



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA

SUZANNE STEFANNY VIEIRA LOPES

Parasitismo por *Metacuterebra infulata* (Diptera: Oestridae) em *Hylaeamys megacephalus*
(Rodentia: Cricetidae) no Cerrado Brasileiro

Uberlândia

2023

SUZANNE STEFANNY VIEIRA LOPES

Parasitismo por *Metacuterebra infulata* (Diptera: Oestridae) em *Hylaeamys megacephalus*
(Rodentia: Cricetidae) no Cerrado Brasileiro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biologia da Universidade
Federal de Uberlândia como requisito para
obtenção do título de licenciada em Ciências
Biológicas.

Área de concentração: Ecologia de Pequenos
Mamíferos

Orientadora: Prof. Dra. Natália Oliveira Leiner

Coorientadora: Dra. Claire Pauline Röpke
Ferrando

Uberlândia

2023

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

L864
2023 Lopes, Suzanne Stefanny Vieira, 1999-
Parasitismo por Metacuterebra infulata (Diptera:
Oestridae) em Hylaeamys megacephalus (Rodentia:
Cricetidae) no Cerrado Brasileiro [recurso eletrônico] /
Suzanne Stefanny Vieira Lopes. - 2023.

Orientadora: Natália Oliveira Leiner .
Coorientadora: Claire Pauline Röpke Ferrando.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em
Ciências Biológicas.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

1. Biologia. I. , Natália Oliveira Leiner,1979-
(Orient.). II. Ferrando, Claire Pauline Röpke ,1987-
(Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia.
Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU: 573

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

SUZANNE STEFANNY VIEIRA LOPES

Parasitismo por *Metacuterebra infulata* (Diptera: Oestridae) em *Hylaeamys megacephalus*
(Rodentia: Cricetidae) no Cerrado Brasileiro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biologia da Universidade
Federal de Uberlândia como requisito para
obtenção do título de licenciada em Ciências
Biológicas

Área de concentração: Ecologia de Pequenos
Mamíferos

Uberlândia, 24 de novembro de 2023:

Banca Examinadora:

Natália Oliveira Leiner – Professora do Magistério Superior (UFU)

Celine de Melo – Professora do Magistério Superior (UFU)

Rodrigo Rodrigues Cambraia de Miranda – Professor do Magistério Superior (UFU)

Dedico este trabalho aos pequenos mamíferos
que estudei, animais magníficos que doaram
seu tempo ou até as suas vidas à pesquisa
científica.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Patrícia e Anderson, que me deram não somente toda a estrutura, suporte e estímulo para que eu pudesse seguir os meus sonhos, como o amor herdado pela natureza. Nada seria possível sem eles, os amo mais do que a mim mesma. Agradeço aos meus irmãos, Lucca e Enzo por todo auxílio, à minha madrinha, Jacqueline e seu esposo, Emerson, que sempre comemoraram comigo todas as minhas vitórias. Agradeço aos meus avós, Lourdes e Rosivaldo pelo carinho, e principalmente à minha avó Alice, por sempre ter sido minha inspiração na docência.

Agradeço aos meus amigos de longa data, que me apoiam desde muito antes de eu iniciar o curso, Carol e a sua família, Pedro e sua família, Allan e sua família, Rayane, Talita e Hugo, são pessoas muito importantes para mim. Agradeço por todo acolhimento e companhia do meu grupo de amigos da turma 88 de Biologia, vulgo CDR, Lorena, Geovanni, Bruna, Ana Beatriz, Thamara, Melissa, Gabriella, Otávio, Gabriel, e principalmente, Vinicius, que foi minha companhia em campos chuvosos. Agradeço também aquelas amigas que alegremente conheci na graduação e levarei pela minha vida, Maria Paula, Clara, Bruna G., Maria Cecília, Júlia I., Marcela e Lara.

Agradeço a minha orientadora, Natália, que cultivava uma relação de muita leveza, respeito e amizade no laboratório, que me ensinou tanto, acolhendo minhas dificuldades e enaltecendo minhas qualidades, sendo simplesmente a melhor orientadora que eu poderia ter. Agradeço a Claire, minha coorientadora, por todos os aprendizados, pela amizade, companhia, pela segurança que me passava nos campos, é uma das pessoas mais brilhantes e criativas que já tive o prazer de conhecer e com quem eu compartilho amor aos ratinhos.

Agradeço as minhas amigas do LEMA (Laboratório de Ecologia de Mamíferos), por toda ajuda a mim concedida e por tornarem o laboratório um lugar de afeto, Júlia, Maria Luisa, Domingas, Deborah, e principalmente, Ingrid, a quem eu devo toda a minha gratidão pelos aprendizados, cumplicidade e por transbordar a minha vida de alegria com seu enorme coração. Agradeço a Drielly, por ter me apresentado o LEMA e ter sido uma luz no início intimidante da graduação.

Agradeço a MinasBio, Empresa Júnior do curso de Biologia, por ser substrato para meu desenvolvimento pessoal e profissional, agradeço as amigas que pude cultivar lá, com Amanda, Bruna D., Mariana, Larissa, Milena, Vanessa e muitas outras mulheres maravilhosas que tive o prazer de trabalhar junto. Agradeço a Universidade Federal de Uberlândia pelo ensino de qualidade e gratuito, e por todas as oportunidades que tive ao longo da graduação.

Gostaria de agradecer e homenagear todos os professores e professoras do Instituto de Biologia e Instituto de Ciências Biomédicas que contribuíram com tanto conhecimento para a minha formação. Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida a mim durante minha Iniciação Científica e também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida durante a minha Residência Pedagógica. Gostaria de agradecer a Rebecca, a minha preceptora na Residência Pedagógica, que se tornou uma inspiração para mim, sendo um exemplo de mulher forte e empática. Por fim, agradeço o Prof. Dr. Magno Borges pelo grande auxílio nesse trabalho e ao Marco Miguel que prestou grande ajuda ao estabelecer esse contato.

RESUMO

A relação ecológica de parasitismo é um dos fatores que moldam a estrutura das comunidades, assim como a das populações. A prevalência de infecção depende tanto das características ambientais quanto dos atributos intrínsecos do hospedeiro, gerando assim um padrão de dinâmica temporal e espacial de ocorrência de parasitos nas populações de hospedeiros. Larvas de moscas da subfamília Cuterebrinae são parasitas que infectam mamíferos, como roedores, sendo a manifestação desse parasitismo chamada de miíase, recentemente observada no roedor *Hylaeamys megacephalus*. Sendo assim, neste trabalho descrevemos a espécie de mosca que atua como parasito de *H. megacephalus*, a prevalência, intensidade e sítios de infecção do parasitismo. Testamos as hipóteses de que a prevalência da infecção por larvas de moscas varia sazonalmente e de acordo com o sexo do hospedeiro. Para tal, de 2019 a 2023, realizamos campanhas de captura e recaptura de *H. megacephalus* com armadilhas Sherman em um fragmento de mata semidecídua no Cerrado (Uberlândia, MG), removemos as larvas de moscas e as criamos em BODs até completarem o desenvolvimento, para a identificação da espécie. As larvas foram identificadas como pertencentes à espécie *Metacuterebra infulata*. Registramos um novo parasito de *H. megacephalus* e o primeiro hospedeiro de *M. infulata*. A prevalência total de parasitismo na população foi de 15,28%, e a maior parte dos hospedeiros (mais de 90%) apresentou somente uma larva por vez. A maioria das larvas foram encontradas na região inguinal, indicando uma possível especificidade com o hospedeiro, com maior número de infecções em adultos. Observamos também que o comportamento das moscas possivelmente é multivoltino, pois não houve diferenças significativas nas taxas de parasitismo em relação a sazonalidade, apesar da ocorrência de um pico de infestação no mês de abril (estação seca). Esse pico pode ser explicado pelo intervalo de tempo entre a oviposição (na estação chuvosa) e o desenvolvimento do estágio L3 da larva em abril, quando as condições ambientais parecem favorecer a continuação do desenvolvimento da larva. Além disso, encontramos que não houve um viés sexual na prevalência de miíase, de maneira que machos e fêmeas apresentam as mesmas taxas de parasitismo, provavelmente em resposta a ausência de dimorfismo sexual e mesmas chances de infecção, dado as características de oviposição das moscas e os gastos com reprodução para ambos os sexos.

Palavras-chave: Cuterebrinae; Miíase; Roedores; Prevalência entre sexos; Sazonalidade;

ABSTRACT

Parasitism is one of the ecological interactions shaping the structure of communities and population dynamics. The prevalence of infection is driven by environmental and intrinsic host attributes, leading to spatio-temporal dynamics of host-parasite infections. Larvae of Cuterebrinae flies are parasites that infect mammals, such as rodents, being observed in the Neotropical *Hylaemys megacephalus* within the Brazilian Cerrado. Therefore, in this study, we aimed to describe interaction between bot flies and the rodent *H. megacephalus*, identifying the parasite species infecting the studied rodent, the parasite prevalence, intensity and infection site. *H. megacephalus*. We tested whether the parasitism was higher during the wet season, and whether males were more frequently infected than females. The study was carried out between 2019 and 2023 at Fazenda do Glória, through trapping sessions. Botfly larvae were removed from *H. megacephalus* individuals, and raised in BODs until complete development of the adult flies for proper identification. Botflies infecting *H. megacephalus* were identified as *Metacuterebra infulata*, and this is the first report of a host for this parasite. Moreover, we report a new botfly species parasitizing *H. megacephalus*. Prevalence of *M. infulata* in the rodent population was 15.28% and most hosts (more than 90%) presented only one botfly at each time. Most larvae were found at the inguinal region, which may indicate host specificity, with greater incidence of infections among adults. Contrary to our hypothesis, botfly infection presented a multivoltine pattern, in which infections occurred along the entire year, irrespective of climatic season. However, we observed a slight peak in infections during April (transition from wet to dry season). It is possible that this peak may reflect the time interval between the botfly oviposition behavior, that is associated to the warm and wet conditions during the wet season, and the development of the L3 botfly larvae in the host. Finally, we also failed to find any difference in *M. infulata* prevalence between males and females. Such pattern may be associated to the lack of sexual dimorphism in *H. megacephalus*, leading to similar chances of parasite encounter between the sexes, and similar susceptibility of males and females due to the behavioral patterns of botfly oviposition and costs of reproduction for both sexes.

Keywords: Cuterebrinae; Miiasis; Rodents; Prevalence between sexes; Seasonality.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
RESULTADOS.....	7
DISCUSSÃO.....	10
CONFORMIDADE COM PADRÕES ÉTICOS.....	14
REFERÊNCIAS.....	15

INTRODUÇÃO

O parasitismo é uma das relações ecológicas que moldam a estrutura das comunidades e a dinâmica das populações através dos efeitos dos parasitos sobre os seus hospedeiros (Lehmann, 1993; Thomas *et al.*, 2000). Dentre as diversas formas de parasitismo, o ectoparasitismo é caracterizado por parasitos que vivem na superfície do hospedeiro (Mullen & Durden, 2009), tendo como representantes as pulgas, piolhos, carrapatos e até moscas da família Oestridae (Catts, 1982; Hopla *et al.*, 1994; Slansky, 2007). As moscas dessa família coevoluíram como parasitos subcutâneos de mamíferos (Catts, 1982; Slansky, 2007). As larvas dessas moscas se alojam e se alimentam dos tecidos e substâncias corporais líquidas dos hospedeiros, e constituem uma relação obrigatória para que as moscas possam completar seu ciclo de vida (Zumpt, 1965). A manifestação desse ectoparasitismo é chamada de miíase primária (do grego *mya*: mosca, *iase*: lesão), e é popularmente conhecida como *berne* (Guimarães *et al.* 1983).

Uma importante subfamília representante desse parasitismo é a Cuterebrinae (Diptera, Oestridae), que apresenta uma alta diversidade, com cerca de 80 espécies (Catts, 1982). Em sua fase larval, essas moscas são parasitos obrigatórios de diversas espécies de mamíferos (Catts, 1982; Bossi & Bergallo, 1992; Slansky, 2007), incluindo roedores, marsupiais, bovinos, lagomorfos, primatas e até humanos, sendo exclusivas do Novo Mundo (Catts, 1982; Guimarães *et al.*, 1983). Acredita-se que os roedores tenham sido os hospedeiros iniciais do ramo que originou essas moscas, além de serem importantes como organismos modelos no estudo das relações que envolvem tal parasitismo (Catts, 1982), sobretudo em aspectos evolutivos e particulares que permeiam o vínculo dessas larvas parasitas com diferentes espécies de roedores. O sistema parasito-hospedeiro é marcado por intensa especificidade, já que as espécies de moscas infectam somente uma ou duas espécies de hospedeiros (Catts, 1982).

Apesar da relevância dessa relação, ainda são raros os estudos que investigam a dinâmica do parasitismo por moscas Cuterebrinae em pequenos mamíferos, como roedores, na região neotropical, enquanto grande parte da literatura existente se concentra em espécies que ocorrem em regiões temperadas (Guimarães *et al.*, 1983; Adler *et al.*, 2003; Cruz *et al.*, 2009). De maneira geral, na região temperada a infecção de roedores por larvas de dípteros é concentrada em períodos mais quentes e úmidos, de maneira que as moscas apresentam um comportamento univoltino ou bivoltino, ou seja, a reprodução concentrada em um ou dois

períodos do ano e determinado pelas condições climáticas (e.g. Durden, 1995; Wolf & Batzli, 2001; Jaffe *et al.*, 2005). Por outro lado, os poucos estudos conduzidos na região tropical sugerem que as moscas podem infectar roedores, assim como outros pequenos mamíferos, durante todo o ano, apresentando assim um padrão multivoltino (Brigada *et al.*, 1992; Adler *et al.*, 2003). Nessa região, há tanto estudos sugerindo maior prevalência do parasitismo na estação quente e úmida (Bossi & Bergallo, 1992; Bergallo *et al.*, 2000; Cruz *et al.*, 2009), quanto estudos indicando maior prevalência na estação seca (Adler *et al.*, 2003).

De fato, os fatores ambientais podem interferir na dinâmica do parasitismo pois a mosca oviposita no ambiente (Dalmat, 1943), preferencialmente próximo à ninhos e tocas (Capelle, 1970; Catts, 1982), em uma faixa de temperatura e umidade apropriada para a eclosão dos ovos e desenvolvimento das larvas. Catts (1982) sugere que as larvas têm poucas chances de sobrevivência quando expostas a baixas temperaturas e umidades. As larvas eclodem dos ovos em resposta ao calor e aumento da concentração de dióxido de carbono na presença do hospedeiro (Colwell, 2001), onde penetram em cavidades como as dos olhos, nariz ou boca e passam por uma fase de migração interna, se alojando nos sítios finais nesse hospedeiro (Catts, 1982; Slansky, 2007). Além da variação temporal em função das condições climáticas, a prevalência do parasitismo também pode variar de acordo com os atributos dos hospedeiros, como a idade e o sexo (Kiffner *et al.*, 2013; Hawlena *et al.*, 2006). Assim como em outros vertebrados, há uma tendência de que machos apresentem maior prevalência de parasitos do que fêmeas, em função de diferenças comportamentais, fisiológicas e até mesmo morfológicas entre os sexos (Krasnov *et al.*, 2012). Porém, no caso da interação entre moscas Cuterebrinae e roedores, os resultados nesse sentido são controversos, com estudos mostrando maior parasitismo entre machos (Bergallo *et al.*, 2000), entre fêmeas (Brigada *et al.*, 1992), ou parasitismo semelhante entre os sexos (Bossi & Bergallo, 1992; Bossi, 1996; Galindo-Leal, 1997; Adler *et al.*, 2003; Cruz *et al.*, 2009).

A variação que pode haver entre os sexos se relaciona com os atributos dos hospedeiros que podem proporcionar maiores chances de encontro com o parasita (Combes, 2001). Os hospedeiros machos de pequenos mamíferos tendem a apresentar maior massa corporal, e como consequência, maior deslocamento, favorecendo maior chance de encontro com parasitas (Harestad & Bunnell 1979; Galindo-Leal, 1997; Kiffner *et al.*, 2013), assim como com os ovos de mosca depositados no solo (Catts, 1982; Xuhua & Millar, 1990). Por outro lado, a preferência das moscas em ovipositar perto dos ninhos dos hospedeiros pode tornar as fêmeas mais suscetíveis à exposição e a infecção (Bennett, 1973; Capelle, 1970; Catts, 1982; Timm &

Cook, 1979), devido a comportamentos de fidelidade ao sítio e cuidado com filhotes das mesmas (Wolff, 1993; Cramer & Cameron, 2010). A maior infestação nos machos também pode ser explicada pelo aumento da concentração de hormônios durante a reprodução, tais como testosterona e cortisol, os quais afetam negativamente o funcionamento do sistema imune, tornando-os mais susceptíveis ao parasitismo do que as fêmeas (Folstad & Karter, 1992; Møller *et al.*, 1999; Klein, 2004). Tais fatores são importantes para compreender como as infestações podem variar temporalmente e espacialmente, tanto em prevalência, quanto em intensidade (Galindo-Leal, 1997).

O roedor *Hylaeamys megacephalus* (subfamília Sigmodontinae) (Fisher, 1814 & Weksler *et al.*, 1996) (Figura 1A) tem ampla distribuição na região Neotropical, sendo que no Brasil ocupa desde a Floresta Amazônica até o Cerrado e Mata Atlântica (Brennand *et al.*, 2013; Patton *et al.*, 2020) e possui hábitos predominantemente cursoriais (Nitikman & Mares, 1987). Portanto, o objetivo do presente trabalho foi descrever o parasitismo por larvas de mosca da subfamília Cuterebrinae em uma população do roedor *H. megacephalus* no Cerrado brasileiro. Dessa forma, pretendemos descrever qual espécie de mosca atua como parasito desse roedor, a prevalência (proporção da população infectada), intensidade (número de parasitas por hospedeiro) do parasitismo, além dos sítios de infecção, padrões temporais de reinfecções por indivíduo e idade mais afetada pelo parasitismo. Além disso, pretendemos testar as seguintes hipóteses: 1) a prevalência da infecção por larvas de moscas varia sazonalmente, sendo maior na estação quente-úmida, devido a necessidade dos ovos de se desenvolverem em ambientes mais úmidos e 2) a prevalência da infecção varia de acordo com o sexo, de maneira que os machos tendem a ser maior prevalência por conta do maior deslocamento e dos efeitos deletérios de hormônios andrógenos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi conduzido em um fragmento localizado na Fazenda Experimental do Glória (18°57'08.3"S 48°12'18.1"W), pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. A fazenda possui uma área de 685 hectares, sendo a maior parte destinada a atividades agropastoris, enquanto a área de reserva ambiental é representada por apenas 30 hectares (Lopes, 2010). A área de estudo está localizada no bioma Cerrado, que apresenta formações florestais e campestres (Eiten, 1994), e pode ser classificada como uma Floresta Estacional Semidecidual (Lopes, 2010). Há duas estações bem definidas, uma quente-úmida e outra fria-seca (Eiten, 1994). As chuvas se iniciam em outubro timidamente e aumentam em novembro (estação chuvosa), ao passo que a estação seca se inicia em abril com a redução das chuvas. A temperatura média anual de Uberlândia é 22,3°C e a pluviosidade média anual é de 1.342 mm (Climate Data, 2023).

Uma vez que o início das estações fria-seca e quente-úmida tem sofrido alterações ao longo dos últimos anos, para definir a duração das estações climáticas nesse estudo utilizamos os dados pluviométricos dos meses contemplados pela pesquisa (entre 2021 e 2023, no qual houve uma maior frequência de campanhas). Com base nos dados de precipitação do Instituto Nacional de Meteorologia, a média mensal geral foi de 115,4 milímetros. Portanto, todos os meses que tiveram sua média acima desse valor, foram considerados meses quentes-úmidos, enquanto que abaixo desse valor foram considerados meses frios-secos em nosso estudo. Dessa forma, de outubro a março (independentemente do ano) os meses foram classificados como pertencentes a estação quente-úmida e de abril a setembro, fria-seca. Os meses convencionalmente considerados de transição (abril e setembro) foram compreendidos como pertencentes a estação fria-seca.

Captura e triagem dos roedores

As campanhas de capturas foram realizadas entre janeiro de 2019 e agosto de 2023 (com exceção de 2020), com periodicidade distinta em cada um dos anos do estudo. Em 2019 foram realizadas duas campanhas de captura na estação chuvosa (janeiro e novembro) e quatro na estação seca (maio, junho, agosto e setembro), no ano de 2021, realizamos uma campanha de captura no mês de maio (estação seca) e a partir de outubro de 2021 realizamos campanhas

mensais até setembro de 2022. Posteriormente, em 2023 foram realizadas uma campanha na estação chuvosa (fevereiro) e cinco campanhas consecutivas na estação seca (abril, maio, junho, julho e agosto). Em todos os meses que as campanhas foram realizadas, as mesmas tiveram duração de cinco noites consecutivas e o mesmo esforço amostral (400 armadilhas*noite). As diferenças na periodicidade das coletas se devem a questões logísticas e à realização de outros projetos concomitantes. Independente da periodicidade e apesar de haver predomínio de amostragens nas estações secas, as campanhas englobaram tanto estação seca quanto chuvosa, permitindo a análise da variação sazonal na prevalência do parasitismo.

Os pequenos mamíferos foram capturados por meio de armadilhas Sherman de três tamanhos (43x12,5x14cm, 31x8x9cm, 25x8x9,5cm), dispostas em uma grade de capturas de 80m x 140m (11.200 m²) no fragmento. A grade era composta por cinco transectos paralelos equidistantes 20 metros, cada um contendo oito estações de captura também equidistantes 20 metros. Em cada estação de capturas foram colocadas duas armadilhas, uma no solo e outra no estrato arbustivo a aproximadamente dois metros de altura, totalizando 80 armadilhas. Os animais foram atraídos com isca composta de mistura de banana, aveia e doce de amendoim, e as armadilhas foram verificadas diariamente ao longo dos cinco dias pela manhã. Durante a verificação, sempre que necessário, as iscas foram repostas.

Quando capturados, os indivíduos de *Hylaeamys megacephalus* foram marcados com brincos de identificação individual (Zootech número 1), possibilitando a individualização/identificação dos indivíduos em caso de recaptura. Informações como sexo, condição reprodutiva, massa corporal, idade (avaliada pela coloração da pelagem), presença e sítio da infecção por larvas de moscas da família Oestridae foram registradas. Fêmeas foram consideradas reprodutivas quando apresentaram vagina perfurada e/ou sinais de lactação (tetas inchadas), ao passo que machos foram considerados reprodutivos quando apresentaram testículos fora da cavidade abdominal. A pelagem na espécie *H. megacephalus* difere entre jovens e adultos e é um indicativo de idade, de acordo com o pesquisador Dr. Alexandre Percequillo. Indivíduos jovens possuem pelagem acinzentada, enquanto adultos possuem coloração marrom-alaranjada (Patton *et al.*, 2020). Na figura 1B é possível observar a mudança no padrão de coloração da pelagem de um indivíduo subadulto. Nos animais parasitados, sempre que era possível a visualização da larva pela abertura da mífase furuncular (estádio L3), a mesma era retirada com pinça e colocada em um recipiente com areia e serragem propício para o término do seu desenvolvimento. Posteriormente, tal recipiente com a larva foi colocado em incubadora BOD a temperatura de 25°C. Após a eclosão de moscas adultas, as mesmas

foram encaminhadas ao taxonomista Prof. Dr. Magno Borges, da Universidade Estadual de Montes Claros, para realização da identificação do parasito a nível taxonômico específico.

Análise dos dados

Para testar o efeito da estação climática sobre a prevalência de parasitismo, comparamos a frequência de parasitismo na estação seca e na chuvosa através de um teste de Qui-Quadrado de aderência. Para essa análise, utilizamos apenas os dados compreendidos entre outubro de 2021 e setembro de 2022, além dos meses amostrados em 2023. Optamos por focar apenas nesses meses, devido a maior frequência de capturas nas diferentes estações durante esse período, garantindo um conjunto de dados mais confiável para testar o efeito da estação climática. Um único evento de infecção por indivíduo em cada estação climática foi contabilizado, evitando pseudoreplicação. Para testar se a prevalência de parasitismo varia entre machos e fêmeas, utilizamos um Qui-quadrado de aderência incluindo a proporção de fêmeas e machos parasitados na população. Cada indivíduo foi contabilizado apenas uma vez na análise, para evitar pseudoreplicação. Para essas análises, dados de todos os meses (2019-2023) amostrados foram utilizados. Uma vez que a massa corporal e a razão sexual podem influenciar no padrão de parasitismo entre os sexos, avaliamos se há dimorfismo sexual na população de *H. megacephalus* comparando a massa corporal entre machos e fêmeas através de um teste t. Para essa análise, indivíduos jovens e fêmeas grávidas foram excluídas. Além disso, analisamos a proporção de machos e fêmeas na população adulta (todos os indivíduos adultos foram incluídos, independentemente da condição reprodutiva) através de um teste G de aderência. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa BioEstat 5.0.

RESULTADOS

Foram capturados 157 indivíduos (74 machos e 79 fêmeas, 4 indivíduos fugiram antes da identificação do sexo) de *Hylaeamys megacephalus* através de um esforço amostral de 8.800 armadilhas*noite, totalizando um sucesso de captura de 4,28%. Durante o tempo de estudo, contabilizamos ao todo 24 eventos de infecção por larvas de mosca, totalizando 24 indivíduos infectados entre os 157 indivíduos capturados, refletindo uma prevalência de 15,28% para a população. Entre esses indivíduos infectados, 83,33% (N = 20) eram adultos e 16,67% eram jovens (N = 4). Coletamos seis larvas em campo para observação do desenvolvimento em laboratório (figura 1C), sendo que apenas duas larvas completaram seu ciclo de desenvolvimento, que foi em torno de 35 dias após a pupação. As moscas foram identificadas como pertencentes à espécie *Metacuterebra infulata* (figura 1D). A maioria dos indivíduos (91,67%, N = 22) apresentaram apenas uma infecção por vez, enquanto uma pequena parcela dos indivíduos infectados apresentou mais de uma larva em um mesmo momento (8,3%, N = 2). A maioria das larvas foi encontrada na região inguinal dos roedores (figura 1E), ao passo que observamos larvas fixadas no testículo e vagina de dois indivíduos. Não houve diferença de prevalência entre as estações climáticas ($X^2 = 0,143$; $p = 0,8501$; estação fria-seca = 14,77%; estação quente-úmida = 12,90%), indicando um padrão de infecção multivoltino. A figura 2 sugere uma maior prevalência no mês de novembro, entretanto, em novembro de 2021 foi capturado um indivíduo de *H. megacephalus* e esse único indivíduo apresentou miíase, dessa forma a média da prevalência nesse mês foi tendenciosa. Os meses de maior prevalência, portanto, foram abril, março e maio, em ordem decrescente. A prevalência de parasitismo não diferiu entre os sexos ($X^2 = 0,31$; $p = 0,7103$), com machos apresentando uma prevalência de 13,51% e fêmeas de 16,45%. O número semelhante entre machos (N = 74) e fêmeas (N = 79) capturados na população de *H. megacephalus* indicou uma razão sexual equilibrada (1:1). Os machos de *H. megacephalus* apresentaram uma massa corporal de $x = 50 \pm 12,71$ g (média e DP), enquanto as fêmeas apresentaram massa corporal de $x = 49 \pm 12,04$ g (média e DP), não havendo assim um dimorfismo sexual de massa ($W = 0,9730$; $p = 0,49$).



Figura 1: (A) Indivíduo da espécie *Hylaeamys megacephalus*, imagem de Claire Ferrando. (B) Indivíduo de *H. megacephalus* subadulto, com mescla de pelagens em cores diferentes, imagem de Claire Ferrando. (C) Larva de *metacuterebra infulata* recém retirada de indivíduo de *Hylaeamys megacephalus*, imagem de Suzanne Lopes. (D) Mosca adulta de *metacuterebra infulata* cujo ciclo de vida se deu em laboratório, imagem de Claire Ferrando. (E)

Indivíduo da espécie *Hylaeamys megacephalus* com miíase furuncular localizada na região inguinal, imagem de Claire Ferrando. (F) Indivíduo de *Rhipidomys macrurus* com miíase furuncular na face, abaixo dos olhos, imagem de Suzanne Lopes.

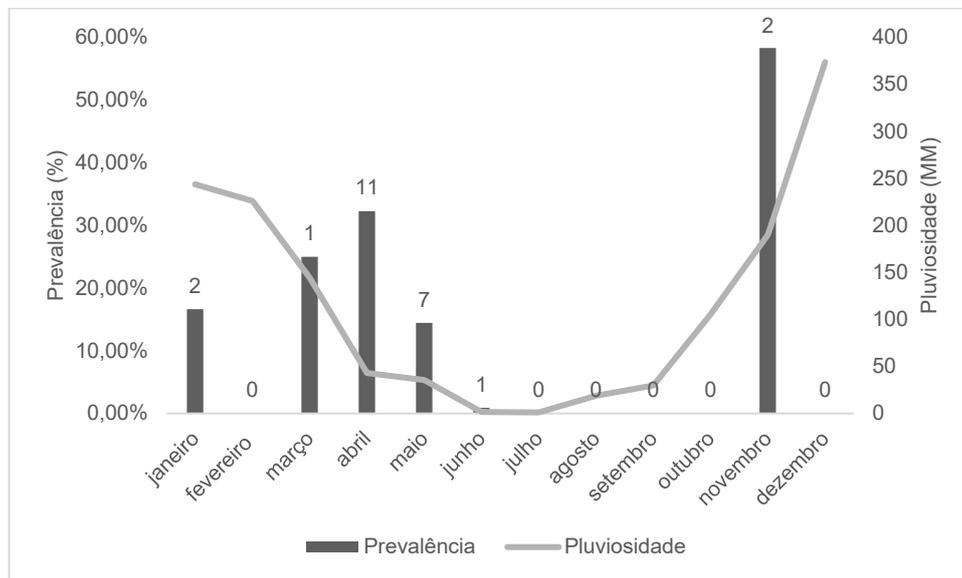


Figura 2: Média de prevalência de *Metacuterebra infulata* em *Hylaeamys megacephalus* e pluviosidade em milímetros ao longo dos meses do ano, combinando os dados de 2019 a 2023 na Fazenda Experimental do Glória (18°57'08.3"S 48°12'18.1"W). Gráfico feito com o Microsoft EXCEL.

DISCUSSÃO

Nosso trabalho trata-se do primeiro registro de parasitismo por *Metacuterebra infulata* (Lutz, 1917) em *Hylaeamys megacephalus* e a identificação do primeiro hospedeiro de *M. infulata*, que até então era desconhecido pela literatura. Cansi (2011) já havia registrado a presença de *Cuterebra apicalis* em indivíduos de *H. megacephalus* no Cerrado central do Brasil. O gênero *Metacuterebra* ocorre do México até o noroeste da Argentina (Twigg, 1965) e possui 14 espécies (Papavero & Guimarães, 2009). No Brasil, há registros de roedores e marsupiais parasitados por larvas desse gênero, tanto na Mata Atlântica quanto no Cerrado (Guimarães *et al.*, 1983), chamando atenção para a abrangência desse parasitismo tanto em pequenos mamíferos arborícolas quanto em cursoriais, como *H. megacephalus*. No Cerrado, se tem registro de parasitismo por moscas do gênero *Metacuterebra* apenas em roedores terrestres, incluindo *Cerradomys subflavus*, *Thalpomys cerradensis* e *Necromys lasiurus* (Vieira, 1993).

Registramos em nosso trabalho uma prevalência de 15,28% para a população de *H. megacephalus*, que é relativamente baixa e esperada para o Cerrado, já que a prevalência costuma ser maior em florestas tropicais úmidas (Bossi & Bergallo, 1992; Vieira, 1993). No Cerrado, trabalhando com *Cuterebra simulans* em *Gracilinanus microtarsus*, Cruz *et al.* (2009) encontraram uma prevalência de 34% na estação chuvosa (pico) e de apenas 6% na seca, enquanto Vieira (1993) encontrou uma variação da prevalência entre 3% e 11% nas espécies trabalhadas (já citadas) parasitadas por *Metacuterebra apicalis*. Com relação a intensidade de infecção, a maioria dos indivíduos de *H. megacephalus* apresentou apenas uma larva de *M. infulata* por vez (91,67%). Esse padrão já foi observado anteriormente em outros hospedeiros, tanto na Mata Atlântica quanto no Cerrado (Pereira, 1994; Vieira, 1993). Timm & Cook (1979) sugeriram que a ocorrência de uma larva por indivíduo poderia indicar uma relação melhor estabelecida, já que muitas larvas parasitando um único indivíduo diminuiria a probabilidade de sobrevivência do hospedeiro, o que impactaria também na morte do parasito.

No que se refere ao sítio de infecção no corpo do hospedeiro, a maioria das larvas estava presente na região inguinal, embora tenhamos registrado míases na vagina e testículo dos hospedeiros. Míases na região inguinal são comumente relatadas em trabalhos. Em infecções experimentais em laboratório, Hunter & Webster (1973) encontraram 24 larvas (de 25) na região inguinal de *Peromyscus leucopus*, ao passo que Durden (1995) observou 100% das larvas na região inguinal em *Peromyscus gossypinus* e Lemaître *et al.* (2009) registraram 96% dos furúnculos em *Myodes gapperi* nessa mesma região. No Cerrado, Vieira (1993) também aponta

maior frequência de larvas na região inguinal de *Cerradomys subflavus* e *Thalpomys cerradensis*.

Slansky (2007) sugere que há uma preferência do parasito por certas regiões do corpo do hospedeiro, relação marcada por intensa especificidade. Dessa maneira, os locais de desenvolvimento final podem ser determinados pelo grau de associação e coevolução entre parasito-hospedeiro (Hunter & Webster, 1973). Em hospedeiros nativos, as larvas são encontradas em regiões específicas, enquanto que em hospedeiros não nativos (ou acidentais), a larva possui sítios de infecção muito distintos, que sinalizam um grau curto de associação (Catts, 1982; Baird, 1972). Isso provavelmente ocorre porque os hospedeiros acidentais não possuem os mecanismos para sinalizar e encerrar a migração larval e essas se estabelecem em locais diferentes (Hunter & Webster, 1973). Lemaître *et al.*, (2009) sugerem que a maior porcentagem de infecções localizadas em regiões específicas costuma sinalizar uma região mais favorável para o desenvolvimento do parasita, que surge de uma associação mais específica entre hospedeiro e parasito. Uma vez que a região inguinal foi o sítio de infecção mais comum em *H. megacephalus*, podemos sugerir que essa região é a mais favorável para o desenvolvimento do parasita, permitindo uma longa história de associação evolutiva entre o roedor e *Metacuterebra infulata*, indicando também o *H. megacephalus* como principal hospedeiro da mosca na área de estudo.

Hospedeiros nativos, ou seja, aqueles que coevoluíram com o parasito tendem a ter menos efeitos deletérios (Timm & Cook, 1979; Jaffe *et al.*, 2005), dessa forma, observamos em campo que as larvas não parecem causar transtornos aparentes em *H. megacephalus*, já que animais que foram recapturados após eventos de miíase se encontravam visivelmente recuperados e com lesões cicatrizadas, semelhante a estudos que abordaram o impacto do parasitismo na sobrevivência dos hospedeiros (Capelle, 1970; Bergallo *et al.*, 2000). Porém, estudos mais aprofundados que visem observar os efeitos a nível de sobrevivência na espécie podem trazer resultados mais certos. Registramos uma ocorrência de miíase abaixo dos olhos em *Rhipidomys macrurus*, um roedor arborícola que habita a mesma área de estudo (figura 2F). Embora a larva não tenha se desenvolvido em laboratório para posterior identificação, acreditamos se tratar de *M. infulata* uma vez que não se observou outra ocorrência de miíase em *R. macrurus* ao longo do estudo, o que pode indicar uma infecção acidental, mas se faz necessário mais estudos a respeito para confirmar tal hipótese.

Nós não registramos reinfecções, por isso, não determinamos a frequência de reinfecção. A grande maioria dos indivíduos infectados eram adultos, sugerindo maior prevalência nesse estágio. Tal padrão já foi encontrado em outros estudos com outras espécies

(Hunter *et al.*, 1972; Timm & Cook, 1979; Xuhua & Millar, 1990; Jaffe *et al.*, 2005). De acordo com Hunter *et al.* (1972), a maior taxa de infecções nos adultos parece refletir de uma maior exposição desses com relação aos jovens, porém mais estudos são necessários para entender tais padrões em *H. megacephalus*.

Nossa primeira hipótese sugeria que a estação quente-úmida era a mais propícia para a infecção por parasitos, visto que a temperatura e umidade nessa estação estão dentro da amplitude ideal para a oviposição das moscas e eclosão dos ovos no solo (temperatura entre 15 a 35°C e umidade > 11,05%) (Catts, 1982). Mas ao contrário do esperado, a prevalência de infecção em *H. megacephalus* foi distribuída ao longo do ano, ocorrendo tanto nos meses frios-secos quanto nos meses quentes-úmidos. Os estudos conduzidos na região neotropical têm apresentado resultados muito contraditórios com relação à dinâmica temporal das infecções. Enquanto alguns encontram maior prevalência na estação quente e úmida na Mata Atlântica e no Cerrado (Bossi & Bergallo, 1992; Bergallo *et al.*, 2000; Cruz *et al.*, 2009), outros encontram pico de infecção na estação seca (Adler *et al.*, 2003). Vieira (1993) e Brigada *et al.* (1992) não encontraram uma relação direta entre o número de infecções e a sazonalidade, apenas picos em determinados meses, pois, de maneira geral, a maior parte dos estudos reporta um padrão multivoltino, com infecções ocorrendo o ano todo em climas tropicais (Brigada *et al.*, 1992; Adler *et al.*; 2003, Cruz *et al.*, 2009), como observado para *M. infulata* em *H. megacephalus*.

No nosso estudo, apesar de termos encontrado infecções o ano todo, houve um ligeiro aumento do número de indivíduos infectados em abril, que é considerado convencionalmente como um mês de transição entre a estação chuvosa e seca no Cerrado. Portanto, o microclima em abril ainda sofre forte influência de meses anteriores de chuva e altas temperaturas, sobretudo nos estratos mais baixos, que compreendem os locais comuns de oviposição das moscas da subfamília Cuterebrinae (Capelle, 1970; Catts, 1982). A área de estudo se trata de uma floresta semidecídua, que tem a capacidade de armazenar a umidade na camada de serapilheira profunda (Rosalem *et al.*, 2017). Dessa forma, podemos sugerir que o ambiente no mês de abril ainda tenha características adequadas para o ciclo de vida de *M. infulata*. Além disso, a maior prevalência de infecção foi contabilizada de acordo com os registros das larvas em sua fase L3. Isso implica que os ovos foram colocados no ambiente anteriormente, o que indica que as moscas provavelmente atingiram seu pico de abundância e colocaram a maior parte dos ovos nos meses de janeiro, fevereiro e março, quando as condições climáticas foram as mais adequadas: quente e úmido, circunstância semelhante a pesquisa de Brigada *et al.* (1992) em que o pico de infecção também se dava no mês de abril.

A hipótese de maior prevalência de infecção por *M. infulata* em machos de *H. megacephalus* também não foi confirmada, uma vez que a prevalência foi semelhante entre os sexos. Os estudos conduzidos na região neotropical têm sugerido padrões ambíguos de infecção, com machos sendo mais afetados do que fêmeas (Bergallo *et al.*, 2000), fêmeas mais afetadas do que machos (Brigada *et al.*, 1992) e ausência de viés sexual de infecção (Adler *et al.*, 2003; Bossi e Bergallo, 1992; Bossi, 1996). Três cenários podem explicar a ausência de diferença no parasitismo entre machos e fêmeas de *H. megacephalus*. Primeiro, a ausência de dimorfismo sexual entre machos e fêmeas pode tornar ambos os sexos igualmente susceptíveis ao encontro com parasitos, já que as taxas de deslocamento de indivíduos de mesma massa corporal devem ser semelhantes por conta das demandas energéticas (Harestad & Bunnell, 1979). Segundo, a oviposição das moscas não acontece de forma aleatória, ocorrendo preferencialmente em áreas de atividade pelo hospedeiro (Capelle, 1970, Catts, 1982). Dessa forma, independente da extensão do deslocamento, machos e fêmeas teriam as mesmas chances de entrarem em contato com os parasitos, como sugerido por Cruz *et al.* (2009). E por último, apesar de geralmente machos serem considerados mais susceptíveis aos parasitos por conta dos efeitos imunossupressores da testosterona (Folstad & Karter, 1992; Møller *et al.*, 1999; Klein, 2004), no caso de *H. megacephalus* as fêmeas podem ser igualmente suscetíveis em função dos gastos com reprodução e cuidado com filhotes (Wolff, 1993; Cramer & Cameron, 2010). Porém, estudos comportamentais e da ecologia dos hospedeiros são necessários para elucidar o papel de tais fatores. Nosso trabalho abre portas para mais estudos que venham desvendar mais acerca da dinâmica temporal e espacial que envolve o parasitismo para *Hylaeamys megacephalus* por *Metacuterebra infulata*, e dá suporte para que mais estudos abordem a relação coevolutiva entre as espécies.

CONFORMIDADE COM PADRÕES ÉTICOS

Nossa pesquisa foi fomentada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio de uma bolsa de Iniciação Científica. Contamos com o auxílio logístico do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) e com o Instituto de Biologia da Universidade Federal de Uberlândia. Declaramos que não há conflito de interesse em nosso trabalho. Nossa pesquisa está de acordo com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), foi aprovada pela Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Uberlândia, cujo protocolo 041/19 se encontra no nome de Natália Oliveira Leiner.

REFERÊNCIAS

- Adler, G. H., Davis S. L., & Carvajal, A. (2003). Bots (Diptera: Oestridae) Infesting a Neotropical Forest Rodent, *Proechimys semispinosus* (Rodentia: Echimyidae), in Panama. *Journal of Parasitology*, 89(4), 693-697. <https://doi.org/10.1645/GE-3124>
- Baird, C. R. (1972). Development of *Cuterebra Ruficrus* (Diptera: Cuterebridae) in Six Species of Rabbits and Rodents with a Morphological Comparison of *C. Ruficrus* and *C. Jellisoni* Third Instars. *Journal of Medical Entomology*, 9(1), 81–85. <https://doi.org/10.1093/jmedent/9.1.81>
- Bennett, G. F. (1973). Some effects of *Cuterebra emasculator* Fitch (Diptera: Cuterebridae) on the blood and activity of its host, the eastern chipmunk. *Journal of Wildlife Diseases*, 9(1), 85-93. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-9.1.85>
- Bergallo, H. G., Martins-Hatano, F., Juca, N., & Gettinger, D. (2000). The effect of botfly parasitism of *Metacuterebra apicalis* (Diptera) on reproduction, survival and general health of *Oryzomys russatus* (Rodentia), in southeastern Brazil. *Journal Mammalia*. <https://doi.org/10.1515/mamm.2000.64.4.439>
- Bossi, D. E. P. (1996). Ectoparasitismo em pequenos mamíferos da estação ecológica de Jureia-Itatins Iguape (SP). Tese de Doutorado, Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas.
- Bossi, D. E. P., & Bergallo, H. (1992). Parasitism by cuterebrid botflies (*Metacuterebra apicalis*) in *Oryzomys nitidus* (Rodentia: Cricetidae) and *Metachirus nudicaudatus* (Marsupialia: Didelphidae) in a southeastern Brazilian rain forest. *The Journal of parasitology*, 78 (1), 142-145. <https://doi.org/10.2307/3283702>
- Brennand, P. G., Langguth, A., & Percequillo, A. R. (2013). The genus *Hylaeamys* Weksler, Percequillo, and Voss 2006 (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) in the Brazilian Atlantic Forest: geographic variation and species definition. *Journal of Mammalogy*, 94(6), 1346-1363. <https://doi.org/10.1644/12-MAMM-A-312.1>
- Brigada, A. M., Tripole, E. S., & Zuleta, G. A. (1992). Cuterebrid parasitism (*Rogenhofera bonaerensis*) on the shrubland mouse (*Akodon molinae*), in Argentina. *Journal of Wildlife Diseases*, 28(4), 646-650. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-28.4.646>

- Cansi, E. R. (2011). Caracterização das míases em animais nas cidades de Brasília (Distrito Federal) e Formosa (Goiás). Tese de Doutorado, Universidade de Brasília.
- Capelle, K. J. (1970). Studies on the life history and development of *Cuterebra polita* (Diptera: Cuterebridae) in four species of rodents. *Journal of Medical Entomology*, 7(3), 320-327. <https://doi.org/10.1093/jmedent/7.3.320>
- Catts, E. P. (1982). Biology of New World Bot Flies: Cuterebridae. *Annual Review of Entomology*, 27(1), 313–338. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.27.010182.001525>
- Climate-data.org. Clima: Uberlândia. (2023)
- Colwell, D. D. (2001). Bot flies and warble flies (order Diptera: family Oestridae). *Parasitic diseases of wild mammals*, 2, 46-71.
- Combes, C. (2001). *Parasitism: the Ecology and Evolution of Intimate Interactions*. University of Chicago Press. 742 p.
- Cramer, M. J., & Cameron, G. N. (2010). Effects of bot fly parasitism on movements of *Peromyscus leucopus*. *The American Midland Naturalist*, 163(2), 455-462. <https://doi.org/10.1674/0003-0031-163.2.455>
- Cruz, L. D, Fernandes, F. R., & Linhares, A. X. (2009). Prevalence of larvae of the bot fly *Cuterebra simulans* (Diptera, Oestridae) on *Gracilinanus microtarsus* (Didelphimorphia, Didelphidae) in southeastern Cerrado from Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53, 314-317. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262009000200017>
- Dalmat, H. T. (1943). A contribution to the knowledge of the rodent warble flies (Cuterebridae). *The Journal of Parasitology*, 29(5), 311-318. <https://doi.org/10.2307/3272607>
- Durden, L. A. (1995). Bot fly (*Cuterebra fontinella fontinella*) parasitism of cotton mice (*Peromyscus gossypinus*) on St. Catherines Island, Georgia. *The Journal of parasitology*, 787-790. <https://doi.org/10.2307/3283977>
- Eiten, G. (1994). Vegetação do Cerrado In: Pinto, M. N. Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Editora UnB Brasília, 2, 17-73.

- Folstad, I., & Karter, A. J. (1992). Parasites, bright males, and the immunocompetence handicap. *The American Naturalist*, 139(3), 603-622. <https://doi.org/10.1086/285346>
- Galindo-Leal, C. (1997). Infestation of Rock Mice (*Peromyscus difficilis*) by Botflies: Ecological Consequences of Differences Between Sexes. *Journal of Mammalogy*, 78(3), 900-907. <https://doi.org/10.2307/1382949>
- Guimarães, J. H., Papavero, N., & Prado, Â. P. D. (1983). As míases na região neotropical (identificação, biologia, bibliografia). *Revista Brasileira de Zoologia*, 1, 239-416. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751982000400001>
- Harestad, A. S., & Bunnell, F. L. (1979). Home Range and Body Weight--A Reevaluation. *Ecology*, 60(2), 389-402. <https://doi.org/10.2307/1937667>
- Hawlena, H., Abramsky, Z., & Krasnov, B. R. (2006). Ectoparasites and age-dependent survival in a desert rodent. *Oecologia*, 148, 30-39. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0345-4>
- Hopla, C. E., Durden, L. A., & Keirans, J. E. (1994). Ectoparasites and classification. *Revue scientifique et technique-office international des epizooties*, 13(4), 985-1034. <https://doi.org/10.20506/rst.13.4.815>
- Hunter, D. M., & Webster, J. M. (1973). Determination of the migratory route of botfly larvae, *Cuterebra grisea* (Diptera: Cuterebridae) in deermice. *International journal for parasitology*, 3(3), 311-316. [https://doi.org/10.1016/0020-7519\(73\)90108-2](https://doi.org/10.1016/0020-7519(73)90108-2)
- Hunter, D. M., Sadleir, R. M. F. S., & Webster, J. M. (1972). Studies on the ecology of cuterebrid parasitism in deermice. *Canadian Journal of Zoology*, 50(1), 25-29. <https://doi.org/10.1139/z72-005>
- Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil – INMET. (2023).
- Jaffe, G., Zegers, D. A., Steele, M. A., & Merritt, J. F. (2005). Long-Term Patterns of Botfly Parasitism in *Peromyscus maniculatus*, *P. leucopus*, and *Tamias striatus*. *Journal of Mammalogy*, 86(1), 39-45. <https://doi.org/10.1644/1545-1542>
- Kiffner, C., Stanko, M., Morand, S. *et al.* (2013). Sex-biased parasitism is not universal: evidence from rodent–flea associations from three biomes. *Oecologia*, 173, 1009-1022. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2664-1>

- Klein, S. L. (2004). Hormonal and immunological mechanisms mediating sex differences in parasite infection. *Parasite Immunology*, 26(6-7), 247-264. <https://doi.org/10.1111/j.0141-9838.2004.00710.x>
- Krasnov, B. R., Bordes, F., Khokhlova, I. S., & Morand, S. (2012). Gender-biased parasitism in small mammals: patterns, mechanisms, consequences. *Journal Mammalia*. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2011-0108>
- Lehmann, T. (1993). Ectoparasites: Direct impact on host fitness. *Parasitology Today*. 9(1), 8–13. [https://doi.org/10.1016/0169-4758\(93\)90153-7](https://doi.org/10.1016/0169-4758(93)90153-7)
- Lemaître, J., Fortin, D., Montiglio, P. O., & Darveau, M. (2009). Bot fly parasitism of the red-backed vole: host survival, infection risk, and population growth. *Oecologia*, 159, 283-294. <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1219-3>
- Lopes, S. D. F. (2010). Padrões florísticos e estruturais das florestas estacionais semidecíduais do Triângulo Mineiro, MG. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia.
- Mullen, G. R., & Durden, L. A. (Eds 2.). (2009). *Medical and veterinary entomology*. Academic press. 597 p.
- Nitikman L. Z. & Mares M. A. (1987). Ecology of small mammals in a gallery forest of central Brazil. *Ann Carnegie Mus*, 56, 75-95.
- Papavero, N., & Guimarães, J. H. (2009). *Catalogue of Neotropical Diptera. Cuterebridae. Neotropical Diptera*, 11.
- Patton, J. L., Pardiñas, U. F., & D'Elía, G. (Eds.). (2020). *Mammals of South America, volume 2: Rodents*. University of Chicago Press. 335 p.
- Pereira, L. A. (1994). Ecologia de mamíferos da Mata Atlântica: parasitismo de *Metacuterebra spp.* (Diptera Cuterebridae) em cinco espécies de pequenos mamíferos da Reserva Biológica de Poço das Antas (Mun. Silva Jardim, Rio de Janeiro). *Floresta e Ambiente*, 1, 86-90.
- Rosalem, L. M., Cabrera M. C., Leite, C. M. *et al.* (2017). A Produção de Serapilheira no Cerrado e a sua Relação Temporal com o Balanço Hídrico Climatológico. *Águas Subterrâneas*. <https://doi.org/10.14295/ras.v0i0.28733>

Slansky, F. (2007). Insect/Mammal Associations: Effects of Cuterebrid Bot Fly Parasites on Their Hosts. *Annu. Rev. Entomol.*, 52, 17-36. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151017>

Timm, R. M., & Cook, E. F. (1979). The effect of Bot Fly Larvae on Reproduction in White-footed Mice, *Peromyscus leucopus*. *American Midland Naturalist*, 211-217. <https://doi.org/10.2307/2424914>

Thomas, F, Guégan, J F, Michalakis, Y & Renaud, F (2000). Parasites and host life-history traits: implications for community ecology and species co-existence. *International Journal for Parasitology*, 30(5), 669–674. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(00\)00040-0](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(00)00040-0)

Twigg, G. I. (1965). Warbles on *Holochilus sciureus* from the coast of British Guiana. *Journal of Mammalogy*, 46(1), 98-100. <https://doi.org/10.2307/1377823>

Vieira, E. M. (1993). Occurrence and Prevalence of Bot Flies, *Metacuterebra apicalis* (Diptera: Cuterebridae) in Rodents of Cerrado from Central Brazil. *Journal of Parasitology*, 79, 792-792. <https://doi.org/10.2307/3283626>

Wolf, M. & Batzli, G. O. (2001). Increased prevalence of bot flies (*Cuterebra fontinella*) on white-footed mice (*Peromyscus leucopus*) near forest edges. *Canadian Journal of Zoology*, 79(1), 106-109. <https://doi.org/10.1139/z00-185>

Wolff, J. O. (1993). Why are female small mammals territorial?. *Oikos*, 364-370. <https://doi.org/10.2307/3544853>

Xuhua, X., & Millar, J. S. (1990). Infestations of wild *Peromyscus leucopus* by bot fly larvae. *Journal of Mammalogy*, 71(2), 255-258. <https://doi.org/10.2307/1382179>

Zumpt, F. (1965). Myiasis in Man and Animals in the Old World. A textbook for physicians, veterinarians and zoologists. *Myiasis in Man and Animals in the Old World. A Textbook for Physicians, Veterinarians and Zoologists*. London, Butterworth, 267 p.