

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOLOGIA

GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

EMYKARLA ALVES SANTOS

**O efeito de formigas (Formicidae) predadoras no decaimento da massa de carcaças de
pequenos vertebrados**

Uberlândia

2026

EMYKARLA ALVES SANTOS

**O efeito de formigas (Formicidae) predadoras no decaimento da massa de carcaças de
pequenos vertebrados**

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

Orientador: Prof. Dr. Heraldo Luis de Vasconcelos

Co Orientador: Me. Alexandre Ariel da Fonseca
de Souza

Uberlândia

2026

EMYKARLA ALVES SANTOS

**O EFEITO DE FORMIGAS (Formicidae) PREDADORAS NO DECAIMENTO DA
MASSA DE CARCAÇA DE PEQUENOS VERTEBRADOS**

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

Uberlândia, 2026

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Heraldo Luis de Vasconcelos – UFU/MG

Prof. Dr. Alan Nilo da Costa – UFLA/MG

Dra. Ruthe Emília de Oliveira Saraiva Leão – UFU/MG

“É possível morrer e prover vida simultaneamente,
manter o mundo em equilíbrio sem senti-lo, isso
é ser um ser vivo, que um dia morto será o
será o sobreviver de outro ser.”

Emy Karla F.A

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Deus, que além de me permitir viver, me permite ser realizada com a vida e ainda me permitiu chegar até este momento quando minha história nem cabia mais esse sonho.

Agradeço a minha mãe por me gerar, me amar e pela sua força, pois através de suas escolhas eu sobrevivi. As minhas filhas Laura e Elisa por serem as minhas inspirações, pois por elas eu mudei a minha história. Ao meu esposo que me deu forças e me fez jurar que eu não desistiria dos meus sonhos, meu amado, você foi de fato um Marco em minha vida.

A minha sogra, pois, a partir dela eu conheci a rede de apoio, que foi fundamental para minha entrega nos estágios finais da graduação.

Ao Dr. Alan Costa Nilo, que por muito tempo foi um bom mentor e se mobilizou criando pontes para que este projeto acontecesse. Ao Me. Alexandre Ariel, que ensinou, acompanhou, coletou, triou e viveu esse projeto, você exerceu com excelência o seu ser mestre.

Gratidão ao Dr. Heraldo Luis de Vasconcelos por ser a minha luz no fim do túnel, é uma honra ter o seu nome contribuindo neste projeto.

A resistência do LAPEB, Dyessica e Ramon, obrigada pelas dicas, conselhos e contribuições neste projeto. Aos Mestres e Doutores do Leis, Nataly e Lino, obrigada pela ajuda no campo e pela disposição em demais auxílios.

A Rede de Biotérios de Roedores (REBIR/UFU), pela disposição e disponibilização de todas as carcaças utilizadas neste experimento. A Universidade Federal de Uberlândia – UFU que me possibilitou criar laços, vivenciar e fazer experiências e disponibilizou o necessário para a minha formação.

Palavras não expressarão minha eterna gratidão a todos vocês.

Que Deus os pague, Amém!

Sumário

RESUMO	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	9
HIPÓTESES E PREDIÇÕES:	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
Área de estudo	11
Delineamento experimental.....	11
Análise de dados	12
RESULTADOS	13
DISCUSSÃO	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

RESUMO

Carcaças de vertebrados contribuem com uma parcela relevante da matéria e energia que fluem nos ecossistemas e atraem uma ampla gama de organismos decompositores, necrófagos e predadores. Dentre esses, as moscas necrófagas estão entre os principais insetos responsáveis pela remoção da matéria animal em decomposição, pois utilizam as carcaças como sítio de desenvolvimento de suas larvas, que rapidamente consomem sua massa. Outros insetos, como as formigas, também são praticamente ubíquos em carcaças de vertebrados nos ecossistemas terrestres, mas ainda sabemos pouco sobre seu efeito no processo de decomposição. Várias espécies de formigas já foram registradas predando larvas e adultos de moscas necrófagas, o que é frequentemente associado ao atraso na remoção de carcaças por moscas. Contudo, o efeito de poucas espécies de formigas predadoras foi de fato quantificado e a literatura apresenta resultados conflitantes. Neste estudo, testamos o efeito de quatro espécies de formigas predadoras sobre a perda de massa de carcaças e a massa de larvas de moscas presentes nesse recurso. Conduzimos um experimento no qual colocamos carcaças de *Rattus norvegicus* próximas a colônias de *Ectatomma brunneum*, *Pheidole oxyops*, *Solenopsis geminata* e *Solenopsis substituta*, espécies de formigas com hábito alimentar predominantemente predador, além de carcaças das quais excluímos as formigas. Comparamos, ao longo de 96 horas, a perda de massa de carcaças e a massa de larvas de moscas entre os tratamentos com formigas e o tratamento de exclusão. Com exceção de *S. geminata*, as espécies de formigas estudadas não alteraram significativamente a massa remanescente das carcaças, a massa das larvas ou o padrão de decaimento em comparação ao tratamento de exclusão. Operárias de *S. geminata* cobriram as carcaças com terra e as monopolizaram, o que resultou em menor massa de larvas e decaimento mais lento. Concluimos que o efeito de formigas sobre a remoção de carcaças varia fortemente entre espécies, mesmo quando elas possuem hábitos alimentares e modos de recrutamento semelhantes, podendo depender de uma combinação de características, incluindo aspectos comportamentais.

Palavras-Chave: ecologia da decomposição; interação formiga-mosca; moscas necrófagas; padrão de decaimento; entomologia forense; *Solenopsis geminata*

ABSTRACT

Vertebrate carcasses account for a significant portion of the matter and energy that flow within ecosystems, and attract a wide range of decomposers, scavengers, and predators. Among these, necrophagous flies are one of the main insect groups that remove decomposing animal matter. They use carcasses as development sites for their larvae, which rapidly consume carrion. Other insects, such as ants, are also virtually ubiquitous on vertebrate carcasses in terrestrial ecosystems, but little is known about their effects on carrion decay. Several ant species have been recorded preying on necrophagous fly larvae and adults. However, the effects of only a few predatory ant species have been quantitatively tested, and there are conflicting results in the literature. In this study, we tested the effects of four predatory ant species on carcass mass loss and the mass of fly larvae developing in the carcasses. We conducted an experiment in which we deployed carcasses of *Rattus norvegicus* near colonies of the ant species *Ectatomma brunneum*, *Pheidole oxyops*, *Solenopsis geminata*, and *Solenopsis substituta*, as well as carcasses from which ants were excluded. We compared carcass mass loss and fly larval mass over a 96-hour period between carcasses exposed to ants and those in the ant-exclusion treatment. With the exception of *S. geminata*, the ant species studied did not significantly alter remaining carrion mass, larval mass, or the patterns of decay relative to the ant exclusion. Workers of *S. geminata* covered carcasses with soil and monopolized them, which resulted in lower larval mass and slower decay. In conclusion, the effect of ants on carcass removal varies strongly among species, even when they share feeding habits and similar recruitment strategies. Their effects may be determined by a combination of factors, including behavioral traits.

Keywords: carrion ecology; ant-fly interactions; necrophagous flies; carrion decay patterns; forensic entomology; *Solenopsis geminata*

INTRODUÇÃO

O processo de decomposição consiste na conversão de moléculas complexas, fixadas na biomassa vegetal (e.g., folhas, galhos e frutos) e animal (e.g., fezes, pelos e carcaças), em moléculas mais simples, na forma de nutrientes que podem ser utilizados pelos produtores primários (Chapin et al., 2011). Esse processo é essencial para os fluxos de matéria e energia, ao liberar nutrientes e energia dentro e entre os ecossistemas (Smith e Smith, 2012; Moore et al., 2004). As carcaças de vertebrados são um tipo de detrito extremamente rico em nitrogênio e que se decompõe rapidamente, sendo consumidas por vários organismos (Carter et al., 2007).

Além dos processos químicos que ocorrem durante a decomposição de uma carcaça, a ação necrófaga de outros organismos, tanto vertebrados quanto invertebrados, também contribui para a degradação do tecido animal por meio da quebra física da carcaça. Dentre os invertebrados, os insetos são particularmente importantes, especialmente em regiões de clima tropical, onde a sua atividade é favorecida pelo clima mais quente e úmido, levando à rápida remoção das carcaças (Forbes e Carter, 2015; de Barros et al., 2024).

Os insetos mais estudados nesse contexto são as moscas (Diptera) e os besouros (Coleoptera) necrófagos, que utilizam carcaças para seu desenvolvimento larval e são particularmente relevantes para a entomologia forense, uma vez que são utilizados em estimativas de intervalo pós-morte (Catts e Goff, 1992). Além desses, insetos generalistas também estão presentes, como é o caso das formigas (Formicidae), que aproveitam deste recurso quando disponível próximo às suas colônias. Elas podem atuar direta e indiretamente, os efeitos diretos incluem predação, necrofagia e alteração física do solo, enquanto os indiretos emergem de interações tróficas em cascata, modificação de micro habitats e mutualismos com hemípteros (Lin; Tarone; Eubanks, 2019). As formigas são extremamente abundantes e diversas e estão presentes em quase todos os ecossistemas terrestres, com exceção dos polos. Com mais de 14.000 espécies descritas (Bolton, 2026), há formigas com diferentes tipos de dieta e de forrageamento, incluindo espécies que forrageiam solitariamente e outras em grupo (Carroll e Janzen, 1973).

Já foram registradas pelo menos 154 espécies de formigas em carcaças de vertebrados (Lin; Tarone; Eubanks, 2019). Quando formigas encontram um animal morto, podem remover tecidos em decomposição, ingerir fluidos ou predar outros artrópodes ali presentes, especialmente larvas de moscas, que costumam ser extremamente abundantes (Eubanks et al.,

2019). A predação realizada pelas formigas pode, em alguns casos, reduzir a taxa de decaimento de uma carcaça devido à remoção de uma grande quantidade de larvas de moscas (Wells e Greenberg, 1994). Entretanto, poucos estudos quantificam esse efeito em termos da quantidade de massa removida, e a maioria dos trabalhos foca em algumas espécies do gênero *Solenopsis* (e.g., Stoker et al., 1995).

Além de as evidências sobre o papel das formigas em atrasar a decomposição serem escassas, os resultados disponíveis são conflitantes, com trabalhos sugerindo que formigas do gênero *Solenopsis* exercem forte efeito sobre a comunidade de insetos necrófagos e atrasam a decomposição (Wells e Greenberg, 1994), outros indicando que elas não atrasam a decomposição (De Jong et al., 2021), e outros ainda apontando que são as formigas de maior tamanho corporal que removem mais larvas de mosca (Nooten et al., 2022). Os traços morfológicos ou comportamentais determinantes para o papel e a magnitude do efeito de uma espécie de formiga no processo de decomposição ainda não são claros. Dessa maneira, comparar espécies que difiram em alguma característica, mas que tenham hábitos alimentares semelhantes, pode nos dar pistas sobre quais características são importantes para o papel das formigas nesse processo.

Com isso, investigamos o efeito de quatro espécies de formigas (*Ectatomma brunneum*, *Pheidole oxyops*, *Solenopsis geminata* e *Solenopsis substituta*) na taxa de decaimento de carcaças de vertebrados e na massa de larvas de moscas necrófagas que colonizam essas carcaças. Essas espécies de formigas são predadoras, têm como principal recurso alimentar outros insetos e pequenos artrópodes, constroem seus ninhos no solo e visitam carcaças de vertebrados em decomposição. Por outro lado, entre as espécies selecionadas, *E. brunneum* possui operárias relativamente grandes, mas recrutam menos intensamente do que *P. oxyops*, *S. geminata* e *S. substituta*, que recrutam em massa. Além disso, há registros de diversas espécies do gênero *Solenopsis* cobrindo recursos alimentares com terra, o que é comumente considerado como um empecilho à oviposição por moscas necrófagas, quando o recurso em questão é uma carcaça de vertebrado (Maciel et al., 2015; Mendonça et al., 2019).

HIPÓTESES E PREDIÇÕES:

Neste trabalho, testamos a hipótese de que formigas predadoras reduzem a massa de larvas de moscas necrófagas presentes em carcaças de vertebrados, o que resulta na diminuição da taxa de decaimento de carcaças nas quais essas formigas estão presentes. Portanto, esperamos

que, na presença das espécies focais (*Ectatomma brunneum*, *Pheidole oxyops*, *Solenopsis geminata* e *Solenopsis substituta*), em comparação com carcaças das quais as formigas foram excluídas:

1. A massa remanescente das carcaças após 96 h seja maior.
2. A massa de larvas de moscas necrófagas seja menor.
3. A curva de decaimento da massa dessas carcaças seja diferente da observada nas carcaças das quais as formigas foram excluídas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na Reserva Ecológica do Panga, uma área de conservação pertencente à Universidade Federal de Uberlândia e disponibilizada para estudos de ecologia e biodiversidade. A reserva possui 403,85 ha de vegetação nativa de Cerrado, na qual já foram registrados pelo menos 58 gêneros e 277 espécies de formigas (Camacho e Vasconcelos, 2015). O clima da região é tropical savânico, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos (Rosa et al., 1991)

Delineamento experimental

Para a realização deste experimento, dispusemos carcaças de ratos Wistar (*Rattus norvegicus*; massa média 71.49 ± 9.08 g) em cinco tratamentos que diferiam quanto ao acesso de formigas. Esses tratamentos consistiram na colocação das carcaças ao lado da entrada de ninhos das espécies (1) *Ectatomma brunneum*, (2) *Pheidole oxyops*, (3) *Solenopsis geminata* e (4) *Solenopsis substituta*, além de (5) carcaças das quais as formigas foram excluídas, mas assim como nos demais tratamentos, sem interferência ao acesso das moscas. Realizamos buscas prévias por colônias das espécies focais de formigas utilizando iscas de sardinha e selecionamos para o experimento colônias que recrutaram para as iscas e que estavam distantes pelo menos 30 metros umas das outras.

Para impedir o acesso de vertebrados, sem interferir no acesso dos insetos, todas as carcaças foram protegidas por gaiolas de metal cobertas por uma tela de arame (abertura da

malha = 2 cm), fixadas ao solo com estacas. Para a exclusão das formigas no tratamento “5”, as carcaças foram posicionadas dentro de um anel de PVC (15 cm de altura e 30 cm de diâmetro), com a face externa coberta por cola entomológica transparente (Coleagro®).

As coletas foram realizadas durante a estação seca, ao longo de três semanas entre junho e julho de 2026. As carcaças foram pesadas com uma balança digital (Acculab VIC-612) antes de serem colocadas em campo. Após recolhidas, separamos as larvas de moscas que se desenvolveram nas carcaças e pesamos as larvas e as carcaças separadamente. No total, utilizamos 100 carcaças de ratos neste experimento. Dessas, 35 foram mantidas em campo por 96 h e pesadas diariamente, a fim de acompanharmos suas curvas de decaimento. Como essas carcaças foram recolhidas apenas após 96 h, também colocamos, em cada tratamento, carcaças que foram recolhidas em tempos intermediários (24 h, 48 h e 72 h). Essas carcaças foram utilizadas para estimar a massa de larvas em cada combinação de tratamento e tempo (Tabela 1). No tratamento com *S. geminata*, as carcaças não foram pesadas diariamente em campo. Observamos que essas formigas depositavam terra sobre as carcaças e o procedimento de pesagem resultaria na remoção desse material, o que poderia levar à subestimação do efeito da espécie.

Tabela 1. Número de carcaças utilizadas por tratamento e tempo de exposição.

Tratamento	24 h	48 h	72 h	96 h	Total
<i>E. brunneum</i>	3	5	4	9	21
<i>S. geminata</i>	3	4	4	6	17
<i>S. substituta</i>	3	7	4	7	21
<i>P. oxyops</i>	3	7	5	6	21
Exclusão de formigas	3	6	4	7	20
Total	15	29	21	35	100

Análise de dados

Para as análises que utilizaram a massa das carcaças como variável resposta, consideramos a massa após a remoção das larvas de moscas em laboratório. As carcaças monitoradas por 96 h foram pesadas em campo após 24 h, 48 h e 72 h, de maneira que essas medições incluíam a massa de larvas presentes naquele momento. Para obtermos uma medida da massa da carcaça propriamente dita, utilizamos a massa média de larvas das carcaças que foram removidas em cada tempo (24 h, 48 h, 72 h) e tratamento e subtraímos essa média das respectivas medidas realizadas em campo, gerando uma medida de massa ajustada. Para carcaças acessadas por *S. geminata*, que não foram pesadas diariamente em campo, utilizamos

apenas a massa final (após separação das larvas em laboratório) das carcaças removidas em cada tempo, não sendo necessários ajustes.

Nós comparamos a massa remanescente das carcaças ao longo do experimento utilizando um modelo linear generalizado misto (GLMM), com distribuição beta e função de ligação logit. A variável resposta foi a proporção da massa remanescente da carcaça em cada tempo amostral. As variáveis preditoras foram o tratamento (exclusão de formigas, *E. brunneum*, *P. oxyops*, *S. geminata* e *S. substituta*), tempo de amostragem (24 h, 48 h, 72 h e 96 h) e a interação entre tratamento e tempo. Como as carcaças foram pesadas diariamente, incluímos a identidade da carcaça como intercepto aleatório. Para comparar a massa de larvas de moscas entre os tratamentos ao longo do tempo, utilizamos um modelo linear. A variável resposta foi a massa de larvas transformada por $\log(x + 1)$ para reduzir a heterocedasticidade e não normalidade dos resíduos. As variáveis preditoras foram o tratamento, tempo e sua interação. Para investigar as diferenças entre tratamentos em cada tempo amostral, realizamos contrastes par a par com ajuste de Tukey para comparações múltiplas.

Todas as análises foram conduzidas no software R, versão 4.5.1 (R Core Team, 2025). O GLMM foi ajustado com o pacote “glmmTMB” (Brooks et al., 2017). A adequação dos modelos foi avaliada por meio da inspeção dos resíduos com o pacote “DHARMa” (Hartig, 2024). A significância dos termos dos modelos ($\alpha < 0,05$) foi avaliada com testes do tipo III, usando o pacote “car” (Fox e Weisberg, 2019). As previsões dos modelos usadas nos gráficos e os contrastes de Tukey foram obtidos com o pacote “emmeans” (Lenth, 2025).

RESULTADOS

A proporção de massa remanescente das carcaças variou com a interação entre tratamento e tempo ($\chi^2 = 50,96$, $df = 12$, $P < 0,001$). As carcaças dispostas próximas aos ninhos das espécies focais, com exceção de *Solenopsis geminata*, apresentaram uma curva de decaimento semelhante à observada no tratamento de exclusão de formigas (Figura 1). Até 48 h, a perda de massa foi relativamente pequena em todos os tratamentos (entre 13% na exclusão de formigas e 21% em *S. substituta*), sem diferenças significativas entre eles. Após 72 h, houve uma redução abrupta na massa das carcaças acessadas pelas formigas focais, com exceção das carcaças com presença de *S. geminata*, que se mantiveram relativamente estáveis. Após 96 h de experimento, restaram em média 24% da massa inicial das carcaças onde as formigas foram excluídas. Os demais tratamentos, com exceção de *S. geminata*, não diferiram

significativamente do controle. No caso das carcaças acessadas por *S. geminata*, restaram em média 76% da massa inicial das carcaças.

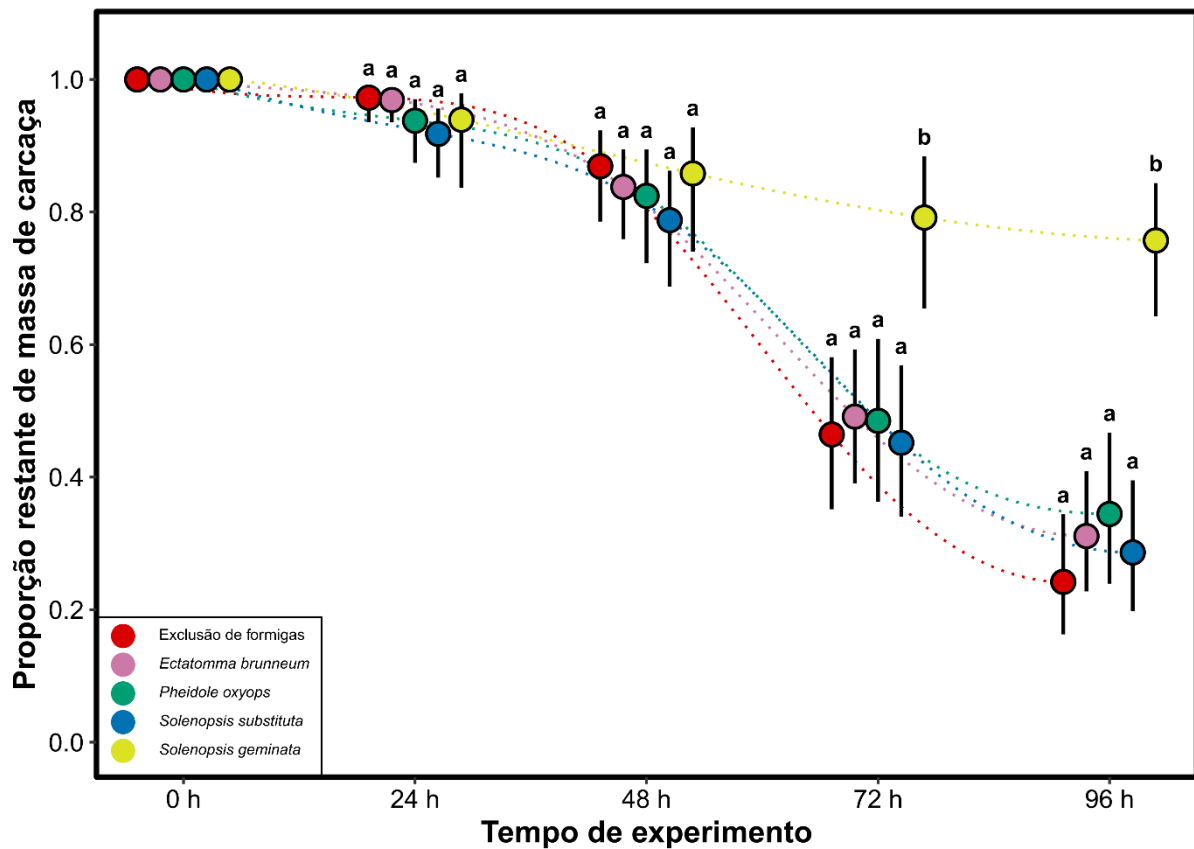


Figura 1. Curvas de decaimento de carcaças expostas às espécies *Ectatomma brunneum*, *Pheidole oxyops*, *Solenopsis geminata* e *Solenopsis substituta* e de carcaças das quais as formigas foram excluídas, ao longo de 96 h. Os pontos representam a média da massa remanescente das carcaças, as barras de erro representam o intervalo de confiança de 95% e as letras denotam diferenças significativas entre os tratamentos em cada tempo amostral. As linhas pontilhadas são apenas um recurso visual e não representam nenhum dos modelos estatísticos utilizados nas análises.

Além disso, a massa de larvas também variou com a interação entre tratamento e tempo ($F_{12, 80} = 2,10$, $P = 0,026$). Em todos os tratamentos, com exceção daquele com *S. geminata*, houve um aumento da massa de larvas a partir de 72 h. Ao fim do experimento, a massa média de larvas foi menor nas carcaças acessadas por *S. geminata*, enquanto os tratamentos com as demais espécies focais não diferiram significativamente do tratamento de exclusão de formigas (Figura 2).

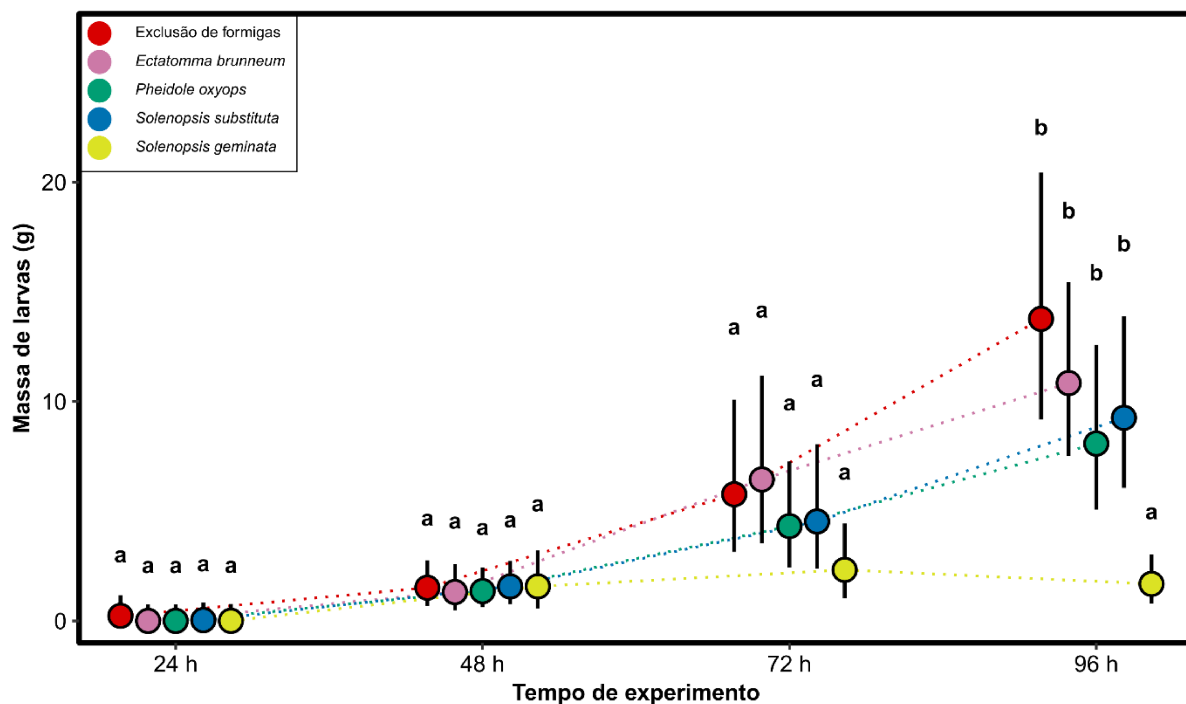


Figura 2. Massa de larvas de moscas necrófagas presente em carcaças expostas às espécies *E. brunneum*, *P. oxyops*, *S. geminata*, e *S. substituta* e em carcaças das quais formigas foram excluídas, ao longo de 96 h. Os pontos representam a média da massa de larvas, as barras de erro o intervalo de confiança de 95% e as letras denotam diferenças significativas entre os tratamentos em um dado tempo. As linhas pontilhadas são apenas um recurso visual e não representam nenhum dos modelos estatísticos utilizados nas análises.

As formigas localizaram as carcaças rapidamente, em menos de dois minutos na maioria dos casos, e se concentraram inicialmente nos orifícios naturais e em regiões com menos pelos, como os olhos, boca, orelhas e cauda (Figura 3). No geral, o comportamento das formigas consistiu em morder e tentar remover pedaços das carcaças, o que resultou em ferimentos superficiais. Além disso, em algumas colônias de *P. oxyops*, as operárias removeram pelos das carcaças e os depositaram na entrada dos ninhos (Figura 4).

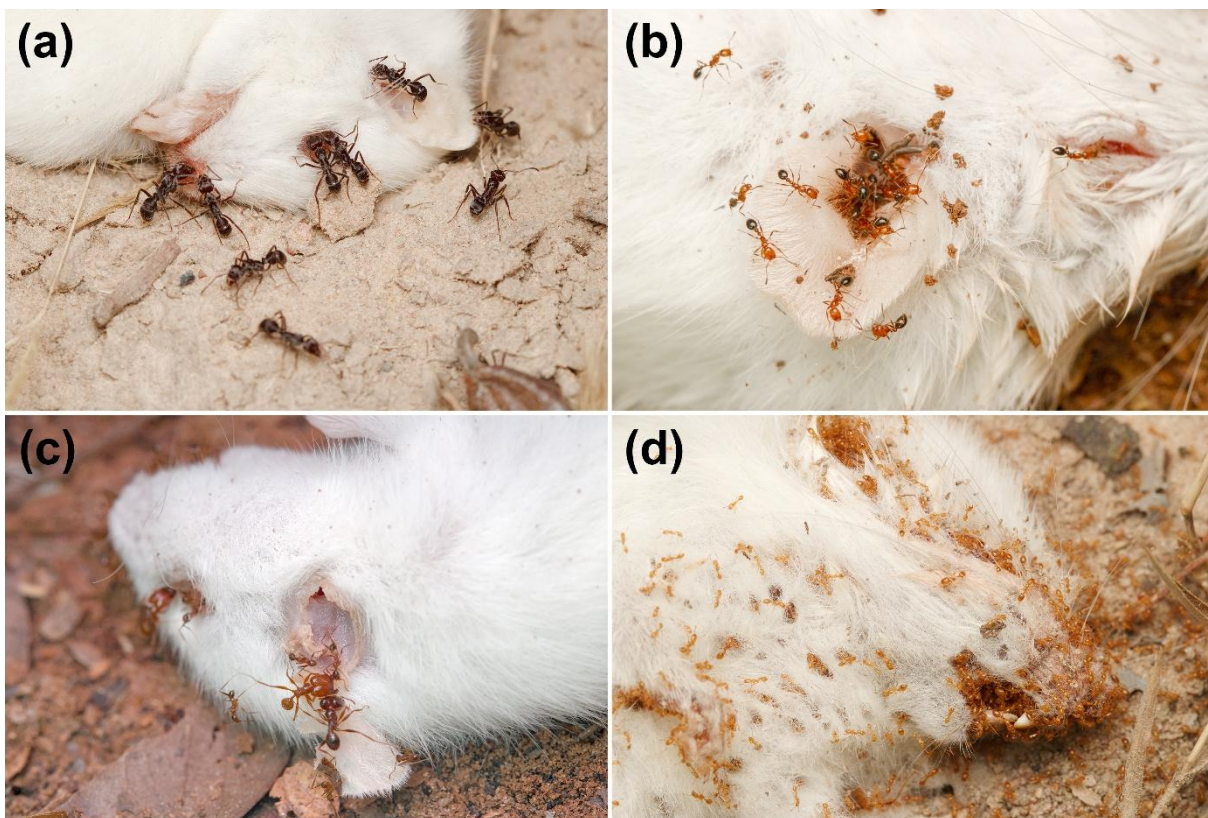


Figura 3. Operárias das espécies de formigas estudadas: (a) *Ectatomma brunneum*, (b) *Solenopsis substituta*, (c) *Pheidole oxyops* e (d) *Solenopsis geminata*, acessando as carcaças inicialmente pelos orifícios naturais dos ratos.



Figura 4. Pelos removidos de carcaça de rato por operárias de *Pheidole oxyops* e depositados na entrada de seu ninho.

Na maioria das carcaças, observamos moscas adultas e larvas juntamente com as formigas, exceto nas carcaças acessadas por *S. geminata*. A predação de larvas de moscas por operárias de *P. oxyops* foi observada a partir de 72 h de experimento e, em alguns casos, por *S. substituta* no último dia de experimento, quando algumas larvas já estavam fora da carcaça. Não observamos predação de larvas por *E. brunneum* nem por *S. geminata* (Figura 5).

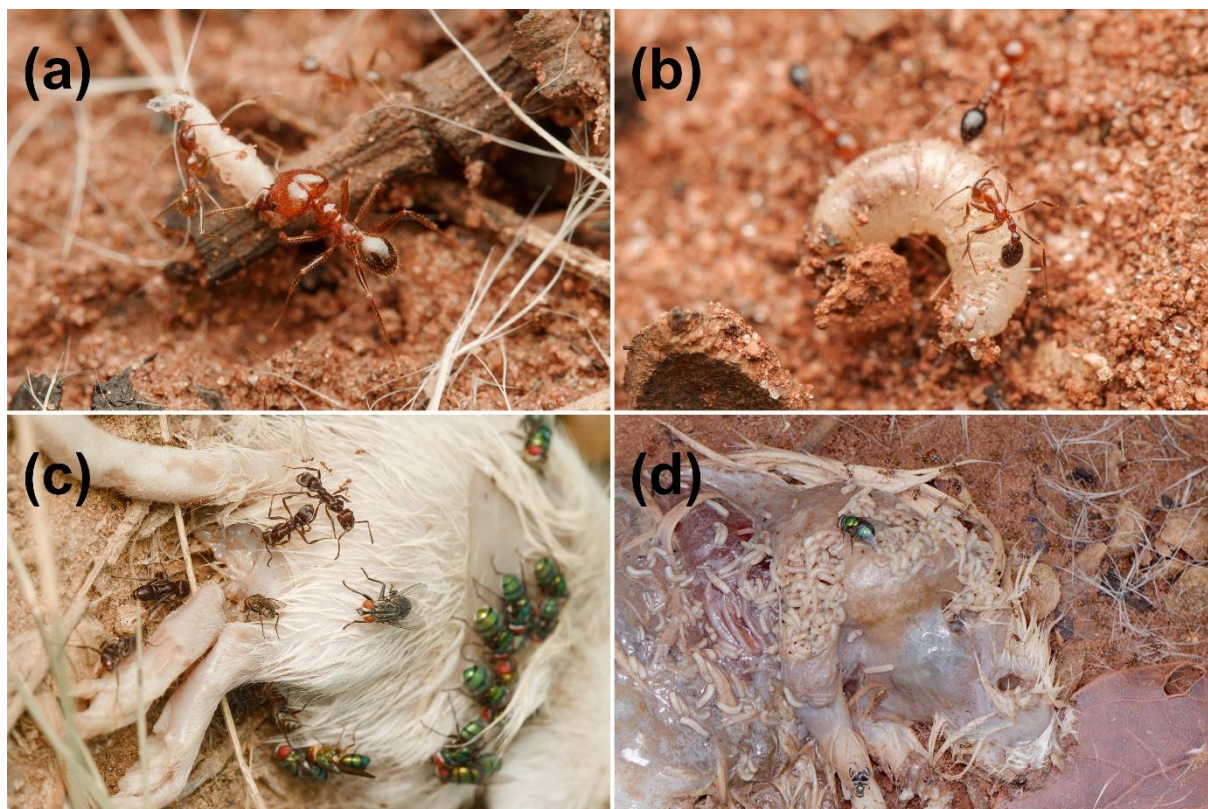


Figura 5. Interações entre operárias das espécies de formigas estudadas e moscas necrófagas: (a) predação de larvas de moscas por operárias maiores e menores de *Pheidole oxyops*, observada a partir de 72 h de experimento; (b) operárias de *Solenopsis substituta* ferroando uma larva de mosca que se dispersou da carcaça ao fim do experimento; (c) operárias de *Ectatomma brunneum* mordendo a carcaça na presença de larvas e adultos de moscas necrófagas; e (d) período em que a predação por *Pheidole oxyops* era mais intensa, com grande quantidade de larvas de moscas expostas.

Carcaças acessadas por *S. geminata* foram dominadas por essa espécie, sem a presença de outras espécies de formigas em qualquer período do dia. Ao longo do experimento, essas formigas cobriram as carcaças com terra, o que, em um caso, resultou no enterramento total da carcaça no último dia do experimento (Figura 6). Larvas de moscas foram observadas apenas quando recolhemos essas carcaças e estavam presentes apenas em ferimentos no abdômen, na superfície da carcaça que estava em contato com o solo. Além dos ferimentos nas patas e na cauda causados por essas formigas, também observamos, na superfície da carcaça em contato com o solo, ferimentos na cabeça, tórax e abdômen.

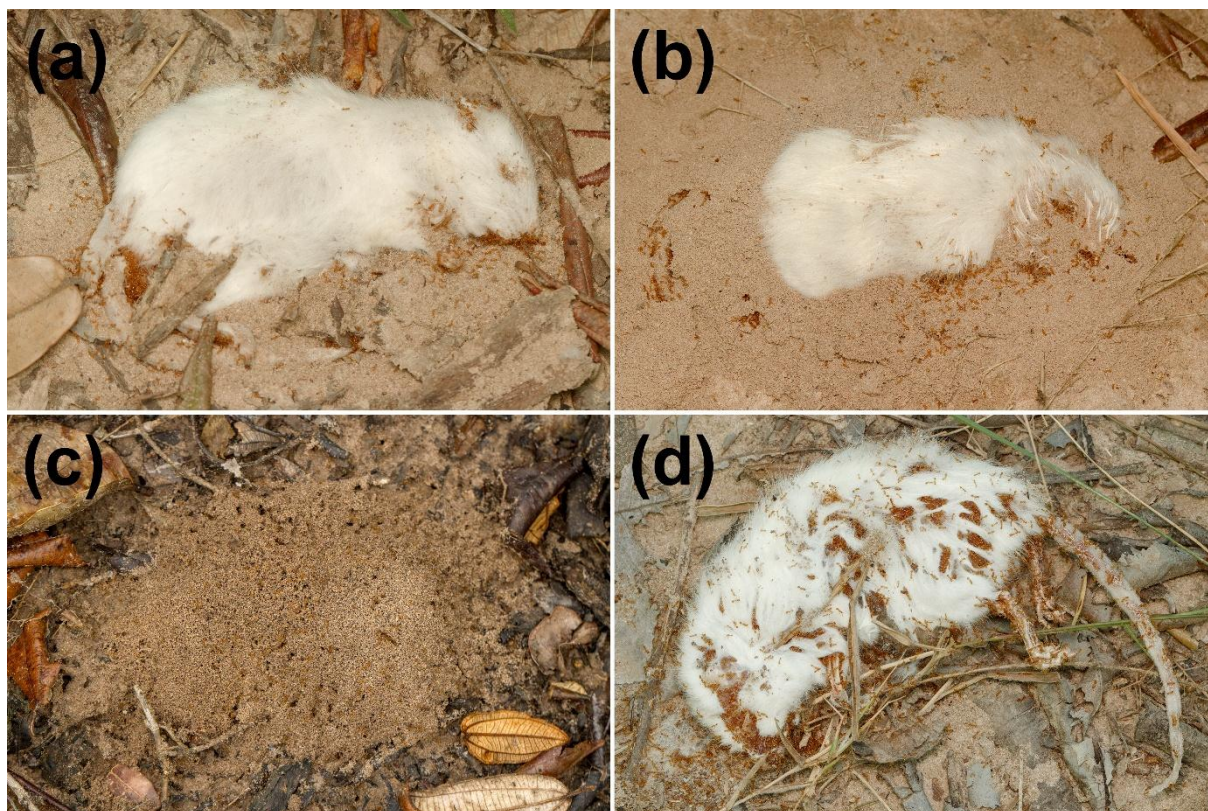


Figura 6. Comportamento de enterramento das carcaças por formigas da espécie *Solenopsis geminata*: (a) terra começa a ser depositada nas extremidades da carcaça durante as primeiras 24 h; (b) após 72 h, os orifícios já estão completamente obstruídos; (c) carcaça que após 96 h estava completamente enterrada. (d) A ação dessas formigas se concentra nas patas, cauda e na superfície do rato em contato com o solo, onde surgem diversos ferimentos.

DISCUSSÃO

Este estudo demonstrou que as diferentes espécies de formigas usadas para este experimento apresentaram comportamentos distintos de interação com as carcaças e larvas ao longo do processo de decomposição. Essas diferenças sugerem que o comportamento de forrageamento e a estratégia ecológica de cada espécie influenciam diretamente no efeito decorrente da sua presença neste tipo de recurso. Encontramos que o efeito das formigas no decaimento das carcaças varia de acordo com a espécie. O padrão de decaimento das carcaças expostas a *Ectatomma brunneum*, *Pheidole oxyops* e *Solenopsis substituta* foi semelhante ao das carcaças onde não houve a presença de formigas. A curva obtida destes tratamentos foi semelhante a curva sigmoidal, comumente descrito na literatura e associado ao desenvolvimento das larvas de moscas necrófagas (Payne, 1965; Carter et al., 2007), sugerindo que a remoção dessas carcaças, mesmo na presença de formigas, foi determinada pelas moscas necrófagas. Por outro lado, carcaças dominadas por *S. geminata* apresentaram um padrão

diferente, com menor perda de massa e decaimento aproximadamente linear, sugerindo que essas formigas atuam na remoção da carcaça, ao mesmo tempo que impedem quase por completo a colonização por moscas necrófagas.

Apesar de não termos observado as operárias de *S. geminata* predando larvas de moscas, essas formigas cobriram os orifícios das carcaças com terra, e em um caso, enterraram completamente a carcaça. Esse comportamento de enterrar carcaças já foi registrado em *Solenopsis invicta*, *Solenopsis saevissima* e *Carebara diversa* (Lindgren et al. 2011; Maciel et al. 2015; Mendonça et al. 2019; Singh et al., 2020) e parece ser efetivo em impedir a colonização por moscas, o que resulta em forte diminuição da taxa de remoção das carcaças. Nossos resultados sugerem que a predação de larvas realizada por *P. oxyops*, *S. substituta* e por *E. brunneum* não é intensa o suficiente a ponto de evitar que as larvas sejam as principais removedoras de massa das carcaças. É possível que essas formigas não consigam facilmente alcançar as larvas presentes nos orifícios e sob a pele das carcaças. Por outro lado, ao cobrir os principais sítios de oviposição com terra, *S. geminata* impede o início da colonização pelas moscas. As larvas encontradas ao fim do experimento nessas carcaças podem ser consequência da oviposição por moscas, ainda no primeiro dia de experimento, antes que *S. geminata* ocupasse os sítios de oviposição.

Estudos experimentais sugerem que formigas do gênero *Solenopsis* visitam carcaças de vertebrados em busca de larvas de moscas necrófagas e mostram que o uso de carcaças por essas formigas resulta no menor desenvolvimento de suas colônias em comparação ao consumo de insetos como presas (Lin et al., 2022). Entretanto, as espécies focais do presente estudo, apesar de predadoras, recrutaram operárias para as carcaças antes mesmo da colonização por moscas. A massa de larvas não diferiu entre os tratamentos de *E. brunneum*, *P. oxyops*, *S. substituta* e exclusão de formigas. Além disso, observamos as formigas se alimentando preferencialmente das carcaças mesmo na presença de larvas de moscas e registramos poucos casos de predação, nenhum envolvendo *E. brunneum* ou *S. geminata*. Ainda não se sabe ao certo quais são as implicações do consumo de carcaças para o desenvolvimento e sobrevivência de colônias de formigas, mas a atratividade desse recurso parece ser maior do que a das larvas de moscas, mesmo para formigas predadoras.

As formigas da espécie *S. geminata* interferiram fortemente na colonização das carcaças por moscas necrófagas. Há, portanto, potencial para que essa espécie seja relevante para estudos em entomologia forense, uma área aplicada que é subsidiada por estudos em ecologia da decomposição. Um dos principais objetivos da entomologia forense médico-legal é estimar o

intervalo pós-morte com base no desenvolvimento de insetos necrófagos presentes em um corpo (Catts e Goff, 1992). Entretanto, deve-se considerar que as carcaças utilizadas neste estudo eram de animais de pequeno porte, que normalmente não são o modelo utilizado em entomologia forense (Matuszewski et al. 2020). Assim, a maneira como essas formigas acessam um corpo pode ser diferente da observada neste estudo, e a monopolização de corpos maiores por *S. geminata* pode não ocorrer.

Estudos prévios sugerem que formigas de maior tamanho corporal têm efeito mais forte sobre a massa de larvas de moscas presentes em carcaças (Nooten et al., 2022), mas este não foi o caso de *Ectatomma brunneum*. Essa espécie já foi registrada predando larvas de moscas e até moscas adultas que tentavam se aproximar para depositar seus ovos (Gomes et al., 2009). Da mesma maneira, diversos estudos apresentam diferentes espécies de *Solenopsis* como eficientes predadoras de larvas de moscas (Wells e Greenberg, 1994; Stoker et al., 1995; Pereira et al., 2017), mas não observamos o mesmo para *Solenopsis substituta*. É possível que, além de características morfológicas como o tamanho e de fatores como a estratégia de recrutamento e tipo de dieta, aspectos comportamentais apresentados por *S. geminata*, como o persistente domínio do recurso em diferentes períodos do dia e a deposição de terra nos orifícios das carcaças, sejam determinantes para o efeito que as formigas têm na remoção da matéria animal em decomposição.

Com isso, este estudo evidenciou que apenas a presença da formiga na carcaça não resultara no atraso de seu decaimento, mas que se essa formiga tiver comportamentos que impossibilitem o acesso de outros consumidores deste recurso, isso pode acarretar em um atraso na perda de massa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLTON, B. *AntCat: an online catalog of the ants of the world*. 2026. Disponível em: <https://antcat.org>. Acesso em: 3 mar. 2026.

BROOKS, M. E.; KRISTENSEN, K.; VAN BENTHEM, K. J.; MAGNUSSON, A.; BERG, C. W.; NIELSEN, A.; SKAUG, H. J.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B. M. glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *The R Journal*, v. 9, p. 378–400, 2017. DOI: 10.32614/RJ-2017-066.

CAMACHO, G. P.; VASCONCELOS, H. L. Ants of the Panga Ecological Station, a Cerrado Reserve in Central Brazil. *Sociobiology*, v. 62, n. 2, p. 281–295, 2015. DOI: 10.13102/sociobiology.v62i2.281-295.

- CARROLL, C. R.; JANZEN, D. H. Ecology of foraging by ants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 4, p. 231–257, 1973. DOI: 10.1146/annurev.es.04.110173.001311.
- CARTER, D. O.; YELLOWLEES, D.; TIBBETT, M. Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. *Naturwissenschaften*, v. 94, n. 1, p. 12–24, 2007. DOI: 10.1007/s00114-006-0159-1.
- CATTS, E. P.; GOFF, M. L. Forensic entomology in criminal investigations. *Annual Review of Entomology*, v. 37, p. 253–272, 1992. DOI: 10.1146/annurev.en.37.010192.001345.
- CHAPIN III, F. S.; MATSON, P. A.; VITOUSEK, P. M. *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. 2. ed. New York: Springer, 2011. DOI: 10.1007/978-1-4419-9504-9.
- DE BARROS, S. E. G.; BICHO, C. de L.; FERREIRA, H. R. P.; VASCONCELOS, S. D. Death, flies and environments: towards a qualitative assessment of insect (Diptera) colonization of human cadavers retrieved from sites of death in Brazil. *Forensic Science International*, v. 365, p. 112241, 2024. DOI: 10.1016/j.forsciint.2024.112241.
- DE JONG, G. D.; MEYER, F.; GODDARD, J. Relative roles of blow flies (Diptera: Calliphoridae) and invasive fire ants (Hymenoptera: Formicidae: *Solenopsis* spp.) in carrion decomposition. *Journal of Medical Entomology*, v. 58, n. 3, p. 1074–1082, 2021. DOI: 10.1093/jme/tjab014.
- EUBANKS, M. D.; LIN, C.; TARONE, A. M. The role of ants in vertebrate carrion decomposition. *Food Webs*, v. 18, p. e00109, 2019. DOI: 10.1016/j.fooweb.2018.e00109.
- FORBES, S. L.; CARTER, D. O. Processes and mechanisms of death and decomposition of vertebrate carrion. In: BENBOW, M. E.; TOMBERLIN, J. K.; TARONE, A. M. (ed.). *Carrion ecology, evolution, and their applications*. Boca Raton: CRC Press, 2015. p. 13–30. DOI: 10.1201/b18819-5.
- FOX, J.; WEISBERG, S. *An R companion to applied regression*. 3. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2019.
- GOMES, L.; DESUÓ, I. C.; GOMES, G.; GIANNOTTI, E. Behavior of *Ectatomma brunneum* (Formicidae: Ectatomminae) preying on dipterans in field conditions. *Sociobiology*, v. 53, n. 3, p. 913–926, 2009.
- HARTIG, F. *DHARMa: residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression models*. R package, 2024.
- LENTH, R. V. *emmeans: estimated marginal means, aka least-squares means*. Versão 1.11.2-8. R package, 2025. DOI: 10.32614/CRAN.package.emmeans.
- LINDGREN, N. K.; BUCHELI, S. R.; ARCHAMBEAULT, A. D.; BYTHEWAY, J. A. Exclusion of forensically important flies due to burying behavior by the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) in southeast Texas. *Forensic Science International*, v. 204, n. 1–3, p. e1–e3, 2011. DOI: 10.1016/j.forsciint.2010.05.016.
- LIN, C.; TARONE, A. M.; EUBANKS, M. D. The discrepancy between fire ant recruitment to and performance on rodent carrion. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, 2022. DOI: 10.1038/s41598-021-04051-8.

MACIEL, T. T.; CASTRO, M. M.; BARBOSA, B. C.; FERNANDES, E. F.; SANTOS-PREZOTO, H. H.; PREZOTO, F. Foraging behavior of fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) in *Felis catus* Linnaeus (Carnivora: Felidae) carcass. *Sociobiology*, v. 62, n. 4, p. 610–612, 2015. DOI: 10.13102/sociobiology.v62i4.736.

MATUSZEWSKI, S.; HALL, M. J. R.; MOREAU, G.; SCHOENLY, K. G.; TARONE, A. M.; VILLET, M. H. Pigs vs people: the use of pigs as analogues for humans in forensic entomology and taphonomy research. *International Journal of Legal Medicine*, v. 134, p. 793–810, 2020. DOI: 10.1007/s00414-019-02074-5.

MENDONÇA, R.; SANTOS-PREZOTO, H. H.; PREZOTO, F. Actions of the fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) on a big-eared opossum carcass. *Florida Entomologist*, v. 102, n. 2, p. 435–437, 2019. DOI: 10.1653/024.102.0224.

MOORE, J. C.; BERLOW, E. L.; COLEMAN, D. C.; DE RUITER, P. C.; DONG, Q.; HASTINGS, A.; JOHNSON, N. C.; MCCANN, K. S.; MELVILLE, K.; MORIN, P. J.; NADELHOFFER, K.; ROSEMOND, A. D.; POST, D. M.; SABO, J. L.; SCOW, K. M.; VANNI, M. J.; WALL, D. H. Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology Letters*, v. 7, n. 7, p. 584–600, 2004. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2004.00606.x.

NOOTEN, S. S.; CHAN, K. H.; SCHULTHEISS, P.; BOGAR, T. A.; GUÉNARD, B. Ant body size mediates functional performance and species interactions in carrion decomposer communities. *Functional Ecology*, v. 36, n. 5, p. 1279–1291, 2022. DOI: 10.1111/1365-2435.14039.

PAYNE, J. A. A summer carrion study of the baby pig (*Sus scrofa* Linnaeus). *Ecology*, v. 46, n. 5, p. 592–602, 1965. DOI: 10.2307/1934999.

PEREIRA, E. K. C.; ANDRADE-SILVA, J.; SILVA, O.; SANTOS, C. L. C.; MORAES, L. S.; BANDEIRA, M. C. A.; SILVA, C. R. R.; REBÊLO, J. M. M. *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) activity delays vertebrate carcass decomposition. *Sociobiology*, v. 64, n. 3, p. 369–372, 2017. DOI: 10.13102/sociobiology.v64i3.1266.

R CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025.

ROSA, R.; LIMA, S. C.; ASSUNÇÃO, W. L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). *Sociedade & Natureza*, v. 3, p. 91–108, 1991. DOI: 10.14393/SN-v3-1991-60693.

SINGH, S.; ABDULLAH, N. A. B.; CARBAUGH, J.; HEO, C. C. Ants associated with a rat carcass: its implications in forensic entomology with special emphasis on *Carebara diversa* (Hymenoptera: Formicidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, v. 40, n. 3, p. 703–706, 2020. DOI: 10.1007/s42690-020-00110-1.

SMITH, T. M.; SMITH, R. L. *Elements of ecology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2012.

STOKER, R. L.; GRANT, W. E.; VINSON, S. B. *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) effect on invertebrate decomposers of carrion in Central Texas. *Environmental Entomology*, v. 24, n. 4, p. 817–822, 1995. DOI: 10.1093/ee/24.4.817.

WELLS, J. D.; GREENBERG, B. Effect of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) and carcass type on the daily occurrence of postfeeding carrion-fly larvae (Diptera: Calliphoridae, Sarcophagidae). *Journal of Medical Entomology*, v. 31, n. 1, p. 171–174, 1994. DOI: 10.1093/jmedent/31.1.171.