



RAPHAEL RODRIGUES LYRA

**EFEITO DA DEGRADAÇÃO DAS FLORESTAS TROPICAIS NOS
ÁCAROS FORÉTICOS ASSOCIADOS A BESOUROS
ESCARABEÍNEOS**

LAVRAS – MG

2021

RAPHAEL RODRIGUES LYRA

**EFEITO DA DEGRADAÇÃO DAS FLORESTAS TROPICAIS NA
ASSOCIAÇÃO ENTRE BESOUROS ESCARABEÍNEOS E ÁCAROS
FORÉTICOS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso de Graduação em Ciências
Biológicas para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Júlio Neil Cassa Louzada
Orientador

Ma. Taís Helena de Araujo Rodrigues
Coorientadora

LAVRAS – MG

2021

“A educação não transforma o mundo.
A educação muda as pessoas.
Pessoas transformam o mundo.”
- Paulo Freire

AGRADECIMENTOS

Ao finalizar essa monografia, realizo mais um objetivo e abro as portas para novos. Pela realização desse sonho tenho apenas a agradecer:

À Universidade Federal de Lavras, por disponibilizar a melhor estrutura possível para seus alunos, tendo professores, técnicos e funcionários qualificados para atender ao público. Em especial a todos os professores do curso de Ciências Biológicas.

À minha Mãe, Daniela Rodrigues Lyra, do qual carrego muito mais do que o nome, carrego o amor e admiração que tenho por ela, que nunca mediu esforços e abdicou de muitas coisas para criar os seus filhos e dar um futuro melhor.

À minha Avó Manoela, e a minha Tia/Dinda Luciana, que em conjunto com a minha mãe sempre fizeram de tudo para me ajudar a chegar nesse momento.

Ao meu falecido Avô, Wilson, que me ensinou muito mais do que a malandragem e a boemia, ensinou a importância do amor e perdão.

Aos meus irmãos, Breno e Miguel Gaspar, no qual desejo ser apenas um espelho pra vocês.

Ao José Carlos, padastro, que também me apoiou e incentivou durante essa caminhada.

À minha namorada e companheira, Francilene, por me apoiar, acreditar e me ensinar a amar.

Aos meus irmãos da República Tipobar, que passaram por todos os momentos bons e ruins comigo nessa caminhada. Juntos provamos que uma república vai além de alguns doidos morando juntos, e que é sobre amizade, respeito e crescimento.

Aos meus amigos de Borda da Mata e do Rio de Janeiro, no qual continuaram me apoiando mesmo com a distância.

Aos amigos que fiz na Biologia, no qual estiveram presentes durante toda a graduação e são muito queridos.

Ao meu orientador, Dr. Júlio Louzada, que abriu as portas do laboratório e compartilhou todo seu conhecimento, permitindo que eu aprendesse todos os processos do desenvolvimento de uma pesquisa científica.

À minha coorientadora, Taís, que não mediu esforços e me guiou durante esse processo de desenvolvimento e escrita da monografia.

Ao meu coorientador, Leopoldo, que me ajudou de todas as formas possíveis no desenvolvimento desse e de outros trabalhos, e por me apoiar e incentivar a ser cada vez um cientista e pessoa melhor.

À Laís, Filipe e Cristiane por disponibilizar os dados e por todo auxílio que deram no desenvolvimento desse trabalho.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Ecologia e Conservação de Invertebrados, famosos rola-bosteiros, que me receberam e ensinaram desde a minha segunda semana de aula. A convivência com vocês foi de extrema importância para chegar até aqui.

RESUMO

As florestas tropicais são conhecidas mundialmente por sua extensão e por sua alta biodiversidade. Por conta disso, essas florestas realizam diversos serviços ecossistêmicos em escala global, como a regulação climática, hidrológica e o sequestro de carbono, armazenando até 40% do estoque de carbono mundial. No Brasil, as florestas tropicais estão representadas pela Floresta Amazônica e a Mata Atlântica. Apesar de toda essa importância, as florestas tropicais ao redor do mundo sofrem cada vez mais com o desmatamento e degradação desses ecossistemas por causa de diferentes tipos de atividades humanas, como a expansão de áreas urbanas, conversão de áreas naturais para sistemas agrícolas, extração de madeira ilegal, corte seletivo e queimadas. Esses distúrbios causam alterações na paisagem e perda de qualidade nesses ecossistemas. A degradação e perda de qualidade desses ambientes podem levar a diversas alterações microclimáticas, podendo afetar negativamente a comunidade de invertebrados edáficos. Entre os estudos que buscam entender como essas alterações afetam a fauna edáfica, muitos utilizam os besouros escarabeíneos e ácaros foréticos como uma ferramenta para avaliar esses possíveis efeitos. O objetivo desse estudo é testar como a degradação de origem antrópica pode afetar a estrutura da comunidade e a relação de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos. Para isso, essa monografia foi estruturada em dois artigos. No primeiro, foi avaliado o efeito das queimadas ilegais na estrutura da comunidade de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos na Floresta Nacional de Tapajós, Belterra – PA. Os besouros escarabeíneos e os ácaros associados a eles foram coletados em três áreas amostrais distribuídas nos dois sistemas florestais amostrados, floresta conservada e floresta queimada, utilizando armadilhas de queda iscadas com uma mistura de fezes humanas e suínas (4:1). Posteriormente, os besouros amostrados foram levados ao laboratório para a retirada dos ácaros associados a eles. Um total de 20625 ácaros foréticos foram retirados de 779 besouros escarabeíneos, sendo esses ácaros pertencentes a 61 espécies. Foi encontrado uma diferença significativa para a abundância ($p=0,009$; $\text{Chi}^2 = 6,794$) e riqueza de espécies ($p = 0,02$; $\text{Chi}^2 = 5,077$) entre os sistemas florestais amostrados, onde a floresta conservada apresentou quase o dobro do número de indivíduos e espécies de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos quando comparada a floresta queimada. Além disso, houve uma diferença significativa na composição de espécies entre os sistemas ($F = 2.86$; $p = 0.02$). No segundo artigo, foi avaliado se a degradação da Restinga brasileira afeta a abundância de ácaros associados ao besouro escarabeíneo *Dichotomius schiffleri*. A coleta dos besouros *D. schiffleri* foi realizada em 9 localidades, nos estados de Espírito Santo, Bahia, Sergipe e Pernambuco em dois sistemas florestais amostrados, restinga conservada e restinga degradada. Foi encontrado uma diferença significativa na abundância entre os dois sistemas amostrados ($z=2.126$, $p=<0.01$), onde ocorreu 673 ácaros nas restingas conservadas e 325 ácaros foréticos nas restingas degradadas. Nossos estudos mostraram que a degradação antrópica nas florestas tropicais pode alterar negativamente a estrutura das comunidades de ácaros foréticos. Estudos como esses são importantes para buscar melhores manobras de proteção desse grupo.

Palavras-chave: Florestas tropicais. Distúrbios antrópicos. Forese. Ácaros. Rola-bosta.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
REFERÊNCIAS	10
PRIMEIRO ARTIGO	13
EFEITO DAS QUEIMADAS DE ORIGEM ANTRÓPICAS NA COMUNIDADE DE ÁCAROS FORÉTICOS NA FLORESTA AMAZÔNICA	13
RESUMO	14
2. INTRODUÇÃO	15
3. OBJETIVO	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 Área de estudo	17
4.2 Desenho amostral e coleta dos espécimes	17
4.3 Análises estatísticas	18
5. RESULTADOS	18
6. DISCUSSÃO	21
REFERÊNCIAS	23
SEGUNDO ARTIGO	27
TERIA A DEGRADAÇÃO DA RESTINGA IMPACTO NA ASSOCIAÇÃO ENTRE ÁCAROS FORÉTICOS E BESOUROS ROLA-BOSTAS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)?	27
RESUMO	29
7. INTRODUÇÃO	30
8. MATERIAL E MÉTODOS	31
9. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são conhecidas mundialmente por apresentarem uma grande biodiversidade, abrigando cerca de 50% da biodiversidade total do planeta. Além disso, esse bioma apresenta uma grande extensão, ocupando cerca de 15% de toda superfície terrestre, se estendendo pelos continentes africano, americano, asiático e na Oceania. (MURPHY; BROWMAN, 2012; BARLOW et al, 2018). Por conta dessa diversidade e extensão, as florestas tropicais são responsáveis por prover diversas funções ecológicas em escala global, como a regulação climática, hidrológica e o sequestro de carbono, armazenando até 40% do estoque de carbono mundial (BRANDON, 2014; BELLO *et al.*, 2016).

No Brasil, as florestas tropicais estão divididas em dois biomas: Floresta Amazônica e Mata Atlântica. A Floresta Amazônica ocupa cerca de 4 milhões de km² do território brasileiro, se estendendo pelos estados Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Maranhão e Goiás (IBGE, 2018). Ela também é responsável por abrigar cerca de um quarto da biodiversidade do planeta (ASSUNÇÃO; GONDOUR; ROCHA, 2015). A Mata Atlântica, por sua vez, se estende pelos estados de Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Sergipe, ocupando cerca de 1 milhão de km² do território brasileiro (IBGE, 2018). Esta área ocupada pelo bioma corresponde a menos de 8% do seu território original, a tornando um dos *hotspots* mundiais por causa de sua grande biodiversidade e alto grau de ameaça antrópica (Fundação SOS Mata Atlântica et al., 1998; Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2002). Essa biodiversidade vegetativa e animal permite que esse bioma seja dividido em algumas fitofisionomias, sendo a Restinga uma das mais comuns e conhecidas. A Restinga brasileira originalmente ocupava cerca de 80% da costa litorânea (LACERDA et al, 1993; GUEDES et al, 2006), possuindo diferentes tipos de vegetação, podendo ser desde campos de areia abertos com vegetação herbácea esparsa (Restinga aberta) à densas formações florestais (Restinga florestal), servindo como um ambiente de proteção e transição do oceano para outras fitofisionomias da Mata Atlântica (FALKENBERG, 1999; ASSUMPCÃO & NASCIMENTO, 2000).

Apesar da importância desses biomas, as florestas tropicais no Brasil não estão isentas das pressões antrópicas e vem sofrendo cada vez mais com a degradação e alteração de suas paisagens. Diferentes tipos de atividades humanas causam o desmatamento e degradação desses ecossistemas, como a expansão de áreas urbanas, conversão de áreas naturais para sistemas agrícolas, extração de madeira ilegal, corte seletivo e queimadas (LEWIS et al, 2015; BARLOW et al, 2016). Essas alterações podem levar a perda de biodiversidade das florestas, causando efeitos negativos na estrutura dessas comunidades e no funcionamento desses ecossistemas (MORRIS, 2010). A degradação e perda de qualidade desses ambientes podem levar a diversas alterações microclimáticas, como maior incidência de luz e vento, alteração da média de temperatura, umidade e quantidade de água no solo, fatores que afetam diretamente a comunidade de invertebrados edáficos (GIMENES & ANJOS, 2003; BEYER et al, 2011; HUEBNER et al, 2012). Entre os estudos que avaliam o efeito da degradação antrópica na comunidade de invertebrados edáficos, muitos são os que utilizam os besouros escarabeíneos ou os ácaros foréticos, já que esses artrópodes são considerados bioindicadores e comumente utilizados para avaliar

o impacto de distúrbios no ambiente (HALFFTER & FAVILLA, 1993; MCGEOCH et al., 2002; MEEHAN et al, 2019).

Os besouros escarabeíneos, conhecidos popularmente como besouros rola-bosta, pertencem a subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) (MASÁN & HALLIDAY, 2009). Os rola-bostas em sua maioria são detritívoros e utilizam as fezes como um recurso para ovoposição e nutrição de suas larvas (HALFFTER & MATTHEWS, 1966; HALFFTER & EDMONDS, 1982). Suas espécies estão distribuídas em vários biomas, os tornando um grupo bastante diverso (HANSKI & CAMBEFORT, 1991). Além disso, esses besouros realizam diversas funções ecológicas, como dispersão secundária de sementes, revolvimento e deposição de nutrientes no solo, controle biológico e participam do processo de forese como carreadores de diversos invertebrados (BRAGA et al, 2012; HALFFTER et al, 1966; QUINTERTO-GUTIÉRREZ et al., 2020).

Entre as várias espécies de invertebrados que utilizam os besouros escarabeíneos como carreadores, os ácaros foréticos são comumente encontrados a eles associados (MASÁN & HALLIDAY, 2009). Os ácaros são pequenos invertebrados quelicerados pertencentes a classe Arachnida, e estão distribuídos ao longo de todo o planeta, sendo encontrado em todos os ambientes (MORAES; FLECHTMANN, 2008; O'CONNOR, 2009). Eles podem ser parasitas ou de vida livre, tendo os mais diversos hábitos alimentares, podendo ser fitófagos, predadores ou decompositores. Essa diversidade de hábitos alimentares permite que esse grupo realize diversas funções ecológicas, como decomposição, ciclagem de nutrientes no solo (WALTER; PROCTOR, 2013) e controle biológico de pragas e organismos que transmitem doenças médico-veterinárias (PEROTTI *et al.*, 2000; AZEVEDO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2016; TOLEDO *et al.*, 2018). É comum entre as espécies de ácaros de vida livre possuir uma baixa capacidade de dispersão, tornando a forese uma opção para que esses indivíduos consigam migrar para outros locais (KRANTZ; WALTER, 2009). A forese é um comportamento no qual indivíduos com baixa capacidade dispersiva necessitam utilizar de um ou mais hospedeiros para percorrer longas distâncias e alcançar novos ambientes e sobreviver (WISNIEWSKI & HIRSCHMANN, 1993; KOFLER & SCHOMOLZER, 2000).

Este estudo tem como objetivo avaliar se a degradação de causa antrópica nas florestas tropicais brasileiras afeta a comunidade de invertebrados edáficos. Para isso, essa monografia foi estruturada no formato de dois artigos. No primeiro artigo, foi avaliado o efeito das queimadas na comunidade de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos da floresta amazônica brasileira. No segundo artigo, foi avaliado o impacto da degradação da restinga brasileira na associação entre ácaros foréticos e besouros escarabeíneos. Os distúrbios antrópicos têm afetado cada vez mais as florestas tropicais, e estudos que buscam entender como o fogo afeta a comunidade de ácaros foréticos ou como a antropização de sistemas naturais podem impactar nas suas relações são importantes para buscarmos melhores manobras de conservação desses habitats.

REFERÊNCIAS

ASSUMPÇÃO, J; NASCIMENTO, M. T. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 14(3):301-315, 2000.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: Prices or policies? **Environment and Development Economics**, Cambridge, v. 20, n. 6, p. 697-722, 2015.

AZEVEDO, L. H. *et al.* Potential of *Macrocheles* species (Acari: Mesostigmata: Macrochelidae) as control agents of harmful flies (Diptera) and biology of *Macrocheles embersoni* Azevedo, Castilho and Berto on *Stomoxys calcitrans* (L.) and *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). **Biological Control**, Rio de Janeiro, v. 123, p. 1-8, 2018.

BARLOW, J. *et al.* Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. **Nature**, London, v. 535, n. 7610, p. 144-147, 2016.

BARLOW, J. *et al.* The future of hyperdiverse tropical ecosystems. **Nature**, London, v. 559, n. 7715, p. 517-526, 2018.

BEYER, S; KINNEAR, A; HUTLEY, L. B; MCGINESS, K; GIBB, K.; Assessing the relationship between fire and grazing on soil characteristics and mite communities in a semi-arid savanna of northern Australia. **European Journal of Soil Biology** 48: 59-65, 2012.

BRANDON, K. Ecosystem services from Tropical Forests: Review of current science. **Center for Global Development**, [S.l.], n. 380, p. 1-85, 2014.

FALKENBERG, D. B. 1999. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, Sul do Brasil. **Insula** 28:1-30, 2000.

Fundação SOS Mata Atlântica, INPE & Instituto Socioambiental. 1998. Atlas da evolução dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1990-1995. São Paulo.

Fundação SOS Mata Atlântica & INPE. 2002. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1995-2000. Relatório final. São Paulo

GIMENES, M. R., AND L. ANJOS. 2003. Efeitos da fragmentação florestal sobre as comunidades de aves. *Acta Scientiarum*. **Biological Sciences** 25(2):391-402.

GUEDES, D; BARBOSA, L. M; MARTINS, S. E. Composição florística e estrutura fitossociológica de dois fragmentos de floresta de restinga no Município de Bertiooga, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20:299-311, 2006.

.HALFFTER, G., AND M. E. FAVILA. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. **Biology International** 27:15-21

HALFFTER, G; EDMONDS, W. D. **The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae):** an ecological and evolutive approach. México: Instituto de Ecología, 1982. 177 p.

HALFFTER, G; MATTHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae. **Folia Entomológica Mexicana**, [S.l], v. 12, n. 14, p. 1-302, 1966.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung Beetle Ecology**. Princeton: Princeton University Press, 1991. 481 p.

HUEBNER, K; LINDO, Z; LECHOWICZ, M. J. Post fire succession of collembolan communities in a northern hardwood forest. **Euro J Soil Biol** 48: 59-65., 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapa integrado dos zoneamentos ecológico-econômicos dos estados da Amazônia Legal. 2018. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/mapas_doc5.shtm. Acesso em: nov. 2018.

KOFLER, A; SCHMOLZER, K. Zur Kenntnis phoretischer Milben und ihrer Tragwirte in Österreich (Acarina: Gamasina, Uropodina). **Berichte des Naturwissenschaftlich-medizinischen Ber. nat.-med.** Verein Innsbruck, 87: 133–157, 2000.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A manual of Acarology**. 3. ed. Lubbock: Texas Tech University, 2009. 807 p.

LACERDA, L. D; ARAÚJO, D. S. D; MACIEL, N. C. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. In: VAN DER MAAREL, E. (ed.) Dry coastal-ecosystems: Africa, Asia, Oceania. Amsterdam: **Elsevier**, p.477-493, 1993.

LEWIS, S. L.; EDWARDS, D. P.; GALBRAITH, D. Increasing human dominance of tropical forests. **Science**, New York, v. 349, n. 6260, p. 827-832, 2015.

MASAN, P; HALLIDAY, P. Mesostigmatid mites associated with the dung beetle *Copris lunaris* (Coleoptera: Scarabaeidae). **Eur. J. Entomol.**, 106(4): 545-550, 2009.

MEEHAN, M. L; SONG, Z; LUMLEY, L. M; COBB, T. P; PROCTOR, H. Soil mites as bioindicators of disturbance in the boreal forest in northern Alberta, Canada: Testing taxonomic sufficiency at multiple taxonomic levels. **Ecological Indicators** Volume 102, July 2019, Pages 349-365.

MCGEOCH, M. A., B. J. V. RENSBURG, AND A. BOTES. 2002. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. **Journal of Applied Ecology** 39: 661-672.

MORAES, G.J. de; FLECHTMANN, C.H.W. Manual de Acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: **Holos**, 2008. 288p.

MORRIS, R. J. Anthropogenic impacts on tropical forest biodiversity: A network structure and ecosystem functioning perspective. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, London, v. 365, n. 1558, p. 3709-3718, 2010.

MURPHY, B. P.; BROWMAN, D. M. J. S. What controls the distribution of tropical forest and savanna? **Ecology Letters**, Somerset, v. 15, n. 10, p. 748-758, 2012.

O'CONNOR, B. M. Mites. In: RESH, V. H.; CARDÉ, V. R. R. (Org.). **Encyclopedia of Insects**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 2009. p. 643-649.

PEROTTI, M. A.; BRAIG, H. R. Phoretic mites associated with animal and human decomposition. **Experimental and Applied Acarology**, [S.l.], v. 49, n. 1-2, p. 85-124, 2009.

QUINTERO-GUTIÉRREZ, E. J; COMBITA-HEREDIA, O; KLOMPEN, H.

Mesostigmatid mites associated with *Oxysternon conspicillatum* (Coleoptera:

Scarabaeidae): a new species of *Macrocheles*, description of the male of *M. magna*,

and four new records for Colombia. **Int. J. Acarol.**, 46(7): 496-512, 2020

SILVA, F. R. *et al.* Size of predatory mites and refuge entrance determine success of biological control of the coconut mite. **BioControl**, [S.l.], v. 61, n. 6, p. 681-689, 2016.

TOLEDO, M. A. *et al.* Biological control of Southern red mite, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Coffee Plants. **Advances in Entomology**, [S.l.], v. 6, p. 74-85, 2018.

WALTER, D. E.; PROCTOR, H. C. **Mites: Ecology, evolution e behaviour**. 2. ed. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. 494 p.

WIŚNIEWSKI, J. & HIRSCHMANN, W. Gangsystematik der Parasitiformes Teil 548. Katalog der Ganggattungen, Untergattungen, Gruppen und Arten der Uropodiden der Erde. Acarologie. **Schriftenreihe für Vergleichende Milbenkunde** 40: 1-220, 1993.

PRIMEIRO ARTIGO

**EFEITO DAS QUEIMADAS DE ORIGEM ANTRÓPICAS NA COMUNIDADE DE
ÁCAROS FORÉTICOS NA FLORESTA AMAZÔNICA**

RESUMO

A floresta amazônica é a maior floresta tropical existente e considerada um dos biomas mais diversos do mundo. Apesar disso e da sua importância no provimento de serviços ecossistêmicos, o bioma não está a salvo de da degradação causados pela atividade humana. As queimadas ilegais de origem antrópica são uma das principais causas de degradação das florestas tropicais nos últimos anos, e isso não é diferente para a floresta amazônica brasileira. As alterações causadas por esse distúrbio podem afetar a estrutura da comunidade de invertebrados edáficos, como os ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos. Dado a importância desse grupo para o ambiente edáfico, o objetivo desse trabalho foi investigar se as queimadas alteram a abundância, riqueza e composição de espécies na comunidade de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos em dois sistemas florestais, conservado e queimado, na Floresta Nacional de Tapajós, Belterra - PA. Um total de 20625 ácaros foréticos foram retirados de 779 besouros escarabeíneos, sendo esses ácaros pertencentes a 61 espécies. Foi encontrada uma diferença significativa para a abundância ($p=0,009$; $\text{Chi}^2 = 6,794$) e riqueza de espécies ($p = 0,02$; $\text{Chi}^2 = 5,077$) entre os sistemas florestais amostrados, em que a floresta conservada apresentou quase o dobro do número de indivíduos e espécies de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos quando comparada a floresta queimada. Além disso, houve uma diferença significativa na composição de espécies entre os sistemas ($F = 2.86$; $p = 0.02$). Este estudo mostrou que as alterações causadas pelo fogo afetam negativamente a estrutura da comunidade de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos.

Palavras-chave: Ácaro. Floresta. Incêndios florestais.

2. INTRODUÇÃO

A floresta amazônica é a maior floresta tropical existente, ocupando uma área de mais de 4 milhões de km². Sessenta por cento desse território ocorre em solos brasileiros, distribuindo-se pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Maranhão e Goiás (IBGE, 2018). A Amazônia além de abrigar um quarto da biodiversidade total do planeta (ASSUNÇÃO; GONDOUR; ROCHA, 2015), é responsável por prover diversas funções ecológicas e serviços ecossistêmicos essenciais para a nossa sobrevivência, como a regulação climática e hidrológica (GRIMALDI et al, 2014). Apesar de sua importância global, essa floresta tem sido ameaçada por diferentes tipos de distúrbios antrópicos, como a conversão de seus ecossistemas para áreas agrícolas e de pastagem, corte seletivo, e as queimadas (GOMES *et al.*, 2015; ASNER *et al.*, 2005; ARAGÃO; SHIMABUKURO, 2010).

As queimadas ilegais de origem antrópica são uma das principais causas da degradação das florestas tropicais nos últimos anos (BARLOW *et al.*, 2016; MALHI *et al.*, 2014), e isso não é diferente para a floresta amazônica brasileira, onde aproximadamente 85,500 km² de mata nativa foram queimadas entre os anos de 1999 e 2010 (MORTON et al, 2013). Esse tipo de distúrbio ocorre porque o fogo é utilizado como uma ferramenta de manejo para o preparo do solo em práticas agrícolas extensivas e pelos povos locais, resultando em incêndios descontrolados (CARMENTA et al, 2016). Além disso, esse distúrbio vem sendo intensificado pelo desmatamento decorrente da extração de madeira, agropecuária de larga escala e a seca que ocorre nesta região (COE et al, 2013). O fenômeno El Niño, dentre todos os fatores, é um dos principais responsáveis por acentuar estas secas rigorosas. (ARAGÃO; SHIMABUKURO, 2010; JIMÉNEZ-MUÑOZ *et al.*, 2016).

Distúrbios ambientais como as queimadas podem causar alterações na estrutura e paisagem florestal, levando a uma perda significativa na cobertura de dossel e biomassa florestal, o que pode gerar uma mudança microclimática no local (BARLOW et al, 2003; XAUD; MARTINS; SANTOS, 2013). A mudança causada por esses distúrbios antrópicos podem levar a uma perda da qualidade do habitat, alterando a estrutura da comunidade de invertebrados existente e causando mudanças diretas nas relações de espécies edáficas. Essas alterações podem levar ao declínio populacional de algumas espécies edáficas, ainda mais para aquelas que são dependentes de outros invertebrados para a sua dispersão (POUYAT et al. 1994; BREDANO et al, 2011; MARAFELI et al, 2019).

Dentre estas espécies edáficas e que utilizam outros organismos para dispersão, pode-se destacar os ácaros, um dos principais componentes da mesofauna do solo. Os ácaros são pequenos invertebrados quelicerados pertencentes a classe Arachnida, e que constituem a segunda classe com a maior riqueza de espécies dentre os grupos de artrópodes, perdendo a primeira posição para a classe Insecta (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Esse grupo está distribuído ao longo de todo o globo, sendo encontrado tanto em ambientes aquáticos e terrestres, tornando assim possível a sua grande diversidade (O'CONNOR, 2009). Os ácaros têm os mais diversos hábitos alimentares, podendo ser fitófagos, predadores ou decompositores. Estes hábitos alimentares diversos permitem que esse grupo realize diversas funções ecológicas, como decomposição e ciclagem de nutrientes no solo (WALTER; PROCTOR, 2013) ou controle biológico de

pragas e organismos causadores de doenças médico-veterinárias (PEROTTI *et al.*, 2000; AZEVEDO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2016; TOLEDO *et al.*, 2018).

Quanto ao hábito de vida, esses invertebrados podem ser classificados em dois grandes grupos: ácaros de vida livre ou parasitas. É comum entre as espécies de ácaros de vida livre possuir uma baixa capacidade de dispersão, tornando a forese uma opção para que esses indivíduos consigam migrar para outros locais (KRANTZ; WALTER, 2009). A forese é um comportamento no qual indivíduos com baixa capacidade dispersiva necessita utilizar de um ou mais hospedeiros para percorrer longas distâncias, alcançar novos ambientes e sobreviver (WISNIEWSKI & HIRSCHMANN, 1993; KOFLER & SCHOMOLZER, 2000). Os ácaros são encontrados associados aos mais diversos grupos de invertebrados, e isso não é uma exceção para os besouros pertencentes a subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae), conhecidos popularmente como “rola-bosta” (MASÁN & HALLIDAY, 2009). Estes hospedeiros dos ácaros foréticos são diretamente afetados por distúrbios como as queimadas (ANDRADE *et al.*, 2014). Espécies que se associam a esses besouros e dependem da forese para dispersar e sobreviver são indiretamente afetadas, já que o ambiente no qual elas ocorrem é um fator importante e de influência que pode alterar as relações ecológicas entre elas (KRASNOV *et al.* 2004; EWERS *et al.*, 2013). Além disso, fogo altera as propriedades do solo, causando mudanças na umidade, temperatura e quantidade de água, fatores essenciais para a abundância e diversidade dos ácaros edáficos (BEYER *et al.*, 2011).

Apesar da importância da comunidade de ácaros e dos possíveis efeitos da degradação causada pelo fogo nesses organismos, poucos estudos avaliam como o grupo responde às queimadas (EWERS, 2013). Entender como as queimadas afetam a comunidade de ácaros foréticos é importante para buscar melhores manobras de conservação de ácaros associados a besouros escarabeíneos e entender melhor essa relação, dando uma visão mais ampla de toda a comunidade edáfica. Seguindo esse pensamento, o objetivo desse trabalho foi avaliar as mudanças na comunidade de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos. Especificamente, avaliamos se, abundância, a riqueza e composição das espécies dos ácaros foram alteradas em decorrência de queimadas na Floresta Amazônica brasileira. Para isso, as seguintes hipóteses foram testadas:

- I) Ocorrerá uma redução na abundância de ácaros foréticos nas áreas florestais onde teve a ocorrência das queimadas;
- II) Ocorrerá uma redução na riqueza de ácaros foréticos nas áreas florestais onde teve a ocorrência das queimadas;
- III) Haverá uma diferença na composição de espécies entre os dois sistemas florestais amostrados;

3. OBJETIVO

Investigar se as queimadas alteram a abundância, riqueza e composição de espécies na comunidade de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos da Floresta Amazônica brasileira.

As armadilhas foram iscadas com 50 g de fezes suínas e humanas misturadas em uma proporção 4:1 e ficaram expostas em campo por 48 h (FRANÇA, LOUZADA, BARLOW, 2018). Posteriormente, os escarabeíneos coletados foram recolhidos e levados a laboratório para serem triados e identificados até o menor nível taxonômico possível com o auxílio do taxonomista Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello na Universidade Federal de Mato Grosso.

Após a identificação, os besouros foram submetidos a uma rigorosa inspeção para a retirada dos ácaros foréticos associados a eles. Para isso, foi utilizado um estereomicroscópio modelo Olympus SZ51 no momento da inspeção. Os escarabeíneos foram dissecados durante o processo para que fosse possível acessar regiões do corpo mais difíceis. Os ácaros foram retirados com o auxílio de pinças e pincéis, armazenados em tubos de plástico contendo álcool 80%, e posteriormente foram montados em lâminas de microscopia com o uso do meio *Hoyer*. Quando necessário, os espécimes foram previamente clarificados utilizando ácido láctico (WALTER; KRANTZ, 2009). Os espécimes montados foram secos em estufa por 72 horas e identificados com o uso de um microscópio de contraste de fase Leica MDLS (LeicaMicrosystems, Wetzlar, Germany) até o menor nível taxonômico possível com o auxílio do especialista Dr. Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi na Universidade Federal de Lavras.

4.3 Análises estatísticas

Para testar se as queimadas descontroladas possuíram um efeito sobre a comunidade de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos, a riqueza e a abundância de ácaros foram divididas pela abundância de besouros escarabeíneos de cada ponto amostral (pitfall). Este método foi utilizado para combater possíveis vieses relacionados ao esforço amostral dos sistemas nas análises. Após este procedimento, foi ajustado um modelo linear de efeito mistos (LMM). Durante a construção desse modelo, a abundância e riqueza de espécies foram consideradas as variáveis resposta, o sistema (floresta conservada e floresta queimada) a variável explicativa, e a área como a variável aleatória devido ao desenho amostral hierárquico do estudo. Os ajustes dos modelos foram checados graficamente, indicando a confiabilidade das análises. Estas análises foram realizadas no Software R utilizando o pacote lme4 (BATES et al, 2015). Além disso, foi avaliado se existe diferença na composição de espécies entre os sistemas florestais conservados e queimados. Para identificar visualmente tais diferenças, foi utilizado um NMDS utilizando a matriz de distância pelo método “Jaccard”. Para analisar estatisticamente se houve diferença na composição dos sistemas analisados, foi realizado o teste estatístico PERMANOVA no programa PRIMER (VICENTE-GONZALES & VICENTE-VILLARODN, 2021).

5. RESULTADOS

Foram coletados um total de 779 besouros escarabeíneos e retirado 20625 ácaros foréticos. Deste total, 12711 ácaros pertenciam a 568 besouros coletados nas áreas de floresta conservada (FC) e 7914 ácaros pertenciam a 211 besouros coletados nas áreas de floresta queimada (FQ). Um total de 61 espécies de ácaros foréticos foram encontradas associadas aos besouros, sendo observado 45 espécies na FC e 27 espécies na FQ.

A abundância total de ácaros encontrados em FC foi quase o dobro da encontrada em FQ (Tabela 1). Esse padrão foi corroborado pelo LMM realizado durante as análises,

no qual apresentou diferenças significativas entre os sistemas amostrados ($p=0,009$; $\chi^2 = 6,794$) (Figura 2).

Tabela 1: Comparação dos valores mínimos, médios e máximos de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos entre Florestas conservadas (FC) e Florestas queimadas (FQ) na FLONA Tapajós, Belterra – PA.

Sistema	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Floresta conservada	9	1834	847,4	155
Floresta queimada	0	2728	527,6	239

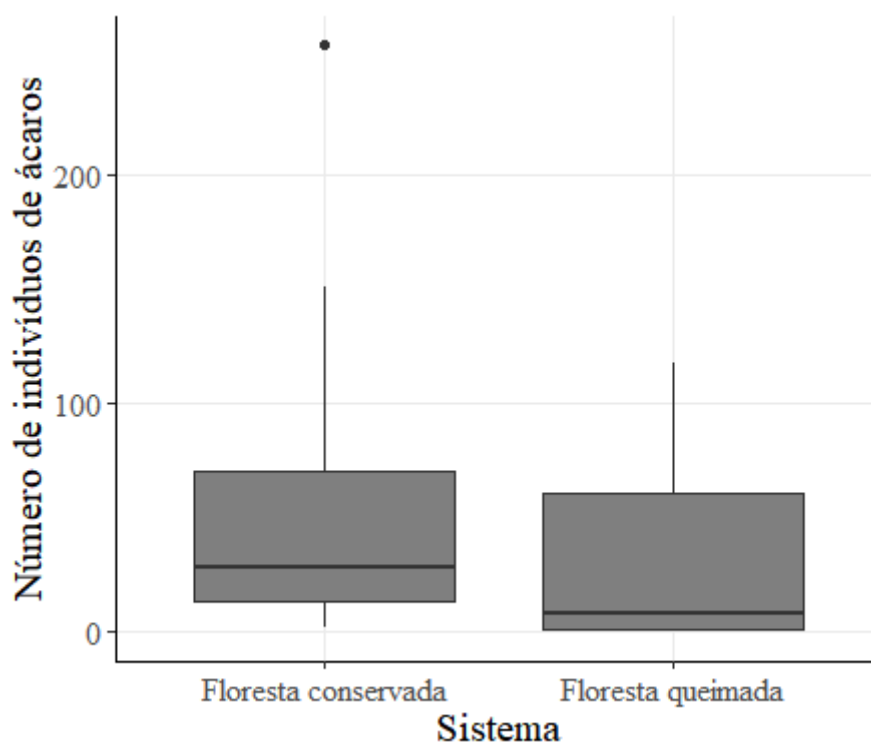


Figura 2. Boxplot da abundância de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos entre Florestas conservadas (FC) e Florestas queimadas (FQ) na FLONA Tapajós, Belterra – PA.

Para a riqueza de espécies, o total encontrado em FC foi quase o dobro de aquele encontrado em FQ. Os valores médio e máximos observados na FC foram superiores aos da FQ (Tabela 2). Esse padrão observado foi corroborado pelo LMM realizado durante as

análises, mostrando que há uma diferença significativa entre a riqueza de espécies encontrada nos dois sistemas florestais amostrados ($p = 0,02$; $\text{Chi}^2 = 5,077$) (Figura 3). Em relação a composição de espécies, foi observada graficamente através do NMDS uma possível diferença entre os sistemas (Figura 4). Tal resultado foi confirmado pela PERMANOVA que indicou haver diferença significativa entre os sistemas ($F = 2.86$; $p = 0.02$).

Tabela 2: Comparação dos valores mínimos, médios e máximos das espécies de ácaros associados aos besouros escarabeíneos entre Florestas conservadas (FC) e Florestas queimadas (FQ) na FLONA Tapajós, Belterra – PA.

Sistema	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Floresta conservada	1	21	8,47	1,61
Floresta queimada	0	12	3,2	0,916

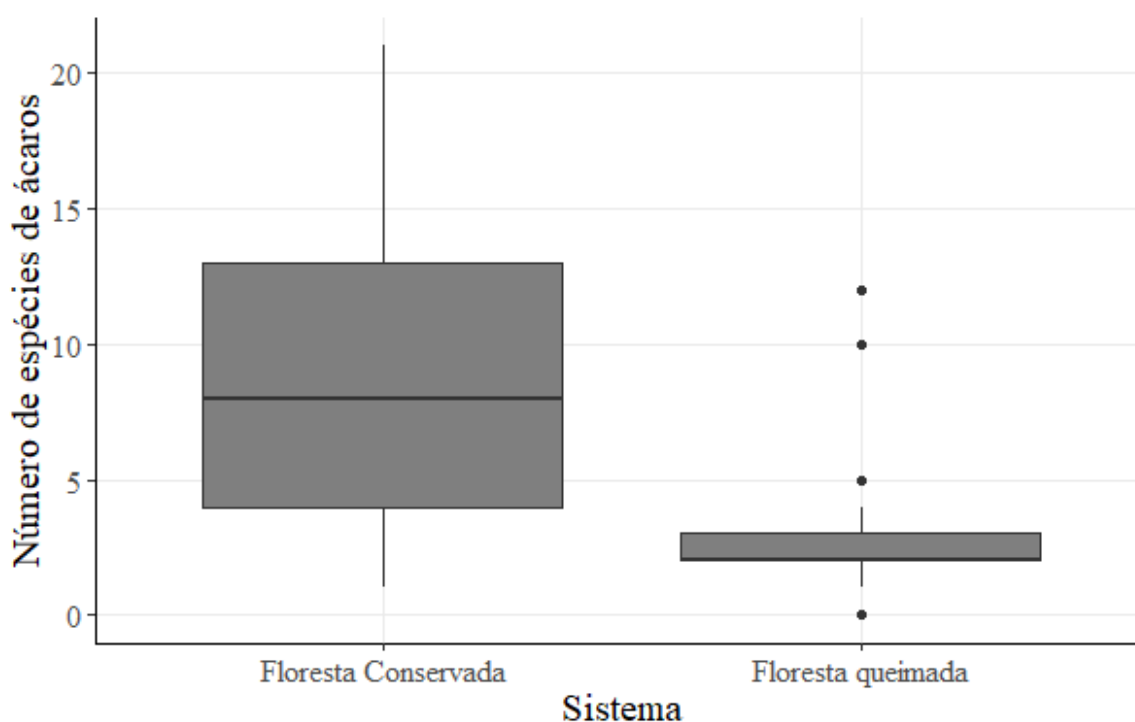


Figura 3. Boxplot da riqueza de espécies de ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos entre Florestas conservadas (FC) e Florestas queimadas (FQ) na FLONA Tapajós, Belterra – PA.

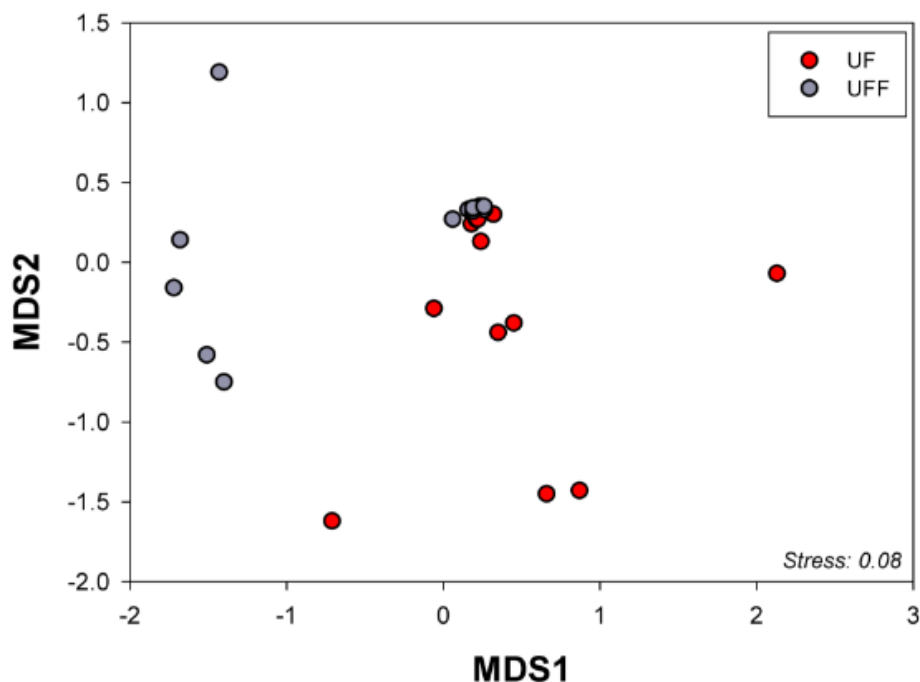


Figura 4. Escalonamento multidimensional (NMDS) mostrando a diferença entre a composição das espécies entre Florestas conservadas (FC) e Florestas queimadas (FQ) na FLONA Tapajós, Belterra – PA.

6. DISCUSSÃO

Nossos resultados sugerem que distúrbios antrópicos como as queimadas originadas de atividades antrópicas na floresta amazônica brasileira possui um efeito negativo na abundância, riqueza de espécies de ácaros foréticos associados a besouros escarabeíneos, bem como altera a sua composição. O estudo identificou uma diferença significativa nestes três parâmetros ao se comparar os dois tipos de sistemas florestais estudados.

A diferença observada na estrutura da comunidade de ácaros foréticos associada a besouros escarabeíneos entre os diferentes sistemas estudados pode ser resultado da perda de qualidade dos habitats ocasionada pelas queimadas. Diferentes trabalhos já mostraram que alterações no habitat e sua qualidade podem afetar negativamente a comunidade de forontes, diminuindo a abundância, riqueza e modificando a composição de espécies (GIBBS & STANTON, 2001; EWERS et al, 2013). As alterações pontuais observadas em parâmetros populacionais das espécies estudadas, são apenas uma pequena parte do efeito decorrente de impactos originários de ações antrópicas. Essas modificações podem refletir também na simbiose existente entre ácaros e besouros, e mudanças que levam a alterações nas interações entre espécies presentes em sistemas naturais podem ter importantes

implicações de longo-prazo, e ocasionar em problemas na manutenção e levar a perda da biodiversidade, tal como foi observado por Tylianakis et al. (2008) e Gardner et al. (2009).

As alterações observadas na estrutura da comunidade dos ácaros foréticos associados aos besouros escarabeíneos podem estar relacionadas a um efeito cascata, onde o fogo inicia o processo de degradação, afetando direta e indiretamente as comunidades de invertebrados presentes no solo (SILESHI & MAFONGOYA. 2006). Essas comunidades podem ter a sua estrutura afetada diretamente pelas queimadas, e posteriormente podem sofrer alterações devido as mudanças físico-químicas causadas no ambiente, como foi mostrado por Beyer et al (2011) e Huebner et al (2012), onde a alteração na serapilheira, umidade, nitrogênio total e nível de nitrato causado pelo fogo afetava a abundância, riqueza e composição de espécies dos ácaros edáficos. Uma outra via pela qual o fogo pode afetar a comunidade de ácaros foréticos é através de efeitos negativos na comunidade de besouros escarabeíneos. (ANDRADE et al, 2014). A alteração e perda de qualidade desses habitats pode causar mudanças na relação ecológica entre ácaros foréticos e seus hospedeiros (GIBBS & STANTON, 2001; EWERS et al, 2013).

Estudos como esse são importantes para entendermos como a comunidade de ácaros foréticos respondem a distúrbios antrópicos, principalmente em florestas tropicais, no qual estão constantemente sujeitas ao fogo de origem antrópica (CARMENTA et al, 2016). As alterações causadas pelo fogo são preocupantes por alterar negativamente a abundância e diversidade da comunidade de ácaros foréticos, e conseqüentemente pode afetar uma importante interação comumente encontrada em sistemas florestais. Pouco se sabe sobre as conseqüências das alterações nos ambientes que podem ser efeitos do fogo na simbiose de ácaros e besouros, mas individualmente, esses grupos podem prover importantes serviços ecossistêmicos, tais como dispersão secundária de sementes, revolvimento do solo, controle biológico de pragas e participam da ciclagem de nutrientes do solo (HALFFTER et al, 1966; BRAGA et al, 2012; WALTER; PROCTOR, 2013). Dessa forma, é esperado que ações que causem efeito nesta interação possam afetar os serviços ecológicos desempenhados por esses grupos. Dado a importância dos ácaros como componentes da comunidade edáfica e como as queimadas antrópicas alteram a estrutura de sua comunidade, mais estudos são necessários para entender como esse distúrbio afeta a realização de suas funções ecológicas e reforçar a necessidade da conservação desses ambientes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. B. *et al.* Tropical forest fires and biodiversity: dung beetle community and biomass responses in a northern Brazilian Amazon forest. **Journal of Insect Conservation**, Cham, v. 18, n. 6, p. 1097-1104, 2014.

ARAGÃO, L. E. O. C.; SHIMABUKURO, Y. E. The incidence of fire in amazonian forests with implications for REDD. **Science**, New York, v. 328, n. 5983, p. 1275-1278, 2010.

ASNER, G. P. *et al.* Selective logging in the Brazilian Amazon. **Science**, New York, v. 310, n. 5747, p. 480-482, 2005.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: Prices or policies? **Environment and Development Economics**, Cambridge, v. 20, n. 6, p. 697-722, 2015.

AZEVEDO, L. H. *et al.* Potential of *Macrocheles* species (Acari: Mesostigmata: Macrochelidae) as control agents of harmful flies (Diptera) and biology of *Macrocheles emersoni* Azevedo, Castilho and Berto on *Stomoxys calcitrans* (L.) and *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). **Biological Control**, Rio de Janeiro, v. 123, p. 1-8, 2018.

BARLOW, J. *et al.* Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. **Nature**, London, v. 535, n. 7610, p. 144-147, 2016.

BEYER, S; KINNEAR, A; HUTLEY, L. B; MCGINESS, K; GIBB, K.; Assessing the relationship between fire and grazing on soil characteristics and mite communities in a semi-arid savanna of northern Australia. **European Journal of Soil Biology** 48: 59-65, 2012.

BRAGA, R. F. *et al.* Are Dung beetles driving dung-fly abundance in traditional agricultural areas in the Amazon? **Ecosystems**, New York, v. 15, n. 7, p. 1173-1181, 2012.

BREDANO, J.C; DOMÍNGUES, A; AROLFO, R. Assessment of soil biological degradation using mesofauna. *Soil and Till. Res.*, 117: 55-60, 2011.

CARMENTA, R. *et al.* Does the establishment of sustainable use reserves Affect fire management in the humid tropics ? **PloS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 2, p. 1-19, 2016.

COE, M. T. *et al.* Deforestation and climate feedbacks threaten the ecological integrity of south – southeastern Amazonia. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, London, v. 368, p. 1-9, 2013.

EWERS, R. M.; BARTLAM, S.; DIDHAM, R. K. Altered species interactions at forest edges: Contrasting edge effects on bumble bees and their phoretic mite loads in temperate forest remnants. **Insect Conservation and Diversity**, [S.l], v. 6, n. 5, p. 598-606, 2013.

FRANÇA, F. M.; LOUZADA, J.; BARLOW, J. Selective logging effects on ‘brown world’ faecal-detritus pathway in tropical forests: A case study from Amazonia using dung beetles. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 410, p. 136-143, 2018.

GARDNER, T. A; BARLOW, J; CHAZDON, R. L; EWERS, R. M; HARVEY, C. A; PERES, C. A; SODHI, N. S. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. **Ecology Letters**, 12, 561–582, 2009.

GIBBS, J. P; STANTON, E. J. Habitat fragmentation and arthropod community change: Carrion beetles, phoretic mites, and flies. **Ecological Applications**, v. 11, n. 1, p. 79–85, 2001.

GRIMALDI, M. *et al.* Ecosystem services of regulation and support in Amazonian pioneer fronts: Searching for landscape drivers. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 29, n. 2, p. 311-328, 2014.

HALFFTER, G; FAVILA, M. E. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International* 27:15-21, 1993.

HALFFTER, G; EDMONDS, W. D. **The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae):** an ecological and evolutive approach. México: Instituto de Ecología, 1982. 177 p.

HANSKI, I; CAMBEFORT, Y. **Dung Beetle Ecology**. Princeton: Princeton University Press, 1991. 481 p.

HUEBNER, K; LINDO, Z; LECHOWICZ, M. J. Post fire succession of collembolan communities in a northern hardwood forest. **Euro J Soil Biol** 48: 59-65., 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapa integrado dos zoneamentos ecológico-econômicos dos estados da Amazônia Legal. 2018. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/mapas_doc5.shtm. Acesso em: nov. 2018.

JI WON KIM; CHULEUI JUNG. Ecological resilience of soil oribatid mite communities after the fire disturbance. **J. Ecol. Environ.** 36(2): 117-123, 2013.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C. *et al.* Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016. **Nature**, London, v. 6, p. 1-7, 2016.

JOLLY, W. M. *et al.* Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. **Nature**, London, v. 6, n. 7537, p. 1-11, 2015.

KOFLER, A; SCHMOLZER, K. Zur Kenntnis phoretischer Milben und ihrer Tragwirte in Österreich (Acarina: Gamasina, Uropodina). **Berichte des Naturwissenschaftlich-medizinischen Ber. nat.-med.** Verein Innsbruck, 87: 133–157, 2000.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A manual of Acarology**. 3. ed. Lubbock: Texas Tech University, 2009. 807 p.

KRASNOV, B; SHENBROT, G; IRINA, K; DEGEN, A. Flea species richness and

parameters of host body, host geography and host 'milieu'. **J. Anim. Ecol.**, 73: 1121-1128, 2004.

MALHI, Y. *et al.* Tropical Forests in the Anthropocene. **Annual Review of Environment and Resources**, [S.l.], v. 39, p. 125-159, 2014.

MARAFELI, P. P; REIS, P. R; BERNADI, L. F. O; ALCÂNTARA, E. N; MARTNEZ, P. A. Effects of weed management on soil mites in coffee plantations in a Neotropical environment. **Neotrop. Biol. Conserv**, 14: 275-289, 2019.

MASAN, P; HALLIDAY, P. Mesostigmatid mites associated with the dung beetle *Copris lunaris* (Coleoptera: Scarabaeidae). **Eur. J. Entomol.**, 106(4): 545-550, 2009.

MORAES, B. C. DE *et al.* Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 207-214, 2005.

MORAES, G.J. de; FLECHTMANN, C.H.W. Manual de Acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: **Holos**, 2008. 288p.

MORTON, D. D; PAGE, Y. L; DEFRIES, R; COLLATZ, G. J; HURTT, G. C; Understorey fire frequency and the fate of burned forests in southern Amazonia. **Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences** 368: 20120163, 2013.

N'DRI K. J; N'DA, R. A. G; SEKA, F. A; POKOU, P. K; TONDOH, E. J; LAGERLOF, J; KONE, M; DOSSO, K; N'DRI, B. A; KONE, N. A. Patterns of soil mite diversity in Lamto savannah (Côte d'Ivoire) submitted to different fire regimes. **Acarologia** 57(4): 823-833 (2017) DOI: 10.24349/acarologia/20174196

O'CONNOR, B. M. Mites. In: RESH, V. H.; CARDÉ, V. R. R. (Org.). **Encyclopedia of Insects**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 2009. p. 643-649.

PEROTTI, M. A.; BRAIG, H. R. Phoretic mites associated with animal and human decomposition. **Experimental and Applied Acarology**, [S.l.], v. 49, n. 1-2, p. 85-124, 2009.

POYAT, R.V; PARMELEE, R.W; CARREIRO, M.M. Environmental effects of forest soil invertebrate and fungal densities in oak stands along an urban-rural land use gradient. **Pedobiologia**, 35(5): 385-389, 1994.

OLIVEIRA-JUNIOR, R. C. Índice de erosividade das chuvas na Região de Conceição do Araguaia, Pará. Belém: **EMBRAPA-CPTAU** 1996. 20p.

R CORE TEAM; R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2018. <https://www.R-project.org/>

QUINTERO-GUTIÉRREZ, E. J; COMBITA-HEREDIA, O; KLOMPEN, H. Mesostigmatid mites associated with *Oxysternon conspicillatum* (Coleoptera: Scarabaeidae): a new species of *Macrocheles*, description of the male of *M. magna*, and four new records for Colombia. **Int. J. Acarol.**, 46(7): 496-512, 2020

SILESHI, G; MAFONGOYA, P. L. The Short-term Impact of Forest Fire on Soil Invertebrates in the Miombo. **Biodivers Conserv** 15, 3153–3160 (2006). <https://doi.org/10.1007/s10531-005-5411-z>

SILVA, F. R. *et al.* Size of predatory mites and refuge entrance determine success of biological control of the coconut mite. **BioControl**, [S.l], v. 61, n. 6, p. 681-689, 2016.

TOLEDO, M. A. *et al.* Biological control of Southern red mite, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Coffee Plants. **Advances in Entomology**, [S.l], v. 6, p. 74-85, 2018.

TYLIANAKIS, J. M; DIDHAM, R. K; BASCOMPTE, J; WARDLE, D. A. Global change and species interactions in terrestrial eco- systems. **Ecology Letters**, 11, 1351–1363, 2008.

WALTER, D. E.; PROCTOR, H. C. **Mites: Ecology, evolution e behaviour**. 2. ed. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. 494 p.

WIŚNIEWSKI, J. & HIRSCHMANN, W. Gangsystematik der Parasitiformes Teil 548. Katalog der Ganggattungen, Untergattungen, Gruppen und Arten der Uropodiden der Erde. Acarologie. **Schriftenreihe für Vergleichende Milbenkunde** 40: 1–220, 1993.

SEGUNDO ARTIGO

Submetido para a Revista Acarologia

ISSN: 0044-586X

Teria a degradação da restinga impacto na associação entre ácaros foréticos e besouros rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeidae)?

SHORT NOTE**Does restinga degradation impact the association between phoretic mites and dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae)?**

Raphael Rodrigues Lyra¹, Taís Helena de Araujo Rodrigues², Cristiane Maria Queiroz da Costa¹, Julio Neil Cassa Louzada¹, Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi²

1 Instituto de Ecologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 37200-000, Brazil

2 Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 37200-000, Brazil

Corresponding author: Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi, <https://orcid.org/0000-0002-0611-0134>, e-mail: leopoldobernardi@gmail.com

Abstract

The conservation state of an environment can be a key factor in maintaining the existence of some interactions between species. The phoretic relationship between the dung beetle *Dichotomius schiffleri* and its symbiont mites can serve as a model to improve knowledge about this issue because both the host and the phoront can have their diversity altered due to anthropic disturbances, which, consequently, affects their interaction. *Dichotomius schiffleri* is abundant in the Brazilian restinga environment, a native ecosystem of the coastal zone that has suffered from anthropic pressure and impacts due to irregular occupation by humans. Thus, this study tested whether the conservation state of Brazilian restingas affects the abundance of mites that associate with *D. schiffleri*. Beetles and their associated mites were collected using pitfall traps at nine locations in the Brazilian states of Espírito Santo, Bahia, Sergipe and Pernambuco. The abundance of phoretic mites associated with beetles ($z=2.126$, $p<0.01$) was greater in more conserved sites ($N=673$) than in degraded sites ($N=325$). We believe that habitat alteration can affect the amount of resources available to the species involved in the interaction, affecting their life cycles and, consequently, their existing ecological relationship. Imbalance in ecological relationships is just one more factor capable of signaling that human occupation and changes to natural systems affect fauna.

Keywords: Symbiosis, Phoresy, Uropoda, Macrocheles, Environmental change, Conservation

7. Introduction

Restinga is a plant formation inserted in the Atlantic Forest domain and is composed of mosaics of physiognomically distinct vegetation that occur in sandy plains of marine and fluvial-marine origin (Araújo 1984). This phytophysiognomy originally spanned a linear strip of 7360 km, occupying about 80% of the Brazilian coast (IBGE 2004, Lacerda *et al.* 1993), but is now among those ecosystems in danger of disappearing. Being close to the coast and to urban centers, restinga areas attract many people who use this environment for tourist activities, in addition to real estate occupation (Silva 1999). Due to inadequately conducted anthropic actions and the lack of governmental regulation, the area occupied by restingas has increasingly been degraded and reduced, with less than 10% of its original native vegetation currently remaining (Silva 1999, SOS Mata Atlântica 1998). Despite all the devastation, this ecosystem is still home to a rich variety of animal and plant species, some of which are endemic, however, due to the current environmental situation they are at risk of disappearing (Martinelli and Moraes 2013, ICMBIO 2018).

Among the various species that make up the communities present in the Brazilian restinga is the dung beetle *Dichotomius schiffleri* (Vaz-de-Melo *et al.* 2001). The species is considered endangered with extinction, falling under criterion B2ab (iii) proposed by the IUCN (2012). It belongs to the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae), a very diverse group with both widely-distributed and endemic species (Hanski and Cambefort 1991). Most dung beetles are detritivores and use feces as a resource for oviposition and nourishing their larvae (Halffter and Matthews 1966, Halffter and Edmonds 1982). Due to their detritivorous habit, these beetles perform several ecological functions, such as soil disturbance, secondary seed dispersal and biological control, in addition to being hosts for numerous invertebrate species (Braga *et al.* 2012, Halffter *et al.* 1966, Quintero - Gutiérrez *et al.* 2020, Wallace 1986). Among the invertebrate species that

associate with dung beetles is a great diversity of mites, especially those that exhibit phoretic behavior (Masán and Halliday 2009). Such behavior occurs because these organisms have low dispersal capacities, which makes them dependent on their hosts to migrate over long distances (Karg 1989, Wisniewski and Hirschmann 1993, Kofler and Schomölzer 200, Haitlinger 2008).

Regardless of the type of association between species that establish some type of intimate relationship (e.g., mutualism, commensalism or parasitism), the environment in which they are inserted can exert a significant influence on its appearance and establishment (Ewers et al. 2013). For example, many ectoparasites can have their abundance, life cycle and period and rate of association, among other factors, affected by biotic and abiotic factors of the environment in which the host finds itself (Krasnov et al. 2004). Understanding the relationships between species and knowing how they behave with environmental changes is an important consideration given the current context, especially in areas that have been undergoing changes due to anthropic action, such as Neotropical forests. Thus, the objective of this work was to list the species of phoretic mites associated with the beetle *Dichotomius schiffleri* and determine whether restinga degradation can affect their abundance.

8. Materials and methods

The collections of this study were conducted during the rainy periods of 2013 and 2014. They were intended to cover a large extension of the restinga ecosystem where there are records of *D. schiffleri*, and so they took place in nine locations in the states of Espírito Santo (ES), Bahia (BA), Sergipe (SE) and Pernambuco (PE) (Table 1). The collection sites were categorized as Conserved Restinga (CR), located within protection units, and Degraded Restinga (DR), not within a protection unit and with clear signs of anthropogenic

impacts (e.g., human constructions, cutting of trees, allochthonous waste such as garbage). The CRs were located in the municipalities of Prado (BA), Estância (SE), Ipojuca (PE) and Marau (BA), while the DRs were located in the municipalities of Prado (BA) and Vila Velha (ES) (Table 1).

Table - 1 Location, name and ICUN category for Protection Areas.

State	Municipality	Name, Type of CU and IUCN category	Latitude	Longitude
Bahia	Marau	APA da Baía de Camamu - V	14°09'38.39" S	39°00'23.33"W
Bahia	Prado	Parque Nacional do Descobrimento - II	17°07'43.09" S	39°23'20.22"W
Espírito Santo	Vila Velha	Parque Estadual Paulo César Vinha - II	20°36'26.9"S	40°24'55.58"W
Pernambuco	Ipojuca	Reserva Particular do Patrimônio Natural N. Sra. do Oitero de Maracaípe - IV	08°32'08.88" S	35°01'13.47"W
Sergipe	Estância	APA Litoral Sul - V	11°18'59.38"S	37°17'46.69"W

A 450-m transect was installed at each sampling site with 10 sampling points at 50-m intervals. A pitfall trap was installed at each sampling point and baited with 30 grams of human feces to collect specimens of *D. schiffleri*. The traps remained in the field for 48 hours, after which the sampled beetles were taken to the laboratory for screening and identification. Species identification of the beetle was confirmed by sending some specimens to the specialist entomologist Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello, of the Federal University of Mato Grosso.

Five individuals of *D. schiffleri* were randomly selected from those sampled at each sampling point (pitfall) for careful inspection through detailed observation of the integument surface and, later, through dissection. The entire procedure was performed under a stereoscopic microscope (Olympus SZ61) with all associated mites being removed, with the aid of tweezers and brushes, and kept in plastic Eppendorf tubes with 80%

alcohol. The mites were subsequently clarified using 65% lactic acid and then mounted on microscope slides using Hoyer medium. Specimens were identified using a Leica MDLS phase contrast microscope (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany), with the aid of dichotomous keys present in Lindquist et al. (2009), Hirschmann (1993) and Quintero-Gutiérrez et al. 2020.

A generalized linear mixed effects model (GLMM) was used to test whether the abundance of phoretic mites found in association with beetles differed between degraded and conserved restinga, using the `glmmTMB` package (Magnusson 2017). Due to the hierarchical sampling design, model construction for the statistical test considered mite abundance as the response variable, restinga type as an explanatory variable, and municipality as a random factor. Since the response variable, mite abundance, contained a large number of absences (i.e., beetle specimens with no associated mites), a GLMM with Poisson error distribution adjusted for Zero-Inflated models (GLMM ZIPoisson) was used (Brooks et al. 2017). Furthermore, this model was selected because it presented a better fit based on the Akaike criterion, when compared to a GLMM with an initially adjusted Poisson error distribution (AIC GLMM Poisson = 1169.87, AIC GLMM ZIPoisson = 1034.72). All analyses were conducted in R software (R Core Development Team 2019).

9. Results and Discussion

A total of 115 individuals of *D. schiffleri* were analyzed, on which 998 phoretic mites were found. Of this total, 673 were from 60 beetles collected in areas of Conserved Restinga (CR) and 325 from 55 beetles collected in areas of Degraded Restinga (DR). Only two species were found associated with these beetles: *Uropoda* sp. (n=996) and *Macrocheles* sp. (n=2) (Figure 1). The total number of mites found in CR was almost twice that found in DR, and the mean and maximum number of mites found in CR were higher

than in DR (Table 2). This observed trend was corroborated by the GLMM ZIPoisson, which demonstrated a significant difference in the abundance of mites associated with *D. schiffleri* between the two restinga types ($z\text{-value}=2.126$, $p<0.01$) (Figure 2).



Figure 1. Images of a beetle of *D. schiffleri* and associated mites on different parts of its body.

Table 2 - Comparison of the minimum, maximum, mean and standard deviation for the number of mites per individual found in the sampling points in the two types of restinga.

Restinga type	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation
Conserved Restinga	0	36	11.2	1.40
Degraded Restinga	0	28	5.91	0.964

This study found a significant difference between the two types of restinga studied, with Conserved Restinga having a greater abundance of phoretic mites. The lower intensity of the interaction between *D. schiffleri* beetles and phoretic mites in Degraded Restinga may have been due to interference caused by the anthropogenic impacts that occur in these areas, which lead to habitat loss and fragmentation. Gibbs and Stanton (2001) showed that forest fragmentation can cause substantial changes in associations between scavenger beetles (Coleoptera: Shilphidae) and their phoretic mites. These environmental changes negatively affect the relationship, with reduced richness and abundance of phoronts. In addition, Ewers et al. (2013) also found that habitat quality and characteristics can affect the abundance of mites associated with insects. These researchers observed that mites are more abundant on bumblebees that inhabit forest interiors than on those in forest edge environments that border open environments where pastures predominate.

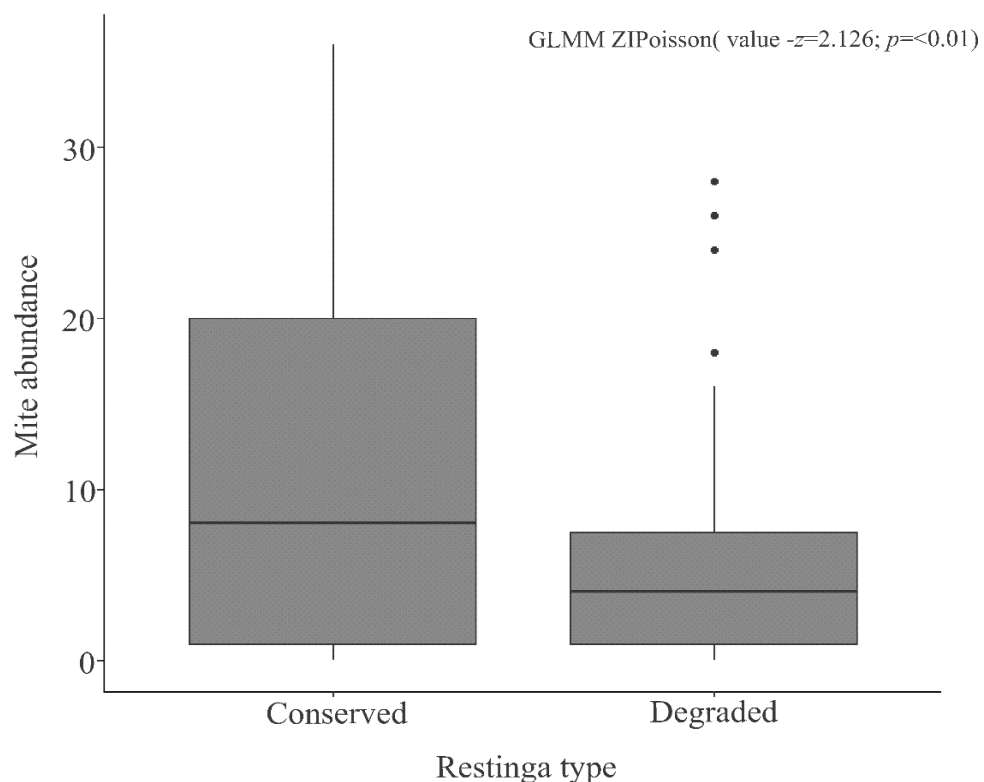


Figure 2. Difference in abundance of mites associated with *D. schiffleri* between the two types of restinga.

Resource availability for soil mites tends to be directly linked to the conservation level of a site (Ruff 1999), such that local preserved areas have greater diversity and abundance of potential phoretic species. Conserved restingas are known to have greater beetle abundance than degraded (Vieira et al. 2008). Considering that host beetles are a type of resource for species of phoretic mites, environments that have a greater abundance of these organisms can make the interactions between dung beetles and mites more common. Thus, we hypothesize that changes and disturbances in natural environments can affect symbiotic relationships, with negative effects on the number of phoretic mites.

Furthermore, although both species of mites found in this study (*Uropoda* sp. and *Macrocheles* sp.) use beetles as dispersing agents, they only complete their life cycle in the soil or resources naturally present in restinga. It is widely known that the transformation of forests into anthropized systems can alter soil properties and cause, for example, decreased fertility (Burton et al. 1989, Spaans et al. 1989). These changes in soil characteristics, in addition to changes in native vegetation, can cause population declines for some species of soil mites (Pouyat et al. 1994, Bredano et al. 2011, Marafeli et al. 2019). Thus, we suggest that the quality of the environment, especially the soil, where these species are found is an important factor that can interfere with the abundance of these species and, consequently, with the number of species capable of associating with beetles. Thus, we conclude that restinga degradation can affect not only individual species, but also the ecological relationships that can be established between them.

Acknowledgments

LFOB thanks the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel for providing a pos-doctoral scholarship from the National Postdoctoral Programme (CAPES-

PNPD/Brazil). This research received financial support from the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), as a scholarship, and Minas Gerais Research Funding Foundation (Fapemig).

References

- ARAUJO, D. S. D., AND R. P. B. HENRIQUES. Análise florística das restingas do Estado do Rio de Janeiro. In: Lacerda, L. D., Araujo, D. S. D., Cerqueira, R., Turcq, B. (eds.) **Restingas: origem, estrutura, processos**. CEUFF: Niterói, p. 159–193, 1984.
- ARAUJO, D. S. D., AND L. D. LACERDA. A natureza das restingas. **Ciência hoje** 6 (33) 42-48, 1987
- BROOKS, Mollie E. et al. Modeling zero-inflated count data with glmmTMB. **BioRxiv**, p. 132753, 2017.
- BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia** 83, 14-19, 1990
- BREDANO, J. C., DOMÍNGUES, A., AROLFO, R. Assessment of soil biological degradation using mesofauna. **Soil & Tillage Research** 117: 55–60, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.08.007>
- BRAGA, R. F; KORASAKI, V; AUDINO, L. D. Are Dung Beetles driving Dung-Fly abundance in traditional agricultural areas in the Amazon Ecosystems? v. 15, p. 1173-1181, 2012.
- BURTON, S., SHAH, P. B., SCHREIER, H. Soil Degradation from Converting Forest Land into Agriculture in the Chitawan District of Nepal. **Mountain Research and Development**, Vol. 9, No. 4 (Nov, 1989), pp. 393-404.
- COSTA M. The mesostigmatid mites associated with *Copris hispanus* (L.) (Coleoptera, Scarabaeidae) in Israel. **J. Linn. Soc. (Zool.)** 45: 25-45, 1963.
- DORMANN, C.F., FRÜND, J., BLÜTHGEN, N. & GRUBER, B. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. **The Open Ecology Journal**, v. 2, p. 7–24, 2009.

- DORMANN, C. F., GRUBER, B., FRÜND, J. Introducing the bipartite package: analyzing ecological networks. **R News**, v. 8, n. October, p. 8–11, 2008.
- EWERS, R. M.; BARTLAM, S.; DIDHAM, R. K. Altered species interactions at forest edges: Contrasting edge effects on bumble bees and their phoretic mite loads in temperate forest remnants. **Insect Conservation and Diversity**, [S.l.], v. 6, n. 5, p. 598-606, 2013.
- GIBBS, J.P; STANTON, E. J. Habitat fragmentation and arthropod community change: carrion beetles, phoretic mites and flies. **Ecol. Appl.**, 11(1): 79-85, 2001.
- GUEDES, D., L. M. BARBOSA, AND S.E. MARTINS. Composição florística e estrutura fitossociológica de dois fragmentos de floresta de restinga no Município de Bertiooga, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 20:299–311, 2006.
- HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. **The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): an ecological and evolutive approach**. México: Instituto de Ecología, 1982. 177 p.
- HALFFTER, G.; MATTHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae. **Folia Entomológica Mexicana**, [S.l.], v. 12, n. 14, p. 1-302, 1966.
- HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung Beetle Ecology**. Princeton: Princeton University Press, 1991. 481 p.
- HIRSCHMANN, W.; WISNIEWSKI, J. Die Uropodiden der Erde. **Acarologie** 40: 466, 1993.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico da vegetação brasileira. Manuais Técnicos em Geociências 1:1–92, 1992.
- KAITLIN, U. CAMPBELL & THOMAS O. CRIST. Species traits and environmental characteristics together regulate ant-associated biodiversity. **Ecol. Evol.**, 6(17): 6397-6408, 2016.
- KOFLER, A; SCHMOLZER, K. Zur Kenntnis phoretischer Milben und ihrer Tragwirte in Österreich (Acarina: Gamasina, Uropodina). **Berichte des Naturwissenschaftlich-medizinischen Ber. nat.-med.** Verein Innsbruck, 87: 133–157, 2000.
- KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A manual of Acarology**. 3. ed. Lubbock: Texas Tech University, 2009. 807 p.

- KRASNOV, B; SHENBROT, G; IRINA, K; DEGEN, A. Flea species richness and parameters of host body, host geography and host 'milieu'. **J. Anim. Ecol.**, 73: 1121-1128, 2004.
- LACERDA, L. D., D. S. D. ARAÚJO, AND N. C. MACIEL. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. In: Van Der Maarel, E. (ed.) Dry coastal-ecosystems: Africa, Asia, Oceania. Elsevier: Amsterdam, p. 477–493, 1993.
- LARSEN, T. H., AND A. FORSYTH. Trap spacing and transect design for dung beetle biodiversity studies. **Biotropica**: 37:322–325, 2005.
- LINDQUIST, E. E.; KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. Order Mesostigmata. In: KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. (Eds.). A Manual of Acarology. Third edit ed. Lubbock, Texas: Texas Tech University Press, 2009. p. 124–132.
- MAGNUSSON, ARNI ET AL. Package 'glmmTMB'. **R Package Version 0.2. 0**, 2017.
- MARAFELI, P. P.; REIS, P. R.; BERNADI, L. F. O.; ALCÂNTARA, E. N.; MARTINEZ, P. A. Effects of weed management on soil mites in coffee plantations in a Neotropical environment. **Neotropical Biology and Conservation** 14: 275–289, 2019. doi: 10.3897/neotropical.14.e38094
- MARTINELLI, G; MORAES, M. A. 2013. Brazilian Flora Red List. Shapefile available at: http://geonode.jbrj.gov.br/layers/geonode%3Aapontos_ameacadas_atualizado_portaria_443_2014.
- MASAN, P; HALLIDAY, P. Mesostigmatid mites associated with the dung beetle *Copris lunaris* (Coleoptera: Scarabaeidae). **Eur. J. Entomol.**, 106(4): 545-550, 2009. DOI: 10.14411/eje.2009.068.
- MINOR, M. A., CIANCIOLO, J. M. Diversity of soil mites (Acari: Oribatida, Mesostigmata) along a gradient of land use types in New York. **Applied Soil Ecology** 35(1): 140–153, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2006.05.004>

- POYAT, R.V; PARMELEE, R.W; CARREIRO, M.M. Environmental effects of forest soil invertebrate and fungal densities in oak stands along an urban-rural land use gradient. **Pedobiologia**, 35(5): 385-389, 1994.
- QUINTERO-GUTIÉRREZ, E. J.; CÓMBITA-HEREDIA, O.; KLOMPEN, H. Mesostigmatid mites associated with *Oxysternon conspicillatum* (Coleoptera: Scarabaeidae): a new species of *Macrocheles*, description of the male of *M. magna*, and four new records for Colombia. **International Journal of Acarology**, v. 46, n. 7, p. 496–512, 2020.
- RUFF, A. A maturity index for predatory soil mites (Mesostigmata: Gamasina) as an indicator of environmental impacts of pollution on forest soils. **Appl. Soil Ecol.**, 9: 447-452, 1999.
- SILVA, S. M. 2009. DIAGNÓSTICO DAS RESTINGAS NO BRASIL. Departamento de Botânica. Universidade Federal do Paraná. Available in: http://www.anp.gov.br/guias_r8/sismica_r8/%C3%81reas_Priorit%C3%A1rias/Restingas.pdf
- VIEIRA, L; LOUZADA, J. N. C; SPECTOR, S. Effects of Degradation and Replacement of Southern Brazilian Coastal Sandy Vegetation on the Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). **Biotropica** 40(6): 719 -727. 2008.
- WIŚNIEWSKI, J. & HIRSCHMANN, W. (1993) Gangsystematik der Parasitiformes Teil 548. Katalog der Ganggattungen, Untergattungen, Gruppen und Arten der Uropodiden der Erde. Acarologie. **Schriftenreihe für Vergleichende Milbenkunde** 40: 1–220.