**Figura 5 – A)** Fêmea ingurgitada no microambiente mata com presença de fungo. **B e C)** Massa de ovo da mata com presença de fungo.



#### 4.4 Influência da temperatura e umidade sobre a eclosão dos ovos e número de larvas

A temperatura e a umidade médias variaram entre os diferentes microambientes dentro, com o ambiente florestal sendo mais úmido e apresentando temperaturas mais baixas. Especificamente, o ambiente florestal (temperatura média entre 17°C e 24°C e umidade relativa média entre 57% e 100%, com eclosão ocorrendo a partir de 18°C e 58% UR) e o ambiente apartamento (temperatura média entre 22°C e 30°C e umidade relativa média entre 34% e 67%, com eclosão ocorrendo a partir de 24°C e 45% UR) foram claramente distintos. O ambiente quintal (temperatura média entre 20°C e 29°C e umidade relativa média entre 35% e 79%, com eclosão ocorrendo a partir de 23°C e 47% UR) ocupou uma posição intermediária, embora tenha apresentado maior dispersão nos pontos de dados (temperaturas e umidades mais extremas).

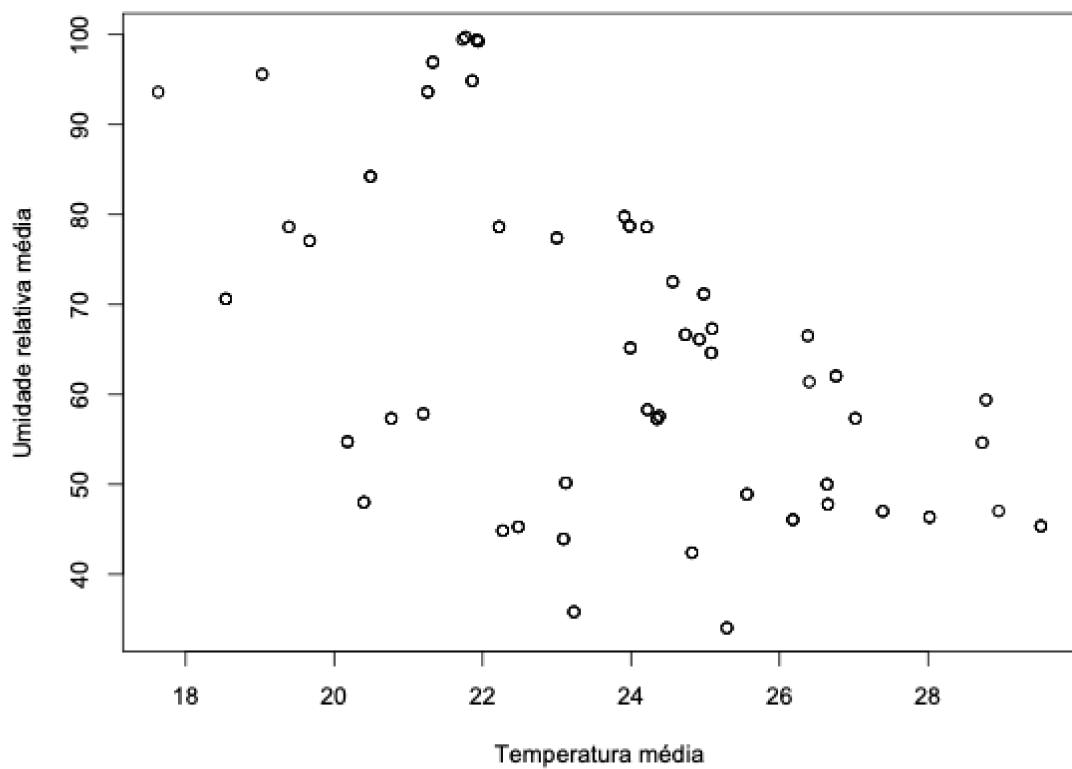
No ambiente apartamento, não ocorreu eclosão de ovos ou produção larval quando a temperatura média estava abaixo de 24°C ou quando a umidade relativa média estava abaixo de 45%. No quintal, a eclosão ocorreu com maior frequência em temperaturas intermediárias (93% dos casos entre 23°C e 25°C) e níveis de umidade mais elevados (80% dos casos com umidade relativa acima de 60%). Na mata, não foi observada eclosão quando a temperatura média estava abaixo de 19°C e a umidade relativa média estava acima de 93%, ou quando a temperatura média ultrapassava 22°C e a umidade relativa caía abaixo de 78%.

No ambiente de apartamento, tanto o número médio de larvas quanto a ocorrência de eclosão foram positivamente associados à umidade relativa média ( $rs = 0,77^{**}$ ), umidade relativa máxima ( $rs = 0,64^{*}$ ) e umidade relativa mínima ( $rs = 0,64^{*}$ ) e negativamente associados ao número de horas com umidade relativa abaixo de 35% ( $rs = -0,66^{*}$ ). No quintal, a abundância

larval e a ocorrência de eclosão foram positivamente associadas à temperatura mínima ( $rs = 0,60^{**}$ ), umidade relativa média ( $rs = 0,78^{***}$ ) e umidade relativa mínima ( $rs = 0,72^{***}$ ) e negativamente associadas ao número de horas abaixo de 20°C ( $rs = -0,58^{**}$ ) e com horas de umidade relativa abaixo de 35% ( $rs = -0,73^{***}$ ). Entretanto, no ambiente florestal, nem o número médio de larvas nem a ocorrência de eclosão apresentaram associação significativa com as variáveis temperatura ou umidade.

A temperatura média e a umidade relativa média estiveram negativamente correlacionadas (coeficiente de correlação linear de Pearson  $r = -0,492$ ; grau de liberdade = 227;  $p$ -valor < 0,0001).

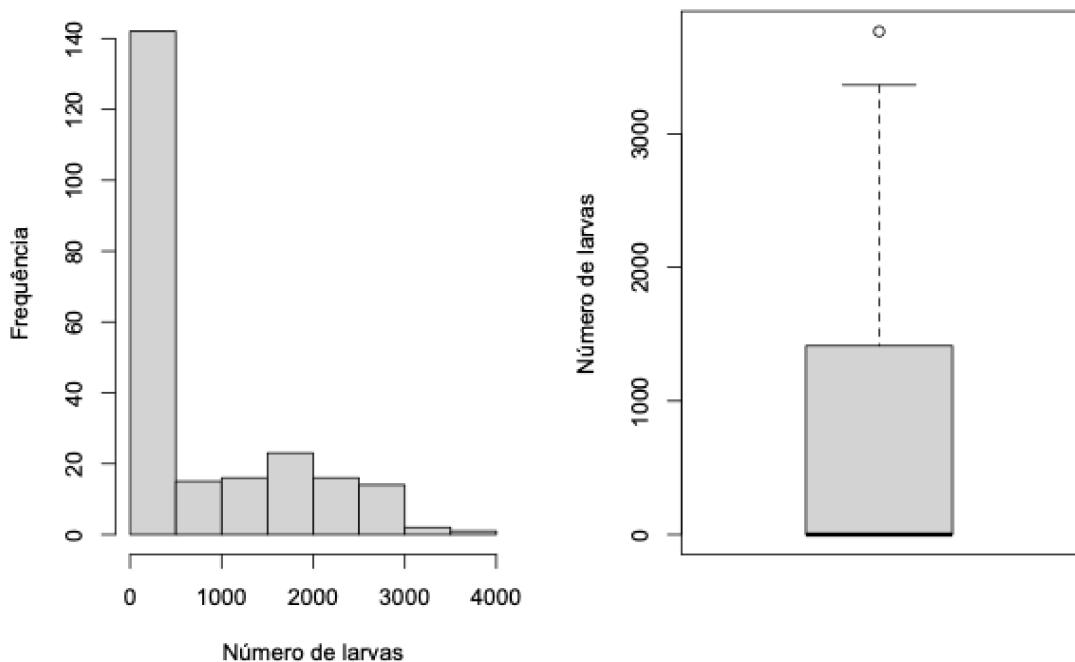
**Figura 6** – Correlação entre umidade relativa média e temperatura média para os dados de número de larvas.



O GLM inicial usando distribuição de Poisson, indicou considerável sobredispersão nos dados de número de larvas (parâmetro de dispersão = 1107,96), com valor máximo de 3767 indivíduos e número excessivo de zeros (120 casos de massas de ovos sem eclosão de larvas).

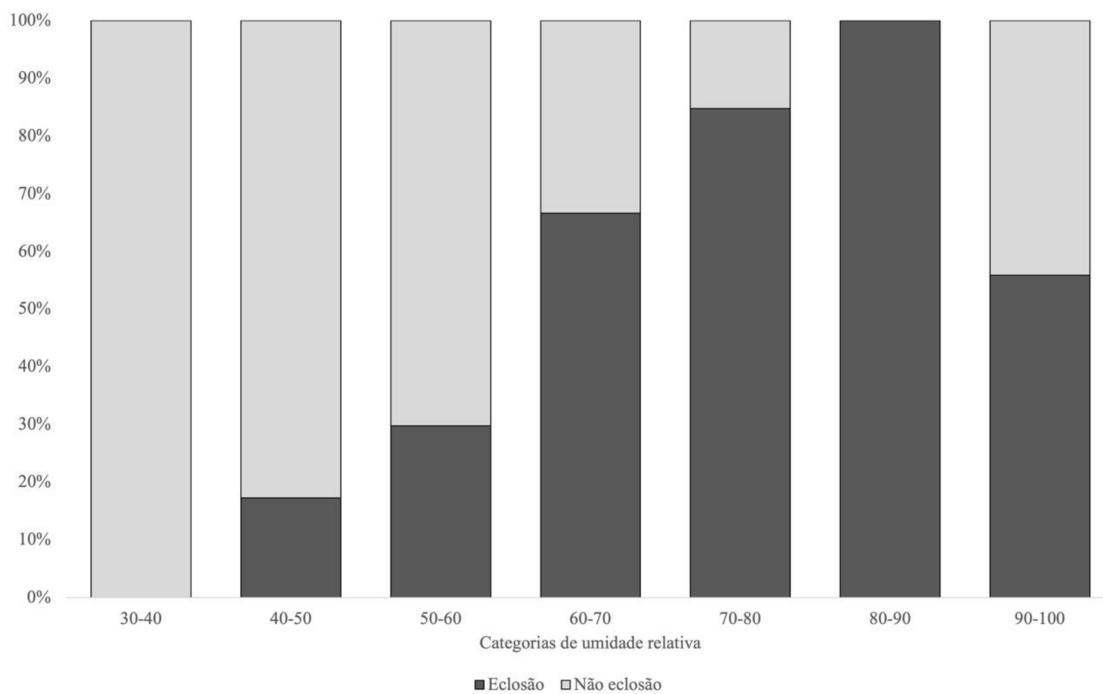
Sendo assim, foram utilizados GLM zero-inflados, com distribuição Poisson (ZIP) e distribuição Binomial Negativa (ZINB).

**Figura 7** – Distribuição de frequências e diagrama de caixa do número de larvas.

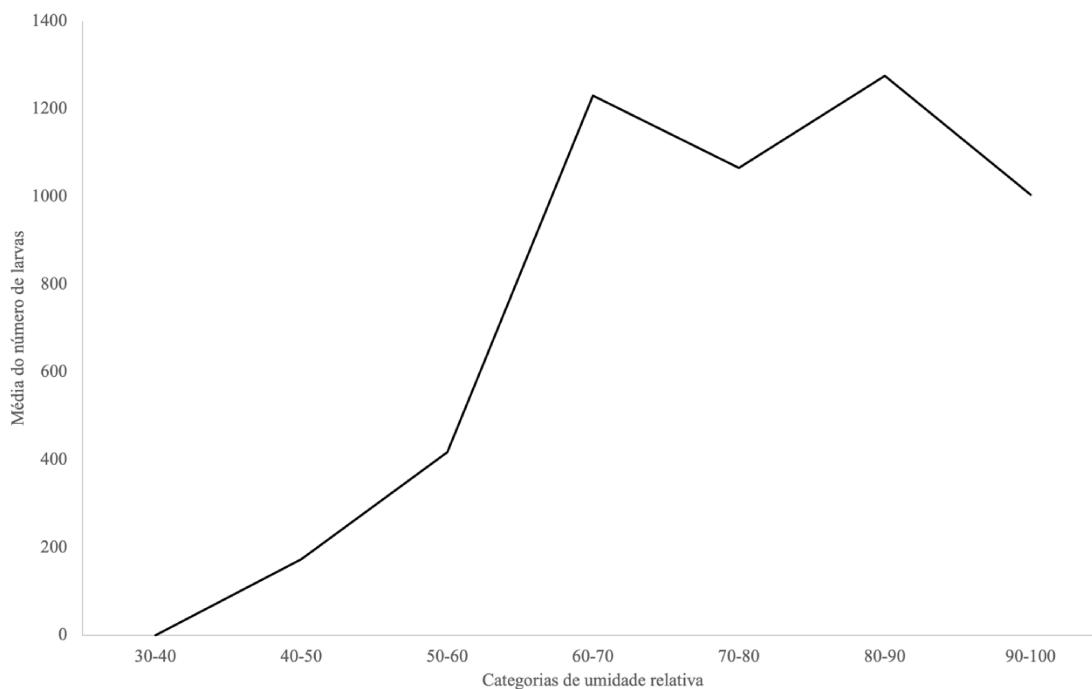


O modelo com interação entre temperatura e umidade apresentou problema de convergência, não sendo possível estimar corretamente os parâmetros. Para sanar esse problema, os dados de umidade relativa foram agrupados em duas categorias: acima e abaixo de 60%. Esse valor de corte foi baseado na maior frequência de eclosão e no aumento mais expressivo no número de larvas a partir de 60% de umidade relativa média.

**Figura 8** – Frequência de eclosão de acordo com as categorias de umidade relativa média.



**Figura 9** – Média do número de larvas de acordo com as categorias de umidade relativa média.



O modelo considerando a interação entre temperatura média e a umidade relativa média categorizada teve o melhor ajuste (menor AICc = 2059.05 e AICcWt = 0,87) e a interação foi significativa (Tabela 5).

**Tabela 5** - Estimativas dos parâmetros do Modelo Linear Generalizado (GLM) com inflação de zeros e distribuição Binomial Negativa que melhor explicou o número de larvas que eclodiram das massas de ovos.

Modelo condicional

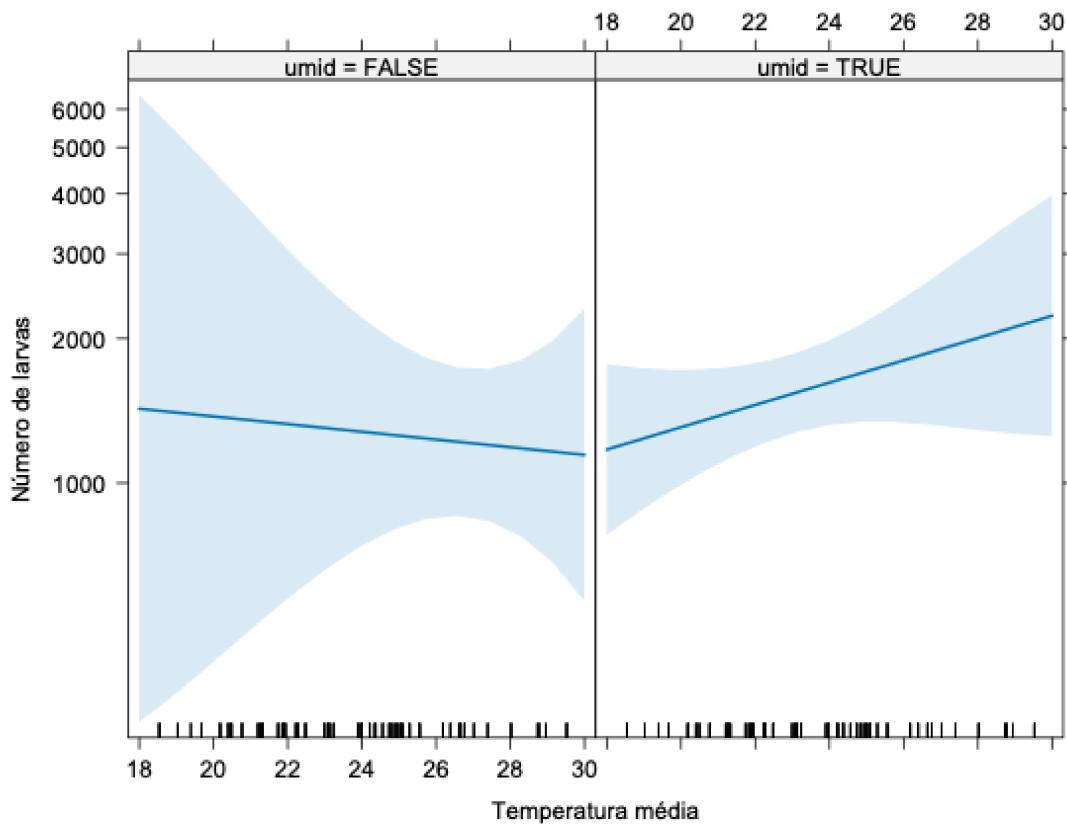
	Estimativa	Erro padrão	z	p-valor
Intercepto	7,596	2,3287	3,262	< 0,0001
Temperatura média	-0,0185	0,0878	-0,210	0,8333
Umidade relativa média acima de 60%	-1,4906	2,4924	-0,598	0,5498
Interação	0,0719	0,0959	0,750	0,4534

Modelo zero-inflado

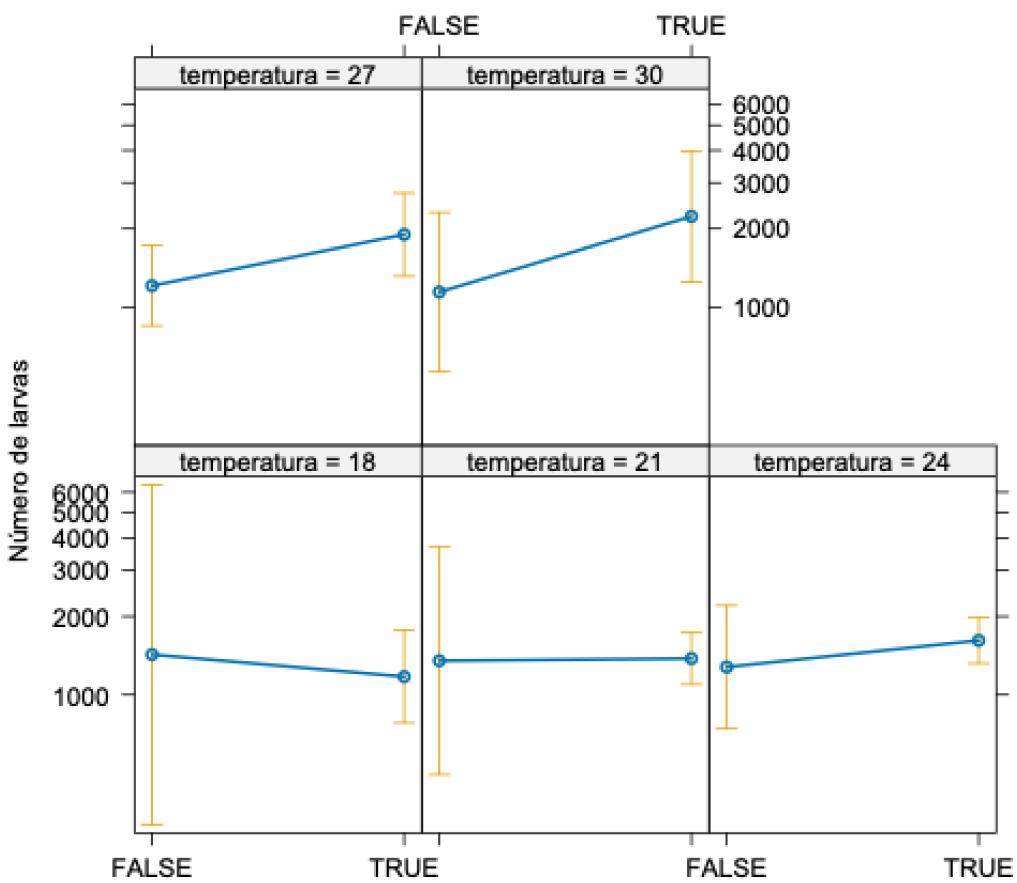
	Estimativa	Erro padrão	z	p-valor
Intercepto	10,0392	2,6815	3,744	< 0,001
Temperatura média	-0,3449	0,1028	-3,354	< 0,001
Umidade relativa média acima de 60%	-11,6527	3,3889	-3,439	< 0,001
Interação	0,3740	0,1366	2,738	< 0,01

De acordo com os gráficos de efeito das variáveis preditoras (Figura 10), com o aumento da temperatura média espera-se que o número de larvas diminua quando a umidade relativa média estiver abaixo de 60% e aumente quando a umidade relativa média estiver acima de 60%. Além disso, quando a temperatura média for mais baixa, espera-se que o número de larvas seja menor se a umidade relativa média estiver abaixo de 60% e maior se a umidade relativa média estiver acima de 60%. A partir dos 24 graus, espera-se que um aumento da umidade relativa média tenha um efeito positivo no número de larvas (Figura 11).

**Figura 10** - Gráfico de efeito da temperatura média sobre o número de larvas de acordo com a categoria de umidade relativa média. Modelo Linear Generalizado (GLM) com inflação de zeros e distribuição Binomial Negativa incluindo a interação entre temperatura média e a umidade relativa média categorizada em abaixo (umid = FALSE) e acima (umid = TRUE) de 60%. Marcas no eixo horizontal representam observações individuais.



**Figura 11** - Gráfico de efeito da umidade relativa média categorizada em abaixo (FALSE) e acima (TRUE) de 60% sobre o número de larvas de acordo com a variação na temperatura média. Modelo Linear Generalizado (GLM) com inflação de zeros e distribuição Binomial Negativa incluindo a interação entre temperatura média e a umidade relativa média categorizada. Marcas no eixo horizontal representam observações individuais.



#### 4.5 Sobrevida larval

O número de observações sobre a sobrevida larval foi bastante reduzido devido à ausência de eclosão de ovos em muitos meses, como apresentado nos resultados anteriores. O número de envelopes de carapatos por ambiente e as estatísticas descritivas da sobrevida larval são apresentados na Tabela 6 e na Figura 12, enquanto os resultados das observações mensais sobre a sobrevida larval em cada ambiente são mostrados nas Figuras 13 a 15. O tempo de sobrevida larval variou de 6 a 140 dias e foi significativamente maior, em alguns

meses, na incubadora BOD do que nos outros três ambientes. Os dados do apartamento e da mata não seguiram uma distribuição normal, e valores discrepantes foram observados nos dados do apartamento e da BOD (Figuras 13 a 15).

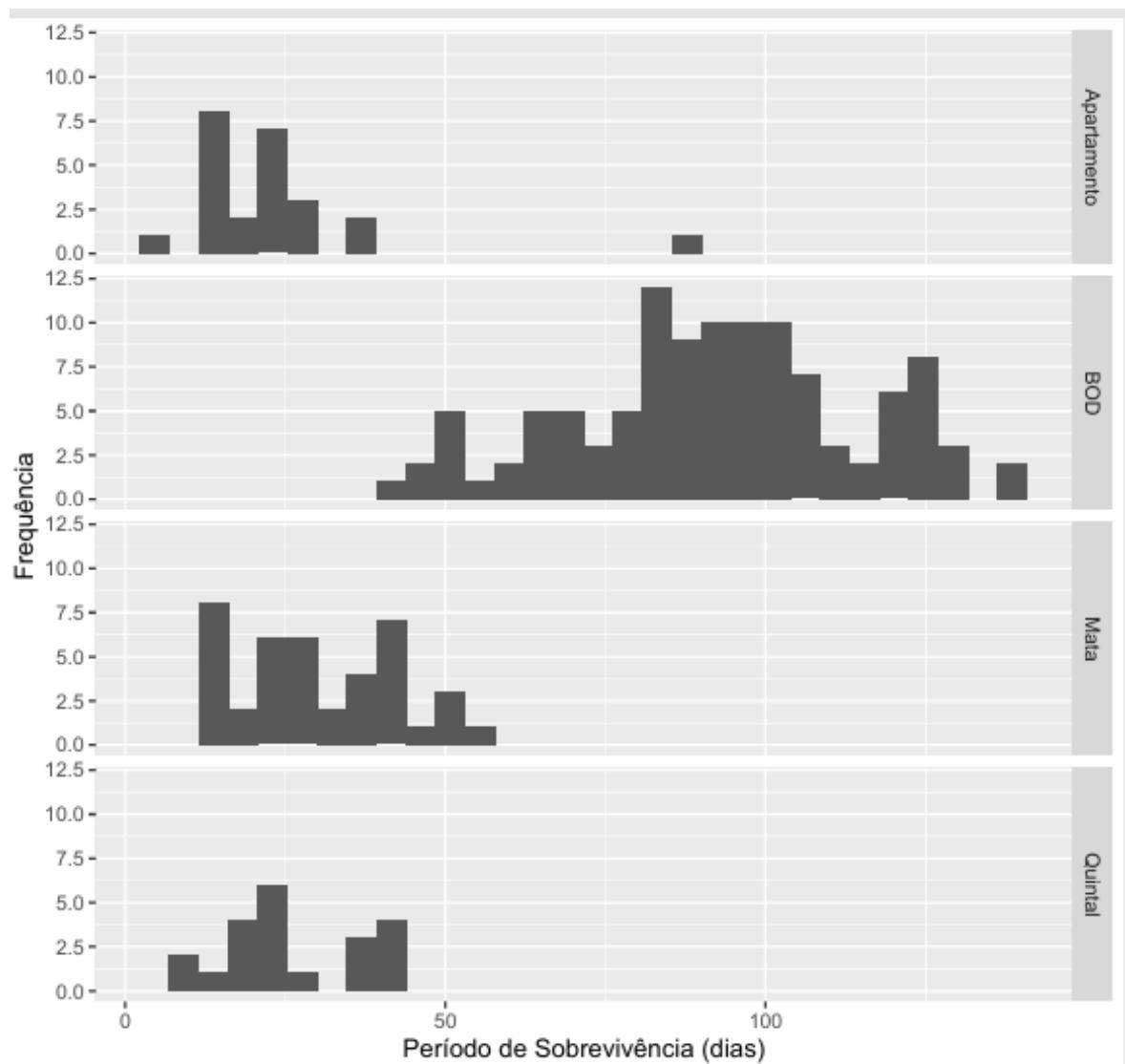
O comportamento das larvas variou de acordo com o microambiente. Para visualizar a atividade das larvas, o estímulo era feito com sopro nos envelopes. No quintal, as larvas eram sempre muito ativas, sem a necessidade de estímulos. Na mata, os estímulos eram feitos repetidas vezes, as larvas eram mais lentas, principalmente quando a umidade relativa estava mais alta, sendo necessário secar os envelopes para retirar o excesso de umidade e observar eventual mortalidade.

**Tabela 6** - Número de amostras\* (N) e estatística descritiva do tempo de sobrevivência (em dias) de larvas de *Rhipicephalus linnaei* em quatro ambientes em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. 2021-2024.

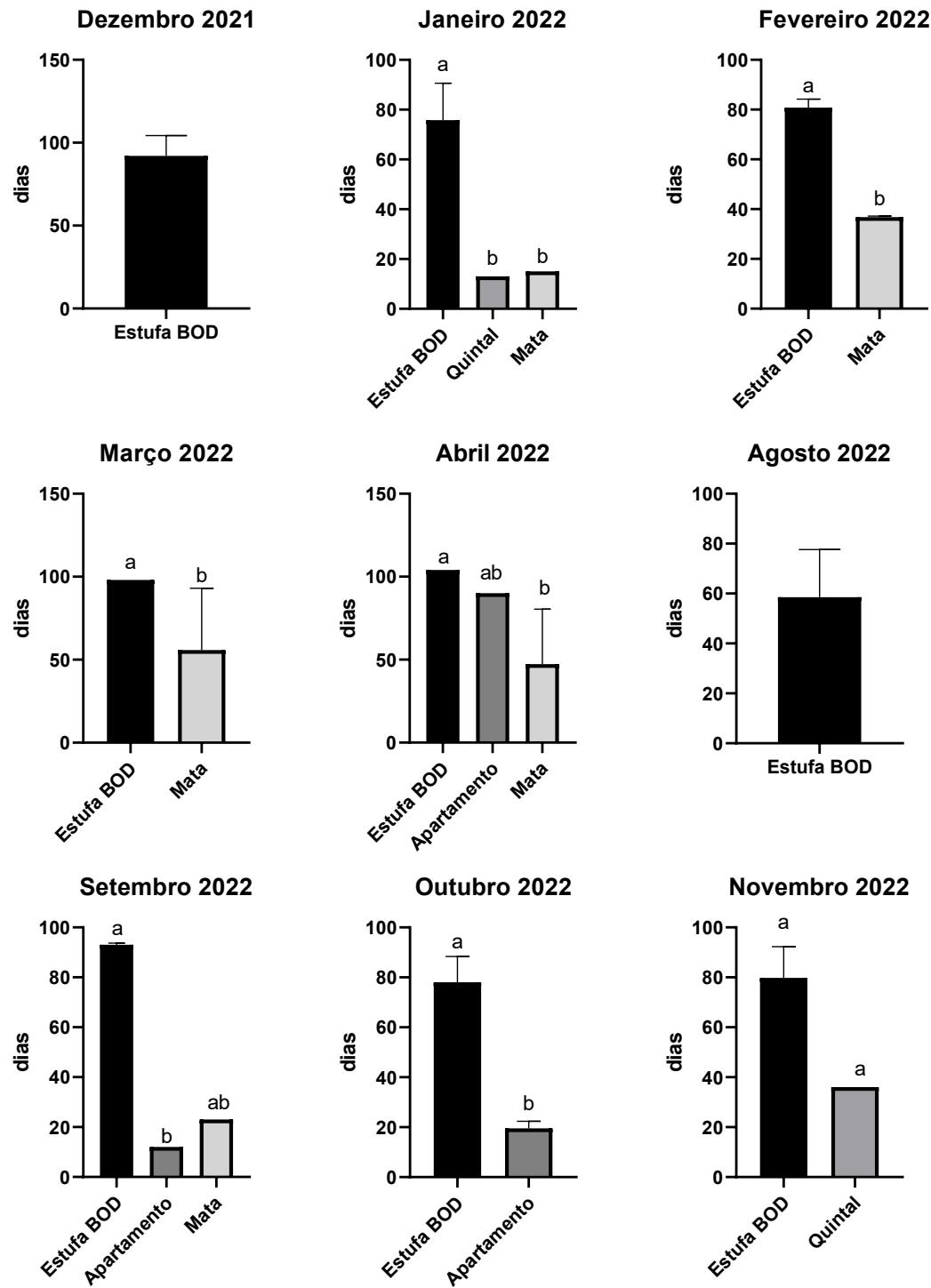
Localização	N	Média (dias)	Desvio padrão	Erro padrão
Incubadora	111	92,1	22,4	2,125
Apartamento	24	23,0	16,0	3,274
Quintal	21	25,8	10,8	2,352
Mata	40	30,6	12,3	1,950

\*número de envelopes cada qual com uma fêmea ingurgitada e depois larvas

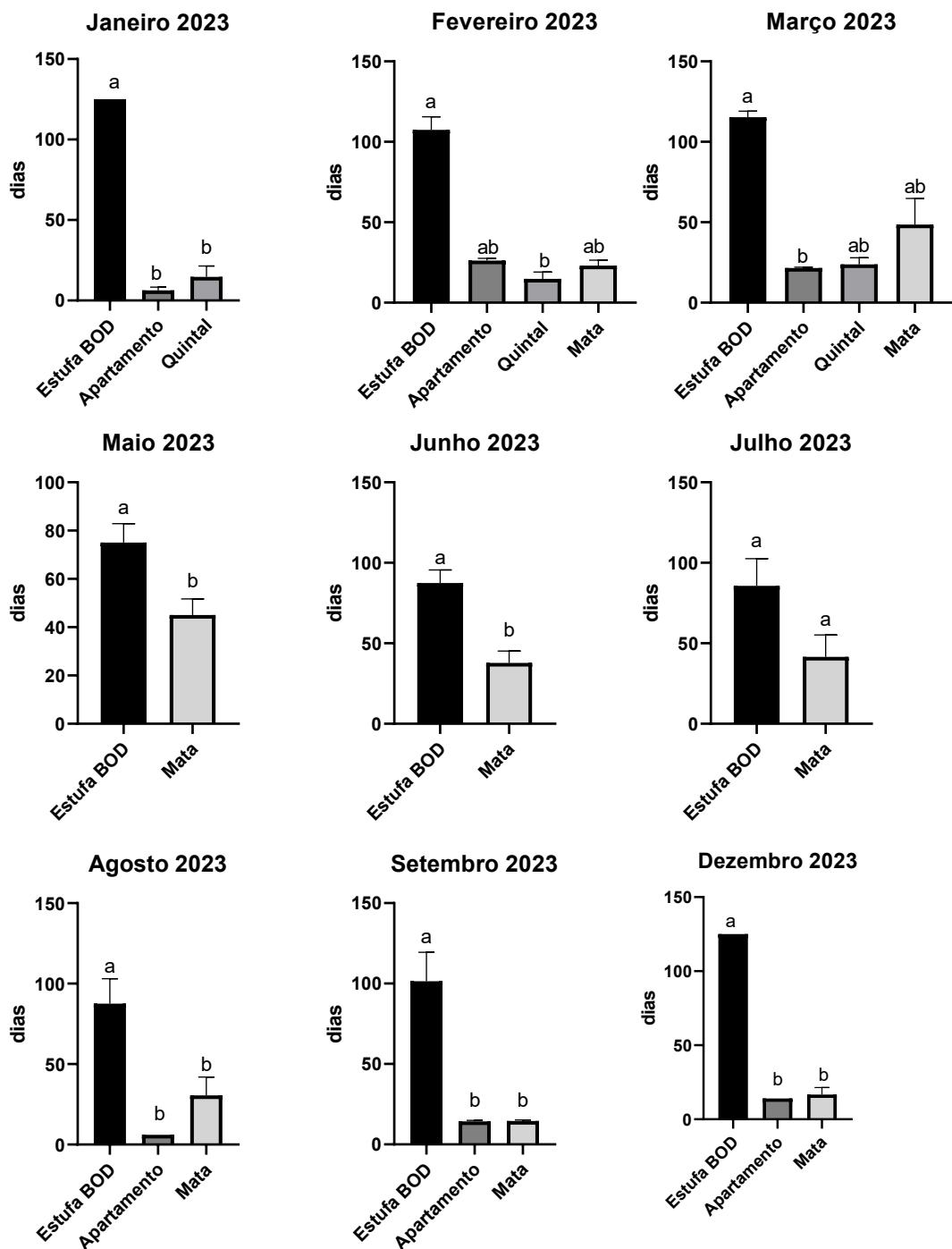
**Figura 12** - Histograma de frequência do tempo de sobrevivência (em dias) de larvas de *Rhipicephalus linnaei* de acordo com o ambiente de manutenção em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 2021-2024.



**Figura 13** - Número de dias de sobrevivência de larvas de *Rhipicephalus linnaei* mantidas em incubadora BOD, quintal, apartamento ou mata em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, durante 2021-2022. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas no tempo de sobrevivência

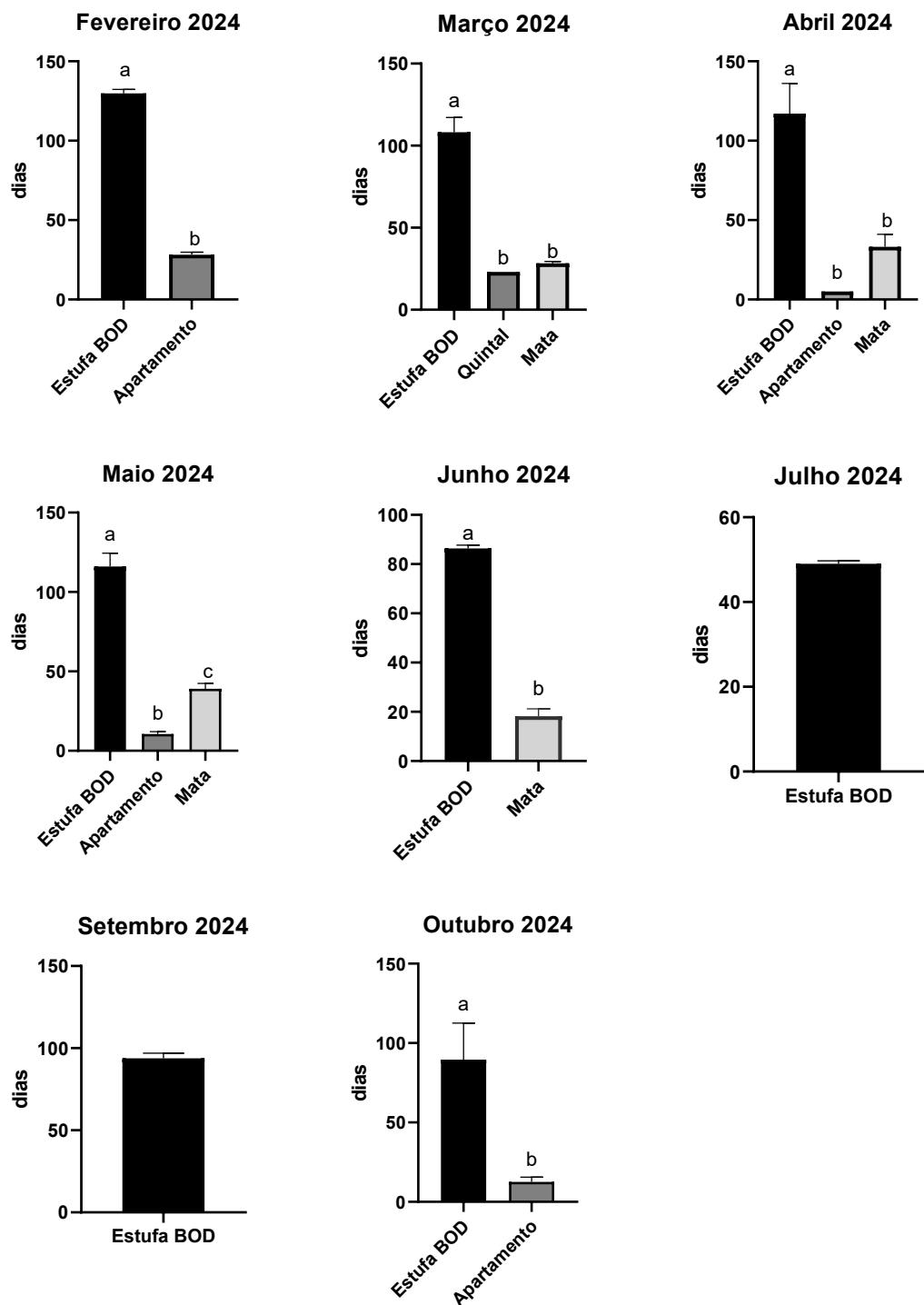


**Figura 14** - Número de dias de sobrevivência de larvas de *Rhipicephalus linnaei* mantidas em uma incubadora BOD, quintal, apartamento ou mata em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, durante 2023. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas no tempo de sobrevivência.



**Figura 15** - Número de dias de sobrevivência de larvas de *Rhipicephalus linnaei* mantidas em uma incubadora BOD, quintal, apartamento ou mata em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, durante 2024.

Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas no tempo de sobrevivência.



#### 4.6 Efeito da temperatura e da umidade sobre a sobrevivência das larvas

##### 4.6.1 Variação da temperatura média no período:

A temperatura média e as estatísticas descritivas correspondentes são apresentadas na Tabela 7. A temperatura média variou de 18,46 a 28,80 °C, sendo a mais baixa na área florestal, intermediária no quintal e a mais alta no apartamento. Essas diferenças foram estatisticamente significativas ( $\chi^2$  de Kruskal-Wallis = 125,05; df = 3; p < 0,0001). Apenas os dados de temperatura do apartamento apresentaram distribuição normal.

**Tabela 7** - Estatística descritiva da temperatura média de manutenção de larvas de *Rhipicephalus linnaei* em quatro ambientes vizinhos em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil (2021–2024).

Local	Temperatura média	Desvio-padrão	Erro-padrão
Incubadora	27.0	0,000	0,0000
Apartamento	26.4	1.68	0,3435
Quintal	24.0	1.06	0,2303
Mata	21.95	1.97	0,3109

##### 4.6.2 Variação da umidade média:

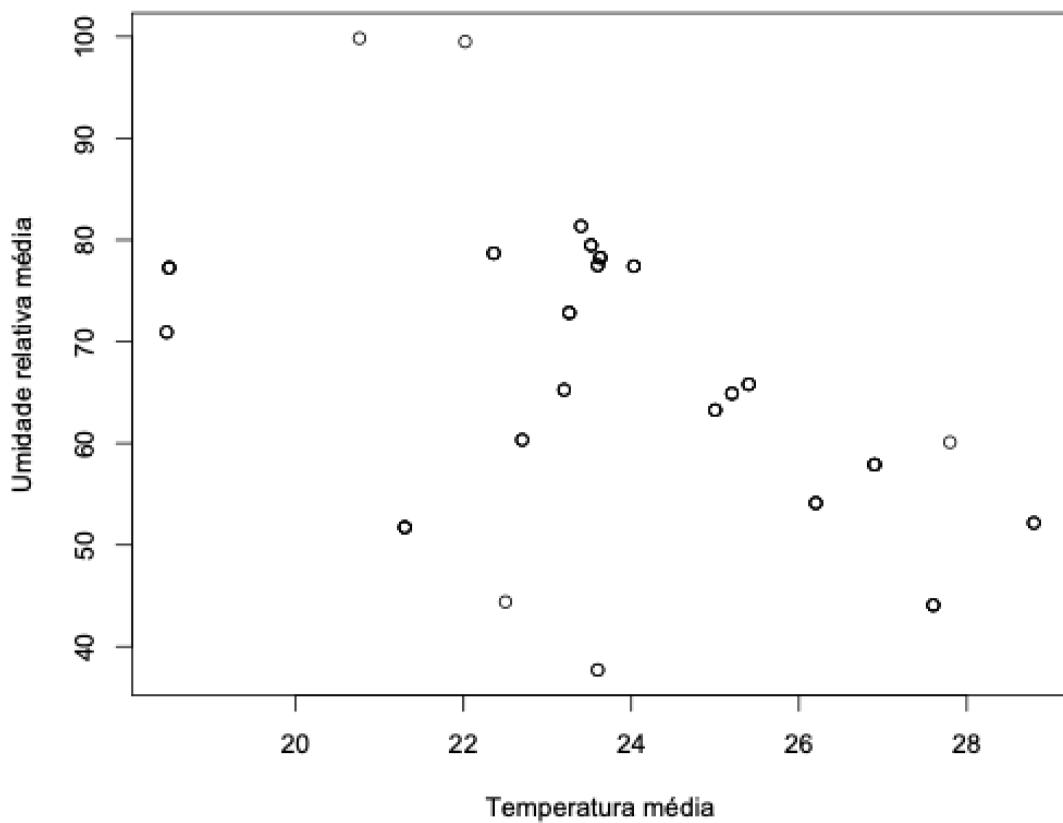
A umidade média e as estatísticas descritivas correspondentes são apresentadas na Tabela 8. A umidade relativa média variou de 37,70% a 99,83%, sendo menor no apartamento seguida do quintal e a mais elevada na área florestal. Essas diferenças foram estatisticamente significativas ( $\chi^2$  de Kruskal-Wallis = 168,58; df = 3; p < 0,0001). Os dados de umidade não seguiram distribuição normal em nenhum dos ambientes, e valores discrepantes foram observados na área mata.

**Tabela 8** - Estatística descritiva da umidade média de manutenção de larvas de *Rhipicephalus linnaei* em quatro ambientes vizinhos em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil (2021–2024).

Localização	Umidade média%	Desvio padrão	Erro padrão
Incubadora	85.0	0,00	0,000
Apartamento	53.0	7.96	1.625776
Quintal	69.2	7.48	1.634277
Mata	74.5	10.83	1.780569

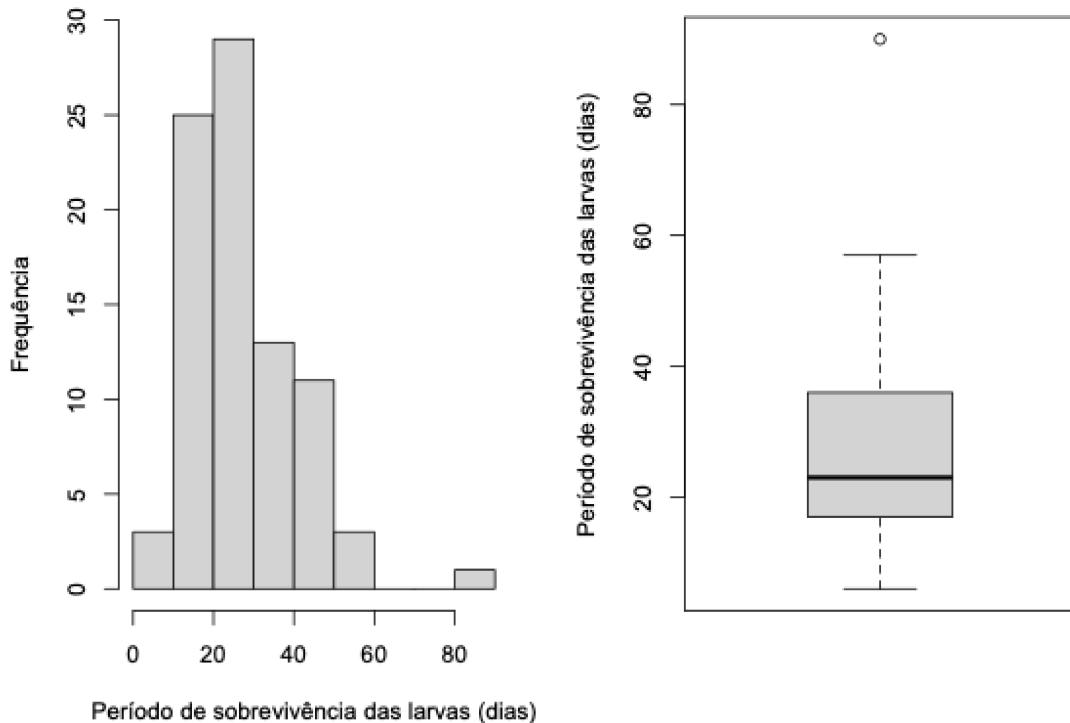
A temperatura média e a umidade relativa média estiveram negativamente correlacionadas (coeficiente de correlação linear de Pearson  $r = -0,467$ ; grau de liberdade = 80;  $p$ -valor < 0,0001).

**Figura 16** – Correlação entre umidade relativa média e temperatura média para os dados de sobrevivência de larvas.



O GLM inicial usando distribuição de Poisson, indicou sobredispersão nos dados de sobrevivência das larvas (parâmetro de dispersão = 5,037), com valor mínimo de seis dias e máximo de 90 dias. Sendo assim, foram utilizados GLM com distribuição Binomial Negativa.

**Figura 17** – Distribuição de frequências e diagrama de caixa do período de sobrevivência das larvas.



O modelo com o melhor ajuste ( $AICc = 627,43$ ,  $AICcWt = 0,82$ ) incluiu a interação entre temperatura média e umidade relativa média (Tabela 9). Esse resultado indica que o efeito de uma variável pode mudar, dependendo do valor da outra variável.

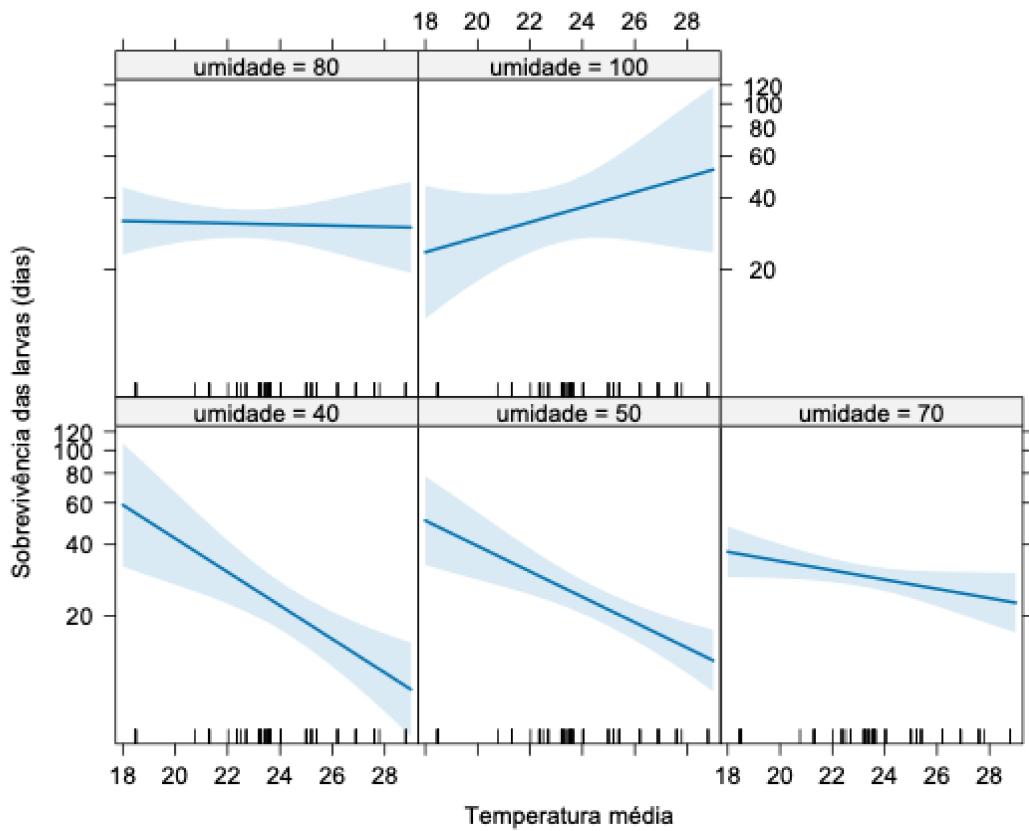
**Tabela 9** - Estimativas dos parâmetros do Modelo Linear Generalizado (GLM) com distribuição Binomial Negativa que melhor explicou a duração do período de sobrevivência das larvas.

	Estimativa	Erro padrão	z	p-valor
Intercepto	10,445	2,5036	4,172	< 0,0001
Temperatura média	-0,3202	0,1043	-3,069	0,002
Umidade Relativa média	-0,0860	0,0378	-2,276	0,023
Interação	0,0039	0,0016	2,452	0,014

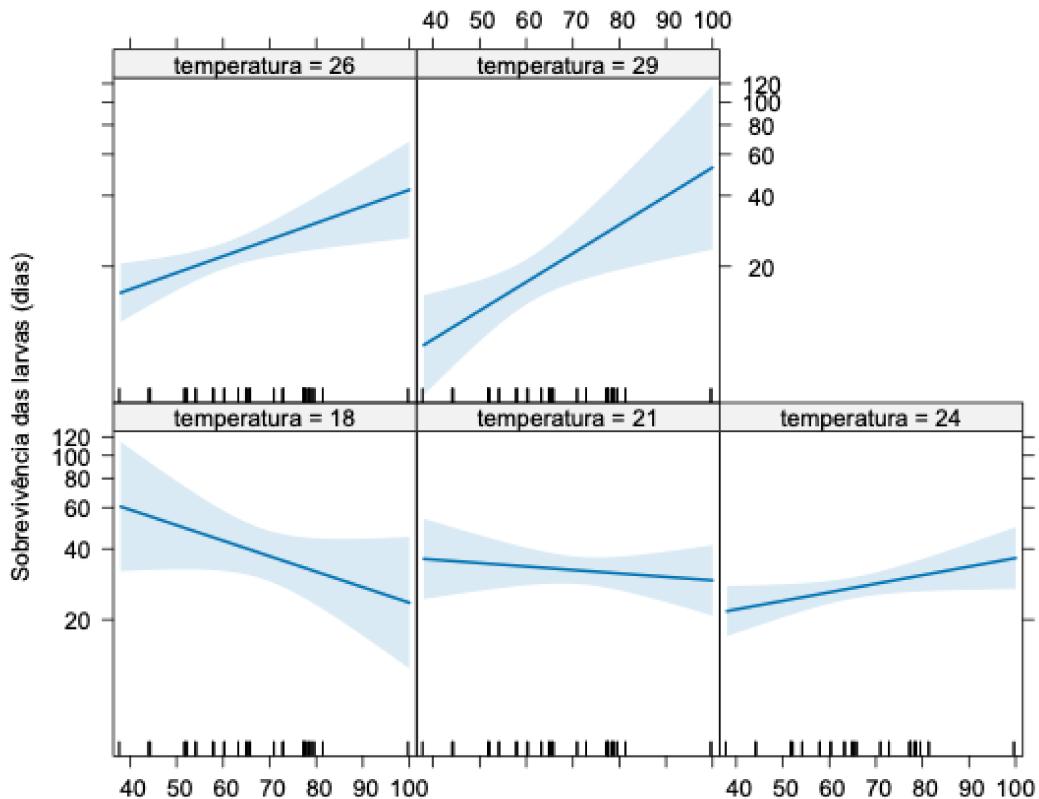
De acordo com os gráficos de efeito das variáveis preditoras (Figura 18), com o aumento da temperatura média espera-se que o período de sobrevivência das larvas diminua quando a umidade relativa média estiver abaixo de 80% e aumente quando a umidade relativa média estiver acima de 80%. Além disso, quando a temperatura média estiver abaixo de 24°C, espera-

se que o período de sobrevivência das larvas diminua com o aumento da umidade relativa média. A partir de 24°C, espera-se que um aumento da umidade relativa média tenha um efeito positivo sobre o período de sobrevivência das larvas, mais forte quanto maior a temperatura média (Figura 19).

**Figura 18** - Gráficos de efeito da temperatura média sobre o período de sobrevivência das larvas de acordo com a variação na umidade relativa média. Modelo Linear Generalizado (GLM) com distribuição Binomial Negativa incluindo interação entre temperatura e umidade relativa médias. Marcas no eixo horizontal representam observações individuais.



**Figura 19** - Gráfico de efeito da umidade relativa média (eixo horizontal) sobre o período de sobrevivência das larvas de acordo com a variação na temperatura média. Modelo Linear Generalizado (GLM) com distribuição Binomial Negativa incluindo interação entre temperatura e umidade relativa médias. Marcas no eixo horizontal representam observações individuais.



## 5. DISCUSSÃO

A identificação do carapato estudado neste trabalho como *R. linnaei* foi confirmada por meio de características morfológicas e sequenciamento gênico. Este último é essencial, pois o complexo *Rhipicephalus sanguineus* consiste em várias espécies com tal similaridade morfológica que sua distinção é propensa a erros (Nava et al., 2015; 2018). Por outro lado, muitas espécies dentro deste complexo parecem exibir comportamentos e requisitos ambientais diferentes, o que inicialmente levou à alcunha das duas principais espécies do complexo; *R. sanguineus* linhagem temperada (atualmente *R. sanguineus* sensu stricto) e *R. sanguineus* linhagem tropical (atualmente *R. linnaei*) (Nava et al., 2015; Nava et al., 2018; Slapeta et al., 2022).

Para carapatos, a especificidade ambiental é um fator mais decisivo para o estabelecimento de populações do que a especificidade do hospedeiro (Klompen et al., 1996; Nava; Guglielmone, 2013). Essa especificidade é especialmente determinada pela temperatura e umidade ambiente ao longo do ciclo de vida do carapato (Kahl et al., 2023). Por esse motivo, o presente estudo buscou examinar associações entre o desempenho biológico de fêmeas ingurgitadas e suas respectivas larvas em ambientes onde as infestações ocorrem comumente no Brasil (áreas antropizadas, quintais e/ou apartamentos) (Labruna, 2004; Silveira et al., 2009; Szabó et al., 2013) e ambientes onde as infestações não ocorrem (mata), com as variáveis abióticas de temperatura e umidade prevalecendo em cada um desses ambientes.

As informações disponíveis sobre os requisitos microambientais têm sido limitadas a estudos de laboratório comparando combinações de temperatura e umidade, porém sob condições constantes (Labruna et al., 2017; Yoder et al., 2006; Tian et al., 2023). Além disso, em muitos desses estudos, não é possível saber ao certo qual espécie dentro do complexo *R. sanguineus* estava sendo investigada (Koch e Tuck, 1986; Yoder et al., 2006). Portanto, este estudo é o primeiro a avaliar o desempenho biológico de *R. linnaei* em condições de ocorrência natural. Evidentemente, os resultados obtidos nos ambientes de quintal e mata são mais influenciados pelo clima típico do bioma Cerrado, enquanto aqueles do ambiente de apartamento são afetados pelas condições internas específicas daquele local. É importante notar que variações significativas podem existir mesmo dentro do mesmo tipo de ambiente, dependendo da estrutura e do uso das casas. Portanto, os ambientes usados neste estudo serviram apenas como referências genéricas para demonstrar as potenciais diferenças entre os ambientes.

Os resultados observados indicaram a possibilidade de oviposição, incubação de ovos, eclosão e sobrevivência larval nos três ambientes. No entanto, o desempenho biológico nestes três ambientes foi significativamente inferior (menor produção de larvas e menor sobrevivência larval) em comparação com carapatos mantidos em uma incubadora BOD. Além disso, embora o padrão tenha variado entre os ambientes, o ciclo de vida do carapato foi interrompido nos três ambientes, principalmente pela ausência de produção larval, mas também pela sobrevivência larval extremamente reduzida.

Em ambientes antropogênicos, quintal e apartamento, o ciclo de vida foi comprometido (sem produção de larvas ou menos de 100 por fêmea) em 62% e 27% das liberações, respectivamente. No quintal, essa interrupção ocorreu principalmente durante a estação seca, enquanto no apartamento, limitou-se à estação seca. Em contraste, no ambiente de mata, o ciclo de vida foi comprometido em 33% das liberações, quase exclusivamente

durante a estação chuvosa. Deve-se notar, no entanto, que as definições das estações chuvosa e seca adotadas neste estudo servem apenas como referências gerais, pois ocorreram variações interanuais significativas. Também é importante considerar que ambientes antropogênicos, particularmente dentro de habitações humanas, podem ser modificados usando condicionadores de ar, aquecedores e umidificadores para atingir o conforto humano, o que pode dissociar as condições abióticas locais daquelas características do clima da região em estudo. Portanto as correlações mais precisas são aquelas baseadas nos dados obtidos por meio dos registradores de dados que mediram esses parâmetros.

A sobrevivência das larvas nos três ambientes experimentais foi afetada de forma similar à observada com a da produção de larvas com redução do período de vida das larvas, em média, para menos de um terço daquele observado na estufa BOD, ou seja, de 90 dias para 30 dias ou menos. Porém a avaliação da sobrevivência foi comprometida pela redução do número de dados pela ausência de oviposição/eclosão de ovos. Assim o efeito da temperatura e umidade relativa destes ambientes sobre a sobrevivência de larvas deverá ser avaliada em experimentos direcionados (larvas produzidas em laboratório e posicionados posteriormente nestes ambientes).

Em nossa pesquisa, o ambiente mata, de modo geral, manteve níveis de umidade relativa mais altos e temperaturas médias mais baixas em comparação aos dois ambientes antropogênicos. Os valores médios desses parâmetros no quintal e no apartamento foram semelhantes. No entanto, o quintal apresentou variações mais extremas de temperatura e umidade, particularmente temperaturas mais altas e umidade muito baixos, resultando em maior dispersão dos dados. No ambiente mata, a sombra contínua das árvores e a presença de serrapilheira contribuíram para a retenção de umidade, o que permitiu a eclosão dos ovos e/ou a sobrevivência mais prolongada das larvas durante a estação seca. Por outro lado, a retenção de umidade durante a estação chuvosa fez com que a umidade relativa permanecesse em ou perto de 100% por vários dias consecutivos. Nesta umidade elevada associada às temperaturas mais amenas, observou-se inatividade/imobilidade das larvas do carapato *R. linnaei*, em casos mais extremos a ausência de eclosão dos ovos e proliferação fúngica. Observação que indica que matas úmidas como a Amazônica e Atlântica seriam totalmente refratárias a essa espécie de carapato.

De forma oposta e apesar dos valores médios da temperatura e umidade serem mais semelhantes entre o apartamento e quintal, este último foi o ambiente menos adequado. No quintal os extremos de temperatura elevada, acima de 40 °C, às vezes próximos de 50 °C e de umidade relativa baixa, abaixo de 10%, às vezes abaixo de 5%, mesmo que por tempo reduzido

foram também letais. De fato, mesmo carapatos adaptados a ambientes áridos demonstram sensibilidade a extremos ambientais. *Hyalomma dromedarii*, cuja taxa de perda hídrica é inferior à de *R. sanguineus* sensu lato (Yoder et al., 2006), também apresenta essa vulnerabilidade. Alahmed e Kheir (2003) incubaram ovos, larvas e adultos dessa espécie a 25, 32, 38, 43 e 48 °C, com umidade relativa de 85%, e observaram que os ovos não sobreviviam a 38 °C; a sobrevivência das larvas reduziu-se de 44 dias a 25 °C para 5,5 dias a 38 °C, sendo nula a 43 °C; a longevidade dos adultos não alimentados caiu de 105 dias a 25 °C para apenas 11 dias a 43 °C e a mortalidade foi total a 48 °C.

Há uma dificuldade de comparação de nossos dados com aqueles da literatura por quatro motivos principais. Na maioria das observações realizadas a espécie utilizada do complexo *R. sanguineus* não pode ser definida na época (Koch; Tuck, 1986; Yoder et al., 2006; Dantas-Torres et al., 2012) e que pode estar associada a diferenças importantes de desempenho biológico. Prova disso, nos trabalhos mais recentes com esta distinção, a capacidade superior do *R. sanguineus* s.s. em suportar temperaturas mais baixas e do *R. linnaei* as temperaturas mais elevadas foi demonstrada (Labruna et al., 2017; Tian et al., 2022; Fachet-Lehmann et al., 2025b).

Um segundo aspecto é que, ao contrário do nosso, a maioria dos trabalhos foi conduzido em laboratórios com temperaturas e umidades constantes ou algumas combinações dessas (Jacobs et al., 2004; Yoder et al., 2006; Dantas-Torres et al., 2012; Labruna et al., 2017; Tian et al., 2022; 2023). Um terceiro motivo é que a grande maioria dos trabalhos que estudou o desempenho biológico na fase não parasitária do carapato não observou a longevidade, apenas os outros parâmetros como oviposição e eclosão dos ovos e taxas de ecdise (Feldman-Muhsam, 1964; Szabó et al., 1995, Ioffe-Uspensky et al., 1997; Heath, 1981; Piranda et al., 2008; Dantas-Torres et al., 2011; Aguiar et al., 2013).

Por último, com raras exceções, todos os trabalhos laboratoriais empregaram ou, detectaram em campo um espectro de temperatura e umidade que não atingiram os extremos das condições observadas em nosso trabalho (Koch; Tuck, 1986; Jacobs et al., 2004; Silveira et al., 2009; Dantas-Torres et al., 2012; Labruna et al., 2017, Tian et al., 2022; 2023). Em conjunto nestes trabalhos os extremos de temperatura variaram de 10 °C a 35 °C e de umidade de 15 a 95%. Uma exceção foi o trabalho de Yoder et al. (2006) que testaram a perda de água de carapatos *R. sanguineus* (poderia ser *R. sanguineus* s.s. ou *R. linnaei* considerando a origem geográfica dos carapatos) a 25 °C e 0 UR%. Nestas condições fêmeas do carapato sobreviveram 6-8 dias, machos e ovos por 4-6 dias, ninfas 2-3 dias e larvas por apenas 15-18 horas. Outra exceção para o espectro de temperatura e umidade, foi o trabalho de Sweatman

(1967) que testou o desempenho de *R. sanguineus* coletados de cães no Beirute no Líbano, em temperaturas com incrementos de cinco graus, de 5 a 45 °C e as umidades relativas de, aproximadamente, 0%, 18%, 80% e 93%. Porém o autor só testou o efeito destes sobre a longevidade de fêmeas ingurgitadas e da oviposição. Oviposição no trabalho de Sweatman (1967) só ocorreu nas temperaturas entre 15 e 40 °C, com o melhor desempenho entre 20 e 30 °C. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi observada por esses autores entre o número de ovos produzidos e o déficit de saturação para nenhuma das temperaturas.

No único trabalho a saber em que os efeitos sobre a longevidade de carapatos *R. sanguineus* de condições de laboratório e ambientais externas foram comparados Dantas-Torres et al. (2012), as condições laboratoriais permitiram desempenho biológico dos carapatos muito melhor em termos de sobrevida. Porém neste apenas das médias mensais foram apresentadas (oscilaram aproximadamente entre 7 - 27 °C e 50 – 85%, respectivamente). Além disso os experimentos foram realizados em Bari, Itália, de clima mediterrâneo, com preocupação maior no trabalho sobre o efeito adverso que a temperatura do inverno possa ter sobre o ciclo do carapato. Estes autores observaram que no ambiente externo, larvas, ninfas e adultos em jejum foram capazes de sobreviver por até 34, 40 e 385 dias, respectivamente, sendo que a longevidade foi maior em laboratório ( $26 \pm 1$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa) com 44 dias para as larvas, 54 dias para as ninfas e 584 dias para os adultos. Carapatos adultos que haviam passado o inverno em condições climáticas naturais em Bari conseguiram se alimentar e originar larvas viáveis, mesmo após 40 semanas em jejum. Este resultado contrasta com aquele de Fachet-Lehmann et al., (2025b) em Stuttgart na Alemanha quem observou que nem *R. sanguineus* s.s. ou *R. linnaei* não foram capazes de sobreviver durante o período de inverno por mais de 2 a 4 semanas. Neste caso, há de se considerar diferenças de clima. Stuttgart está localizado a mais de 1000 km ao norte de Bari e tem clima temperado oceânico e temperaturas mínimas mais baixas, muitas vezes abaixo de 0 °C.

Como observado, as condições abióticas e as espécies do complexo *R. sanguineus* envolvidas dos trabalhos já publicados diferem da nossa abordagem, principalmente por não avaliar o extremo mínimo de temperatura para sobrevivência mas os extremos de umidade relativa do ar. Para permitir uma avaliação dos limites que regem a estabelecimento do carapato *R. linnaei* em um local, a análise dos dados o desempenho do carapato e dos respectivos dados abióticos, incluindo as possíveis interações de temperatura e umidade foram analisados em conjunto (independente do ambiente de origem). Os dados da estufa foram excluídos para esse fim. Portanto, a adequação de um local para o ciclo de vida do carapato é expressa em relação aos dados abióticos e não ao ambiente. Essa abordagem permitirá a

exportação dos dados para os diversos ambientes e aproveita os extremos fornecidos como a aquela da mata e do quintal.

Vários modelos estatísticos foram testados e dificuldades como sobredispersão e número excessivo de zeros (fêmeas que não produziram larvas) foram encontrados. Assim mesmo dados de referência foram apontados pelos modelos selecionados. A produção de larvas (parâmetro que engloba oviposição e eclosão dos ovos) sofre a maior interferência negativa a partir de umidade relativa média inferior a 60% dentro das faixas de temperatura de 18 a 30 °C. Por outro lado, larvas se mostraram mais sensíveis e redução maior da sobrevivência ocorreu a partir de umidade relativa menor que 80%. Essa diferença de sensibilidade à dessecação entre ovos e larvas já foi observada antes com carapatos *R. sanguineus* s.l. (colônia Oklahoma State University, Stillwater) por Yoder et al (2006). Esses autores demonstraram que larvas são as menos tolerantes à dessecação morrendo com perda de 19% do conteúdo hídrico e ovos os mais tolerantes morrendo somente após a perda de 39%. Segundo esses autores isso ocorre, porque, os ovos retêm eficazmente a pouca água de que necessitam, como consequência parcial de uma gema pesada e inerte (eleva a massa seca, diminui o teor de água), metabolismo lento e características impermeáveis do córion.

Um viés experimental importante do nosso trabalho foi o confinamento das fêmeas ingurgitadas e larvas resultantes em envelopes metálicos e que impediram expressão comportamental de carapatos. Especificamente, impossibilitaram a busca das fêmeas ingurgitadas e das larvas do *R. linnaei* por microambientes mais adequados, menos quentes com maior possibilidade de conservação hídrica. Esse comportamento teria sido importante, principalmente no quintal em que a umidade relativa abaixo de 60 e 80% foi mais frequentemente anotada.

Essa busca ativa por microambiente mais adequado e outros comportamentos para retenção hídrica e lidar com calor excessivo na fase não parasitária de carapatos já é registrado para outras espécies. Furlong et al. (2002) observaram que no verão as larvas do carapato do boi *Rhipicephalus microplus* formaram grupos menores e mais dispersos, possivelmente para reduzir o aquecimento corporal e melhorar a ventilação. A maior umidade relativa nesse período também pode ter reduzido a necessidade de agregação observada no inverno. Brovini et al. (2003) observaram o comportamento de enterramento de fêmeas ingurgitadas do carapato do boi no pasto em fendas no solo, base das touceiras de capim, sob folhas e substratos no chão. A distância de deslocamento de fêmeas para esse fim foi em média maior no inverno (12,2 cm) do que no verão (7,2 cm) e correlacionado à temperatura. Alahmed e Kheir (2003) relataram que, na Arábia Saudita, os adultos de *H. dromedarii* buscam refúgio em tocas ou cavam alguns

centímetros no solo em busca de microambientes que protejam os ovos e as larvas recém-eclodidas das altas temperaturas e da baixa umidade. Além disso, ElGhali e Hassan (2010) observaram que o pico de desprendimento das ninfas e fêmeas ingurgitadas de *H. dromedarii* ocorre entre 18:00 e 20:00 horas, após o anoitecer, o que contribui para reduzir a exposição ao calor extremo. Larvas de carapatos do gênero *Rhipicephalus* que exibem comportamento de emboscada no Zimbabwe (*R. microplus* e *R. appendiculatus*) muitas vezes descem da vegetação para o solo no período mais quente do dia, provavelmente para diminuir à exposição ao calor e dessecação (Short et al, 1989). Por outro lado, carapatos associados a clima temperado também sobrevivem por se localizar em microambientes adequados e podem sobreviver invernos rigorosos ao se posicionarem debaixo da camada de neve. A camada de neve isola o solo e, portanto, evita que os carapatos congelem durante o inverno, apesar da baixa temperatura do ar na superfície (Volk et al., 2022).

O comportamento o *R. linnaei* parece explicar a sua distribuição exclusiva em ambientes antrópicos no Bioma Cerrado. Tendo em vista que nos períodos secos do ano os carapatos *R. linnaei* na mata em nosso trabalho tiveram desempenho biológico superior aos dos ambientes antrópicos e considerando o acesso frequente de cães a fitofisionomias florestais (Torres; Prado; 2010; Paschoal et al., 2012) populações temporárias de larvas de *R. linnaei* deveriam estar presentes em matas do Cerrado no período seco. Além disso as larvas deveriam estar infestando carnívoros selvagens como o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) que se mostrou um hospedeiro adequado em infestações experimentais (Ferreira; Bechara, 1995). Embora não tenhamos ainda uma explicação clara para essa ausência de infestação nas condições acima, algumas características dessa espécie de carapato e duas observações de nosso trabalho fornecem elementos para explicar o fenômeno. Primeiro que o carapato *R. linnaei* é nidícola (Labruna 2004; Szabó et al., 2013) e podemos supor que o desprendimento do hospedeiro ocorra no local de descanso do seu hospedeiro habitual, o cão, e não no trajeto em matas. Em relação às observações do trabalho, a primeira se refere à constante baixa atividade/imobilidade das larvas nos envelopes na mata em comparação com aquelas dos ambientes antrópicos e de estufa BOD. Essa baixa atividade deve estar associada à temperatura mais baixa e umidade mais elevada no ambiente florestal. Neste contexto, Fachet-Lehmann (comunicação pessoal) observou em Stuttgart na Alemanha que, enquanto *R. sanguineus* s.s. subiam na parede de frascos em casos de excesso de umidade, carapatos *R. linnaei* tinham dificuldade de locomoção e permaneciam no fundo dos frascos no local mais úmido. A segunda observação se refere à ausência, durante as vistorias da área experimental na mata, de larvas resultantes de 180 fêmeas ingurgitadas soltas mensalmente sem restrição em envelopes (cinco

fêmeas a cada mês por 36 meses). Estas fêmeas poderão ter morrido sem realizar oviposição, os ovos podem não ter sofrido eclosão, as larvas poderão ter morrido ou ainda terem sido levados por algum hospedeiro de porte pequeno. A constatação principal é que não houve busca por hospedeiros por espreita na vegetação ou ainda nas estruturas metálicas do experimento. Portanto é possível supor que a mata não forneceu ambiente para a expressão comportamental adequada para oviposição e para que as larvas pudessem infestar carnívoros de médio porte, fato que deverá ser mais bem estudado.

Por outro lado, observamos em nosso trabalho que nas condições antrópicas os carapatos estavam sempre mais ativos durante a inspeção dos envelopes. Essa condição pode ser relevante em um ambiente nidícola em que o momento da chegada do hospedeiro em seu refúgio é uma oportunidade que deva ser aproveitado. Em verdade elevações da temperatura ambiental em algumas situações e, especificamente, no caso de espécies do complexo *R. sanguineus* parece estar relacionada com favorecimento do parasitismo humano e ao aumento de riquetsioses humanas e potencialmente outras doenças transmitidas por carapatos. Normalmente o carapato *R. linnaei* (considerando a origem geográfica dos relatos) possui baixa antropofilia (Silveira et al., 2009; Acosta et al., 2017; Dantas-Torres et al. 2006). Backus et al. (2021) observaram que em comparação com a temperatura de 23,5 °C, a 38°C, 2,5 vezes mais adultos de *R. linnaei* (descrito como *R. sanguineus* linhagem tropical) se movimentaram em direção a seres humanos.

Além da procura por hospedeiros mais intensa a temperatura elevada pode também aumentar a interação parasitária. Socolovschi et al. (2009) demonstraram experimentalmente uma maior taxa de fixação de larvas, ninfas e adultos do carapato *R. sanguineus* s.l. (colônia com carapatos do sul da França) a coelhos quando mantidos a 40 °C (em comparação a 25 °C) por quatro dias antes da infestação. Esses autores afirmaram que isso está provavelmente ligado a um aumento da agressividade e maior propensão do *R. sanguineus* a picar hospedeiros, inclusive não habituais, em condições mais quentes. Esse fato, segundo eles, explicaria os picos de ocorrência de febres maculosas na região do Mediterrâneo associados a condições climáticas com ondas de calor.

Parola et al (2008) forneceram evidências de que um conjunto de casos humanos de rickettsiose (por *Rickettsia conorii* e *R. massiliae*) no sul da França estava relacionado a um aumento da agressividade do *R. sanguineus* para humanos causado por clima com temperaturas excepcionalmente elevadas. Nielebeck et al. (2023) observaram que carapatos *Amblyomma americanum*, *Dermacentor variabilis* e *Ixodes scapularis* em condições mais quentes e menos úmidas morriam mais rápido e as três espécies eram mais propensas ativar o comportamento

de busca por hospedeiros pouco antes de sua morte. Neste contexto, muito provavelmente, a epidemia de febre maculosa por *R. rickettsii* transmitida por carapatos *R. linnaei* no norte do México (Foley et al., 2024) também tem como pano de fundo maior agressividade dos carapatos a cães e humanos com aceleração do ciclo parasitário e maior risco de picada humana em um ambiente seco e com verão escaldante.

De maneira geral dados do nosso trabalho mostram uma aparente inadequação dos ambientes antrópicos no Cerrado também, em especial do quintal, para o desenvolvimento do ciclo de vida do *R. linnaei*. Esses resultados contrastam com as elevadas infestações ambientais e de cães que nela vivem relatados no Brasil e México (Aragão 1936, Szabó et al., 2001; Labruna, 2004; Dantas-Torres et al., 2006; Foley et al., 2024). Porém esses resultados precisam ser colocados em perspectiva para a devida análise através de algumas observações.

1) Diversidade de ambientes antrópicos em uma mesma cidade. Casas e quintais com condições micro ambientais distintas que podem favorecer ou desfavorecer o carapato;

2) Presença constante do cão que abrevia o tempo de busca por hospedeiro e, portanto, a necessidade por sobrevivência de semanas. Neste sentido, e considerando o comportamento nidícola do carapato, casas e quintais oferecem ao *R. linnaei* oportunidade diária (até várias oportunidades em um dia) para achar o hospedeiro;

3) Resultados preliminares de nosso trabalho (dados não publicados) indicam uma sobrevivência muito mais longa de ninfas e, principalmente, adultos de *R. linnaei* nas mesmas condições ambientais aplicadas a ovos e larvas. Essa maior longevidade desses estágios já foi observada em outros estudos com *R. sanguineus* s.l. (Dantas-Torres et al., 2012; Labruna et al., 2017). Segundo Yoder et al. (2006), essa maior sobrevivência em ambientes secos seria explicada pelo fato de os adultos de *R. sanguineus* s.l. apresentarem uma taxa de perda de água mais lenta (várias vezes menor) e um limite de tolerância à desidratação mais elevado. Portanto, adultos podem ser os responsáveis por focos mais permanentes de infestação ambiental em locais mais secos.

4) O comportamento de busca por microambiente mais adequado ou ainda menos letal, das fêmeas e larvas do *R. linnaei* em nosso trabalho foi cerceado pelo envelope metálico. Conforme discutido acima a movimentação de apenas alguns centímetros no ambiente pode ser determinante para a sobrevida. No caso do *R. sanguineus* s.l. Yoder et al., (2006) pondera:

Embora essa faixa de atividade de vapor de água em ambientes internos esteja bem abaixo da CEA (atividade crítica de equilíbrio hídrico) para qualquer estágio de *R. sanguineus*, os carrapatos podem reabastecer suas reservas hídricas buscando refúgios ricos em umidade (como porões, vãos sob o piso ou áreas próximas a encanamentos), onde a absorção de vapor de água é possível, ou ainda por meio da alimentação com sangue (Yoder et al., 2006).

Desprende-se dos expostos que esses aspectos comportamentais para conservação hídrica e relação com microambientes antrópicos do *R. linnaei* em especial das larvas, mais suscetíveis à dessecação, precisam ser especificamente investigados.

5) Qualquer espécie de carrapato para se manter em equilíbrio populacional deverá ter elevada mortalidade. Para esse equilíbrio, um casal de adultos deverá a cada geração originar em média um único casal de adultos. No caso do *R. linnaei*, mesmo com a elevada mortalidade e interrupção anual de uma geração de larvas, é possível ponderar que adultos ou ninfas remanescentes de gerações anteriores possam perpetuar as infestações de um local. Deve-se considerar o potencial que esta espécie tem de manter múltiplas gerações em um ano (Cruz-Vazquez; Garcia-Vazquez, 1999; Louly et al., 2007) e que podem se misturar em um mesmo ambiente.

6) As temperaturas elevadas apesar de reduzirem a eclosão de ovos e a longevidade das larvas, podem aumentar a busca ativa por hospedeiros e favorecer o parasitismo.

Em conclusão, considerando o espectro de temperaturas e umidades de sobrevivência, mesmo que reduzido para alguns dias, do *R. linnaei*, ele é capaz de realizar seu ciclo de vida todo em ambientes antrópicos internos como apartamentos, casas ou outros ambientes similares. Isso acontece porque há uma coincidência entre o conforto térmico e de umidade relativa humana com aquele que permite o ciclo de vida do carrapato *R. linnaei*. Essa é uma condição presente não apenas em países de clima tropical como em países de clima temperado e que explica a distribuição geográfica global mais ampla do *R. linnaei* entre os carrapatos do complexo *R. sanguineus*.

## 6. CONCLUSÃO

O *Rhipicephalus linnaei* foi confirmado como a espécie estudada, com seu desempenho biológico influenciado principalmente pelas condições microambientais de temperatura e umidade. Embora capaz de completar seu ciclo de vida em ambientes antropogênicos do Cerrado, seu sucesso é limitado por extremos ambientais, especialmente a baixa umidade e altas temperaturas. De modo geral, esse estudo observou que o quintal foi o microambiente que mais sofreu em alguns períodos críticos, o que dificultou ao sucesso na oviposição, incubação, eclosão e sobrevivência das larvas de *R. linnaei*. A mata mostrou-se inadequada no período chuvoso, onde havia alta umidade e, por vezes, ocorrência de fungos nas fêmeas e nas massas de ovos, daquelas que conseguiram ovipor. O comportamento de busca por microambientes favoráveis, restrito no experimento, provavelmente é fundamental para sua sobrevivência natural. Esse estudo ressalta a importância de considerar fatores ambientais e comportamentais para entender a ecologia e o controle do *R. linnaei*.

## REFERÊNCIAS

**ACOSTA, I. F.; MARTINS, T. F.; LABRUNA, M. B.** *Human parasitism by Rhipicephalus sanguineus sensu lato (Acari: Ixodidae) in Mato Grosso do Sul, west-central Brazil. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, São Paulo, v. 54, p. 96, 2017. DOI: 10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2017.116384*

**AGUIAR, C. L. G.; PINTO, D. M.; PAPPEN, F. G.; CUNHA FILHO, N. A. da; SANTOS, T. R. B. dos; FARIA, N. A. da R.** *Parâmetros da fase de vida livre de Rhipicephalus sanguineus (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae): adaptado ao clima subtropical. Arquivos do Instituto Biológico, v. 80, n. 4, p. 375–380, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1808-16572013000400001>.*

**ALAHMED, A. M.; KHEIR, S. M.** *Life Cycle and Survival of *Hyalomma dromedarii* (Acari: Ixodidae) Under Laboratory Conditions. J Agric Mar Sci. 2003;8(1):11–14. doi:10.24200/jams.vol8iss1pp11-14.*

**ALCAÍNO, H.; GORMAN, T.; JIMÉNEZ, F.** *Ecología del *Rhipicephalus sanguineus* (Ixodidae) en la región Metropolitana de Chile. Archivos de Medicina Veterinaria, v. 22, p. 159–168, 1990.*

**ALMAZÁN, C.; TORRES RODRÍGUEZ, L.; ALANAZI, A. D.; ŠLAPETA, J.** Consuelo American mitogenome reference for the tropical brown dog tick, *Rhipicephalus linnaei* (Audouin, 1826). *Current Research in Parasitology & Vector-Borne Diseases*, v. 6, 100194, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crpvbd.2024.100194>.

**ALVES, G. B.; MARÇAL, O. J.; BRITES, V. L. C.** *Medium and large-sized mammals of a fragment of Cerrado in the Triângulo Mineiro region, Southeastern Brazil. Bioscience Journal (Online), p. 863–873, 2014.*

**ALTSCHUL, S. F.; GISH, W.; MILLER, W.; MYERS, E. W.; LIPMAN, D. J.** *Basic local alignment search tool. Journal of Molecular Biology, v. 215, p. 403–410, 1990.*

**ARAGÃO, H. B.** *Notas sobre Ixodidas brasileiros. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 3, p. 145–194, 1911.*

**ARAGÃO, H. B.** *Ixodidas brasileiros e de alguns países limítrofes. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 31, n. 4, p. 759–841, 1936.*

**GARGILI, A.; ESTRADA-PEÑA, A.; SPENGLER, J. R.; LUKASHEV, A.; NUTTALL, P. A.; BENTE, D. A.** *The role of ticks in the maintenance and transmission of Crimean-Congo hemorrhagic fever virus: A review of published field and laboratory studies. Antiviral Research, v. 144, p. 93–119, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2017.05.010>.*

**BARROS-BATTESTI, D. M.; MACHADO, R. Z.; ANDRÉ, M. R.** *Ectoparasitofauna brasileira de importância veterinária – Volume 3. Acarofauna de*

importância veterinária: *Parasitiformes – Ixodida, Parte I.* 1. ed. Jaboticabal, SP: CBPV, 2024. 547 p. Ilust. ISBN 978-65-84598-92-8.

**BACKUS, L. H.; LÓPEZ PÉREZ, A. M.; FOLEY, J. E.** *Effect of temperature on host preference in two lineages of the brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus*. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, v. 104, n. 6, p. 2305–2311, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.20-1376>.*

**BECHARA, G. H.; SZABÓ, M. P. J.; ROSSETTI, B. F.; GARCIA, M. V.** *Rhipicephalus sanguineus tick in Brazil: feeding and reproductive aspects under laboratorial conditions. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, v. 4, n. 2, p. 61–66, 1995.*

**BERTIPAGLIA, E.C.A.; SZABÓ, M.P.J.** *Resistência cruzada entre estádios do carrapato *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) em cobaias. XI Congresso de Iniciação Científica da UNESP-1999. Revista de Iniciação Científica, UNESP 1: 67-74, 2000.*

**BOWMAN, A. S.; COONS, L. B.; NEEDHAM, G. R.; SAUER, J. R.** *Tick saliva: recent advances and implications for vector competence. Medical and Veterinary Entomology, v. 11, p. 277–285, 1997.*

**BURLINI, L.; TEIXEIRA, K. R.; SZABÓ, M. P. J.; FAMADAS, K. M.** *Molecular dissimilarities of *Rhipicephalus sanguineus* (Acari: Ixodidae) in Brazil and its relation with samples throughout the world: is there a geographical pattern? Experimental and Applied Acarology, v. 50, n. 4, p. 361–374, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-009-9321-8>.*

**BROPHY, M.; RIEHLE, M. A.; MASTRUD, N.; RAVENSCRAFT, A.; ADAMSON, J. E.; WALKER, K. R.** *Variação genética em carapatos *Rhipicephalus sanguineus* s.l. no Arizona. International Journal of Environmental Research and Public Health, [S.l.], v. 19, n. 7, p. 4223, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph19074223>.*

**BROVINI, C. N.; FURLONG, J.; CHAGAS, A. C. S.** 2003. Influence of climatic factors in the biology and behavior of *Boophilus microplus* engorged females in the field. *Bioscience Journal*, 19 (1):71-76.

**CANÇADO, P. H. D.; PIRANDA, E. M.; FACCINI, J. L. H.** Influência do comportamento gregário nos processos de muda de *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae), em condições laboratoriais. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, v. 16, n. 4, p. 205–210, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612007000400005>.*

**CANEVARI, J. T.; MANGOLD, A. J.; GUGLIELMONE, A. A.; NAVA, S.** Population dynamics of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in a subtropical subhumid region of Argentina for use in the design of control strategies. *Medical and Veterinary Entomology, v. 31, n. 1, p. 6–14, mar. 2017.*

**CRUZ-VAZQUEZ, C.; GARCIA-VAZQUEZ, Z.**, 1999. Seasonal distribution of *Rhipicephalus sanguineus* ticks (Acari: Ixodidae) on dogs in an urban area of Morelos, Mexico. *Exp. Appl. Acarol.* 23: 277-280.

**DANTAS-TORRES, F.; FIGUEREDO, L. A.; BRANDÃO-FILHO, S. P.** *Rhipicephalus sanguineus* (Acari: Ixodidae), the brown dog tick, parasitizing humans in Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2006 Jan-Feb;39(1):64-7. doi: 10.1590/s0037-86822006000100012. Epub 2006 Feb 23. PMID: 16501769.

**DANTAS-TORRES, F.** Biology and ecology of the brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus*. *Parasites & Vectors*, v. 3, n. 1, p. 26, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1186/1756-3305-3-26>.

**DANTAS-TORRES, F.; GIANNELLI, A.; OTRANTO, D.** Starvation and overwinter do not affect the reproductive fitness of *Rhipicephalus sanguineus*. *Vet Parasitol.* 2012 Apr 30;185(2-4):260-4. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.10.005. Epub 2011 Oct 14. PMID: 22075042.

**DANTAS-TORRES, F.; MARTINS, T. F.; MUÑOZ-LEAL, S.; ONOFRIO, V. C.; BARROS-BATTESTI, D. M.** Ticks (Ixodida: Argasidae, Ixodidae) of Brazil: Updated species checklist and taxonomic keys. *Ticks and Tick-borne Diseases*, v. 10, n. 6, 101252, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.06.012>.

**DANTAS-TORRES, F.; SOUSA-PAULA, L. C. de; OTRANTO, D.** The *Rhipicephalus sanguineus* group: updated list of species, geographical distribution, and vector competence. *Parasites & Vectors*, v. 17, n. 1, p. 540, 27 dez. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13071-024-06572-3>.

**DÍAZ, F. E.; MARTÍNEZ-VALDEBENITO, C.; LOPEZ, J.; WEITZEL, T.; ABARCA, K.** Geographical distribution and phylogenetic analysis of *Rhipicephalus sanguineus* sensu lato in northern and central Chile. *Ticks and Tick-borne Diseases*, v. 9, n. 4, p. 792–797, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.03.004>.

**DINKISA, Gutema.** Review on control of cowdriosis in ruminants. *International Journal of Veterinary Science & Technology*, v. 3, n. 1, p. 13-19, 30 jul. 2018.

**ELGHALI, A.; HASSAN, S. M.** Drop-off rhythms and survival periods of *Hyalomma dromedarii* (Acari: Ixodidae) fed on camels (*Camelus dromedarius*) in the Sudan. *Vet Parasitol.* 2010 Jun 24;170(3-4):302-6. doi: 10.1016/j.vetpar.2010.02.025. Epub 2010 Feb 26. PMID: 20347226.

**EREMEEVA, M. E.** et al. *Rickettsia rickettsii* in *Rhipicephalus* Ticks, Mexicali, Mexico. *Journal of Medical Entomology*, v. 48, n. 2, p. 418–421, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1603/me10181>.

**FACHET-LEHMANN, K.; LINDAU, A.; MACKENSTEDT, U.** Unwanted souvenirs – import routes and pathogen detection of the non-endemic tick *Rhipicephalus sanguineus* s.l. in Germany. *Experimental and Applied Acarology*, v. 94, n. 3, p. 42, 11 mar. 2025a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-025-01010-0>.

**FACHET-LEHMANN, K.; LINDAU, A.; MACKENSTEDT, U.** The survivability of *Rhipicephalus sanguineus* s.s. and *Rhipicephalus linnaei* in Germany – a controlled outdoor study. In: *16th International Symposium on Ticks and Tick-borne Diseases (ISTTBD-XVI)*, Weimar, 2025b. Abstract Book. p. 156. Resumo: PP059.

**FERREIRA, B. R.; BECHARA, G. H.** Immunity ticks *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille) in crab-eating-fox *Cerdocyon thous* (Linnaeus) and mongrel dogs. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v. 32, n. 4, p. 232–237, dez. 1995. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.1994.52115>.

**FOLEY, J.; ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, G.; BACKUS, L. H.; KJEMTRUP, A.; LOPÉZ-PÉREZ, A. M.; PADDOCK, C. D.; RUBINO, F.; ZAZUETA, O. E.** The emergence of Rocky Mountain spotted fever in the southwestern United States and northern Mexico requires a binational One Health approach. *J Am Vet Med Assoc*. 2024 Feb 27;262(5):698-704. doi: 10.2460/javma.23.07.0377. PMID: 38417252.

**FOLEY, J.; LÓPEZ-PÉREZ, A. M.; ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, G.; LABRUNA, M. B.; ANGERAMI, R. N.; ZAZUETA, O. E.; BERMUDEZ, S.; RUBINO, F.; SALZER, J. S.; BROPHY, M.; PINTER, A.; PADDOCK, C. D.** A wolf at the door: the ecology, epidemiology, and emergence of community- and urban-level Rocky Mountain spotted fever in the Americas. *American Journal of Veterinary Research*, [S. l.], v. 86, n. 3, 2025. DOI: [10.2460/ajvr.24.11.0368](https://doi.org/10.2460/ajvr.24.11.0368).

**FONSECA, J. P.; SILVA, M. G.; GUIMARÃES, A. M. et al.** Hematological parameters and seroprevalence of *Ehrlichia canis* and *Babesia vogeli* in dogs. *Ciência Animal Brasileira*, v. 18, p. e36095, 2017.

**FURLONG, J.; CHAGAS, A.C.S.; NASCIMENTO, C.B.** Comportamento e ecologia de larvas do carrapato *Boophilus microplus* em pastagem de *Brachiaria decumbens*. *Braz. J. vet. Res. anim. Sci.*, São Paulo, v.39, n.4, p. 213-217, 2002.

**GUGLIELMONE, A. A.; BEATI, L.; BARROS-BATTESTI, D. M. et al.** Ticks (Ixodidae) on humans in South America. *Experimental and Applied Acarology*, v. 40, n. 2, p. 83–100, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-006-9027-0>.

**GUIMARÃES, J. H.; TUCCI, E. C.; BARROS-BATTESTI, D. M.** *Ectoparasitos de importância veterinária*. São Paulo: Editora Plêiade, 2001.

**HOOGSTRAAL, H.; THEILER, G.** Ticks (Ixodoidea, Ixodidae) parasitizing lower primates in Africa, Zanzibar, and Madagascar. *Journal of Parasitology*, v. 45, p. 217–222, 1959. DOI: <https://doi.org/10.2307/3286535>.

**HEATH, A. C. G.** The temperature and humidity preferences of *Haemaphysalis longicornis*, *Ixodes holocyclus* and *Rhipicephalus sanguineus* (Ixodidae): studies on engorged larvae. *International Journal of Parasitology*, v. 11, n. 2, p. 169–175, 1981. DOI: [https://doi.org/10.1016/0020-7519\(81\)90081-3](https://doi.org/10.1016/0020-7519(81)90081-3).

**HEKIMOĞLU, O.** An update on the phylogeny and biogeographical history of *Rhipicephalus sanguineus* complex. *Turkish Journal of Zoology*, v. 48, n. 1, art. 4, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55730/1300-0179.3157>.

**JACOBS, P. A.; FOURIE, L. J.; HORAK, I. G.** A laboratory comparison of the life cycles of the dog ticks *Haemaphysalis leachi* and *Rhipicephalus sanguineus*. *Onderstepoort J Vet Res.* 2004 Mar;71(1):15-28. PMID: 15185571.

**JONES, E. O.; GRUNTMEIR, J. M.; HAMER, S. A.; LITTLE, S. E.** Temperate and tropical lineages of brown dog ticks in North America. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, v. 7, p. 58–61, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2017.01.002>.

**KAHL, O.; LEVIN, M.; BEARD, C. B.** An annotated reprint of Yu. S. Balashov's 1972 book *Bloodsucking ticks (Ixodoidea) – vectors of diseases of man and animals. Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, v. 23, n. 8, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1089/vbz.2023.0058>.

**KOTÁL, J.** et al. Modulation of host immunity by tick saliva. *Journal of Proteomics*, v. 128, p. 58–68, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2015.07.005>.

**KLOMPEN, J. S. H.; BLACK, W. C.; KEIRANS, J. E.; OLIVER Jr, J. H.** Evolution of ticks. *Annual Review of Entomology*, v. 41, n. 1, p. 141–161, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.001041>.

**KOCH, H. G.; TUCK, M. D.** Molting and survival of the brown dog tick (Acari: Ixodidae) under different temperatures and humidities. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 79, n. 1, p. 11–14, 1986.

**LABRUNA, M. B.** 2004. Biologia-Ecologia de *Rhipicephalus sanguineus* (Acari:Ixodidae). *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 13 (Supl.1): 123-124.

**LABRUNA, M. B.; GERARDI, M.; KRAWCZAK, F. S.; MORAES-FILHO, J.** Comparative biology of the tropical and temperate species of *Rhipicephalus sanguineus* sensu lato (Acari: Ixodidae) under different laboratory conditions. *Ticks and Tick-borne Diseases*, v. 8, n. 1, p. 146–156, jan. 2017. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2016.10.011.

**LOULY, C. S.; FONSECA, I.; OLIVEIRA, V.; LINHARES, G.; MENEZES, L.; BORGES, L.** Seasonal dynamics of *Rhipicephalus sanguineus* (Acari: Ixodidae) in dogs from a police unit in Goiânia, Goiás, Brazil. *Ciencia Rural*, v. 37, 2007. DOI: 10.1590/S0103-84782007000200026

**MAGALHÃES, J. H. R.; JUNIOR, J. A. P.; VALE, V. S.; SCHIAVINI, I.** Dinâmica do estrato arbóreo em uma floresta estacional semidecidual em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, v. 72, n. 3, p. 394–402, 2018. Disponível em: <https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/655>. Acesso em: 17 jun. 2025.

**MANGOLD, A. J.; BARGUES, M. D.; MAS-COMA, S.** Mitochondrial 16S rDNA sequences and phylogenetic relationships of species of *Rhipicephalus* and other tick genera among Metastriata (Acari: Ixodidae). *Parasitology Research*, v. 84, p. 478–484, 1998.

**MARTINS, T. F. et al.** Ticks (Parasitiformes: Ixodida) on new world wild primates in Brazil. *International Journal of Acarology*, v. 47, n. 2, p. 95–106, 2021. DOI: 10.1080/01647954.2020.1870554.

**MORAES-FILHO, J.; KOLIVRAS, A.; ZÉMTSOVA, G.; LEVIN, M.** Genetic analysis of ticks belonging to the *Rhipicephalus sanguineus* group in Latin America. *Acta Tropica*, v. 117, n. 1, p. 51–55, 2011. DOI: 10.1016/j.actatropica.2010.09.006.

**MORAES-FILHO, J.; KRAWCZAK, F. S.; COSTA, F. B.; SOARES, J. F.; LABRUNA, M. B.** Comparative evaluation of the vector competence of four South American populations of the *Rhipicephalus sanguineus* group for the bacterium *Ehrlichia canis*, the agent of canine monocytic ehrlichiosis. *PLoS One*, v. 10, n. 9, e0139386, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0139386.

**MYERS, S.; CLOW, K.; DEWINTER, S.; SUNDSTROM, K.; LITTLE, S.** Multiple species of canine *Rhipicephalus* complex detected in Canada. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, v. 48, p. 100976, 2024. DOI: 10.1016/j.vprsr.2023.100976.

**NAVA, S.; GUGLIELMONE, A. A.** A meta-analysis of host specificity in Neotropical hard ticks (Acari: Ixodidae). *Bulletin of Entomological Research*, v. 103, n. 2, p. 216–224, 2013. DOI: 10.1017/S0007485312000557.

**NAVA, S. et al.** The taxonomic status of *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806). *Veterinary Parasitology*, v. 208, p. 2–8, 2015.

**NAVA, S. et al.** *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806): neotype designation, morphological re-description of all parasitic stages and molecular characterization. *Ticks and Tick-borne Diseases*, v. 9, n. 6, p. 1573–1585, 2018. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2018.08.001.

**NIELEBECK, C.; KIM, S.; PEPE, A.; HIMES, L.; MILLER, Z.; ZUMMO, S.; TANG, M.; MONZÓN, J.** Climatic stress decreases tick survival but increases rate of host-seeking behavior. *Ecosphere*, [S. l.], v. 14, e4369, 2023. DOI: 10.1002/ecs2.4369

**NICHOLSON, W. L.; SONENSHINE, D. E.; NODEN, B. H.; BROWN, R. N.** Ticks (Ixodida). In: MULLENS, B. A.; DURDEN, L. A. (Org.). *Medical and Veterinary Entomology*. 3. ed. London: Elsevier, 2019. p. 603–672. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00027-3>.

**PASCHOAL, A. M. O.; MASSARA, R. L.; SANTOS, J. L.; CHIARELLO, A. G.** (2012). *Is the domestic dog becoming an abundant species in the Atlantic forest? A study case in southeastern Brazil*. *Mammalia*, 76(1). doi:10.1515/mammalia-2012-0501 10.1515/mammalia-2012-0501

**PAROLA P.; SOCOLOVSCHI, C.; JEANJEAN, L.; BITAM, I.; FOURNIER P. E.; SOTTO, A.; LABAUGE, P.; RAOULT, D.** Warmer weather linked to tick attack and emergence of severe rickettsioses. *PLoS Negl Trop Dis.* 2008;2(11):e338. doi: 10.1371/journal.pntd.0000338. Epub 2008 Nov 18. PMID: 19015724; PMCID: PMC2581602.

**PACHECO, R. C. et al.** Rickettsial infections of dogs, horses and ticks in Juiz de Fora, southeastern Brazil, and isolation of *Rickettsia rickettsii* from *Rhipicephalus sanguineus* ticks. *Medical and Veterinary Entomology*, v. 25, n. 2, p. 148–155, 2011. DOI: 10.1111/j.1365-2915.2010.00915.x.

**PEREIRA, B. A. da S.; VENTUROLI, F.; CARVALHO, F. A.** Florestas estacionais no cerrado: uma visão geral. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, n. 3, p. 446–455, 2011. DOI: 10.5216/pat.v41i3.12666.

**PEGRAM, R. G.; CLIFFORD, C. M.; WALKER, J. B.; KEIRANS, J. E.** Clarification of the *Rhipicephalus sanguineus* group (Acari, Ixodoidea, Ixodidae). I. *R. sulcatus* Neumann, 1908 and *R. turanicus* Pomerantsev, 1936. *Systematic Parasitology*, v. 10, p. 3–26, 1987. DOI: 10.1007/BF00009099.

**PEGRAM, R. G.; KEIRANS, J. E.; CLIFFORD, C. M. et al.** Esclarecimento do grupo *Rhipicephalus sanguineus* (Acari, Ixodoidea, Ixodidae). II. *R. sanguineus* (Latreille, 1806) e espécies relacionadas. *Systematic Parasitology*, v. 10, p. 27–44, 1987. DOI: 10.1007/BF00009100.

**PIRANDA, E. M.; FACCINI, J. L. H.; PINTER, A.; PACHECO, R. C.; CANCADO, P. H. D.; LABRUNA, M. B.** Experimental infection of *Rhipicephalus sanguineus* ticks with the bacterium *Rickettsia rickettsii*, using experimentally infected dogs. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, v. 11, n. 1, p. 29–36, 2011. DOI: 10.1089/vbz.2009.0250.

**RIBEIRO, J. M.** Blood-feeding arthropods: live syringes or invertebrate pharmacologists? *Infectious Agents and Disease*, v. 4, n. 3, p. 143–152, 1995.

**RIBEIRO, V. L. S.; WEBER, M. A.; FETZER, L. O.; DE VARGAS, C. R. B.** Espécies de prevalência das infestações por carrapatos em cães de rua da cidade de Porto Alegre, RS, Brasil. *Ciência Rural*, v. 27, n. 2, p. 285–289, 1997.

**RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T.** Fitofisionomias do bioma Cerrado. 1998.

**RICHARDS, S. L.; LANGLEY, R.; APPERSON, C. S.; WATSON, E.** Os tempos de fixação dos carrapatos variam entre diferentes sistemas carrapato-patógeno? *Environments*, v. 4, p. 37, 2017. DOI: 10.3390/environments4020037.

**ROZENTAL, T. et al.** A cluster of *Rickettsia rickettsii* infection at an animal shelter in an urban area of Brazil. *Epidemiology and Infection*, v. 143, n. 11, p. 2446–2450, 2015. DOI: 10.1017/S0950268814003161.

**SANGIONI, L. A. et al.** Rickettsial infection in animals and Brazilian spotted fever endemicity. *Emerging Infectious Diseases*, v. 11, p. 255–270, 2005. DOI: 10.3201/eid1102.040656.

**SHORT, N. J.; FLOYD, R. B.; NORVAL, R. A. I.; SUTHERST, R. W.** (1989). *Survival and behaviour of unfed stages of the ticks Rhipicephalus appendiculatus, Boophilus decoloratus and B. microplus under field conditions in Zimbabwe. Experimental and Applied Acarology*, 6(3), 215–236. doi:10.1007/bf01193981 10.1007/BF01193981

**SILVEIRA, J. A. G.; PASSOS, L. M.; RIBEIRO, M. F. B.**, 2009. Population dynamics of *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) in Belo Horizonte, Minas Gerais state, Brazil. *Vet. Parasitol.*, 161: 270–275.

**SOCOLOVSCHI, C.; RAOULT, D.; PAROLA, P.** Influence of temperature on the attachment of *Rhipicephalus sanguineus* ticks on rabbits. *Clin Microbiol Infect.* 2009 Dec;15 Suppl 2:326-7. doi: 10.1111/j.1469-0691.2008.02260.x. Epub 2009 May 2. PMID: 19438617.

**ŠLAPETA, J.; HALLIDAY, B.; CHANDRA, J.; ALANAZI, A. D.; ABDEL-SHAFY, S.** *Rhipicephalus linnaei* (Audouin, 1826) recognised as the “tropical lineage” of the brown dog tick *Rhipicephalus sanguineus* sensu lato: Neotype designation, redescription, and establishment of morphological and molecular reference. *Ticks and Tick-borne Diseases*, v. 13, n. 6, 102024, 2022. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2022.102024.

**STEERE, A. C. et al.** Lyme borreliosis. *Nature Reviews Disease Primers*, v. 2, n. 1, p. 1–19, 2016.

**SWEATMAN, G. K.** Physical and biological factors affecting the longevity and oviposition of engorged *Rhipicephalus sanguineus* female ticks. *J Parasitol.* 1967 Apr;53(2):432-45. PMID: 6022398.

**STONE, N. E. et al.** A mutation associated with resistance to synthetic pyrethroids is widespread in US populations of the tropical lineage of *Rhipicephalus sanguineus* s.l. *Ticks and Tick-borne Diseases*, v. 15, n. 4, 102344, 2024. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2024.102344.

**SZABÓ, M. P. J.; CUNHA, T. M.; PINTER, A.; VICENTINI, F.** Ticks (Acari: Ixodidae) associated with domestic dogs in Franca region, São Paulo, Brazil. *Experimental and Applied Acarology*, v. 25, p. 909–916, 2001.

**SZABÓ, M. P. J. et al.** Biological and DNA evidence of two dissimilar populations of the *Rhipicephalus sanguineus* tick group (Acari: Ixodidae) in South America. *Veterinary Parasitology*, v. 130, n. 1–2, p. 131–140, 2005. DOI: 10.1016/j.vetpar.2005.03.008.

**SZABÓ, M. P. J. et al.** Ticks (Acari: Ixodidae) on dogs from Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. *Transboundary and Emerging Diseases*, v. 57, n. 1–2, p. 72–74, 2010.

**SZABÓ, M. P.; PINTER, A.; LABRUNA, M. B.** Ecology, biology and distribution of spotted-fever tick vectors in Brazil. *Front Cell Infect Microbiol.* 2013 Jul 12;3:27. doi: 10.3389/fcimb.2013.00027. PMID: 23875178; PMCID: PMC3709097.

**SZABÓ, M. P. J. et al.** Ticks and *Rickettsia* on anteaters from Southeast and Central-West Brazil. *Ticks and Tick-borne Diseases*, v. 10, n. 3, p. 540–545, 2019. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2019.01.008.

**TEO, E. J. M.; EVASCO, K. L.; BARKER, D.; LEVIN, M. L.; BARKER, S. C.** The geographic limits and life history of the tropical brown dog tick, *Rhipicephalus linnaei* (Audouin, 1826), in Australia with notes on the spread of *Ehrlichia canis*. *International Journal for Parasitology*, v. 54, n. 8–9, p. 453–462, 2024. DOI: 10.1016/j.ijpara.2024.04.004.

**TIAN, Y.; LORD, C. C.; TAYLOR, C. E.; KAUFMAN, P. E.** 2023. Using environmental factors to predict *Rhipicephalus sanguineus* s.l. (Acari: Ixodidae) mortality. *Pest Manag Sci.* 79(9):3043-3049. doi: 10.1002/ps.7479.

**TIAN, Y.; KAUFMAN, P. E.; TAYLOR, C. E.; BEATI, L.; LORD, C. C.** Variable Effects of Temperature and Relative Humidity on *Rhipicephalus sanguineus* s.l. (Acari: Ixodidae) Development. *Environ Entomol*. 2022 Aug 19;51(4):848-858. doi: 10.1093/ee/nvac027. PMID: 35639876; PMCID: PMC9389420.

**TIAN, Y.; LORD, C. C.; TAYLOR, C. E.; KAUFMAN, P. E.** Using environmental factors to predict *Rhipicephalus sanguineus* s.l. (Acari: Ixodidae) mortality. *Pest Manag Sci*. 2023 Sep;79(9):3043-3049. doi: 10.1002/ps.7479. Epub 2023 Apr 6. PMID: 36967668.

**TORRES, P. C.; PRADO, P. I.** Domestic dogs in a fragmented landscape in the Brazilian Atlantic Forest: abundance, habitat use and caring by owners [Internet]. *Brazilian Journal of Biology*. 2010; no 2010 (4): 987-994. Available from: <https://doi.org/10.1590/s1519-69842010000500010>

**VENZAL, J. M. et al.** Study on seasonal activity in dogs and ehrlichial infection in *Rhipicephalus sanguineus* (Latrelle, 1806) (Acari: Ixodidae) from southern Uruguay. *Parasitología Latinoamericana*, v. 62, p. 23–26, 2007.

**VILLARREAL, Z.; STEPHENSON, N.; FOLEY, J.** Possible northward introgression of a tropical lineage of *Rhipicephalus sanguineus* ticks at a site of emerging Rocky Mountain spotted fever. *Journal of Parasitology*, v. 104, n. 3, p. 240–245, 2018. DOI: 10.1645/18-10.

**VOLK, M. R.; LUBELCZYK, C. B.; JOHNSTON, J. C.; LEVESQUE, D. L.; GARDNER, A. M.** Microclimate conditions alter *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) overwinter survival across climate gradients in Maine, United States. *Ticks Tick Borne Dis*. 2022 Jan;13(1):101872. doi: 10.1016/j.ttbdis.2021.101872. Epub 2021 Nov 19. PMID: 34826798.

**WALKER, J. B.; KEIRANS, J. E.; HORAK, I. G.** *The Genus Rhipicephalus* (Acari, Ixodidae): A Guide to the Brown Ticks of the World. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 643 p.

**WHITEHOUSE, C. A.** Crimean–Congo hemorrhagic fever. *Antiviral Research*, v. 64, n. 3, p. 145-160, 2004.

**YODER, J. A.; BENOIT, J. B.; RELLINGER, E. J.; TANK, J. L.** Developmental profiles in tick water balance with a focus on the new Rocky Mountain spotted fever vector, *Rhipicephalus sanguineus*. *Medical and Veterinary Entomology*, v. 20, n. 4, p. 365–372, 2006. DOI: 10.1111/j.1365-2915.2006.00642.x.

**ZEMTSOVA, G. E. et al.** Phylogeography of *Rhipicephalus sanguineus* sensu lato and its relationships with climatic factors. *Experimental and Applied Acarology*, v. 69, n. 2, p. 191–203, 2016. DOI: 10.1007/s10493-016-0035-4.