

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade - PPGECB

SCARABAEINAE (COLEPTERA: SCARABAEIDAE): DE
COMUNIDADES AMAZÔNICAS BRASILEIRAS A META-
ANÁLISE COMUNITÁRIA GLOBAL

Aquirya Pinheiro Costa

Dourados-MS
Novembro/2022

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Aquirya Pinheiro Costa

**SCARABAEINAE (COLEPTERA: SCARABAEIDAE): DE
COMUNIDADES AMAZÔNICA BRASILEIRA A META-
ANÁLISE COMUNITÁRIA GLOBAL**

Tese apresentada à Universidade Federal da
Grande Dourados (UFGD), como parte dos
requisitos exigidos para obtenção do título
DOUTOR EM ENTOMOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Biodiversidade e
Conservação

Orientador(a): Josué Raizer

Dourados-MS
Novembro/2022

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFGD.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P654s Pinheiro, Aquirya
SCARABAEINAE (COLEPTERA: SCARABAEIDAE): DE COMUNIDADES AMAZÔNICA
BRASILEIRA A META-ANÁLISE COMUNITÁRIA GLOBAL [recurso eletrônico] / Aquirya
Pinheiro. -- 2024.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: JOSUÉ RAIZER.
Coorientador: FERNANDO ZAGURY VAZ DE MELLO.
Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade)-Universidade Federal da
Grande Dourados, 2022.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Metacomunidade. 2. besouro. 3. estrutura comunitária. 4. revisão sistemática. I. Raizer, Josué.
II. Mello, Fernando Zagury Vaz De. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

PÁGINA RESERVADA À FOLHA DE ASSINATURAS DOS MEMBROS DA BANCA AVALIADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br JOSUE RAIZER
Data: 07/11/2022 19:55:29-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Josue Raizer
Presidente/orientador
(Participação Remota)



Prof. Dr. Alberto Dorval
Membro Titular Externo
(Participação Remota)



Prof. Dr. Marcelo Dias de Souza
Membro Titular Externo
(Participação Remota)



Prof.ª Dr.ª Lilian Guimarães de Favare
Membro Titular Externo
(Participação Remota)



Prof.ª Dr.ª Graziella França Monteiro
Membro Titular Externo
(Participação Remota)

Biografia do Acadêmico

Aquirya Pinheiro Costa, nascida em Porto Velho, Rondônia, em 21 de abril de 1992. Filha de Adema Pinheiro Pereira. Coursou ensino fundamental na E.E.E.F.M Carlos Drummond de Andrade e ensino médio na E.E.E.F.M. Juscelino Kubitschek de Oliveira. Ensino superior Ciências Biológicas (bacharelado e licenciatura) no Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG). Especialização em Educação inclusiva no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT). Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela concretização desse sonho. À família, amigos, professores e esposo por todo apoio recebido. À Universidade Federal da Grande Dourados pela oportunidade. Ao meu orientador e coorientador por todo conhecimento e paciência. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de estudos. Sem vocês, nada disso seria possível. Obrigada!

Dedicatória

Dedico a todas as pessoas que acreditaram em mim e que apoiaram essa iniciativa.
“O Senhor é a minha força e o meu escudo; nele o meu coração confia, e dele recebo ajuda. Meu coração exulta de alegria, e com o meu cântico lhe darei graças”.
Salmos 28:7

Sumário

Scarabaeinae (Coleptera: Scarabaeidae): de comunidades amazônica brasileira a meta-análise comunitária global Resumo Geral/Palavras - chave: Metacomunidade, besouro, estrutura comunitária, revisão sistemática	9
Scarabaeinae (Coleptera: Scarabaeidae): from Brazilian amazon communities to global community meta-analysis Keywords: Metacommunity, beetle, community structure, systematic review.	10
Introdução Geral	11
Revisão Bibliográfica	15
Objetivo Geral	21
Hipótese(s)	21
Manuscrito 1: Metacomunidade de escarabeíneos amazônicos	22
Manuscrito 2: Caracterização das comunidades de scarabaeinae: uma metanálise	37
Relevância social, econômica ou cultural da pesquisa	60
Conclusão	60

SCARABAEINAE (COLEPTERA: SCARABAEIDAE): DE COMUNIDADES AMAZÔNICAS BRASILEIRA A META-ANÁLISE COMUNITÁRIA GLOBAL

Resumo Geral:

Investigamos a estrutura de meta comunidades em três áreas (mata, reflorestamento e pastagem) no bioma amazônico em Cotriguaçu, Mato Grosso. Para avaliar os efeitos de cinco variáveis preditoras: a) tamanho da área, b) pH, c) fósforo, d) alumínio, e) classe textural do solo, sobre as comunidades de Scarabaeinae consideramos um Modelo Linear Generalizado com distribuição Quasi-Poisson (GLM). Foram coletados 21.271 indivíduos, 65 espécies das tribos Ateuchini, Coprini, Deltochilini, Canthonini, Phanaenini, Dichotomiini e Oniticellini. As espécies mais abundantes foram *Canthon histrio* com 5.331 indivíduos (23%), *Canthon aff simulans* com 3.467 indivíduos (15%), *Onthophagus aff hirculus* com 3.253 indivíduos (14%) e *Onthophagus aff haematopus* com 2.033 indivíduos (9%). Do total de indivíduos, 52% são paracoprídeos, 43% telecoprídeos e 5% endocoprídeos. A guilda de endocoprídeo é afetada pelo pH do solo, ocorrendo em maior abundância nos solos ácidos. A guilda de tunelizadores responde distintamente as classes textural de solo preferindo um baixo nível de fósforo. A guilda de Paracoprídeo não foi influenciada significativamente por nenhum dos preditores analisados, sugerindo que existem outros fatores geradores de processos influenciando na riqueza e abundância. Além dos fatores variáveis preditoras investigadas, outros fatores como a competição inter e intraespecífica também podem afetar a estrutura, composição, diversidade e abundância de Scarabaeinae nos ambientes, o que merecem ser futuramente investigados. Na revisão sistemática, a maior área de concentração de pesquisas foi entomologia (125). Dentre os países e autores que mais publicaram artigos sobre comunidade de Scarabaeinae entre os anos de 1977 e 2022 o Brasil se destacou em primeiro lugar com 127 publicações, sendo Vaz-de-Mello FZ o autor brasileiro com maior número de artigos (29). Os fatores identificados com potencial de influência na estrutura das comunidades de escarabeíneos são: atração por iscas, pastagem, manejo, agricultura e floresta, restauração ecológica, urbanização, dentre outros. Para meta-análise não foi possível analisar todos os fatores devido o alto valor de heterogeneidade entre os estudos. Dos 300 artigos selecionados para revisão sistemática, foram abordadas diversas variáveis que afetam a estrutura da comunidade de Scarabaeinae, conforme citado acima. Por se tratar de dados contínuos, onde os índices de regressão são muitas variáveis (r , r^2 , F , t e z com diferentes graus de liberdade), apenas 39 artigos foram elegíveis para a meta-análise. Foram extraídos os índices de regressão (r^2 , F , t e z) e o tamanho amostral (n) de cada estudo. Os índices estatísticos foram convertidos para o coeficiente de correlação (r). O efeito do uso da terra na riqueza de Scarabaeinae foi menor em pastagens em comparação com a fragmentação florestal, fogo, ecoturismo, monocultura, regeneração, área urbana e áreas degradadas, entretanto os autores enfatizaram que houve mudança na composição de espécies entre as áreas o que pode desencadear um efeito negativo nas funções ecológicas desempenhadas por esses besouros. A maioria dos estudos se concentraram em pastagens, o que dificultou analisar com mais precisão as demais categorias gerando uma lacuna de conhecimento.

Palavras-chave: Metacomunidade, besouro, estrutura comunitária, revisão sistemática.

SCARABAEINAE (COLEPTERA: SCARABAEIDAE): FROM BRAZILIAN AMAZON COMMUNITIES TO GLOBAL COMMUNITY META-ANALYSIS

Abstract:

We investigated the metacommunity structure in three areas (forest, reforestation and pasture) in the Amazon biome in Cotriguaçu, Mato Grosso. To evaluate the effects of five predictor variables: a) area size, b) pH, c) phosphorus, d) aluminum, e) soil textural class, on Scarabaeina communities, and we considered a Generalized Linear Model with Quasi-Poisson distribution (GLM). A total of 21,271 individuals were collected, 65 species from the Ateuchini, Coprini, Deltochilini, Canthonini, Phanaenini, Dichotomiini and Oniticellini tribes. The most abundant species were *Canthonhistrio* with 5,331 individuals (23%), *Canthonaffsimulans* with 3,467 individuals (15%), *Onthophagusaffhirculus* with 3,253 individuals (14%) and *Onthophagusaffhaematopus* with 2,033 individuals (9%). Of the total number of individuals, 52% are paracoprid, 43% telecoprid and 5% endocoprid. The endocoprid guild is affected by soil pH, occurring in greater abundance in acidic soils. The tunneling guild responds distinctly to soil textural classes preferring a low phosphorus level. The Paracoprid guild was not significantly influenced by any of the analyzed predictors, suggesting that there are other process-generating factors influencing richness and abundance. In addition to the predictive variables investigated, other factors such as inter and intraspecific competition can also affect the structure, composition, diversity and abundance of Scarabaeinae in environments, which deserve further investigation. In the systematic review, the largest area of research concentration was entomology (125). Among the countries and authors that most published articles on the Scarabaeinae community between 1977 and 2022, Brazil stood out in first place with 127 publications, with Vaz-de-Mello FZ being the Brazilian author with the highest number of articles (29). The factors identified with potential to influence the structure of scarab beetle communities are: attraction to baits, pasture, management, agriculture and forestry, ecological restoration, urbanization, among others. For meta-analysis, it was not possible to analyze all factors due to the high value of heterogeneity between studies. Of the 300 articles selected for systematic review, several variables that affect the community structure of Scarabaeinae were addressed, as mentioned above. As these are continuous data, where the regression indices are many variables (r , r^2 , F , t and z with different degrees of freedom), only 39 articles were eligible for the meta-analysis. The regression indices (r^2 , F , t and z) and the sample size (n) of each study were extracted. The statistical indices were converted to the correlation coefficient (r). The effect of land use on Scarabaeinae richness was smaller in pastures compared to forest fragmentation, fire, ecotourism, monoculture, regeneration, urban area and degraded areas, however the authors emphasized that there was a change in species composition between areas which can trigger a negative effect on the ecological functions performed by these beetles. Most studies focused on pastures, which made it difficult to more accurately analyze the other categories, generating a knowledge gap.

Keywords: Metacommunity, beetle, community structure, systematic review.

Introdução Geral

As florestas tropicais abrigam dois terços de todas as espécies terrestres e fornecem valiosos serviços ecossistêmicos que beneficiam a sociedade humana em escala local, regional e global (Gardner et al., 2009). Entre as florestas tropicais, a Amazônia é a mais biodiversa (Magnusson et al., 2016) com o maior número de aves, mamíferos, anfíbios, peixes e borboletas (Jenkins et al., 2013). Por causa de sua megadiversidade, a floresta amazônica é considerada uma área de alta prioridade para a conservação da biodiversidade (Turner et al., 2007). Estendendo-se por nove países, a região amazônica contém a maior área de floresta tropical contínua do mundo (aproximadamente 5,5 km²) e abriga enormes níveis de biodiversidade terrestre (Malhado et al., 2013). As espécies e ecossistemas da Amazônia suportam uma ampla gama de serviços ecossistêmicos em diferentes escalas, desde bacias hidrográficas até regulação dos padrões climáticos regionais (Strand et al., 2018). Apesar da fama global da floresta amazônica e da importância simbólica das regiões para o movimento internacional de conservação, as florestas em toda a bacia estão ameaçadas de perda de habitat (Fernandes et al., 2017).

As funções do ecossistema são impulsionadas em parte por características ecológicas das espécies (Cadotte et al., 2011) e, portanto, levar em conta a estrutura funcional das comunidades pode melhorar nossa compreensão das ligações entre biodiversidade e funcionamento do ecossistema (Gagic et al., 2015) e pode elucidar como as mudanças causadas por distúrbios nas comunidades biológicas prejudicam os processos ecológicos (Beiroz et al., 2018). Os invertebrados, especialmente os artrópodes, desempenham muitas funções ecossistêmicas insubstituíveis (Cardoso et al., 2011). Dada a enorme diversidade de invertebrados nos trópicos, devemos nos concentrar em táxons que sabemos desempenhar funções importantes dentro do ecossistema e para os quais temos taxonomias bem estabelecidas e dados de características funcionais existentes. Os escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) são um desses táxons focais: desempenham papéis críticos nas vias detritívoras (França et al., 2018), são abundantes e diversificados, e sua amostragem é altamente econômica (Gardner et al., 2008).

Os recursos alimentares para besouros rola-bosta são escassos e distribuídos de forma imprevisível na natureza, resultando em acirrada competição por alimentos (Scholtz et al., 2009). Como consequência, os besouros rola-bosta desenvolveram diferentes estratégias de remoção de recursos que podem estar relacionadas com fatores edáficos. Devido aos seus hábitos de alimentação e nidificação, eles desempenham funções ecológicas importantes, como remoção de esterco, fertilização e aeração do solo e dispersão secundária de sementes (Nichols et al.,). As espécies de besouros rola-bosta são classificadas como rolos (rolar bolas de comida para usar na alimentação e reprodução), tunelizadores (constroem túneis nos quais arrastam comida para construir suas bolas de reprodução) ou moradores (alimentam e se reproduzem diretamente no recurso alimentar) (Scholtz et al., 2009). Cada estratégia de remoção de recursos engloba um conjunto de tipos específicos de comportamento e interações entre os escaravelhos e o meio ambiente (Doube, 1990). Além disso, estratégias de remoção de recursos são usadas para definir grupos funcionais de escaravelhos; portanto, estudando esses grupos é possível ter uma compreensão mais precisa da resposta ecológica dos besouros às pressões ambientais (Salomão et al., 2019).

Revisão Bibliográfica

Amazônia

A floresta amazônica é a maior floresta tropical contígua e mais biodiversa do mundo, abrigando uma grande proporção da diversidade conhecida (Peres et al. 2010). Estima-se que a biodiversidade das plantas vasculares atinge cerca de 40 mil espécies, destes 30 mil são endêmicas (Mittermeier et al., 2003). Na Guiana Francesa o número de indivíduos estimados vivendo em um quilômetro quadrado é de 1.658 (Thiollay, 1994) e no Peru 1.910 respectivamente (Terborgh et al., 1990).

A heterogeneidade espacial, regimes sazonais (por exemplo, pluviosidade, pulso fluvial, umidade e temperatura sazonais) e distúrbios antrópicos que caracterizam a região amazônica resultam em um complexo mosaico de mudanças temporais e espaciais em suas comunidades (Andresen 2002; Noriega et al. 2007; Korasaki et al. 2013). Nos últimos 50 anos, a Amazônia pode ter perdido até 29% de sua cobertura florestal devido ao aumento do desmatamento para pecuária, agricultura e extração de madeira (Peres et al. 2010; INPA 2017). Os novos usos da terra podem gerar fortes impactos ecológicos que não foram totalmente previstos (Cajaiba & Silva, 2017), resultando em isolamento de populações animais e extinções locais (Aizen et al., 2012; Valiente-Banuet et al., 2015). Essas atividades levaram ao surgimento de um mosaico de fragmentos de habitats contendo comunidades em diferentes estágios sucessionais, que fornecem um cenário ideal para entender como as comunidades se reagrupam após a perturbação (Braga et al. 2013; Franca et al. 2016; Cajaiba et al. 2017).

A substituição de florestas por pastagens para pecuária é uma das principais causas do desmatamento e fragmentação de habitats na Amazônia (Barona et al. 2010; Laurance et al. 2014; Müller et al. 2016). As pastagens na Amazônia são formadas pela retirada de florestas e plantio de gramíneas exóticas adequadas ao pastoreio pecuário, principalmente *Melinis minutiflora* e *Urochloa* spp. (Martins 2006). No entanto, grandes áreas cobertas por pastagens são ambientes hostis para espécies florestais incapazes de habitar áreas abertas (Laurance et al. 2004; Santos-Filho et al. 2012; Filgueiras et al. 2015). A modificação da paisagem causada pelo homem reduz a riqueza de espécies e altera a composição de espécies e os padrões de abundância das comunidades animais locais (Laurance et al. 2011), levando à perda de biodiversidade (Reid et al. 2005) uma vez que os besouros rola-bosta da subfamília Scarabaeinae contribuem com melhoria da ciclagem de nutrientes e a influência das propriedades físicas (como a estrutura) e químicas (como o pH e os nutrientes disponíveis) do solo.

Solo

Características físico-químicas do solo afetam a diversidade, a estrutura e a reprodução de besouros escarabeíneos (Arellano et al., 2008; Martínez et al., 2009; Brown et al., 2010; Arriaga et al., 2012; Arellano e Castillo, 2014; Farias et al., 2015; Silva et al., 2015). Propriedades do solo como o teor de umidade, podem favorecer a sobrevivência e o êxito reprodutivo de determinadas espécies de escarabeíneos (Sowig, 1995; Martínez et al., 2009). O aumento da concentração de argila no solo reduz a abundância de besouros paracoprídeos pequenos, favorecendo espécies telecoprídeas

(Silva et al., 2015). Teores altos de fósforo disponível no solo parecem influenciar positivamente a abundância de besouros em ambientes pecuários (Farias et al., 2015).

O pH baixo da água afeta negativamente o crescimento e a sobrevivência de larvas de *Culicoides guttipennis* e *Mallota posticata*, impactando na composição da comunidade das cavidades das árvores alterando assim a seleção do habitat (Paradise, 1998). A eclosão de larvas de díptera *Chironomus riparius* foram reduzidas em pH 2 e sobrevivência parcialmente reduzida para pH 4, e em ácaro aquático *Arrenurus manubriator* para pH 3 (Rousch et al., 1997). Solos com pH extremamente baixo ou alto afeta negativamente as populações de pulgões *caupi Aphis craccivora*, pois o pH 8.1 favorece o seu melhor desempenho e enfraquecendo a defesa da planta como em feijão em *Vicia faba* (Mousa et al., 2022). pH baixo afeta a eficácia de agentes de controle biológico no solo *Beauveria* spp. como patógeno de besouros *Melolontha* preferindo solos neutros e alcalinos (Niemczyk et al., 2019). O pH é um importante preditor na nos padrões de distribuição de insetos bentônicos (Ghougali et al., 2019; Miler et al., 2018; Buczyńska & Buczyński, 2019; Pakulnicka e Zawal, 2018; Tapia et al., 2018; Hirshberg & Ben-Ami, 2019) ao passo que o Nitrogênio (N) e fósforo (P) são cruciais para o crescimento e sobrevivência das plantas. Esses dois elementos são abundantes nas fezes de animais (Voigt et al. 2015), e seu rápido retorno ao solo por meio de escarabeíneos pode ter efeitos positivos nas plantas. Isso pode ser particularmente relevante em florestas tropicais, onde os solos geralmente têm baixa disponibilidade de nutrientes essenciais, em particular P (Vitousek & Sanford 1986).

Scarabaeinae

Os besouros (Coleoptera: Scarabaeinae) são representados por mais de 6.500 espécies em todo o mundo (por exemplo, Philips 2011; Tarasov e Génier 2015; Tarasov e Dimitrov 2016; Schoolmeesters 2020). Na América do Sul há registros de mais de 1.250 espécies de escaravelhos, das quais cerca de 730 espécies são relatadas nas diversas paisagens brasileiras (Vaz-de-Mello et al. 2011; Vaz-de-Mello 2019). São um grupo diversificado de insetos que usam esterco para alimentação e nidificação (Halffter e Matthews, 1966). Apesar de ter uma distribuição global, os besouros rola-bosta das florestas tropicais têm a maior diversidade do mundo (Scholtz et al. 2009). São altamente sensíveis à perda e fragmentação do habitat (Nichols et al. 2007), respondendo rapidamente às mudanças naturais e antropogênicas na estrutura do habitat, em diferentes escalas espaciais (Gardner et al. 2008; Almeida e Louzada 2009; Silva et al. 2010; Braga et al. 2013). A especificidade de espécies distintas de besouros para florestas ou ambientes abertos (Durães et al. 2005; Spector e Ayzama 2003; Silva et al. 2016) os torna excelentes indicadores ecológicos da qualidade e estrutura do habitat (Spector 2006; Nichols e Gardner 2011). São ferramentas para tal, pois sofrem alterações de abundância, riqueza e composição de espécies quando submetidas a alterações ambientais de origem antropogênica ou natural (Halffter e Favila 1993; Louzada et al. 2010; França et al. 2016). São considerados particularmente informativos, devido à sua sensibilidade a fatores abióticos e bióticos (Gardner et al., 2008; Da Silva et al., 2013). De fato, a profundidade do solo, estrutura e porosidade do solo, umidade, temperatura, pH do solo e poluição (Nichols et al., 2008; Viegas et al., 2014; Campos & Hernández, 2015; Cajaiba et al., 2017) e a composição da comunidade de vertebrados estão fortemente correlacionados com as comunidades (Spector, 2006).

Essas funções melhoram as propriedades hidrológicas do solo (Brown et al., 2010) e a concentração foliar de fósforo em mudas (Santos-Heredia et al., 2016), aumenta a altura e biomassa das plantas (Kabir et al., 1985; Gabiati et al., 1995; Bang et al., 2005), e reduz o agrupamento de mudas (Lawson et al., 2012) e gases de efeito estufa, tal como o metano da pecuária (Slade et al., 2016), melhoram as funções ecológicas e a fertilidade do solo dos ecossistemas porque introduzem nutrientes essenciais na zona radicular, que de outra forma permaneceriam no topo do solo e, portanto, inacessíveis às plantas.

Grupos funcionais

A diversificação de escarabeíneos na Terra parece ter seguido o aumento dos tipos de esterco de mamíferos durante o Cenozóico, o que teria promovido seu alto grau de especialização como coprófagos (Hanski e Cambefort 1991). No entanto, para se alimentar e se reproduzir, os besouros rola-bosta usam não apenas excrementos de diferentes mamíferos e outros vertebrados (como macacos, antas, roedores, tartarugas e pássaros), mas também vários outros recursos, como carniça, ovos em decomposição, frutas podres, serapilheira, fungos e até animais vivos (Halffter & Matthews 1966, Gill 1991, Pfrommer e Krell 2004). Nas florestas neotropicais, a coprofagia é o hábito alimentar predominante dos besouros rola-bosta, seguido pela necrofagia (Halffter e Matthews 1966, Gill 1991, Scholtz e Kryger 2009).

A estrutura em guildas funcionais dos besouros rola-bostas na região Neotropical, de maneira geral, está relacionada a fatores históricos e reflete padrões de dominância taxonômica biogeográfica (Halffter et al., 1992, Louzada; Lopes, 1997; Vidaurre-Sanchez, 2011). Porém fatores locais, formadores do micro-habitat, como tipo de vegetação, umidade e granulometria do solo, também são importantes na estruturação das guildas funcionais destes besouros (Doube, 1991). O tipo de solo é um fator determinante para a ocorrência de várias espécies de besouros rola-bostas (Lumaret e Kirk, 1991).

Metacomunidade

Quatro modelos teóricos foram propostos para caracterizar processos mecanicistas que operam em metacomunidades: classificação de espécies, dinâmica de manchas, efeitos de massa e modelo neutro. Esses modelos consideram duas questões principais: se e como as espécies respondem às mudanças nas condições ambientais e se a capacidade de dispersão das espécies é limitada, eficiente ou alta. Em ambientes heterogêneos, diferenças nas comunidades locais causadas por filtros ambientais (por exemplo, qualidade e recursos) e interações entre espécies caracterizam uma metacomunidade guiada pela classificação de espécies. A alta dispersão de indivíduos em ambientes heterogêneos de áreas de fonte a dreno pode resgatar populações em ambientes hostis (ou seja, efeitos de massa). Em um ambiente homogêneo, os trade-offs competição-colonização prevêm que melhores competidores devem excluir melhores colonos (ou seja, dinâmica de manchas). Em um ambiente com condições ambientais semelhantes, uma metacomunidade neutra seria composta por indivíduos de espécies diferentes que são semelhantes em sua capacidade competitiva, dispersão e aptidão; neste caso, a especiação, extinção e limitação de dispersão impulsionam a variação na composição da comunidade local. Efeitos de massa e dinâmica de manchas podem ser casos especiais de classificação de espécies, e metacomunidades podem ser neutras ou guiadas por classificação de espécies com limitada (dinâmica de manchas, sensu), eficiente (classificação de espécies, sensu) e alta (efeitos de massa, sensu) dispersão. No

entanto, uma metacomunidade pode ser estruturada por mais de um paradigma, e os mecanismos podem ter maior ou menor importância dependendo da escala espacial. Uma questão chave é entender os papéis relativos dos processos ambientais e espaciais (Winegardner et al., 2012; Logue et al., 2011; Silva et al., 2014; Leibold et al., 2004).

Revisão sistemática e meta-análise

A revisão sistemática, bom como outros tipos de estudo de revisão, é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema. Esse tipo de investigação disponibiliza um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada. As revisões sistemáticas são particularmente úteis para integrar as informações de um conjunto de estudos realizados separadamente sobre determinada intervenção, que podem apresentar resultados conflitantes ou coincidentes, bem como identificar temas que necessitam de evidência, auxiliando na orientação para investigações futuras (Linde et al., 2003). Meta-análise é o método estatístico utilizado na revisão sistemática para integrar os resultados dos estudos incluídos e aumentar o poder estatístico da pesquisa primária. Embora existam meta-análises publicadas em 1904 e 1955, o termo meta-análise foi utilizado pela primeira vez por Glass, em 1976, para indicar a análise estatística dos resultados das análises de muitos estudos individuais, com o propósito de integrar os achados. Às vezes, o termo meta-análise é utilizado como sinônimo de revisão sistemática, quando a revisão inclui meta-análise (Alderson et al., 2004).

Referências

ALDERSON, P.; GREEN, S.; HIGGINS, J. (eds.). **Cochrane reviewers' handbook 4.2.2** (atualizado em março de 2004). Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2004.

BARONA, Elizabeth *et al.* The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, v. 5, n. 2, p. 024002, 2010.

BRAGA, Rodrigo F. *et al.* Dung beetle community and functions along a habitat-disturbance gradient in the Amazon: a rapid assessment of ecological functions associated to biodiversity. **PLoS One**, v. 8, n. 2, p. e57786, 2013. DOI 10.1371/journal.pone.0057786.

BUCZYŃSKA, Edyta; BUCZYŃSKI, Paweł. Aquatic insects of man-made habitats: Environmental factors determining the distribution of Caddisflies (Trichoptera), Dragonflies (Odonata), and Beetles (Coleoptera) in Acidic Peat Pools. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 1, p. 17, 2019. DOI 10.1093/jisesa/iez005.

CARDOSO, Pedro *et al.* The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. **Biological conservation**, v. 144, n. 11, p. 2647-2655, 2011. DOI 10.1016/j.biocon.2011.07.024.

DA SILVA, Ricardo J.; DINIZ, Soraia; VAZ-DE-MELLO, Fernando Z. Habitat heterogeneity, richness and structure of assemblages of dung beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) in areas of cerrado in the Chapada dos Parecis, Mato Grosso state, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 934-940, 2010.

DE ALMEIDA, Sabrina da SP; LOUZADA, Júlio NC. Community structure of Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) in Brazilian savannah phytophysiognomies and its importance for conservation. **Neotropical Entomology**, v. 38, p. 32-43, 2009. DOI 10.1590/S1519-566X2009000100003.

DOUBE, Bernard M. A functional classification for analysis of the structure of dung beetle assemblages. **Ecological Entomology**, v. 15, n. 4, p. 371-383, 1990.

DURÃES, Renata; MARTINS, Waldney P.; VAZ-DE-MELLO, Fernando Z. Comunidade de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeidae) ao longo de um ecótono natural entre floresta e cerrado em Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 721-731, 2005. DOI 10.1590/S1519-566X2005000500003.

FERNANDES, G. W. *et al.* Dismantling Brazil's science threatens global biodiversity heritage. **Perspectives in Ecology and Conservation**. 15, 239–243. 2017.

FRANÇA, Filipe; LOUZADA, Júlio; BARLOW, Jos. Selective logging effects on 'brown world' faecal-detritus pathway in tropical forests: A case study from Amazonia using dung beetles. **Forest Ecology and Management**, v. 410, p. 136-143, 2018. DOI 10.1016/j.foreco.2017.12.027.

GARDNER, Toby A. *et al.* Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. **Ecology letters**, v. 12, n. 6, p. 561-582, 2009.

GARDNER, Toby A. *et al.* The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. **Ecology letters**, v. 11, n. 2, p. 139-150, 2008. DOI 10.1111/j.1461-0248.2007.01133.x.

GARDNER, Toby A. *et al.* The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. **Ecology letters**, v. 11, n. 2, p. 139-150, 2008.

GHOUGALI, Fayssal *et al.* Diversity and distribution patterns of benthic insects in streams of the Aurès arid region (NE Algeria). **Oceanological and Hydrobiological Studies**, v. 48, n. 1, p. 31-42, 2019. DOI 10.1515/ohs-2019-0004.

HALFFTER, Gonzalo; MATTHEWS, Eric G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Folia Entomologica Mexicana**, n. 12-14. 312p. 1966.

HIRSHBERG, Ofir; BEN-AMI, Frida. Sinkholes as a source of life in the Dead Sea region. **Aquatic sciences**, v. 81, p. 1-14, 2019. DOI 10.1007/s00027-018-0611-2.

LEIBOLD, Mathew A. *et al.* The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. **Ecology Letters**, v. 7, p. 601-613, 2004.

LINDE, Klaus; WILLICH, Stefan N. How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine. **Journal of the royal society of medicine**, v. 96, n. 1, p. 17-22, 2003.

LOGUE, Jürg B. *et al.* Empirical approaches to metacommunities: a review and comparison with theory. **Trends in ecology & evolution**, v. 26, n. 9, p. 482-491, 2011.

MAGNUSSON, W. E. *et al.* Amazônia-Biodiversidade incontável. **Conhecendo a Biodiversidade**, Brasília: Editora Vozes, p. 113-123, 2016.

MALHADO, Ana *et al.* The ecological biogeography of Amazonia. **Frontiers of Biogeography**, v. 5, n. 2, 2013. DOI 10.21425/F5FBG13314.

MILER, Oliver *et al.* Across-shore differences in lake benthic invertebrate communities within reed stands (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). **International Review of Hydrobiology**, v. 103, n. 5-6, p. 99-112, 2018. DOI 10.1002/iroh.201801955.

MITTERMEIER, Russell A. *et al.* Wilderness and biodiversity conservation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 18, p. 10309-10313, 2003. DOI 10.1073/pnas.1732458100.

MOUSA, Kareem M. *et al.* Soil pH alters the biological parameters of cowpea aphid *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae) on its host plant *Vicia faba*. **Saudi**

Journal of Biological Sciences, v. 29, n. 4, p. 2926-2932, 2022. DOI 10.1016/j.sjbs.2022.01.021.

NICHOLS, E. S.; GARDNER, T. A. Dung beetles as a candidate study taxon in applied biodiversity conservation research. *In*: SIMMONS L. W.; RIDSDILL-SMITH, T. J. (eds.). **Ecology and Evolution of Dung Beetles**. New York: Wiley, 2011, cap. 13, p. 267-291. DOI 10.1002/9781444342000.ch13.

NICHOLS, Elizabeth S. *et al.* Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**, v. 141, n. 6, p. 1461-1474, 2008. DOI 10.1016/j.biocon.2008.04.011.

NICHOLS, Elizabeth S. *et al.* Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta-analysis. **Biological Conservation**, v. 137, n. 1, p. 1-19, 2007. DOI 10.1016/j.biocon.2007.01.023.

NIEMCZYK, Marzena *et al.* Natural occurrence of *Beauveria* spp. in outbreak areas of cockchafers (*Melolontha* spp.) in forest soils from Poland. **BioControl**, v. 64, p. 159-172, 2019. DOI 10.1007/s10526-019-09927-3.

PAGE, Matthew J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, 2021. DOI 10.1136/bmj.n71.

PAKULNICKA, J.; ZAWAL, A. Model of disharmonic succession of dystrophic lakes based on aquatic beetle fauna (Coleoptera). **Marine and Freshwater Research**, v. 70, n. 2, p. 195-211, 2018.

PARADISE, Christopher. Colonization and development of insects in simulated treehole habitats with distinct resource and pH regimes. **Ecoscience**, v. 5, n. 1, p. 39-45, 1998.

ROUSCH, Jeffrey M. *et al.* Relative acute effects of low pH and high iron on the hatching and survival of the water mite (*Arrenurus manubriator*) and the aquatic insect (*Chironomus riparius*). **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 16, n. 10, p. 2144-2150, 1997. DOI 10.1002/etc.5620161022.

SALOMÃO, Renato P. *et al.* Urbanization effects on dung beetle assemblages in a tropical city. **Ecological Indicators**, v. 103, p. 665-675, 2019. DOI 10.1016/j.ecolind.2019.04.045.

SCHOLTZ, Clarke Henry; DAVIS, Adrian Louis Victor; KRYGER, Ute. **Evolutionary biology and conservation of dung beetles**. Sofia-Moscow: Pensoft, 2009, 567 p.

SILVA, Pedro Giovâni da; HERNÁNDEZ, Malva Isabel Medina. Local and regional effects on community structure of dung beetles in a mainland-island scenario. **PLoS One**, v. 9, n. 10, p. e111883, 2014.

SILVA, Ricardo J.; STORCK-TONON, Danielle; VAZ-DE-MELLO, Fernando Z. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) persistence in Amazonian forest fragments and adjacent pastures: biogeographic implications for alpha and beta diversity. **Journal of Insect Conservation**, v. 20, p. 549-564, 2016.

SPECTOR, Sacha. Scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): an invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation. **The Coleopterists Bulletin**, v. 60, n. mo5, p. 71-83, 2006.

SPECTOR, Sacha; AYZAMA, Sergio. Rapid turnover and edge effects in dung beetle assemblages (Scarabaeidae) at a Bolivian neotropical forest-savanna ecotone1. **Biotropica**, v. 35, n. 3, p. 394-404, 2003.

STRAND, Jon *et al.* Spatially explicit valuation of the Brazilian Amazon forest's ecosystem services. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 11, p. 657-664, 2018.

TERBORGH, John *et al.* Structure and organization of an Amazonian forest bird community. **Ecological Monographs**, v. 60, n. 2, p. 213-238, 1990.

THIOLLAY, Jean-Marc. Structure, density and rarity in an Amazonian rainforest bird community. **Journal of Tropical Ecology**, v. 10, n. 4, p. 449-481, 1994.

TURNER, Will R. *et al.* Global conservation of biodiversity and ecosystem services. **BioScience**, v. 57, n. 10, p. 868-873, 2007.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. *et al.* Os besouros rola-bosta (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) da Fazenda São Nicolau. In: RODRIGUES, D. J.; IZZO, T. J.; BATTIROLA, L. D. (eds.) **Descobrimos a Amazônia Meridional: Biodiversidade da Fazenda São Nicolau**. Cuiabá: Editora UFMS, 2011, p. 75-100.

Objetivo Geral

Caracterizar as comunidades de besouros Scarabaeinae em relação a diferentes atributos ambientais.

Hipótese(s)

Besouros Scarabaeinae se organizam respondendo a atributos ambientais nos diversos ecossistemas em condições ambientais adversas.

METACOMUNIDADE DE ESCARABEÍNEOS AMAZÔNICOS

PINHEIRO, A¹. RAIZER, J.¹ VAZ-DE-MELLO, F. Z.²

¹Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

²Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT.

aquirya@gmail.com, josueraizer@ufgd.edu.br, vazdemello@gmail.com

Resumo

Os besouros rola-bosta estão associados a diferentes funções ecossistêmicas que fornecem serviços e bens vitais para humanos, animais e plantas, entretanto, existe um declínio global particularmente nos últimos 30 anos. Investigamos a estrutura metacomunitária em três áreas (mata, reflorestamento e pastagem) no bioma amazônico em Cotriguaçu, Mato Grosso. Para avaliar os efeitos de cinco variáveis preditoras: a) tamanho da área, b) pH, c) fósforo, d) alumínio, e) classe textural do solo, sobre as comunidades de Scarabaeinae consideramos um Modelo Linear Generalizado com distribuição Quasi-Poisson (GLM). Foram coletados 21.271 indivíduos, 65 espécies das tribos Ateuchini, Coprini, Deltochilini, Canthonini, Phanaenini, Dichotomiini e Oniticellini. As espécies mais abundantes foram *Canthonhistrio* com 5.331 indivíduos (23%), *Canthonaffsimulans* com 3.467 indivíduos (15%), *Onthophagusaffhirculus* com 3.253 indivíduos (14%) e *Onthophagusaffhaematopus* com 2.033 indivíduos (9%). Do total de indivíduos, 52% são paracoprídeos, 43% telecoprídeo e 5% endocoprídeo. A guilda de endocoprídeo é afetada pelo pH do solo, ocorrendo com preferência em maior abundância nos solos ácidos. A guilda de tuneladores responde distintamente as classes textural de solo preferindo um baixo nível de fósforo. A guilda de Paracoprídeo não foi influenciada significativamente estatístico por nenhum dos preditores analisados, sugerindo que existem outros fatores geradores de processos influenciando na riqueza e abundância. Além dos fatores variáveis preditoras investigadas, outros fatores como a competição inter e intraespecífica também podem afetar a estrutura, composição, diversidade e abundância de Scarabaeinae nos ambientes, o que merecem ser futuramente investigados.

Palavras-Chave: Besouros do esterco, Amazônia, Diversidade funcional, Solo.

Introdução

A transformação de áreas naturais envolve muito mais do que simples mudanças em tamanho, forma ou isolamento do habitat original. Inclui a substituição de vegetação original por outros ambientes, resultando em um mosaico heterogêneo de remanescentes florestais imersos em uma matriz derivada de atividades humanas (Forman, 1995). Em geral, a persistência das espécies nestes novos ambientes depende fortemente da intensidade e frequência da perturbação e do arranjo espacial e dos habitats naturais e antrópicos (Forman, 1995). Isso é, além das características específicas das histórias naturais da espécie, como tamanho do corpo, hábitos alimentares, preferências de uso de habitat e capacidade de dispersão (Dale et al., 1994).

A substituição de florestas por pastagens para pecuária é uma das principais causas do desmatamento e fragmentação de habitats na Amazônia (Müller et al. 2016). As pastagens na Amazônia são formadas pela retirada de florestas e plantio de gramíneas exóticas adequadas ao pastoreio pecuário, principalmente *Melinis minutiflora* e *Urochloa* spp. (Martins, 2006). No entanto, grandes áreas cobertas por pastagens são ambientes hostis para espécies florestais incapazes de habitar áreas abertas (Filgueiras et al. 2015). A modificação da paisagem causada pelo homem reduz a riqueza de espécies e altera a composição de espécies e os padrões de abundância das comunidades animais locais (Laurance et al., 2011), levando à perda de biodiversidade (Reid et al., 2005).

As respostas dos besouros rola-bosta ao desmatamento e à introdução de pastagens têm uma forte relação com a localização biogeográfica da área de estudo e o padrão de distribuição das espécies (Silva et al., 2016). Portanto, pastagens formadas em áreas anteriormente cobertas por paisagens florestais têm maior perda de espécies do que pastagens formadas em paisagens naturalmente abertas (por exemplo, Cerrado) (Silva et al., 2016). A parte sul do Pará situa-se no “arco do desmatamento”, pois possui uma das maiores taxas de conversão de floresta em pastagem e agricultura do mundo (Müller et al. 2016). Este cenário garante a oportunidade de testar os efeitos das mudanças ambientais antropogênicas na comunidade da fauna.

A variação da estrutura da comunidade em toda a paisagem é uma consequência da resposta adaptativa dos besouros rola-bosta a diferentes formações, como savana aberta e seca versus floresta úmida e sombria. Por exemplo, diferenças nos recursos alimentares e condições microclimáticas para exploração de fezes (Durães et al. 2005), heterogeneidade estrutural resultante da estratificação vegetal (Almeida e Louzada 2009, Silva et al. 2010), tamanho e isolamento dos fragmentos florestais (Milhomem et al. 2003, Silva et al. 2010). Essas guildas de uso de recursos fazem com que a comunidade de escaravelhos seja sensível à variação nas condições da paisagem, incluindo textura do solo, umidade e temperatura (Silva et al. 2015).

Com isso, este trabalho teve como objetivo descrever as guildas funcionais dos besouros rola-bostas e analisar a influência da textura do solo e tamanho da área na estruturação destas guildas e inferir possíveis processos geradores destes padrões. Consideramos a hipótese de que a composição, abundância e riqueza de espécies da comunidade de besouros rola-bosta respondem as variáveis preditoras.

Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo está inserida no bioma amazônico no estado de Mato Grosso, sendo duas áreas de pastagem, uma de mata e uma de reflorestamento na Fazenda São Nicolau (10.000 ha), Município de Cotriguaçu, Mato Grosso (9°48'S e 58°15'W), (figura 1). O clima regional é do tipo AW (quente e úmido), de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 24° C, umidade relativa média de 85% e precipitação média anual de 2.300 mm (Rodrigues et al., 2011).

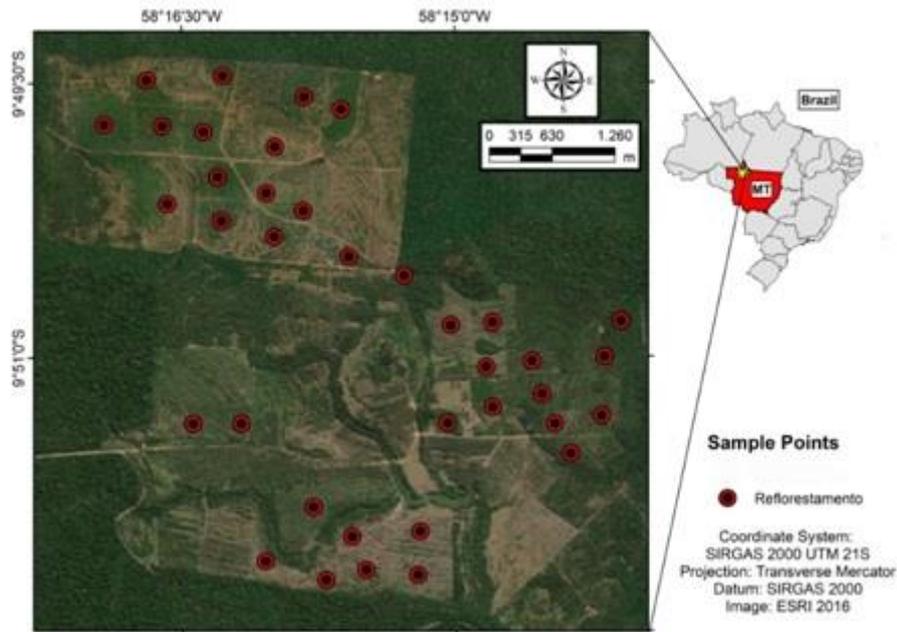


Figura 1. Localização da área de estudo com os pontos amostrados.

Desenho amostral

A coleta dos besouros ocorreu entre 27/10 e 17/11/2010 no período chuvoso que é o principal período de acasalamento onde esses insetos estão ativamente distribuídos no hábitat (Lizardo e Castellanos-Vargas, 2016). Armadilhas do tipo pitfall com 50g de isca com fezes humana por 48 horas, distribuídas em cinco pontos com espaçamento de 50m entre si por área (49 no total). A identificação taxonômica foi realizada por Dr. Fernando Vaz-de-Mello e os exemplares foram depositados Coleção Zoológica da Universidade Federal de Mato Grosso (CEMT) em Cuiabá. As amostras de solos foram coletadas a 20 cm de profundidade e analisados o pH, fósforo, alumínio e textura.

Guildas

Para determinar as guildas dos besouros rola-bostas foi utilizada a classificação proposta por Cambefort (1991), que define os gêneros de paracoprídeos e telecoprídeos em duas categorias de tamanho: pequenos (< 1 cm) e grandes (≥ 1 cm). Foi inserido nesta classificação a guilda dos endocoprídeos a qual não foi abordada originalmente por Cambefort (1991). O gênero *Uroxys* é considerado cleptoparasita, porém várias espécies podem ser paracoprídeos ou endocoprídeos (YOUNG, 2009), por este motivo este gênero foi removido das análises. A espécie *Pseudocanthon aff xanthurus* foi removida das análises por sua guilda funcional ser desconhecida.

Análises

Foram analisadas cinco variáveis preditoras para detectar a influência das mesmas sobre a riqueza e abundância de Scarabaeinae para a comunidade geral e entre as guildas de telecoprídeos, paracoprídeos e endocoprídeos: a) tamanho da área, b) pH, c) fósforo, d) alumínio, e) classe textural do solo. Para avaliar os efeitos das variáveis sobre as comunidades de Scarabaeinae consideramos um Modelo Linear Generalizado com distribuição Quasi-Poisson (GLM).

Para encontrar os padrões de composição e densidade de espécies nas diferentes classes de solo, foi realizada a análise multivariada de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) com distâncias Jaccard.

Resultados

Foram coletados 21.271 indivíduos (Figura 2), 65 espécies das tribos Ateuchini, Coprini, Deltochilini, Canthonini, Phanaenini, Dichotomiini e Oniticellini. As espécies mais abundantes foram *Canthonhistrioc* com 5.331 indivíduos (23%), *Canthonaffsimulans* com 3.467 indivíduos (15%), *Onthophagusaffhirculus* com 3.253 indivíduos (14%) e *Onthophagusaffhaematopus* com 2.033 indivíduos (9%), tabela 1. Do total de indivíduos, 52% são paracoprídeos, 43% telecoprídeo e 5% endocoprídeo. O período de atividade noturno está representado por 45% dos indivíduos, diurno 30% e diurno-noturno 25%.

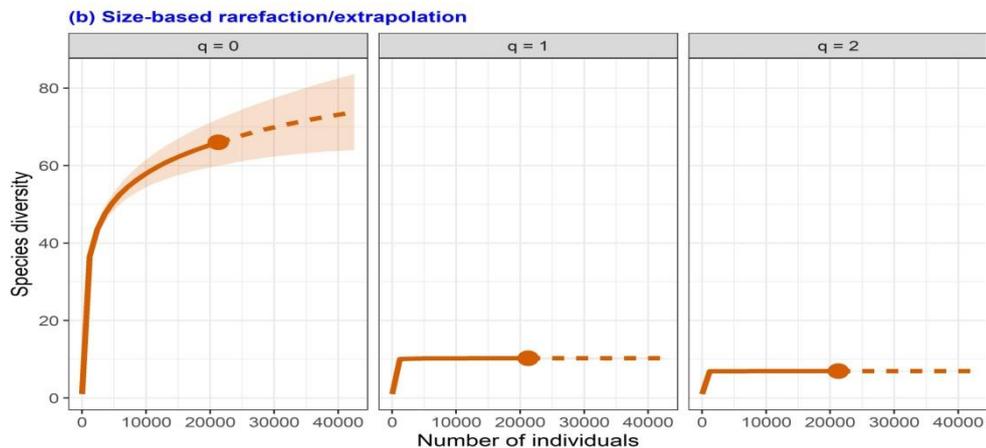


Figura 2. Rarefação e extrapolação do número de espécies para as ordens de diversidade 0, 1 e 2 (números de Hill) com base no tamanho da amostra (número de indivíduos) de escarabeíneos coletados em Cotriguaçu, Mato Grosso, Brasil. A área sombreada representa o intervalo de confiança de 95% (Chao et al., 2020).

Tabela 1. Lista de espécies coletadas em Cotriguaçu, MT, 2010.

Espécies	Tamanho	Guilda trófica	Número de indivíduos
Ateuchini			
<i>Ateuchusaffstriatulus</i>	P	P	39
<i>Ateuchusconnexus</i>	P	P	19
<i>Ateuchusmurrayi</i>	P	P	62
<i>Ateuchus</i> sp.1	P	P	56
<i>Besourenghoracioi</i>	G	P	11
<i>Trichillidiumaffpilosum</i>	P	P	4
Coprini			
<i>Canthidiumaffardens</i> sp.1	P	P	314
<i>Canthidiumaffardens</i> verde	P	P	7

<i>Canthidiumaffkorschefskyi</i>	P	P	1
<i>Canthidiumafflentum</i>	P	P	3
<i>Canthidiumdohrni</i>	P	P	1
<i>Canthidiumlentum</i>	P	P	3
<i>Canthidiumsp.10</i>	P	P	1.071
<i>Ontherusappendiculatus</i>	G	P	30
Deltochilini			
<i>Canthonaffsericatus</i>	P	T	8
<i>Canthonaffsimulans</i>	P	T	3.479
<i>Canthonaffsubhyalinus</i>	P	T	3.381
<i>Canthonchalybaeus</i>	P	T	174
<i>Canthonhistrion</i>	P	T	5.291
<i>Canthonlituratus</i>	P	T	606
<i>Canthonproseni</i>	P	T	18
<i>Canthontriangularis</i>	P	T	43
Canthonini			
<i>Canthonellasp.1</i>	P	T	1
<i>Deltochilumaffperuanum</i>	G	T	4
<i>Deltochilumaffsilphoides</i>	G	T	1
<i>Deltochilumamazonicum</i>	G	T	1
<i>Deltochilumcarinatus</i>	G	T	178
<i>Deltochilumenceladum</i>	G	T	5
<i>Deltochilumorbiculare</i>	G	T	4
<i>Hansreiasp.</i>	P	T	1
<i>Pseudocanthonaffxanthurus</i>	-	-	36
<i>Uroxyssp.1</i>	-	-	61
<i>Uroxyssp.2</i>	-	-	1
<i>Uroxyssp.3</i>	-	-	2
<i>Sylvicanthonsp.1</i>	P	T	3
Phanaeini			
<i>Coprophanaeusdegallieri</i>	G	P	1
<i>Coprophanaeuslancifer</i>	G	P	13
<i>Coprophanaeustelamon</i>	G	P	3
<i>Oxysternonconspicillatum</i>	G	P	17
<i>Oxysternonmacleayi</i>	G	P	6
<i>Oxysternonsilenus</i>	G	P	12
<i>Phanaeusbispinus</i>	G	P	1
<i>Phanaeuschalcomelas</i>	G	P	48
<i>Sulcophanaeusfaunus</i>	P	P	10
Dichotomiini			
<i>Dichotomiusaffglobulus</i>	G	P	25
<i>Dichotomiusafflucasi</i>	G	P	10
<i>Dichotomiuslongiceps</i>	G	P	28
<i>Dichotomiusmamillatus</i>	G	P	28
<i>Dichotomiusmelzeri</i>	G	P	77
<i>Dichotomiuspseudocuprinus</i>	G	P	226
<i>Dichotomiusrobustus</i>	G	P	3
<i>Dichotomiusworontzowi</i>	G	P	23

<i>Oniticellini</i>			
<i>Eurysternusarnaudi</i>	G	E	1
<i>Eurysternusatrosericus</i>	P	E	167
<i>Eurysternuscaribaeus</i>	G	E	60
<i>Eurysternushamaticollis</i>	G	E	3
<i>Eurysternusvastiorum</i>	G	E	2
<i>Eurysternuswittmerorum</i>	G	E	17
<i>Onthophagini</i>			
<i>Digitonthophagusgazella</i>	P	P	2
<i>Onthophagusaffhaematopus</i>	P	P	1.161
<i>Onthophagusaffhirculus</i>	P	P	3.194
<i>Onthophagusaffonorei</i>	P	P	436
<i>Onthophagusaffosculatii</i>	P	P	659
<i>Onthophagusonthochromus</i>	P	P	15
<i>Onthophagus</i> sp.16	P	P	2

Variáveis preditoras]

O resultado da análise multivariada de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) com distâncias Bray-Curtis (Stress=0,15) mostrou que as espécies são similares entre as quatro classes de solo: franco arenosa, areia franca (grosseira), franco argilo arenosa (moderadamente fina) e argilo arenosa (fina), (Figura 3).

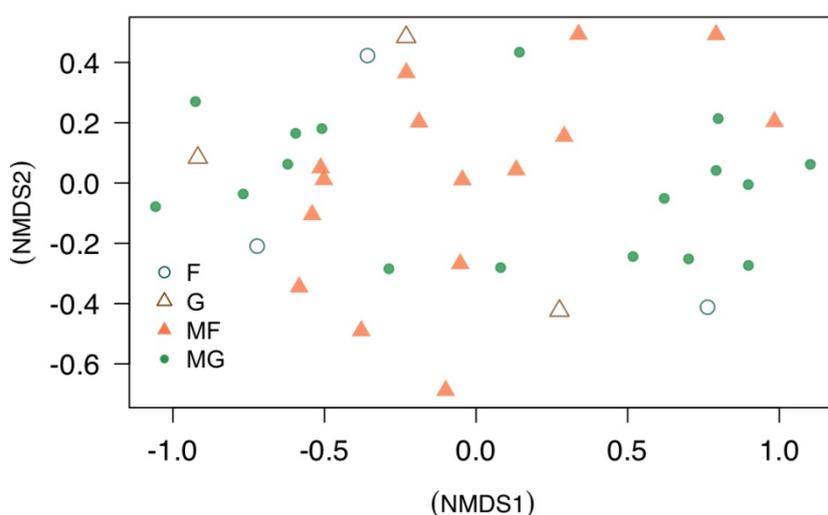


Figura 3. Ordenação das amostras por escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) com distâncias Bray-Curtis. F:fina; G=grossa;; MF=Moderadamente fina; MG=moderadamente grossa.

Nos resultados das análises de GLM identificou-se que nenhuma das variáveis preditoras afetou significativamente a riqueza de espécies, (Tabela 2).

Tabela 2. Resultado das análises do modelo linear generalizado (GLM) testando o efeito das variáveis preditoras sobre a riqueza total de espécies.

Variável explicativa	GL	<i>Desvio</i>	F	p
Tamanho da área	36	0.0228	0.0045	0.9468
pH	35	4.115	0.8163	0.3735
fósforo	34	0.3456	0.0686	0.7952
alumínio	33	13.9603	2.7694	0.1065
classe textural	30	22.853	1.5112	0.2317

Houve uma interação quase significativa entre a abundância de indivíduos e a variável classe textural, tabela 3.

Tabela 3. Resultado das análises do modelo linear generalizado (GLM) testando o efeito das variáveis preditoras e abundâncias totais de indivíduos.

Variável resposta	Variável explicativa	Distribuição	GL	<i>Deviance</i>	Valor de F	p-Value
abundância	Tamanho da área	Quasi-Poisson	36	254.95	0.9202	0.3451
	pH	Quasi-Poisson	35	93.41	0.3371	0.56582
	fósforo	Quasi-Poisson	34	5.65	0.0204	0.88738
	alumínio	Quasi-Poisson	33	79.88	0.2883	0.59526
	classe textural	Quasi-Poisson	30	1975.07	2.3761	0.08971

Como o valor de p da classe textural foi perto de ser significativo acreditamos que se isolássemos a variável e analisamos novamente mas com a distribuição Quase-poisson teríamos o valor de p mais apurado. Então, foi calculado o efeito com o modelo mínimo significativo para a variável classe textural, e o valor de p (0,03) foi significativo, tabela 4.

Tabela 4. Resultado das análises do modelo linear generalizado (GLM) testando o efeito da variável preditora classe textural abundâncias totais de indivíduos.

Variável resposta	Variável explicativa	Distribuição	GL	<i>Deviance</i>	Valor de F	p-Value
abundância	classe textural	Quasi-poisson	34	2347.8	3.144	0.03769

A classe estrutural foi classificada em argilo arenosa (5%) seguida por areia franca (11%), franco argilo arenosa (39%) e franco arenoso (45%). Dentre as quatro

classes de textura de solo, apenas areia franca e franco argilo arenosa explicaram a abundância (Figura 4).

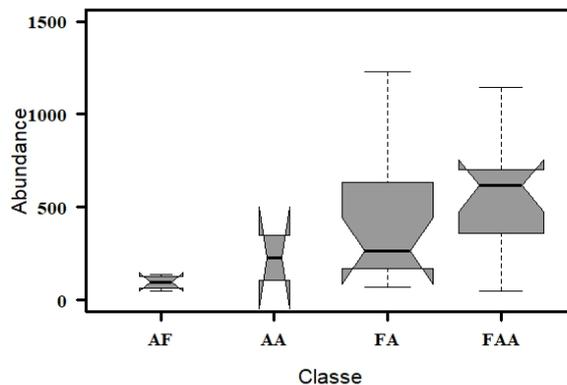


Figura 4. Efeito da textura do solo sobre a abundância total de Scarababaeinae.

Guilda funcional

Foram identificados três grupos funcionais como telecoprídeo (transportadores), paracoprídeo (tunelizadores) e endocoprídeo (moradores), entretanto ambas não tiveram correlação significativa entre suas riquezas e abundâncias, figura 5. Os telecoprídeos obtiveram a segunda maior riqueza (17) e a maior abundância ($p=0.4$) os paracoprídeos obtiveram a maior riqueza (39) e a segunda maior abundância ($p=0.6$), e os endocoprídeos a menor riqueza (6) e abundância (297), ($p=0.7$).

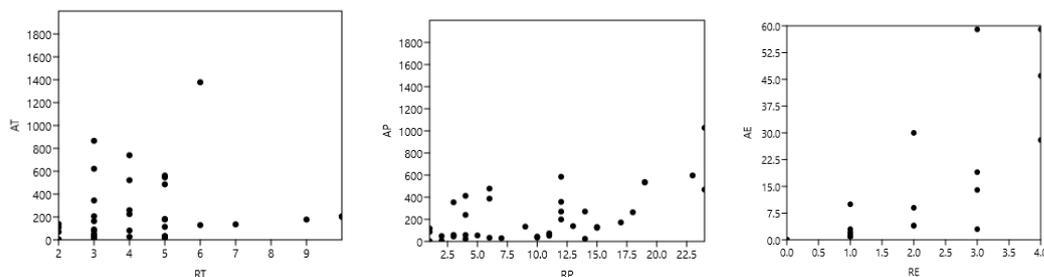


Figura 5. Realção entre riqueza e abundância de telecoprídeos. RT=riquezaTelecoprídeo, AT=abundânciaTelecoprídeo; RP= Riqueza Paracoprídeo, AP=abundância Paracoprídeo; RE=Riqueza Endocoprídeo, AE=Abundância Endocoprídeo.

A riqueza de telecoprídeos foi explicada somente pela classe textural e o fósforo (Tabela 5).

Tabela 5. Resultado das análises do modelo linear generalizado (GLM) testando o efeito das variáveis predictoras e resposta.

Variável resposta	Variável explicativa	Distribuição	GL	Deviance	Valor de F	p-Value
-------------------	----------------------	--------------	----	----------	------------	---------

Riqueza	Tamanho da					
telecoprídeos	área	Quasi-Poisson	36	0.1032	0.1567	0.69504
	pH	Quasi-Poisson	35	1.3188	2.0013	0.16746
	fósforo	Quasi-Poisson	34	2.9161	4.4253	0.04390 *
	alumínio	Quasi-Poisson	33	0.0558	0.0846	0.77313
	classe textural	Quasi-Poisson	30	5.8088	2.9383	0.04916 *

O efeito das variáveis preditoras sobre a riqueza de telecoprídeos foi estatisticamente significativo para o fósforo e classe textural. As classes areia franca e argilo arenosa são iguais e diferem das classes franco arenosa e franco argilo arenosa, (Figura6).

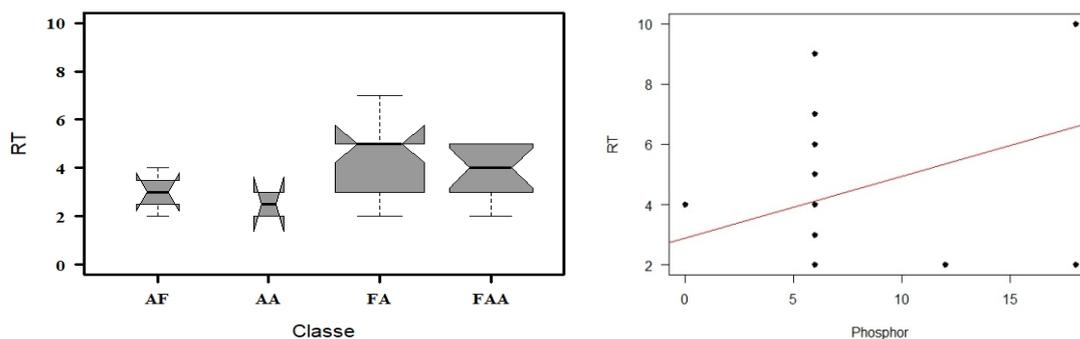


Figura 6. Resultado das análises do modelo linear generalizado (GLM) testando o efeito das variáveis preditoras e resposta..

Não houve efeito estatisticamente significativo entre preditoras e abundâncias de telecoprídeo, (Tabela 6).

Tabela 6. Resultado das análises do modelo linear generalizado (GLM) testando o efeito das variáveis preditoras e resposta.

Variável resposta	Variável explicativa	Distribuição	GL	Deviance	Valor de F	p-Value
Riqueza telecoprídeo	Tamanho da área	Quasi-Poisson	36	402.31	1.0675	0.3098
	pH	Quasi-Poisson	35	64.3	0.1706	0.6825
	fósforo	Quasi-Poisson	34	111.18	0.295	0.591
	alumínio	Quasi-Poisson	33	5.68	0.0151	0.9031
	classe textural	Quasi-Poisson	30	1419.68	1.2557	0.3072

Para a guilda de endocoprídeos não houve efeito estatisticamente positivo das variáveis preditoras e riqueza de indivíduos telecoprídeos, (Tabela 7).

Tabela 7. Resultado das análises do modelo linear generalizado (GLM) testando o efeito das variáveis preditoras e resposta.

Variável resposta	Variável explicativa	Distribuição	GL	Deviance	Valor de F	p-Value
Riqueza	Tamanho da área	Quasi-Poisson	36	0.3588	0.2176	0.6442
	pH	Quasi-Poisson	35	0.4603	0.2792	0.6011
	fósforo	Quasi-Poisson	34	1.8283	1.1088	0.3007
	alumínio	Quasi-Poisson	33	2.8646	1.7373	0.1975
	classe textural	Quasi-Poisson	30	7.194	1.4543	0.2468

Entretanto houve efeito estatisticamente significativas das variáveis predictoras sobre a variável resposta abundâncias de indivíduos endocoprídeos, (Tabela 8).

Tabela 8. Resultado das análises do modelo linear generalizado (GLM) testando o efeito variáveis predictoras e resposta.

Variável resposta	Variável explicativa	Distribuição	GL	Deviance	Valor de F	p-Value
Riqueza	Tamanho da área	Quasi-Poisson	36	28.19	1.4425	0.23913
	pH	Quasi-Poisson	35	89.286	4.5689	0.04083 *
	fósforo	Quasi-Poisson	34	117.665	6.021	0.02016 *
	alumínio	Quasi-Poisson	33	9.778	0.5003	0.48481
	classe textural	Quasi-Poisson	30	122.685	2.0926	0.12215

O efeito foi estatisticamente significativo das variáveis predictoras pH ($F=4.56$; $p=0.04$) e fósforo ($F=117.66$, $p=0.02$) sobre variáveis resposta abundâncias de indivíduos endocoprídeos, (Figura 7).

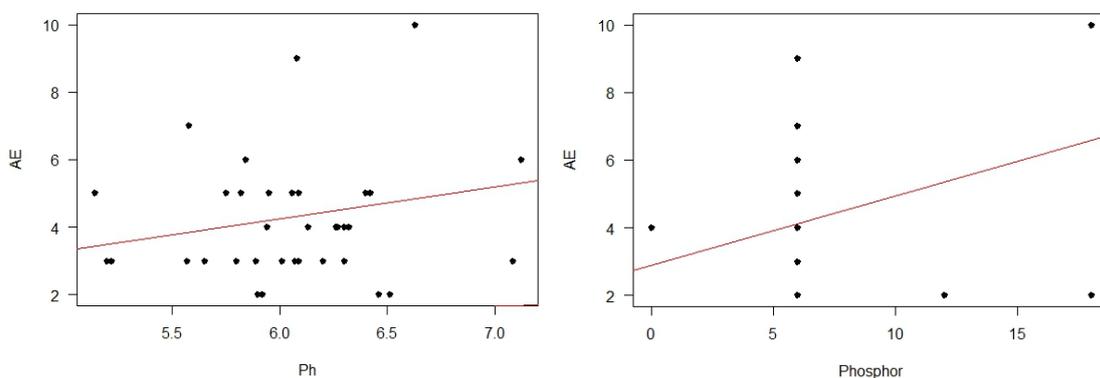


Figura 7. Resultado das análises do modelo linear generalizado (GLM) testando o efeito das variáveis predictoras e resposta.

Discussão

Com bases nos resultados, a riqueza total de espécies nas áreas amostradas não foi explicada por nenhuma das variáveis preditoras estudadas, entretanto para a abundância total de indivíduos das áreas amostradas foi explicada pela preditora classe textural, sendo significativa a areia franca e franco argilo arenosa. O aumento da proporção de areia no solo aumentou a abundância total de espécies. Propriedades hidrológicas de solos franco arenosos são favorecidas pela atividade de espécies pertencentes a guilda de paracoprídeos (Brown et al., 2010) e teoricamente, pelo ciclo de vida deste grupo, podem atuar como um reforço no processo da manutenção da aeração do solo, uma vez que, quando os indivíduos adultos realizam as galerias e depositam seus ovos, a próxima geração de besouros quando emergida também favoreceria esse processo (Halfpeter e Edmonds, 1982).

Guildas

A maior riqueza de espécies foi representada pelos paracoprídeos e essa proporção também foi encontrada em outros trabalhos na região neotropical (Halfpeter et al., 1992; Louzada; Lopes, 1997; Silva e Di Mare, 2012, Silva et al., 2015). Os paracoprídeos apresentam diferentes arquiteturas de ninho o que lhes permite utilizarem a mesma massa fecal de maneira distinta. Esses besouros são capazes de construir túneis em baixo ou do lado do recurso fecal com galerias profundas e ramificadas com uma ou diversas câmaras de oviposição (Halfpeter e Matthews, 1966; Halfpeter, 1977).

A abundância de endocoprídeo foi significativamente correlacionada com o pH, preferindo solo ácido em uma faixa entre pH 6 e 6,5 e fósforo em baixa concentração em uma faixa de 6.

A riqueza de telecoprídeos foi significativamente correlacionada com o baixo nível de fósforo no solo ocorrendo na faixa de 6 e com classe textural do solo formando dois grupos com preferências distintas, um com menor teor de areia no solo e outro com maior teor de areia no solo.

A restrição das guildas de telecoprídeos e endocoprídeos podem estar relacionadas ao fato de estarem recebendo potencialmente forte insolação pois em ambientes abertos podem aumentar proporcionalmente o nível de dissecação do recurso e de bola-ninho, e isso acaba restringindo potencialmente os telecoprídeos e endocoprídeos para ambientes mais fechados (Hanski & Cambefort 1991).

Conclusões

- A guilda de endocoprídeo é afetada pelo pH do solo, ocorrendo em maior abundância nos solos ácidos.

- A guilda de paracoprídeos responde distintamente as classes textural de solo preferindo um baixo nível de fósforo e solos com maior teor de areia. Um dos principais serviços ecossistêmicos prestados por esses insetos é a remoção de excrementos, atividade que contribui para a reciclagem de nutrientes (incorporando nitrogênio e fósforo ao solo) e acelera a mineralização (Nichols et al., 2008). A diversidade de besouros paracoprídeos e abundância de telecoprídeos são às vezes maiores em solos mais arenosos (Davis, 1996a; Farias e Hernández, 2017).

- A guilda de Paracoprídeo não foi influenciada significativamente por nenhum dos preditores analisados, sugerindo que existem outros fatores geradores de processos influenciando na riqueza e abundância.
- Além das variáveis preditoras investigadas, outros fatores como a competição inter e intraespecífica também podem afetar a estrutura, composição, diversidade e abundância de Scarabaeinae nos ambientes, o que merecem ser futuramente investigados.

Relevância social, econômica ou cultural da pesquisa (impacto regional, nacional ou internacional)

Os resultados dos estudos serão relevantes para a economia uma vez que se conheça as espécies de besouros em escala local e global e suas funções ecológicas que estão sendo desempenhadas, conservar essas espécies em suas áreas reverterá em benefícios ecossistêmicos aos produtores rurais da região como supressão de parasitas, dispersão secundária de sementes, adubação do solo e aeração, ciclagem de nutrientes entre outros.

Referências Bibliográficas

ALVARES, Clayton A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI [10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507).

CHAO, Anne; JOST, Lou. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. **Ecology**, v. 93, n. 12, p. 2533-2547, 2012.

DALE, V. H. *et al.* Landscape characterization and biodiversity research. In: BOYLE, J. B. B.; BOONTAWEE B. (eds.) **Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forests**. Oak Ridge National Lab. (ORNL), Oak Ridge, TN (United States), 1994. p. 47-66.

FILGUEIRAS, Bruno K. C.; TABARELLI, Marcelo; LEAL, Inara R. Dung beetle persistence in human-modified landscapes: combining indicator species with anthropogenic land use and fragmentation-related effects. **Ecological Indicators**, v. 55, p. 65-73, 2015. DOI [10.1016/j.ecolind.2015.02.032](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.02.032).

FORMAN, Richard T. T. **Landscape mosaics. The Ecology of Landscape and Regions**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 632 p.

GARDNER, Toby A. *et al.* Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. **Journal of applied ecology**, v. 45, n. 3, p. 883-893, 2008.

LAURANCE, William F. *et al.* The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. **Biological conservation**, v. 144, n. 1, p. 56-67, 2011. DOI [10.1016/j.biocon.2010.09.021](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.021).

LIZARDO, Viridiana; CASTELLANOS-VARGAS, Iván. Dung Beetle Community Response to Vegetation Type and Season in an Arid Zone of the Mexican Plateau. **Southwestern Entomologist**, v. 41, n. 2, p. 441-452, 2016. DOI [10.3958/059.041.0215](https://doi.org/10.3958/059.041.0215).

MARTINS, Carlos R. **Caracterização e manejo da gramínea *Melinis minutiflora* P. Beauv. (capim-gordura): uma espécie invasora do cerrado**. 2006. 145 p. Tese, Universidade de Brasília, Brasília. 2006.

MÜLLER, Hannes; GRIFFITHS, Patrick; HOSTERT, Patrick. Long-term deforestation dynamics in the Brazilian Amazon—Uncovering historic frontier development along the Cuiabá–Santarém highway. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 44, p. 61-69, 2016. DOI [10.1016/j.jag.2015.07.005](https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.07.005).

REID, Walter V. *et al.* **Millennium ecosystem assessment synthesis report**. Synthesis Report. United Nations. 2005.

SANTOS, Raphael D. *et al.* **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 2005. 100 p.

SCHOOLMEESTERS, P. Scarabs: World Scarabaeidae Database (version Jan 2019). In: ROSKOV, Y. *et al.* (eds.) **Species 2000 & ITIS Catalogue of Life**, 2019 Annual Checklist. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. Disponível em: www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019. Acesso em: 18 fev. 2020.

SILVA, Ricardo J. *et al.* Influência da granulometria do solo na estrutura de guildas funcionais de besouros rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) em florestas semidecíduais no estado do Mato Grosso, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 601-612, 2015. DOI [10.14393/BJ-v31n1a2015-23525](https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-23525).

SILVA, Ricardo J.; DINIZ, Soraia; VAZ-DE-MELLO, Fernando Z. Heterogeneidade do habitat, riqueza e estrutura da assembléia de besouros rola-bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) em áreas de cerrado na Chapada dos Parecis, MT. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 934-940, 2010. DOI [10.1590/S1519566X2010000600014](https://doi.org/10.1590/S1519566X2010000600014).

SILVA, Ricardo J.; STORCK-TONON, Danielle; VAZ-DE-MELLO, Fernando Z. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) persistence in Amazonian forest fragments and adjacent pastures: biogeographic implications for alpha and beta diversity. **Journal of Insect Conservation**, v. 20, p. 549-564, 2016. DOI [10.1007/s10841-016-9885-7](https://doi.org/10.1007/s10841-016-9885-7).

CARACTERIZAÇÃO DAS COMUNIDADES DE SCARABAEINAE: UMA METANÁLISE

PINHEIRO, A¹. RAIZER, J.¹

¹Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

²Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT.

aquirya@gmail.com, josueraizer@ufgd.edu.br

Resumo

A alteração das paisagens naturais pelos seres humanos é a principal causa da perda de biodiversidade global em todos os principais grupos taxonômicos e compreender a resposta das comunidades bióticas à modificação do habitat natural é essencial para prevenir e mitigar novas perdas de biodiversidade. Os besouros escaravelhos são um excelente táxon focal para examinar as interações entre distúrbios antrópicos e estrutura da comunidade. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica seguindo a metodologia PRISMA (Page et al., 2021), incluindo apenas artigos indexados nas bases Scopus e Web of Science entre janeiro de 1950 e maio de 2022, com base na seguinte equação de busca direcionada às seções de título, resumo e palavras-chave de cada documento: (TS = (Scarabaeinae AND communit*) OR TS = (Scarabaeinae AND assembl*). Retornaram 389 artigos nas bases de dados, reduzidos a 300 artigos após a remoção de artigos de revisão e artigos que desenvolveram outros tópicos como grupos diferentes. Os títulos e resumos foram acessados e apenas aqueles que atenderam ao critério foram incluídos no estudo (os que caracterizaram as comunidades de Scarabaeinae). A maior área de concentração de pesquisas foi entomologia (125). Dentre os países e autores que mais publicaram artigos sobre comunidade de Scarabaeinae entre os anos de 1977 e 2022 o Brasil se destacou em primeiro lugar com 127 publicações e o autor Vaz-de-mello FZ (29 artigos). Os fatores identificados com potencial de influência na estrutura das comunidades de escarabeíneos são: atração por iscas, pastagem, manejo, agricultura e floresta, restauração ecológica, urbanização, dentre outros. Para meta-análise não foi possível analisar todos os fatores devido ao alto valor de heterogeneidade entre os estudos. Para meta-análise dos 300 artigos selecionados para revisão sistemática, foram abordadas diversas variáveis que afetam a estrutura da comunidade de Scarabaeinae, conforme citado acima. Por se tratar de dados contínuos, onde os índices de regressão são muitas variáveis (r , r^2 , F , t e z com diferentes graus de liberdade), apenas 39 artigos foram elegíveis para a meta-análise. Foram extraídos os índices de regressão (r^2 , F , t e z) e o tamanho amostral (n) de cada estudo. Os índices estatísticos foram convertidos para o coeficiente de correlação (r). O efeito do uso da terra na riqueza de Scarabaeinae demonstrou ser menor em pastagens em comparação com a fragmentação florestal, fogo, ecoturismo, monocultura, regeneração, área urbana e áreas degradadas, entretanto os autores enfatizaram que houve mudança na composição de espécies entre as áreas o que pode desencadear um efeito negativo nas funções ecológicas desempenhadas por esses besouros. A maioria dos estudos se concentrou em pastagens, o que dificultou analisar com mais precisão as demais categorias gerando uma lacuna de conhecimento.

Palavras-Chave: Revisão sistemática, escarabeíneos, resposta global.

Introdução

Os invertebrados são afetados fortemente e mais rapidamente do que outros táxons por mudanças na paisagem, embora muitas vezes sejam negligenciados em estudos de perturbação (referência). Como um componente abundante e diversificado da maioria dos ecossistemas, os insetos são atores-chave em muitos processos ecossistêmicos e sua perda pode ter efeitos negativos em cascata em comunidades inteiras (referência). Apesar disso, nosso conhecimento sobre a resposta dos insetos à atividade humana continua muito atrasado em relação a outros táxons (referência). Uma compreensão forte e sintética da resposta dos insetos à atividade humana é necessária para apoiar as decisões de políticas de conservação e avaliar as consequências funcionais da perturbação humana (referência).

Os escarabeíneos são um excelente táxon focal para examinar as interações entre a perturbação antropogênica e a estrutura da comunidade. Eles têm uma ampla distribuição global e são um grupo diversificado e abundante em ecossistemas tropicais e temperados. Eles também têm papéis ecológicos bem compreendidos e uma taxonomia relativamente estável. Prevemos que um tipo de habitat reduz a riqueza de espécies de Scarabaeinae, mas levantamos a hipótese de que a magnitude do efeito depende se a condição é com ou sem modificação. Queremos determinar se a riqueza de espécies é influenciada em cada tipo de hábitat e também se o efeito difere nos dois.

Objetivo

Identificar os filtros ambientais que moldam a riqueza de Scarabaeinae nos diferentes tipos de uso da terra.

Hipótese

Diferentes filtros ambientais moldam a riqueza de Scarabaeinae com diferentes tipos de uso da terra nos ecossistemas globais.

Material e métodos

Modelo de estudo.

Desenho experimental

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica seguindo a metodologia PRISMA (Page et al., 2021), incluindo apenas artigos indexados nas bases Scopus e Web of Science entre janeiro de 1950 e maio de 2022, com base na seguinte equação de busca direcionada às seções de título, resumo e palavras-chave de cada documento: (TS = (Scarabaeinae AND communit*) OR TS = (Scarabaeinae AND assembl*). Foram excluídos os artigos que não atenderam os seguintes critérios: a) não trabalharam com scarabaeinae, b) não comparavam áreas com e sem modificação, c) não forneceram dados o suficiente para os cálculos de meta-análise.

Resultados

Retornaram 389 artigos nas bases de dados, reduzidos a 300. A maior área de concentração de pesquisas foi entomologia (125), seguida por ciência ambiental (98), biologia da conservação (90), zoologia (24) e demais áreas (56) (Figura1).

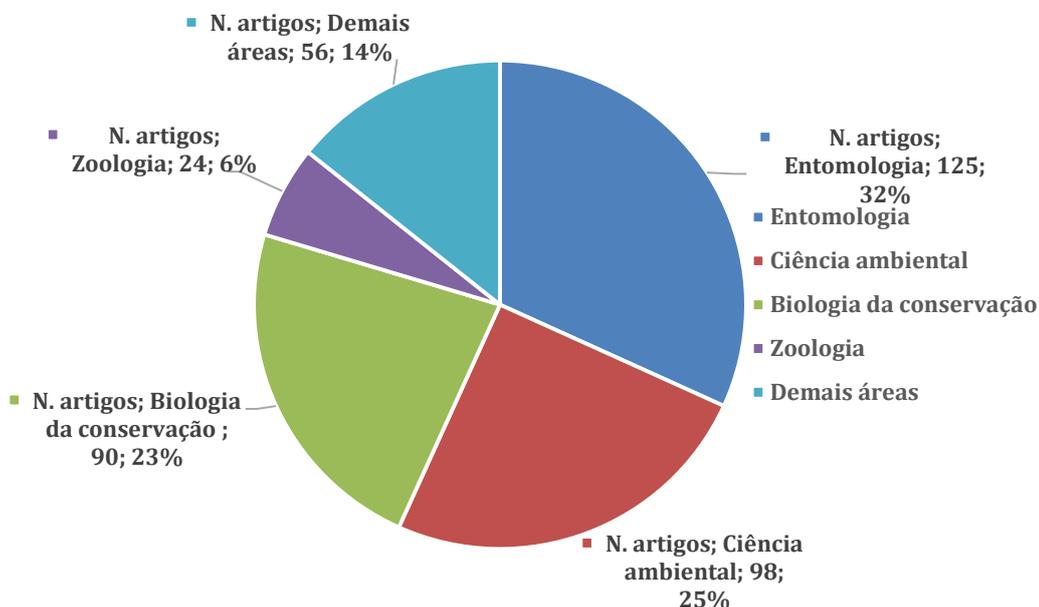


Figura 1. Áreas de concentração de pesquisas.

Em relação aos anos de publicações, houve a primeira publicação no ano de 1977, um artigo apenas e a cada década o número de publicações cresceu e após 2010 o número quadruplicou. O aumento do número de publicações pode estar relacionado ao avanço tecnológico e nas métricas estatísticas, pois ambas vem facilitando as pesquisas. Entretanto em 2021, houve um declínio passando de 40 artigos para 29 e em 2022 para 6 artigos, ou seja, o número de artigos publicados de 2022 equivale ao mesmo em 2009,

um retrocesso de 13 anos (Figura 2). número de publicações.

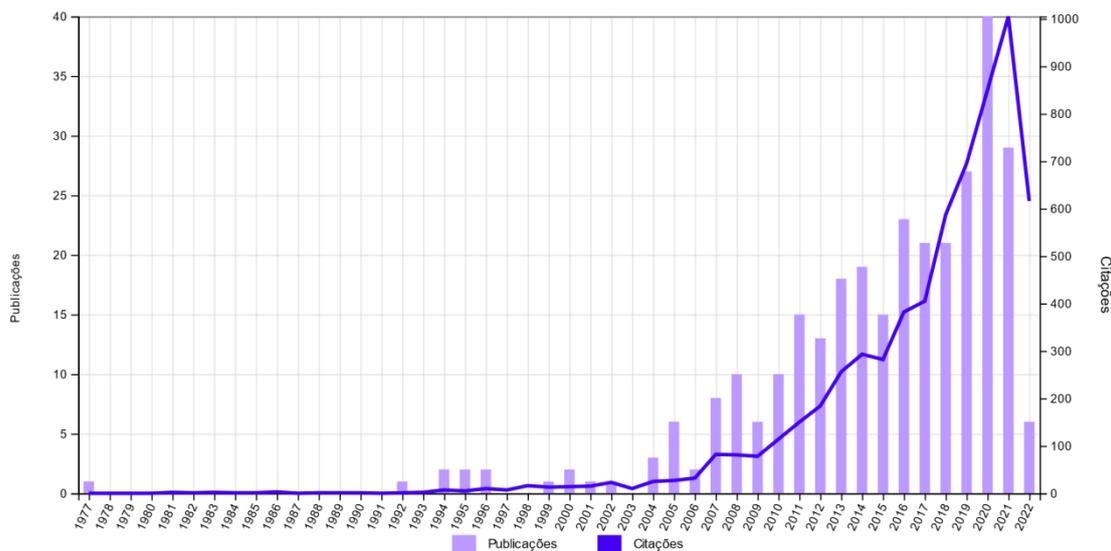
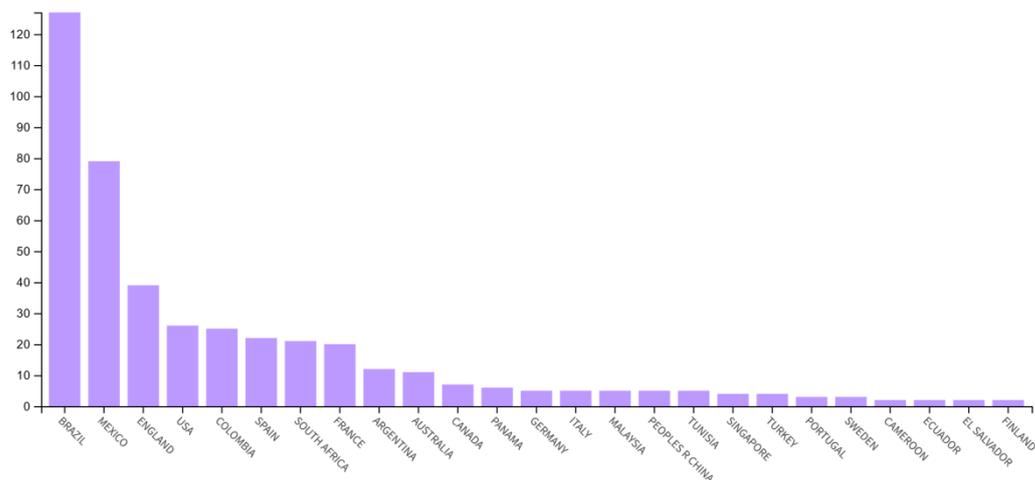


Figura 2. Anos de publicações e citações.

O país que mais publicou artigos sobre comunidade de Scarabaeinae entre os anos de 1977 e 2022 foi o Brasil com 127 publicações, seguido pelo México (79), Inglaterra (39), EUA (26), Colômbia (25), Espanha (22), África do Sul (21) e os países com o menor número de publicações são Argentina (12), Austrália (11), Canadá (7), Panamá (6), Alemanha (5), Itália (5), Malásia (5), China (5), Tunísia (5), Singapura (4), Turquia (4), Portugal (3), Suécia (3), Camarões (2), Equador (2), El Salvador (2) e Finlândia (2) (Figura 3).



Os autores que mais publicaram sobre comunidades de Scarabaeinae entre os anos de 1977 e 2022 são Vaz-de-mello FZ (29), Da Silva PG (25), Escobar F (25), Louzada J (23), Hernandez MIM (21), Halffter G (18), Davis ALV (13), Correa CM (12), Korasaki V (11), Puker A (11), Scholtz CH (11), Arellano L (10), Barlow J (10), Braga RF (10), Favila ME (10), Moreno CE (10), Noriega JÁ (10), Salomao RP (9), Beiroz W (8), Iannuzzi L (8), Lobo JM (8), Lumaret JP (8), Zurita GA (8), Andresen E (7), Alvarado F (6) (Figura 4).

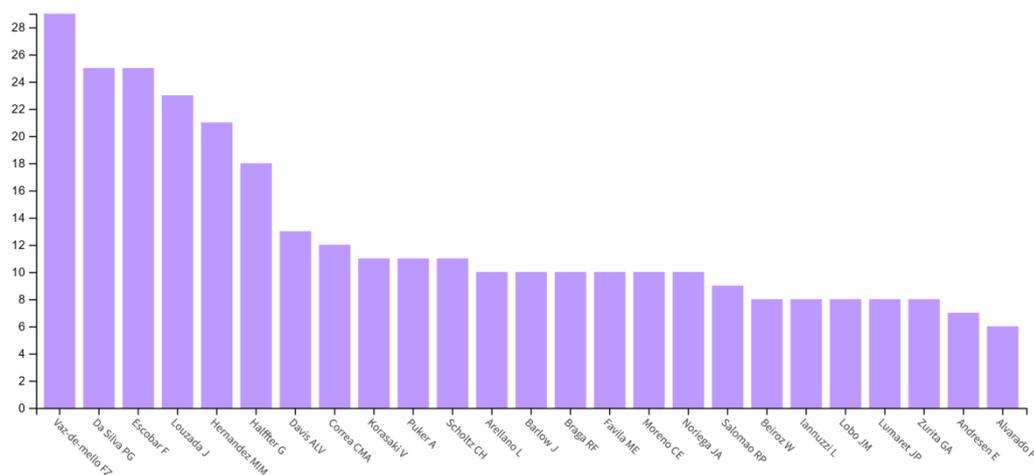


Figura 4. Número de publicações por autores.

Discussão

O fato do número de publicações ter reduzido a parti de 2021, pode estar relacionado a pandemia onde muitas instituições tiveram que interromper suas pesquisas e conseqüentemente suas publicações em ecologia e nas demais áreas.

Atração por iscas

A estrutura da assembleia de besouros rola bosta é localmente diversificada em toda paisagem heterogênea e as fezes descartadas por mamíferos indígenas podem favorecer a diversidade de espécies desses besouros (Davis et al., 2010). Sendo assim, diferentes espécies de escaravelhos podem ser utilizadas como indicadores ecológicos, dependendo de sua história natural, e que o método de levantamento e o tipo de esterco utilizado no levantamento influenciarão os resultados da avaliação (Tocco et al., 2018). Por exemplo, algumas espécies de Scarabaeinae possuem um importante potencial como indicadores de perturbações no ecossistema amazônico (Cajaiba et al., 2017). Entretanto a pesar da utilização de diferentes tipos de iscas para captura de besouros, algumas espécies podem não se especializam exclusivamente em certos tipos de iscas (Larsen et al., 2016, Tshikae., 2008)

Quando a disponibilidade de alimento é elevada as assembleias mantém suas populações muito abundantes com hábitos alimentares generalistas (Rodríguez-López et al., 2021) entretanto fezes de mamíferos onívoros são os mais atrativos para todas as espécies de rola-bosta, embora se saiba que os rola-bosta são comumente oportunistas no que diz respeito à busca e alocação de recursos alimentares. Esses resultados sugerem que a perda de mamíferos pode alterar as interações competitivas entre besouros rola-bosta (Bogoni et al., 2014) ao passo que em florestas subtropicais e tropicais a amostragem se torna mais eficaz utilizando esterco de ovívoros e carcaças de artrópodes (Goméz et al., 2021). Considerando o ecossistema amazônico há uma recomendação de que as fezes de suínos de grão, á base de milho mais soja, pode ser utilizada para um levantamento preciso (Ferreira et al 2020). Quando se comparado a atratividade de besouros do gênero *Ontophagus*, há uma preferência por fezes de

répteis, civeta da palmeira, tigre, anta, veado sambar e píton (Ong et al 2020). Nas florestas australianas tropicais, os besouros nativos generalistas possuem uma capacidade de atração por uma variedade de recursos alimentares (Ebert et al 2019).

Para realização de inventários de besouros em diferentes habitats da floresta amazônica é recomendando o uso de armadilhas de interceptação de voo que dispensa a tração com isca como útil (Puker et al., 2020). Entretanto a eficiência de armadilhas iscadas com fezes humanas apresenta um resultado confiável (Correa et al., 2016). Em relação ao período de atividade em Scarabaeinae, são ativos durante o dia e a noite, com diferenças no pico de atividade maior no período noturno para *Deltochilum verruciferum* (Salomão et al., 2017). Recomenda-se armadilha plana com isca ao nível do solo para amostragem com maior abundância e riqueza de espécies de escarabeíneos (Tocco et al., 2017).

Em relação aos horários de produção de bola alimentar, perários de *Scarabaeussacer* quase exclusivamente noturno, produz bolas entre as 21h00 e as 22h00. Este período ideal para a produção de bolas no início da noite pode ser um compromisso entre o risco reduzido de predação e o aumento dos custos de energia da produção de bolas à medida que a temperatura cai (Sullivan et al., 2016).

Pecuária– Pastagem, manejo e agricultura e floresta

Pastagem

Os besouros Scarabaeinae são sensíveis a distúrbios ambientais (Sánchez-Hernández et al., 2018) cuja alta diversificação de espécies e de papéis funcionais mostra a importância do grupo em um habitat com forte variação na disponibilidade de habitat e recursos (Pessoa et al., 2017). As pastagens exóticas introduzidas no cerrado brasileiro afetam negativamente os besouros rola-bolas reduzindo as funções ecológicas das assembleias desses besouros desempenhados e uma alternativa para esse problema está em manter os remanescentes de cerrado e podem ser uma fonte primária de biodiversidade de besouros (Correa et al., 2020) e facilita a invasão espécie exótica Macedo et al., (2019).

Pastagens introduzidas no Pantanal brasileiro como em Aquidauana, no Mato Grosso do sul, Brasil, são homogeneizadas e dominadas por poucas espécies com elevada perda de grupos funcionais entre elas e que independentemente do tipo de pastagem existe uma alta dissimilaridade funcional no período seco com potencial de influenciar no desempenho das funções ecológicas dos escarabeíneos essencialmente na pastagem introduzida. Correa et al., (2021).

O manejo pecuário dos escarabeíneos não pode ser generalizado em todos os biomas, pois em ecossistemas secos os besouros estão provavelmente pré-adaptados as condições ambientais impostas pela pecuária, entretanto em ecossistemas úmidos o impacto é maior (Alonso et al., 2020). O manejo local em pastagem não afeta significativamente a estrutura das assembleias de escarabeíneos quanto a riqueza e abundância, ao passo que o manejo holístico apresentam maior diversidade de espécies, rotatividade de biomassa contrariando o sistema semitecnificado onde impacta negativamente a abundância de besouros conduzido a metade dos indivíduos a dominância de espécies com alta biomassa e escassez de grupos típicos da região Hernandez et al (2021). Já o manejo tradicional de rebanhos ovinos em pequenos campos de pastagem inseridos em uma matriz florestal mantém alta diversidade alfa e

regional de besouros demonstrando que a biodiversidade pode ser aumentada por atividades humanas promovendo a manutenção regional das assembleias de besouros e beneficiando a economia das famílias (Ríos-Díaz et al., 2021). Há manejo que molda a estrutura da comunidade de besouros rola-bosta e os traços funcionais em pradarias de capim alto restauradas, por exemplo. As comunidades de besouros mudam com o tempo à medida que as restaurações envelhecem, mas são ainda mais moldadas pelo fogo prescrito e pela reintrodução do bisão (Hosler et al., 2021).

O efeito relativo do manejo florestal na assembleia de besouros é proporcional à intensidade do corte. O impacto negativo nas comunidades de besouros pode contrariar um modelo silvicultural, uma vez que a perda gradual de espécies em nível local pode gerar impactos significativos na funcionalidade do ecossistema a longo prazo. É urgente estabelecer esquemas de monitoramento para avaliar o estado dos componentes da biodiversidade, a fim de garantir um manejo comunitário sustentável como Poé exemplo em áreas florestais no sul do México (Ruiz-Perez et al, 2018).

A cobertura vegetal afeta negativamente a composição e estrutura das assembleias de escarabeíneos diminuindo a abundância e riqueza de espécies resultando em uma perda drástica da biodiversidade de escaravelhos como, por exemplo, no sul da Europa (Errouissi e Jay-Robert, 2019), porém usos da terra preservando o dossel e a vegetação nativa mantêm a diversidade de besouros rola-bosta da floresta nativa (Gomez et al., 2018). Em estudos de fragmentação florestal é essencial considerar a localização biogeográfica e o padrão de distribuição das espécies (Silva et al., 2016)

A criação de gado em pastagens naturais do Pantanal brasileiro pode integrar a produção pecuária com a conservação da comunidade de escaravelhos e suas funções ecológicas (Correa et al 2019). A pecuária em sistemas silvipastoris preservando a cobertura do dossel pode ser uma alternativa compatível com a conservação da diversidade de rola-bostas de florestas nativas. Considerando o papel central dos besouros rola-bosta na manutenção da estrutura e fertilidade do solo (através da realocação do esterco de vaca), os sistemas silvipastoris provavelmente manterão a produtividade em relação aos pastos abertos (Alonso et al., 2019). A pecuária com retenção de árvores preserva a diversidade de escaravelhos e sugere-se que sistemas de gado sem cobertura de dossel têm maior impacto (efeitos negativos) do que sistemas silvipastorisem ambas as espécies e grupos funcionais (Gómez-Cifuentes et al 2019).as condições ambientais são o principal regulador das populações de rola-bostas na paisagem modificada pelo homem (Barretto et al., 2019).

O impacto do pastoreio na diversidade do escaravelho depende em grande medida das condições ecológicas locais e do contexto biogeográfico que molda a composição das comunidades ao longo do tempo (, et al 2014).O abandono das pastagens leva a uma diminuição da diversidade alfa e densidade de biomassa, com redução de até 22 e 78%, respectivamente, nas áreas abandonadas e em casos como esse o manejo tradicional de pastagens com intensidade de pastejo baixa-moderada deve ser mantido (Tonelli et al., 2018).Quando se trata de substituição de floresta por pastagem de gado, existe uma substituição de florestas modificando a diversidade composição de espécies e os padrões de seleção de recursos alimentares por Scarabaeinae influenciando possivelmente no funcionamento do ecossistema (Alvarado et al., 2021), como por exemplo na Mata Atlântica (Souza et al 2020), onde afetanegativamente a remoção de esterco (Bui et al., 2020). Uma estratégia eficaz na diversificação de escarabeíneos a introdução de um recurso alimentar a mais em pastagens brasileira introduzida com

criação de bovino como, por exemplo, esterco ovino (Correa et al., 2020, Escobar e Moreno, 2016) Em resumo, nossos resultados mostram que a substituição de florestas por pastagens de gado modifica os padrões de seleção de recursos por besouros rola-bosta e isso pode afetar o funcionamento do ecossistema. De Albuquerque Correa et al 2016, O resultado mostra que a conversão de pastagens nativas em pastagens introduzidas resulta em diminuição do número de espécies e mudanças na composição de espécies. Esses achados destacam a importância das pastagens nativas para a conservação da biodiversidade de rola-bostas neste ecossistema. Além da substituição da floresta por pastagem, o tempo de retirada do gado em campos naturais também influencia a estrutura das comunidades de Scarabaeinae (Correa et al., 2020).

Entre sistemas com complexidade de habitats como pastagem aberta e *Eucalyptus urograndis* clone H13 a estrutura da comunidade de besouro são semelhantes (Lopes et al., 2020), já os florestais apresentam os maiores valores de riqueza de abundância do que os corredores florestais, do que os cafezais e pastagens (Costa et al., 2017). A conversão florestal impacta a remoção de esterco e a dispersão de pequenas sementes. A remoção de esterco nem sempre pode ser uma boa proxy para outras funções mediadas por besouros além disso, a relação entre a remoção de esterco e outras funções (por exemplo, dispersão de pequenas sementes) pode variar dependendo das condições ambientais (por exemplo, uso da terra) (Carvalho et al., 2020). No entanto a reincorporação das fezes de gado no solo por escarabeíneos é afetada pela composição das espécies, a estação do ano e a heterogeneidade da paisagem nas áreas de criação de gado (Miranda-Flores et al., 2020).

A restauração da conectividade da paisagem pode ser mais importante do que a qualidade do habitat para a conservação dessas assembleias de besouros (Ortega-Martínez et al., 2020) e florestas mais antigas apresentam níveis de diversidade maiores que em florestas sob uso moderado como a de extração de castanha e madeira de impacto reduzido e implantações na Amazônia brasileira (Macedo et al., 2019), vale ressaltar que a maioria dos besouros rola-bosta da Amazônia são espécies florestais sensíveis à modificação abrupta de habitats causada pelo homem e são apenas moderadamente afetadas por efeitos de borda (Silva et al., 2017) cujo as comunidades de besouros também podem ser diferenciadas, com base na estação de atividade adulta: tipo primavera-outono e primavera-verão (Byk e Rutkiewicz, 2020).

Monocultura de dendzeiros causa erosão da biodiversidade em besouros (Harada et al., 2020). Assim, os usos antropogênicos da terra podem afetar severamente os besouros rola-bosta, e esse impacto pode se estender tanto para comunidades localizadas em remanescentes de cerrado quanto para aquelas em matrizes, com possíveis consequências para processos ecológicos como decomposição e ciclagem de nutrientes (Martello et al., 2016), uma alternativa para reduzir esse impacto são as cercas de mata nativa que apresentam maior diversidade funcional (Beiroz et al., 2019). Para mitigar o impacto negativo causado pela expansão agropecuária na região no Caribe, por exemplo, é a geração de estratégias de conservação e a designação de um novo Parque Natural Nacional dos Montes de Maria (Amell-Caez et al., 2019).

Recomenda-se que os esforços de conservação em paisagens geridas pelo homem devem se concentrar em mitigar os efeitos de borda atuais e atrasados. A gestão do ecotone será crucial em paisagens dominadas pelo gado para conservar a biodiversidade regional e os serviços ambientais realizados por escarabeíneos (Martínez-Falcón et al., 2018) e em certos casos recomenda-se manter uma paisagem de mosaico gerida tradicionalmente (Jugovic et al., 2018). O desenvolvimento de sistemas de

produção sustentáveis que preservem a biodiversidade nativa requer a conservação de componentes-chave do nicho ecológico das espécies nativas, especialmente as condições microclimáticas (Gómez-Cifuentes et al., 2017).

Segundo Sánchez-de-Jesús et al (2016). Para preservar as assembleias de rola-bosta e seus principais papéis funcionais no ecossistema, as iniciativas de conservação devem priorizar a redução do desmatamento e o aumento da heterogeneidade da matriz ao redor dos remanescentes florestais. Para Montoya-Molina et al (2016) a conservação dos fragmentos remanescentes de floresta seca é crucial para preservar as assembleias típicas de besouros rola-bostas nesta região. Os sistemas silvipastoris intensivos complementam o papel das florestas como reservatórios de biodiversidade e contribuem para a conservação de escaravelhos em escala paisagística. Nesta paisagem em particular e na escala espacial que é relevante para os escaravelhos, os sistemas silvipastoris intensivos proporcionam os benefícios tanto da economia quanto do compartilhamento da terra.

Espécies coprófagas representam a outra parte dessa fauna, está adaptada ao ambiente aberto indicando uma modificação na guilda alimentar causada pela substituição da floresta por pastagem. Em um contexto mais amplo a paisagem pode desempenhar um papel importante na diversidade de Scarabaeinae (Lima et al., 2015). Maior riqueza de espécies de besouros, que declina com a redução da complexidade do local e da qualidade do solo e com o aumento da intensidade da prática de manejo (De farias et al., 2015).

Oxysternon conspicillatum percorre grandes distâncias em curtos períodos através das lavouras de café ao sol (ca. 1,7 km/24 h). Dada sua grande capacidade de movimentação, preferência de habitat e uso diferenciado da paisagem, as espécies estudadas podem ser usadas como modelos para avaliar a conectividade funcional de paisagens andinas sob alta demanda antrópica. As espécies de besouros respondem diferencialmente às mudanças no uso da terra, tal aspecto que deve ser considerado para a conservação efetiva da biodiversidade e o funcionamento do ecossistema em paisagens dominadas pelo homem (Cultid-Medina et al., 2015).

Existem um elevado número de espécies dependentes da floresta ou especialistas em interior da floresta (por exemplo *Aphengium* aff. *sordidum*, *Ateuchus* aff. *alipioi*, *Dichotomius mormon*, *Ontherus* aff. *Erosuse*, *Onthophagus* aff. *clypeatus*) (Filgueiras et al., 2015). Os besouros rola-bosta são sensíveis até mesmo a pequenas mudanças nas condições ambientais como resultado dessa forma de distúrbio antropogênico. Como os besouros rola-bosta são um grupo taxonômico altamente responsivo, ilustramos que eles representam um táxon valioso que pode ser usado para avaliar criticamente as melhores práticas de operações florestais e outras atividades de perturbação, particularmente em estudos com restrição de tempo (por exemplo, monitoramento rápido e avaliações de impacto ambiental). No entanto, recomendamos o uso de análises de indicadores múltiplos para monitorar possíveis mudanças na composição da assembleia, devido à falta de congruência entre os métodos (Bicknell et al., 2014)

Nas florestas a maioria das espécies foi considerada generalista, enquanto as pastagens apresentaram maior abundância de espécies coprófagas o que demonstra uma modificação na guilda alimentar causado pela substituição da floresta por pastagem. (Silva et al., 2014).

Restauração ecológica

Os esforços de restauração dificilmente estão ajudando a recuperar a diversidade de escaravelhos, apesar de poderem eventualmente favorecer a recuperação da função. É fundamental considerar o contexto da paisagem em programas de restauração, incluindo estratégias alternativas de conservação, como manutenção de manchas florestais e restauração da conectividade entre fragmentos para manter a diversidade e a função dos escaravelhos. Descobriram que a área restaurada não melhorou a abundância e diversidade de rola-bostas em comparação com a floresta, e não diferiu das pastagens. Por outro lado, a remoção de esterco, uma função fundamental do ecossistema, foi semelhante na floresta e na área restaurada, mas não foi realizada por besouros rola-bosta na área restaurada (González-Tokmanet al., 2018), as regras de montagem podem ajudar a entender melhor os processos de recuperação, possibilitando a melhoria dos esforços de restauração futuros Audino et al 2017.

Deltochilum irroratum *Canthon*.af. *simulans* tem uma distribuição estrita em habitats conservados remanescentes florestais do nordeste do Brasil e podem ser avaliadas como espécies indicadoras desse ecossistema (Salomão e Iannuzzi 2017).As taxas de dispersão de sementes secundárias, a riqueza de espécies, abundância, biomassa e riqueza funcional aumentam com a idade da restauração, com os locais de restauração mais antigos sendo mais semelhantes à floresta tropical, enquanto a uniformidade funcional e a divergência funcional diminuem com a idade da restauração. A composição da comunidade nas áreas restauradas progride em direção aos locais de floresta tropical e se desviando dos locais de pastagem com o aumento da idade de restauração (Derhé et al., 2016).

Fatores externos como manejo da paisagem e práticas agrícolas no entorno devem ser levados em consideração nos planos de manejo e no manejo de áreas naturais para a recuperação da biodiversidade como, por exemplo, na Mata Atlântica (Bitencourt e Silva 2016). O valor de conservação de manchas de floresta nativa em cenários agrícolas depende da conectividade funcional das unidades florestais na paisagem para maximizar as oportunidades que as espécies têm de se dispersar pela matriz agrícola (Villada-Bedoya et al 2017).Embora as áreas restauradas tenham capacidade para abrigar espécies restritas à floresta, 18anos desde que a restauração ativa não foi longa o suficiente para recuperar um conjunto estável e diversificado de escaravelhos. Medidas de composição, diversidade de espécies e diversidade funcional podem se complementar e contribuir para um melhor entendimento da eficácia das práticas de restauração (Audino et al., 2014). Scarabaeinae podem ser utilizados como indicadores de não lacunas em florestas os indicadores de não lacuna de floresta (Watkinson et al., 2017).

Urbanização

Neste estudo, fornecemos evidências de que grupos funcionais específicos de escaravelhos são afetados pela urbanização (Salomão et al (2019). Além disso, como cada grupo funcional possui diferentes estratégias de ocupação de habitats e uso de recursos, a urbanização tem efeitos contrastantes para cada grupo. Os besouros rola-bosta são altamente sensíveis à urbanização (Frizzas et al 2020) e as áreas protegidas dentro das cidades são fundamentais para conservar a biodiversidade e os serviços.

Áreas protegidas

Recomenda-se a redução das pressões antrópicas na área para a estabilização do diferentes habitats e beneficiamento da dispersão de besouros entre os tipos de habitats Silva et al., (2020), o aumento na variação de habitat em locais altamente fragmentados pois é uma estratégia eficaz para prevenir ou amortecer os processos de homogeneização na paisagem (Rivera et al., 2020), a criação de reserva em ambiente de florestas fragmentadas para permitir a recuperação das assembleias de besouros ao longo do tempo Salomão et al., (2020).

A sazonalidade tem um efeito potencial sobre a abundância, riqueza e estrutura da assembleia de rola-bosta (Ortega-Echeverría et al., 2019, Wassmer, 2014), fatores abióticos como a temperatura, bem como fatores bióticos, como cobertura florestal e diversidade de mamíferos(Goh et al 2019,Ferreira et al 2018)a cobertura do dossel (Silva et al., 2019), os efeitos das bordas (Marsh et al.,) cercas vivas (Rangel-Acosta e Martínez-Hernández, 2017), textura do solo (Beiroz et al., 2017), indicadores ecológicos de perturbação na Amazônia (Cajaiba et al 2017), chuvas (Touroult et al et al, 2017; Novais et al., 2016), espécies indicadoras de habitat do bioma Caatinga (Vieira et al 2017), borda (Filgueiras et al., 2016), índice de vegetação (Abdel-Dayem et al., 2016), estrutura florestal(Silva e Hernandez 2016), temperatura (Ibarra-Polese et al 2015,González-Hernández et al 2015, Silva et al 2019), zona florística (Doll et al 2014), composição da paisagem (Rocha-Ortega E Coronel-Arellano, 2019), fragmentos florestais remanescentes Hernandez et al 2019, borda-interior da floresta Bitencourt e al 2020, estrutura da vegetação Gatty et al (2020), conectividade(Torppa et al., 2020), microhabitat e disponibilidade de alimentos Barreto et al (2020), filtros Da Cunha e Frizzas (2020)

Beiroz et al 2019. duas espécies semelhantes podem coexistir sem divergência em seus eixos de nicho se estiverem acima do limiar de similaridade, sugerindo níveis mais altos de. Esse cenário competitivo é evidenciado pela redução da massa corporal de ambas as espécies quando coexistem. Existem áreas com paisagem altamente impactada da Caatinga, e que tem grande potencial para a conservação da biodiversidade deste domínio no Nordeste Região do Brasil (Ernesto et al., 2018) e em áreas de savanas intra-amazônicas(França et al., 2016)

Ecoturismo

Noriega et al (2020) A pressão do turismo causa impacto negativo nas comunidades de Scarabaeinae recomendam que sejam implementadas estratégias de conservação para reduzir o impacto do turismo, pois as espécies especialistas somem e aumenta as generalistas Pablo-Cea et al (2020). Para mitigar o efeito recomenda-se a regulamentação do ecoturismo no respectivo parque para que esse efeito negativo seja minimizado Noriega et al (2020).

Transgenia

A transgenia afeta negativamente a riqueza de espécies de escarabeíneos em plantios de milho transgênico com extensão do efeito negativo até aos fragmentos florestais nativos e adjacentes aos cultivos (Alves et al 2020), causando diminuição dos

grupos funcionais, principalmente tunelizadores. O impacto na dinâmica de grupo funcional pode potencialmente alterar o papel dos escaravelhos nos ecossistemas (Campos e2015).

Ilhas

A formação de ilhas por meio de inundação para fundação de usinas hidroelétricas causa extinções locais de assembléias detritívoras e as funções ecossistêmicas, pois as comunidades vivem isoladas devido a baixa capacidade de dispersão por vôo Storck-Tonon et al., (2020). O efeito negativo nas comunidades de Scarabaeinae no sul da Amazônia, por exemplo, pode ser explicado por três processos principais estão moldando essas comunidades: eventos de inundação e distúrbios associados, competição por recursos (presença de primatas) e poder de dispersão diferencial entre as espécies (Nunes et al 2015). A rotatividade temporal tende a aumentar com o aumento das extensões espaciais e um padrão de resposta diferente ocorre entre o continente e a ilha (Silva et al., 2018). O uso de preditores espaciais e métricas de diversidade beta (seja espacial ou temporal) também é incentivado neste contexto (Silva et al, 2018)

Elevação

Altitudes médias possuem maior riqueza de espécies, (Mongyeh et al., 2018), abundância e biomassa Alvarado et al., (2020) que altitudes menores de maiores, entretanto a riqueza, abundância de espécies e funções ecológicas declinam com o aumento da altitude et al 2019, Silva et al 2018, Nunes et al., 2018, Macedo et al., 2018, Nunes et al., 2016, Imura et al., 2014) cuja interação entre as condições climáticas locais (principalmente temperatura) e as preferências evolutivas de espécies conservadas explicam tanto os gradientes altitudinais atuais quanto as mudanças na composição de espécies em termos de Scarabaeinae (SENYÜZ et al 2019), além de combinação, em graus variados, de colonização vertical (regulada principalmente por processos ecológicos) e colonização horizontal processos históricos (Alvarado et al., 2014). Em região Neotropical há substituição de espécies entre Scarabaeinae (terras baixas) e Aphodiinae (terras altas), sugerindo um equilíbrio entre uma fraca colonização horizontal e uma forte rotatividade vertical, que parece ser maior em montanhas isoladas. Noriega e Realpe, 2018.

Remoção de fezes

Apesar do tipo de habitat, a biomassa de escaravelhos é um dos principais fatores que impulsionam o processo de remoção de esterco (Ortega-Martínez, et al 2016). A biomassa de besouros diminui com a intensificação do manejo do gado. A redução na biomassa de besouros afeta a remoção de esterco, entretanto o aumento da abundância de espécies de pequeno porte compensa as perdas de função. (Alvarado et al., 2019). Distúrbios ambientais nas funções dos besouros, responde de forma diferente de acordo com o recurso que utilizam como os besouros necrófagos que são mais sensíveis à perturbação ambiental devido a diminuição da riqueza e mudanças na dominância de espécies, resultando em uma menor remoção nas áreas com maior perturbação e menor qualidade ambiental em relação a menos áreas perturbadas (Batilani-Filho e Hernandez 2017). O desmatamento reduz a diversidade de besouros nativos como, por exemplo,

nas paisagens tropicais australianas, que impacta negativamente na capacidade de remoção de esterco (Kenyon et al., 2016). Entretanto plantações de cacauero rústico favorecem a manutenção de uma alta proporção de espécies de escaravelhos e mantêm suas funções ecológicas. Agroecossistemas com manejo menos intenso podem contribuir para amortecer os efeitos da homogeneização da paisagem causados por agroecossistemas mais manejados, como os seringais (Santos-Heredia et al, 2018).

Fogo

Alguns mecanismos não mutuamente exclusivos que promovem a resistência e recuperação de escaravelhos em *campos rupestres* podem estar atuando em sinergia. Um mecanismo potencial é a sazonalidade incompatível entre os eventos de incêndio e a ocorrência de escaravelhos, uma vez que os incêndios ocorrem durante a estação seca e os escaravelhos estão presentes acima do solo durante a estação chuvosa. Além disso, os escaravelhos são insetos que permanecem enterrados durante a maior parte de sua vida, o que pode proteger os indivíduos de serem queimados. Outro mecanismo potencial é a substituição de espécies em áreas queimadas pelo movimento de indivíduos de áreas não queimadas, atraídos por recursos e/ou pela dinâmica de metacomunidades (Nunes et al 2019)

Incêndio florestal tem efeito negativo na riqueza, (Smith et al., 2018) abundância, diversidade e biomassa (Andrade et al, 2014; Arellano e Castillo-Guevara 2014) de escaravelhos. No entanto, no contexto individual, algumas espécies foram favorecidas, aumentando seu número de indivíduos e ocupando setores da reserva onde estavam ausentes. Rangel-Acosta et al (2020) em ecossistema 'dependente do fogo', as comunidades de besouros rola-bosta são resistentes ao fogo e parecem não ser estruturadas por esta perturbação (Smith et al., 2018). A aquisição e uso da temperatura do solo pode ser uma alternativa promissora e eficaz para entender melhor a atividade diária e sazonal dos escaravelhos. Considerando que os data loggers do solo são mais difíceis de detectar e roubar (Lobo et al 2018).

Moscas

Bolas de comida roladas por *Deltochilum furcatum* recebem significativamente menos ovos do que as bolas que não foram roladas por besouros. Além disso, as moscas depositam significativamente menos ovos em bolas de comida tratadas com secreções coletadas das glândulas pigidiais masculinas. A redução da oviposição das moscas pode ser um efeito direto dos compostos depositados pelos besouros, agindo como um alomônio, e/ou um efeito negativo indireto na comunidade microbiana que estimula a oviposição das moscas. (Ix-Balam et al 2018)

Morfometria

Mudança no uso da terra pode causar plasticidade fenotípica em espécies de besouros rola-bosta tropicais. (Raine et al., 2018). Moradores e rola-bostas de Scarabaeinae compartilham o local com moradores de Aphodiinae e tuneladores de Geotrupinae cujos grupos diferem ecomorfológicamente e que essas características refletem tanto as adaptações funcionais às suas estratégias de comportamento de nidificação quanto na sua filiação genética. Nos rola-bostas foram encontrados números

de projeções reduzidas na parte externa, porém aumentados na parte externa traseira o que permite uma melhor aderência na bola de fezes e projeções na parte externa das pernas o que provavelmente auxilia a escavar nas fezes ou solo. Foram encontradas lacunas no morfoespaço entre os grupos ecomorfológicos cuja maior distância foi entretunelizadores e rola-dostas de Scarabaeinae indicando uma possível divergência das guildas na mesma subfamília ao passo que uma ligação direta de tunelizadores de Geotrupinae e Sacarabaeinae é menor indicando uma existência de uma evolução convergente ou plesiomórfica (Jugovic e Koprivnikar, 2020). Existem diferenças ecológicas entre realocadores e moradores e entre grandes e pequenos realocadores do gênero *Onthophaguse* entre pequenos e grandes moradores de Hydrophilidae (Wassmer, 2020).

Vulcão

Existe um alto nível de endemismo observado em El Pinal, Cinturão Vulcânico Trans-Mexicano acima de 2500 m de altitude (Moctezuma et al., 2016). Em área de cinturão vulcânico Em geral, a maioria das espécies pertence ao padrão Paleoamericano (50% do espécies), seguido por Típico Neotropical (30%), Planalto Mexicano (10%) e exótico espécies (10%), representando 7,4% da diversidade total de espécies para o México (Hernandez e Navarrete-Heredia 2018). As atuais estratégias de conservação não se concentram suficientemente na proteção da fauna de alta montanha, e que há necessidade de desenvolver e aplicar novos conceitos de conservação que levem em conta a alta variabilidade espacial e temporal desse sistema (Arriaga-Jiménez et al 201)

Um efeito negativo da perturbação do habitat na montanha xérica. Enquanto na montanha temperada, a diversidade de besouros parece aumentar com a perturbação. Esses resultados reiteram a necessidade de considerar os processos históricos e ecológicos em escala regional para compreender os efeitos da perturbação e permitir o estabelecimento de estratégias de conservação para proteger adequadamente os organismos, bem como as funções que proporcionam aos ecossistemas naturais e antrópicos (Montezuma et a., 2016).

Dunas

Em ambientes de dunas, a estrutura da comunidade, com diferença de tamanho parece atuar na filtragem ambiental de espécies de túneis ao longo do gradiente temporal de umidade em declínio, limitando assim o número de espécies abundantes e simultâneas. A agregação de espécies de túneis proporciona oportunidades para as espécies de habitação menos competitivas ocuparem zonas menos densamente povoadas denominadas refúgios de probabilidade (Sullivan et al 2017). Em solo franco-argilosa arenosa, lençóis freáticos altos no inverno e rachaduras no solo no verão podem excluir espécies de túneis mais profundos. A proporção de 3:1 de espécies que habitam o esterco na areia em comparação com a franco-argilosa arenosa pode sugerir um regime de umidade do esterco mais apropriado ao longo do tempo que favorece a reprodução bem-sucedida na areia (Sullivan et al., 2016).

Vermífugo

As mudanças observadas na comunidade de rola-bostas podem ser explicadas em parte pelo uso de agroquímicos e vermífugos que começaram a ser usados na área desde 1980. Talvez o uso inadequado dessas substâncias reflita o número atual de

espécies e abundância de escaravelhos. Propõe-se a implementação de medidas legais que visem o uso mais adequado de medicamentos veterinários e pesticidas, a fim de conservar esses organismos-chave envolvidos em processos ecológicos e importantes serviços ambientais. A perda dessa entomofauna pode causar graves danos ambientais, incluindo efeitos em humanos (Martínez et al., 2017). A diversidade e abundância Scarabaeinae podem ser afetados negativamente pelos resíduos farmacêuticos encontrados nas excretas, principalmente as lactonasmacrocíclicas e recomenda-se necessidade de tempo de uso do ML para mitigar os impactos adversos sobre esses insetos (Basto-Estrella et al., 2014). Besouros rola bosta também podem ser utilizados para indicam melhor o uso de parasiticidas em diferentes ao manejo da terra pastoril (Carvalho et al., 2020).

Oásis

As pastagens úmidas na Tunísia têm comunidades de besouros rola-bosta mais ricas do que os oásis, mas em comparação com a área cercada, os oásis podem representar um refúgio para algumas espécies e uma importante área de conservação para besouros rola-bosta que vivem em condições adversas em ambientes desérticos (Labidi et al., 2017).

Arbóreos

A menor abundância de escaravelhos arborícolas nos Gates Ocidentais é atribuída à menor abundância de primatas arborícolas nesta área. Maior abundância e diversidade de populações de macacos na região de floresta seca e a disponibilidade de esterco no dossel arbóreo por mais tempo nas florestas secas com uma estação chuvosa muito curta levam a uma maior abundância de escaravelhos arbóreos nas florestas secas. *Onthophaguscentricornis*, o escaravelho arbóreo dominante em florestas secas e úmidas no sul de Ghats Ocidental, é a menor espécie de escaravelho arborícola registrada até agora. A menor faixa de tamanho de todas as espécies de besouros rola-bosta arborícolas indica que o tamanho pequeno deve ser considerado como a principal adaptação para a arborização. Com base em sua capacidade de explorar recursos de esterco tanto no solo quanto no ambiente arbóreo, propõe-se que as espécies de escaravelhos arbóreos sejam um grupo mais moderno do que as espécies de escaravelhos exclusivamente terrestres (Sabu e Nithya, 2016).

Pantanal

As assembleias são influenciadas pela duração do alagamento e volume de serapilheira, ou seja, a duração das inundações é a força reguladora mais importante nesta comunidade (Tissiani ET AL., 2015).

Empoleiramento

Feer et al 2016. Os sinais olfativos pareciam desempenhar um papel em várias situações de empoleiramento. A competição e a predação podem ser as principais restrições no poleiro.

Espaçamento de armadilhas

Espécies de besouros rola-bosta com diferentes conjuntos de características ecológicas podem diferir em sua capacidade de dispersão, então sugere-se uma nova distância mínima de 100 m entre os pares de armadilhas para minimizar a interferência entre armadilhas de queda com isca para amostragem de escaravelhos copronecrófagos Scarabaeinae Silva e Hernández 2015.

Metacomunidades

Existe dependência de escala de processos ambientais, espaciais e temporais na distribuição e organização funcional de besouros Scarabaeinae. A diversidade funcional pode ser usada como uma abordagem complementar às medidas tradicionais e a desconstrução da comunidade permite o desembaraço suficiente das respostas de diferentes grupos baseados em traços (SILVA e Hernández, 2015).

Chaco úmido

Em ambiente de chaco úmido as espécies *Eurysternuscaribaeus*(Herbst), *Eurysternusaeneus*(Génier) e *O. sulcator* são indicadores da floresta em período de primavera e verão e o regime de chuvas, a temperatura e o uso heterogêneo das unidades ambientais influenciam a estrutura das assembleias de rola-bostas (Damborsky et al., 2015), eles respondem à variação abrupta de altitude e (Gimo et al., 2014).

Em florestas secas (chaco seco) como a da Argentina, a pecuária pode ter um baixo impacto sobre a diversidade de Scarabaeinae nativo, entretanto a redução da abundância populacional pode ocasionar o empobrecimento das comunidades de escarabeíneos ao longo do tempo (Alonso et al., 2020).

Parasitas fecais

O estado de infecção influencia a profundidade de enterramento das fezes: besouros altamente infectados escavam menos profundamente, espécies de corpo maior e besouros fêmeas cavam os túneis mais profundos. Infecção, demografia e características afetam a atividade de besourosepidemiologicamente relevante (Gregory et al., 2015).

Idade de esterco de vaca

O esterco de vaca é altamente atraente nas primeiras 24 horas, após a atratividade reduzir bastante o que leva a uma suposição de que algumas espécies colonizam preferencialmente esterco fresco, enquanto algumas espécies preferem esterco envelhecido (Aruchunna et al., 2015).

Restinga

As espécies florestais registradas em sítios degradados, como *Canthon nigripennis* e *Dichotomius schiffleri*, apresentaram baixa abundância quando comparados à restinga conservada, ou seja, poucas espécies do ecossistema original permanecem em locais degradados. Sugere-se que partes de floresta em repouso

conservada em Pernambuco, Brasil se tornem áreas sob proteção legal, a fim de manter a biodiversidade das áreas remanescentes de restinga (Da Costa et al., 2014), sugere-se ainda manter áreas reflorestadas pois elas atuam como fonte e refúgio para espécies de besouros (Hernandez et al., 2014).

Caatinga

Assim como em outras florestas tropicais secas, embora em menor grau, a comunidade de rola-bosta responde à sazonalidade das chuvas com mudanças na composição de espécies e redução da riqueza de espécies. Tais respostas, mesmo em menor grau, podem ocorrer por causa de pequenas mudanças na cobertura arbórea e pequenas mudanças microclimáticas (Medina e Lopes., 2014a), diferenças fisiológicas, morfológicas e comportamentais (Medina e Lopes, 2014b). Existe uma baixa riqueza de espécies observada no ecótono entre a Caatinga e o Cerrado (Salomão et al., 2019).

Meta-análise

Métodos

Dos 300 artigos selecionados para revisão sistemática, foram abordadas diversas variáveis que afetam a estrutura da comunidade de Scarabaeinae, conforme citado acima. Por se tratarem de dados contínuos, onde os índices de regressão são muitas variáveis (r , r^2 , F , t e z com df), apenas 17 artigos foram elegíveis para a meta-análise.

Foi calculado o tamanho de efeito baseado em correlação (Borenstein, 2009) e extraídos os índices de regressão (r^2 , F , t e z com df), o tamanho amostral (n = número de sítios) e riqueza de cada estudo e planilhado. Após, os índices estatísticos foram convertidos para o coeficiente de correlação (r) utilizando as fórmulas abaixo (figura 5)

z	$r = \frac{z}{\sqrt{N}}$
t	$r = \frac{t}{\sqrt{t^2 + df}}$
F	$r = \sqrt{\frac{F}{F + df}}$
χ^2	$r = \sqrt{\frac{\chi^2}{N}}$

Figura 5. Fórmulas de conversão para testes estatísticos.

Para calcular o tamanho de efeito os valores dos coeficientes de correlação (r) foram transformados em Fisher (z -transform ou \hat{z}), figura 6.

$$z = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right) \quad V_z = \frac{1}{n-3}$$

Figura 6. Fórmulas de transformação de Fisher (z-transform ou \hat{z}).

Com a transformação de Fischer foi gerado o Gráfico de floresta (florestplot) para observar a heterogeneidade e correlação dos dados utilizando com a função metacor, por estimativa de efeito aleatório. Posteriormente foi realizada a análise de subgrupos. Todas as análises foram realizadas através do Software R, (Core Team, 2020) com o pacote meta.

Resultados

Os 17 estudos elegidos para meta-análise apresentaram diversos tipos de uso da terra, riqueza e interações, tabela 1.

Autor	Tipo de uso	Riqueza	Interação	n (sitios)	Países
1 Gonçalves et al 2022	Fogo	30	nula	17	Brasil
2 Correa et al 2020	Pastagem	43	negativa	8	Brasil
3 Pablo-Cea et al 2020	Ecoturismo	22	nula	3	El Salvador
4 Salomão et al 2020	Pastagem	43	nula	19	México
5 Torppa et al 2020	Pastagem	24	nula	6	Madagascar
6 Harada et al 2020	Plantio	54	negativa	10	Brasil
7 Alvarado et al 2019	Pastagem	33	nula	20	México
8 Nunes et al 2019	Fogo	50	nula	7	Brasil
9 Smith et al 2018	Fogo	10	nula	11	EUA
10 Cajaiba et al 2017	Pastagem	99	negativa	10	Brasil
11 Derhé et al 2016	Pastagem	39	negativa	12	Australia
12 Kenyon et al 2016	Pastagem	27	negativa	10	Australia
13 Silva et al 2016	Pastagem	101	negativa	19	Brasil
14 Viegas et al 2014	Borda	29	negativa	12	Brasil
15 Davis et al 2012	Pastagem	113	negativa	4	Africa do sul
16 Almeida et al 2011	Pastagem	66	negativa	24	Brasil
17 Navarrete e Halffter 2008	Pastagem	49	negativa	3	México

A modificação do habitat com pastagens representou 61% dos trabalhos, seguido por fogo (17%), ecoturismo, plantio, borda e tipo de solo com 1%. O efeito da conversão de áreas nativas por pastagens de um modo geral (64%) foi relatado como negativo sobre a riqueza de espécies de escarabeíneos em diversos ambientes e países, com o declínio do número de espécies nas áreas modificadas (Navarrete e Halffter

2008; Almeida et al 2011; Kenyon et al 2016; Silva et al 2016; Derhé et al 2016; Cajaiba et al., 2017; Correa et al., 2020) cujos ambientes englobam tanto o cerrado e a amazônia brasileira quanto os planaltos e florestas tropicais australianas e floresta mexicana. Os outros 36% tiveram efeito nulo na riqueza de espécies (Alvarado et al 2019; Torppa et al 2020; Salomão et al 2020; Correa et al 2021).

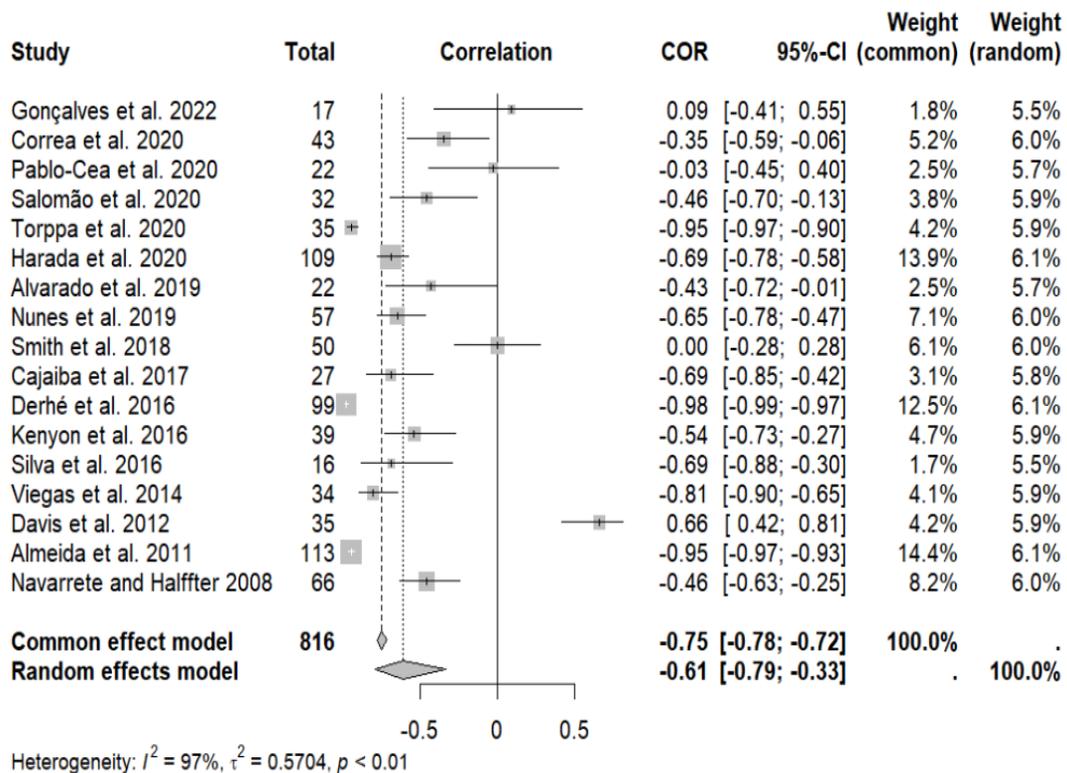


Figura 7. Gráfico de floresta. Z de Fisher e intervalo de confiança 95%. 97% da variabilidade entre os estudos pode ser explicada por moderadores e 0.5 não será possível. É necessário analisar os moderadores

Há uma correlação negativa estatisticamente significativa entre as variáveis estudadas. No entanto, a heterogeneidade entre os estudos é alta, indicando que os resultados podem estar divergindo substancialmente. Embora haja uma tendência geral de correlação negativa, é importante interpretar os resultados com cautela devido à alta heterogeneidade (Q^* bet 500.72, df 16, p 0.0001).

Para tentar explicar o alto valor de heterogeneidade dos dados foram realizadas análises de subgrupos com os países de origem dos estudos (figura 8) e com os tipos de efeitos nas comunidades de escarabeíneos (figura 9).

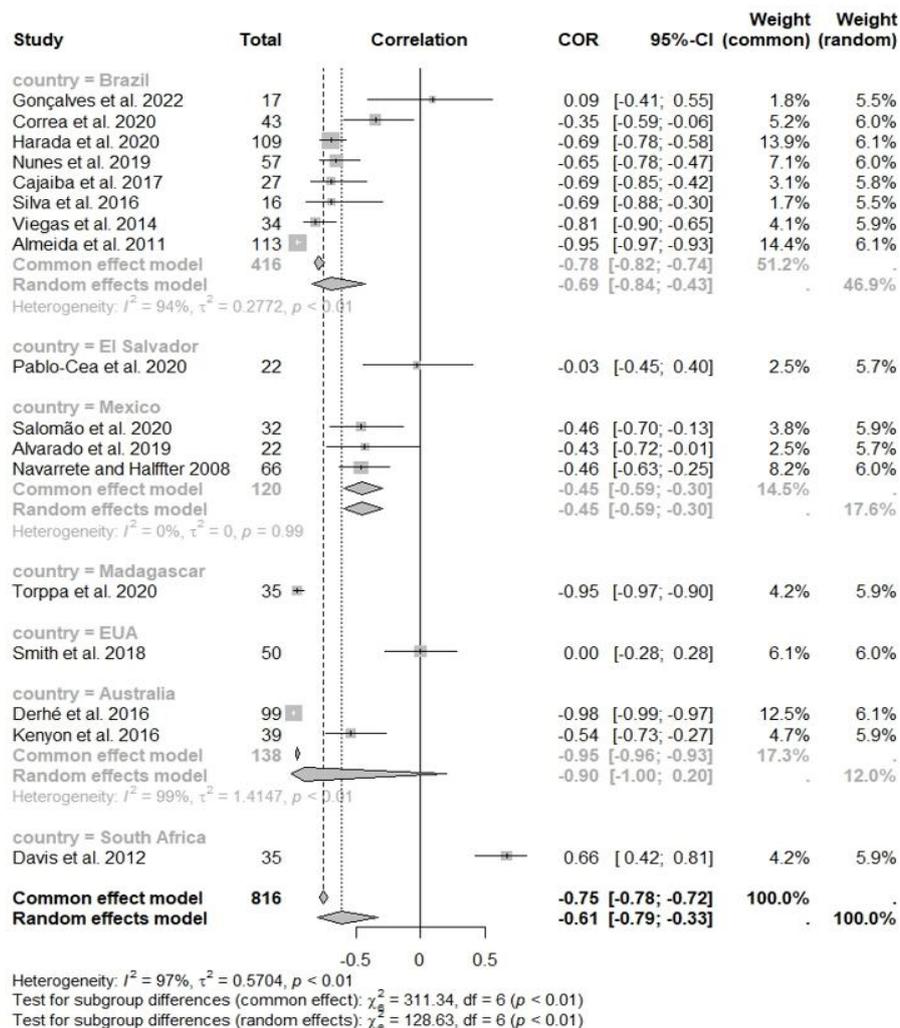


Figura 8. Modelo de efeitos aleatórios dos estudos e efeitos dos subgrupos (países de origens dos estudos). Z de Fisher e intervalo de confiança 95%.

Embora há uma correlação negativa significativa (0.01) com a variável países de origem dos estudos, com o alto valor de heterogeneidade (97%) ainda não é possível explicar essa forte correlação sugerindo que existem outras variáveis explicativas para o possível efeito de correlação que precisam ser consideradas. A diferença entre os grupos não é estatisticamente significativa (Q^* bet 128.63, $df = 6$, $p = 0.0001$) ou seja, o tamanho do efeito não está relacionado com a localização geográfica dos países estudados (Brasil, El Salvador, México, Madagascar, Estados Unidos, Austrália e África do Sul).

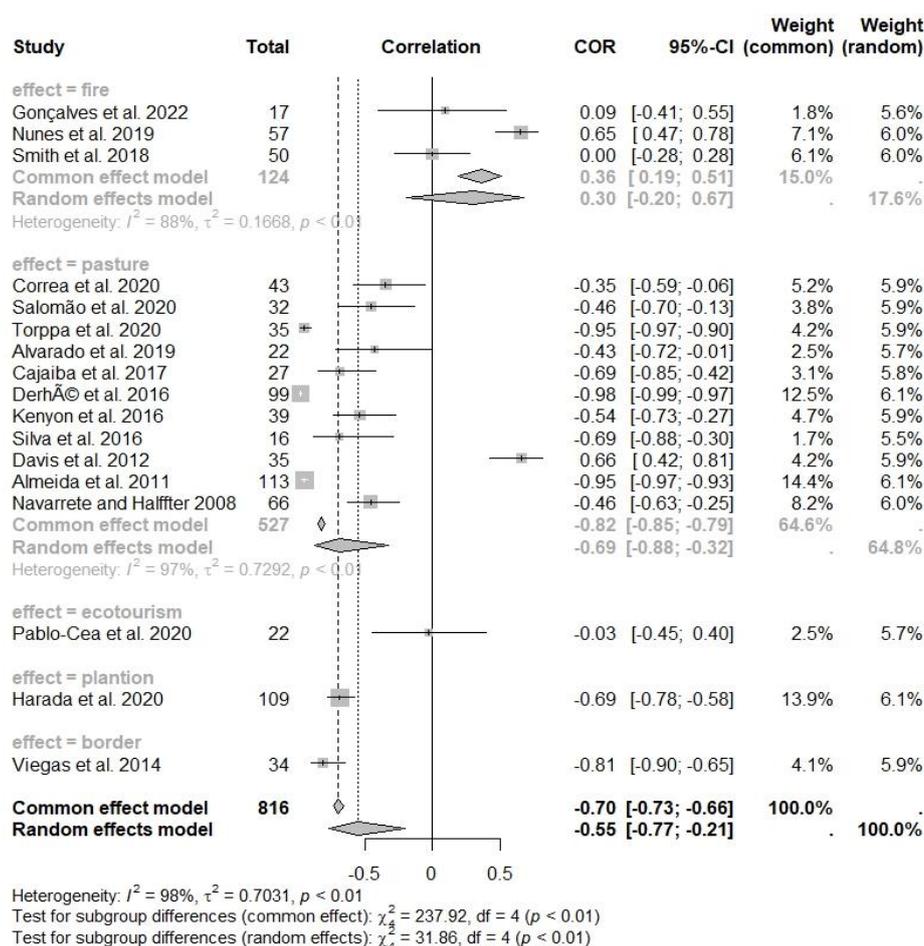


Figura 9. Gráfico de floresta para o subgrupo tipo de efeito. Z de Fisher e intervalo de confiança 95%.

Dentre os variados tipos de efeitos analisados, o fogo representa 17.6% de peso dos estudos. Muito embora esse efeito seja significativamente neutro nas comunidades de escarabeíneos ele não pode ser explicado devido seu alto valor de heterogeneidade (88%). Desse modo os demais efeitos como pastagem (64.8%) de peso dos estudos, ecoturismo (5.7%), plantação (6.1%), borda (5.9%), ambos apresentam efeito negativo significativo nas comunidades de escarabeíneos, entretanto não pode ser explicado pelo elevado valor de heterogeneidade. A diferença entre os grupos não é estatisticamente significativa (Q^* bet 31.86, df 4, p 0.0001) ou seja, o tamanho do efeito não esta relacionado com os tipos de efeitos (fogo, pastagem, ecoturismo, plantio e borda) nas comunidades de escarabeíneos. No entanto foi realizada uma equação de regressão polinomial para investigar os possíveis efeitos entre as variáveis citadas acima (figura 10).

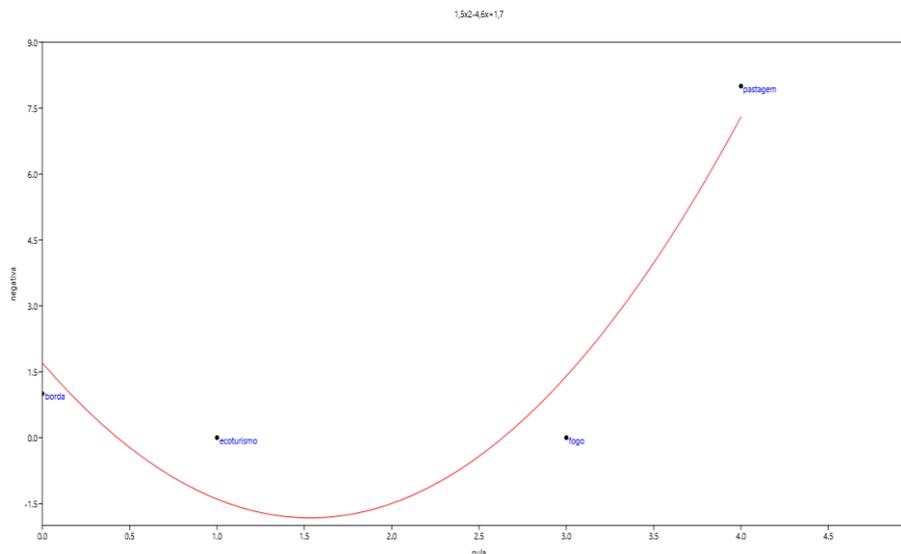


Figura 10. Equação de regressão polinomial de segundo grau.

Os efeitos de borda, ecoturismo e fogo foram os que apresentaram menor efeito negativo nas riquezas de espécies de escarabeíneos comparados com os efeitos de pastagens, muito embora essa relação não seja estatisticamente significativa ($p=0,3$; $r^2=0,89$; $f=4,06$).

Discussão

Heterogeneidade

Possíveis razões para a heterogeneidade podem incluir diferenças nos métodos de estudo, populações estudadas ou outras variáveis de confusão não consideradas. A heterogeneidade dos estudos pode ser possivelmente explicada pelos diferentes tamanhos amostrais (tamanho dos sítios), de riqueza onde variou entre 10 (Smith et al., 2018) e 113 (Davis et al., 2012), pois quanto maior a área amostral mais chances de haver uma maior quantidade de espécies, assim como os diferentes tipos de uso da terra tal como área degradada (Torppa et al., 2020), Ecoturismo (Noriega et al., 2020; Pablo-Cea et al., 2020), fogo (Gonçalves et al., 2022; Nunes et al., 2019; Smith et al., 2018; Rangel-Acosta et al., 2020), fragmentação florestal (Viegas et al., 2014; Navarrete e Halffter 2008; Correa et al 2021, Souza et al 2020; Filgueiras et al 2016), diferentes tipos de pastagens (Salomão et al 2020; Alonso et al 2020; Alonso et al 2019; Rangel-Acosta e Martínez-Hernández 2017; Silva et al 2017; Gómez-Cifuentes et al 201; Cajaiba et al 2017; Derhé et al 2016; Kenyon et al 2016; Silva et al 2016; Damborsky et al 2015; Davis et al 2012).

Padrão de riqueza de espécie

Os besouros escarabeíneos são utilizados como organismos focais para avaliar impactos antrópicos (Macedo et al., 2020) e estudos comprovam que a conversão de

pastagens naturais em exóticas afetam negativamente a riqueza de espécies dessas comunidades (Martello et al., 2016). É necessário compreendermos urgentemente os resultados dos efeitos dessas conversões de pastagens para preservar a biodiversidade, as funções e os serviços ecossistêmicos associados uma vez que essas informações podem fornecer bases para as políticas de conservação auxiliando na proteção dos ecossistemas globais.

A pecuária é o maior setor de uso da terra na Terra e ocupa mais de 30% da superfície continental do planeta (FAO, 2012) onde o Brasil tem o maior rebanho de carne do mundo onde a produção pecuária está presente em todos os municípios brasileiros e em 80% deles a pastagem é o principal uso da terra, quando se refere à agricultura familiar e às médias propriedades (EMBRAPA, 2024), o que justifica a maior concentração de estudos com pastagens encontrados no país (46,9%). Nos últimos 35 anos, cerca de 45 Mha de novas pastagens foram adicionadas à paisagem agrícola brasileira. Durante este período, uma enorme área de 64 Mha foi desmatada e convertida em novas pastagens, enquanto 18 Mha de pastagens pré-existentes foram substituídas por agricultura, silvicultura e barragens. Atualmente, 70% (37 Mha) do total de pastagens da Amazônia podem ser atribuídos ao processo de desmatamento ocorrido nos últimos 35 anos. Ao mesmo tempo, um terço das pastagens existentes pode ser atribuído a processos de desmatamento ocorridos nos biomas Cerrado e Mata Atlântica. Infelizmente, a expansão da fronteira agrícola em detrimento da vegetação natural ainda está em curso. Desde 2010, 10 Mha de novas pastagens e 04 Mha de novas terras agrícolas se expandiram, substituindo florestas e outras vegetações naturais (MAPBIOMAS, 2020) corroborando com os resultados negativos estatisticamente significativos da modificação do habitat sob a riqueza de espécies de escarabeíneos encontrados no Brasil.

Os efeitos negativos das conversões de pastagens existem e tem sido reportados em cerrado brasileiro com a redução da riqueza de espécies de escarabeíneos (CORREA et al., 2020), na Slovenia (JUGOVIC et al., 2018), no México (SILVA et al., 2023; BARRAGÁN et al., 2014; DE FARIAS et al., 2014) e na Austrália (KENYON et al., 2016). Além da perda de espécies a diversidade funcional também é afetada negativamente, pois algumas espécies tolerantes a perturbação se tornam dominantes em ambiente com conversão de savana nativa por pastagens exóticas (MACIEL et al., 2023).

O fogo e ecoturismo não impactaram negativamente na riqueza de espécies de escarabeíneos, entretanto houve uma alteração na composição de espécies das áreas modificadas onde as espécies que abitavam nas áreas sem modificação foram substituídas (GINÇALVES et al., 2022; PABLO-CEA et al., 2020; NUNES et al., 2019; SMITH et al., 2018). Em savana amazônica o fogo em si não tem efeito independente nas comunidades de escarabeíneos, mas pode afetar indiretamente as comunidades através de sua interação com a estrutura da vegetação e a localização espacial dos locais (LOUZADA et al., 2010). Entretanto as florestas queimadas ao norte da Amazônia abrigam uma comunidade modificada de escarabeíneos onde as espécies menores e com menor biomassa total são dominantes o que provavelmente acarretará em um efeito cascata em algumas funções ecológicas mediadas por espécies maiores (DE ANDRADE et al., 2014) pois o tamanho corporal está relacionado a eficiência na dispersão e enterramento de sementes encontradas em fezes de animais impactando assim na regeneração das plantas (SANTOS-HEREDIA et al. 2010). Concomitantemente ocorre com o ecoturismo, pois, o aumento do número de turistas

tem gerado uma mudança significativa na composição de espécies e redução nas riquezas, abundâncias, biomassa e diversidade de besouros (PABLO-CEA et al., 2020) o que resulta em uma assembleia com estrutura empobrecida refletindo no seu aninhamento com perda de espécies sem rotatividade para áreas com elevado fluxo de turistas (NORIEGA et al., 2020).

Conclusões

- Existe um efeito negativo estatisticamente significativo na riqueza de espécies de escarabeíneos com diferentes tipos de modificações de hábitat, entretanto sugere-se que mais estudos sejam realizados para comprovar os efeitos negativos das pastagens nas riquezas de espécies de escarabeíneos e dos efeitos neutros do fogo, borda e ecoturismo nessas comunidades.
- Embora a riqueza de espécies de escarabeíneos em ambientes modificados com fogo e ecoturismo não sofram reduções estatisticamente significativas ocorre uma alteração na composição de espécies que implica nos serviços ecossistêmicos oferecidos.

Referências

- ABDEL-DAYEM, Mahmoud S. *et al.* Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) abundance and diversity at nature preserve within hyper-arid ecosystem of Arabian Peninsula. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 109, n. 2, p. 216-223, 2016. DOI 10.1093/aesa/sav154.
- ADAMS, Dean C.; GUREVITCH, Jessica; ROSENBERG, Michael S. Resampling tests for meta-analysis of ecological data. **Ecology**, v. 78, n. 4, p. 1277-1283, 1997.
- ALVARADO, Fredy; DÁTTILO, Wesley; ESCOBAR, Federico. Linking dung beetle diversity and its ecological function in a gradient of livestock intensification management in the Neotropical region. **Applied Soil Ecology**, v. 143, p. 173-180, 2019. DOI 10.1016/j.apsoil.2019.06.016.
- ALVARADO, Fredy; ESCOBAR, Federico; MONTERO-MUÑOZ, Jorge. Diversity and biogeographical makeup of the dung beetle communities inhabiting two mountains in the Mexican Transition Zone. **Organisms Diversity & Evolution**, v. 14, p. 105-114, 2014. DOI 10.1007/s13127-013-0148-0.
- ALVARADO, Fredy *et al.* Different responses of dung beetle diversity and feeding guilds from natural and disturbed habitats across a subtropical elevational gradient. **Acta Oecologica**, v. 104, p. 103533, 2020. DOI 10.1016/j.actao.2020.103533.
- ALVES, Victor M. *et al.* Dung beetles and the conservation of diversity in an agricultural landscape with maize fields and Atlantic Forest remnants. **Acta oecologica**, v. 107, p. 103598, 2020. DOI 10.1016/j.actao.2020.103598.
- AMELL-CAEZ, Yina *et al.* Diversidad espacial del ensamblaje de escarabajos coprofagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en cinco ecorregiones de Sucre, costa Caribe colombiana. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 45, n. 2, p. e7963, 2019. DOI 10.25100/socolen.v45i2.7963.
- ARELLANO, Lucrecia; CASTILLO-GUEVARA, Citlalli. Effect of uncontrolled forest fires on the coprophagous beetle assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae) in a temperate forest in Central Mexico. **Revista mexicana de biodiversidad**, v. 85, n. 3, p. 854-865, 2014. DOI 10.7550/rmb.41756.
- ARRIAGA-JIMÉNEZ, Alfonsina; RÖS, Matthias; HALFFTER, Gonzalo. High variability of dung beetle diversity patterns at four mountains of the Trans-Mexican Volcanic Belt. **PeerJ**, v. 6, p. e4468, 2018. DOI 10.7717/peerj.4468.
- ARUCHUNNAN, Ganaswary *et al.* Diversity and abundance of dung beetles attracted to different ages of cow dung at Tasik Chini Biosphere Reserve, Pahang. In: **AIP Conference Proceedings**. AIP Publishing, 2015. DOI 10.1063/1.4931190.
- AUDINO, Livia D. *et al.* Drivers of community assembly in tropical forest restoration sites: role of local environment, landscape, and space. **Ecological Applications**, v. 27, n. 6, p. 1731-1745, 2017.

AUDINO, Livia D.; LOUZADA, Julio; COMITA, Liza. Dung beetles as indicators of tropical forest restoration success: is it possible to recover species and functional diversity?. **Biological Conservation**, v. 169, p. 248-257, 2014. DOI 10.1016/j.biocon.2013.11.023.

BALMFORD, Andrew; BOND, William. Trends in the state of nature and their implications for human well-being. **Ecology letters**, v. 8, n. 11, p. 1218-1234, 2005.

BARRAGÁN, Felipe et al. The impact of grazing on dung beetle diversity depends on both biogeographical and ecological context. **Journal of Biogeography**, v. 41, n. 10, p. 1991-2002, 2014.

BARRETTO, Julliana W.; CULTID-MEDINA, Carlos A.; ESCOBAR, Federico. Annual abundance and population structure of two dung beetle species in a human-modified landscape. **Insects**, v. 10, n. 1, p. 2, 2018. DOI 10.3390/insects10010002.

BARRETTO, Julliana; SALOMÃO, Renato P.; IANNUZZI, Luciana. Diversity of dung beetles in three vegetation physiognomies of the Caatinga dry forest. **International journal of tropical insect science**, v. 40, n. 2, p. 385-392, 2020. DOI 10.1007/s42690-019-00089-4.

BASTO-ESTRELLA, Gertrudis S. *et al.* Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) diversity and seasonality in response to use of macrocyclic lactones at cattle ranches in the Mexican neotropics. **Insect Conservation and Diversity**, v. 7, n. 1, p. 73-81, 2014. DOI 10.1111/icad.12035.

BATILANI-FILHO, M.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Decline of ecological functions performed by dung beetles in areas of Atlantic Forest and contribution of rollers and tunnellers in organic matter removal. **Environmental Entomology**, v. 46, n. 4, p. 784-793, 2017. DOI 10.1093/ee/nvx091.

BAUJAT, Bertrand *et al.* A graphical method for exploring heterogeneity in meta-analyses: application to a meta-analysis of 65 trials. **Statistics in medicine**, v. 21, n. 18, p. 2641-2652, 2002.

BEIROZ, Wallace *et al.* Dung beetle community dynamics in undisturbed tropical forests: implications for ecological evaluations of land-use change. **Insect Conservation and Diversity**, v. 10, n. 1, p. 94-106, 2017. DOI 10.1111/icad.12206.

BEIROZ, Wallace *et al.* Biodiversity in tropical plantations is influenced by surrounding native vegetation but not yield: A case study with dung beetles in Amazonia. **Forest ecology and management**, v. 444, p. 107-114, 2019. DOI 10.1016/j.foreco.2019.04.036.

BEIROZ, Wallace; VIEIRA, Letícia; LOUZADA, Julio. Ecological similarity promotes coexistence between taxonomically related dung beetle species. **Acta oecologica**, v. 96, p. 29-34, 2019. DOI 10.1016/j.actao.2019.03.002.

BICKNELL, Jake E. *et al.* Dung beetles as indicators for rapid impact assessments: evaluating best practice forestry in the neotropics. **Ecological indicators**, v. 43, p. 154-161, 2014. DOI 10.1016/j.ecolind.2014.02.030.

BITENCOURT, Bruna S.; DA SILVA, Pedro Giovâni. Forest regeneration affects dung beetle assemblages (Coleoptera: Scarabaeinae) in the southern Brazilian Atlantic Forest. **Journal of insect conservation**, v. 20, p. 855-866, 2016. DOI 10.1007/s10841-016-9917-3.

BITENCOURT, Bruna S. *et al.* Forest complexity drives dung beetle assemblages along an edge-interior gradient in the southwest Amazon rainforest. **Ecological Entomology**, v. 45, n. 2, p. 259-268, 2020. DOI 10.1111/een.12795.

BOGONI, Juliano A.; HERNÁNDEZ, Malva IM. Attractiveness of native mammal's feces of different trophic guilds to dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 299, 2014. DOI 10.1093/jisesa/ieu161.

BOURG, A. *et al.* Got dung? Resource selection by dung beetles in Neotropical forest fragments and cattle pastures. **Neotropical Entomology**, v. 45, p. 490-498, 2016. DOI 10.1007/s13744-016-0397-7.

BUI, Van Bac; ZIEGLER, Thomas; BONKOWSKI, Michael. Morphological traits reflect dung beetle response to land use changes in tropical karst ecosystems of Vietnam. **Ecological Indicators**, v. 108, p. 105697, 2020. DOI 10.1016/j.ecolind.2019.105697.

BYK, Adam; RUTKIEWICZ, Artur. Structure and seasonal dynamics of dung beetle communities (Coleoptera: Scarabaeoidea) in early developmental stages of Scots pine stands in the człuchów forest (NW Poland). **SYLWAN**, v.164, n. 6, p. 482-96. 2020.

CAJAIBA, Reinaldo L. *et al.* Attractiveness of Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) to different baits in the Brazilian Amazon region. **Revista de Biología Tropical**, v. 65, n. 3, p. 917-924, 2017.

CAJAIBA, Reinaldo L. *et al.* Can dung beetles (Scarabaeinae) indicate the status of Amazonia's ecosystems? Insights integrating anthropogenic disturbance with seasonal patterns. **Animal biology**, v. 67, n. 3-4, p. 301-318, 2017. DOI 10.1163/15707563-00002538.

CAMPOS, Renata C.; HERNÁNDEZ, Malva I. M. Changes in the dynamics of functional groups in communities of dung beetles in Atlantic Forest fragments adjacent to transgenic maize crops. **Ecological Indicators**, v. 49, p. 216-227, 2015. DOI 10.1016/j.ecolind.2014.09.043.

CARVALHO, Raquel L. *et al.* Is dung removal a good proxy for other dung beetle functions when monitoring for conservation? A case study from the Brazilian

Amazon. **Ecological Indicators**, v. 109, p. 105841, 2020. DOI 10.1016/j.ecolind.2019.105841.

COLEMAN, David C.; HENDRIX, Paul F. (eds.). **Invertebrates as webmasters in ecosystems**. 2000.

CORREA, César M. A. *et al.* Attractiveness of baits to dung beetles in Brazilian savanna and exotic pasturelands. **Entomological Science**, v. 19, n. 2, p. 112-123, 2016. DOI 10.1111/ens.12169.

CORREA, César M. A. *et al.* Using dung beetles to evaluate the conversion effects from native to introduced pasture in the Brazilian Pantanal. **Journal of insect conservation**, v. 20, p. 447-456, 2016. DOI 10.1007/s10841-016-9877-7.

CORREA, César M. A. *et al.* Dung beetle diversity and functions suggest no major impacts of cattle grazing in the Brazilian Pantanal wetlands. **Ecological Entomology**, v. 44, n. 4, p. 524-533, 2019. DOI 10.1111/een.12729.

CORREA, César M. A. *et al.* Successional trajectory of dung beetle communities in a tropical grassy ecosystem after livestock grazing removal. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, p. 2311-2328, 2020. DOI 10.1007/s10531-020-01975-x.

CORREA, César M. A. *et al.* Spatiotemporal patterns of taxonomic and functional β -diversity of dung beetles in native and introduced pastures in the Brazilian Pantanal. **Austral Ecology**, v. 46, n. 1, p. 98-110, 2021. DOI 10.1111/aec.12963.

CORREA, César M. A.; PUKER, Anderson; ABOT, Alfredo R. Impacts of exotic pasture establishment on dung beetle assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in the Brazilian Cerrado. **Environmental Entomology**, v. 49, n. 6, p. 1335-1344, 2020.

COSTA, Cristiane M. Q.; BARRETTO, Julliana W.; DE MOURA, Rita C. Changes in the dung beetle community in response to restinga forest degradation. **Journal of insect conservation**, v. 18, p. 895-902, 2014. DOI 10.1007/s10841-014-9697-6.

COSTA, Cristiane M. Q. *et al.* Variegated tropical landscapes conserve diverse dung beetle communities. **PeerJ**, v. 5, p. e3125, 2017. DOI 10.7717/peerj.3125.

CROWTHER, Mark *et al.* A further use for the harvest plot: a novel method for the presentation of data synthesis. **Research synthesis methods**, v. 2, n. 2, p. 79-83, 2011.

CULTID-MEDINA, Carlos A. *et al.* Movement and population size of two dung beetle species in an Andean agricultural landscape dominated by sun-grown coffee. **Journal of Insect Conservation**, v. 19, p. 617-626, 2015. DOI 10.1007/s10841-015-9784-3

DA CUNHA, Wanderson L.; FRIZZAS, Marina R. Spatial structure of the diversity of dung beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) in savanna formations of Central

Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 14, p. 4137-4154, 2020. DOI 10.1007/s10531-020-02068-5.

DA SILVA, Pedro G. *et al.* Patch and landscape effects on forest-dependent dung beetles are masked by matrix-tolerant dung beetles in a mountaintop rainforest archipelago. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 1321-1331, 2019. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.09.195.

DA SILVA, Pedro G. *et al.* Temporal changes of taxonomic and functional diversity in dung beetles inhabiting forest fragments and pastures in Los Tuxtlas biosphere reserve, Mexico. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 94, p. e945059, 2023. DOI 10.22201/ib.20078706e.2023.94.5059.

DA SILVA, Pedro G. *et al.* Turnover and nestedness in subtropical dung beetle assemblages along an elevational gradient. **Diversity and Distributions**, v. 24, n. 9, p. 1277-1290, 2018. DOI 10.1111/ddi.12763.

DA SILVA, Pedro G.; HERNÁNDEZ, Malva I. M. Scale-dependence of processes structuring dung beetle metacommunities using functional diversity and community deconstruction approaches. **PLoS One**, v. 10, n. 3, p. e0123030, 2015. DOI 10.1371/journal.pone.0123030.

DA SILVA, Pedro G.; HERNÁNDEZ, Malva I. M. Spatial but not temporal dung beetle β -diversity components are scale-dependent in a mainland-island scenario. **Austral ecology**, v. 43, n. 8, p. 915-925, 2018.

DA SILVA, Pedro G.; HERNÁNDEZ, Malva I. M. Spatial variation of dung beetle assemblages associated with forest structure in remnants of southern Brazilian Atlantic Forest. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 60, p. 73-81, 2016.

DA SILVA, Pedro G.; HERNÁNDEZ, Malva I. M.; HEINO, Jani. Disentangling the correlates of species and site contributions to beta diversity in dung beetle assemblages. **Diversity and Distributions**, v. 24, n. 11, p. 1674-1686, 2018. DOI 10.1111/ddi.12785.

DA SILVA, Pedro G.; HERNÁNDEZ, Malva Isabel Medina. Spatial patterns of movement of dung beetle species in a tropical forest suggest a new trap spacing for dung beetle biodiversity studies. **PloS one**, v. 10, n. 5, p. e0126112, 2015. DOI 10.1371/journal.pone.0126112.

DA SILVA, Pedro G.; LOBO, Jorge M.; HERNÁNDEZ, Malva Isabel Medina. The role of habitat and daily activity patterns in explaining the diversity of mountain Neotropical dung beetle assemblages. **Austral Ecology**, v. 44, n. 2, p. 300-312, 2019. DOI 10.1111/aec.12675.

DAMBORSKY, Miryam P. *et al.* Spatial and temporal variation of dung beetle assemblages in a fragmented landscape at eastern humid Chaco. **Neotropical Entomology**, v. 44, p. 30-39, 2015. DOI 10.1007/s13744-014-0257-2.

DANIEL, Gimo Mazembe; NUNES, Luis GOA; VAZ-DE-MELLO, Fernando Z. Espèces et guildes fonctionnelles de bousiers (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) des différents types de végétations à la limite entre la Dépression du Chaco et le Plateau Brésilien. **Annales de la Société entomologique de France** (N.S.), v. 50, n. 2, p. 183-190, 2014. DOI 10.1080/00379271.2014.938936.

DE ANDRADE, Rafael B. *et al.* Tropical forest fires and biodiversity: dung beetle community and biomass responses in a northern Brazilian Amazon forest. **Journal of Insect Conservation**, v. 18, p. 1097-1104, 2014. DOI 10.1007/s10841-014-9719-4.

DE FARIAS, Patrícia M. *et al.* Response of the copro-necrophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) assemblage to a range of soil characteristics and livestock management in a tropical landscape. **Journal of Insect Conservation**, v. 19, p. 947-960, 2015. DOI 10.1007/s10841-015-9812-3.

DERHÉ, Mia A. *et al.* Measuring the success of reforestation for restoring biodiversity and ecosystem functioning. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 6, p. 1714-1724, 2016. DOI 10.1111/1365-2664.12728.

DOLL, Hannah M. *et al.* Environmental and geographic factors driving dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) diversity in the dipterocarp forests of Peninsular Malaysia. **Raffles Bulletin of Zoology**, v. 62, 2014. DOI 10.1590/1678-4766e2017045.

DUNN, Robert R. Modern insect extinctions, the neglected majority. **Conservation biology**, v. 19, n. 4, p. 1030-1036, 2005.

DUVAL, Sue; TWEEDIE, Richard. A nonparametric “trim and fill” method of accounting for publication bias in meta-analysis. **Journal of the American Statistical Association**, v. 95, n. 449, p. 89-98, 2000a.

DUVAL, Sue; TWEEDIE, Richard. Trim and fill: a simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. **Biometrics**, v. 56, n. 2, p. 455-463, 2000b.

EBERT, Kathryn M. *et al.* Bait preferences of Australian dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in tropical and subtropical Queensland forests. **Austral Entomology**, v. 58, n. 4, p. 772-782, 2019. DOI 10.1111/aen.12396.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/portfolio/pastagens>. Acesso em: 09 abr. 2024.

ERNESTO, Matilde V. *et al.* Hexapod decomposers of Serra de Santa Catarina, Paraíba, Brazil: an area with high potential for conservation of Caatinga biodiversity. **Biota Neotropica**, v. 18, 2018. DOI 10.1590/1676-0611-BN-2017-0410.

ERROUISSI, Faïek; JAY-ROBERT, Pierre. Consequences of habitat change in euromediterranean landscapes on the composition and diversity of dung beetle assemblages (Coleoptera, Scarabaeoidea). **Journal of insect conservation**, v. 23, p. 15-28, 2019. DOI 10.1007/s10841-018-0110-8.

FAO. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. **FAO 2012**. Disponível em: <https://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2024.

FEER, François. Les modalités du percher dans un assemblage de Scarabaeinae de la forêt de Guyane française. In: **Annales de la Société entomologique de France (NS)**, v. 51, n. 4, p. 331-340, 2015. DOI 10.1080/00379271.2016.1146633.

FEER, François; BOISSIER, Olivier. Variations in dung beetle assemblages across a gradient of hunting in a tropical forest. **Ecological Indicators**, v. 57, p. 164-170, 2015. DOI 10.1016/j.ecolind.2015.04.034.

FERREIRA, S. C. *et al.* Climatic variables drive temporal patterns of α and β diversities of dung beetles. **Bulletin of entomological research**, v. 109, n. 3, p. 390-397, 2019. DOI 10.1017/S0007485318000676.

FILGUEIRAS, Bruno K. C. *et al.* Dung beetle persistence in human-modified landscapes: combining indicator species with anthropogenic land use and fragmentation-related effects. **Ecological Indicators**, v. 55, p. 65-73, 2015. DOI 10.1016/j.ecolind.2015.02.032.

FILGUEIRAS, Bruno K. C. *et al.* Spatial replacement of dung beetles in edge-affected habitats: biotic homogenization or divergence in fragmented tropical forest landscapes? **Diversity and Distributions**, v. 22, n. 4, p. 400-409, 2016. DOI 10.1111/ddi.12410.

FRYXELL, John M.; SINCLAIR, Anthony RE; CAUGHLEY, Graeme. **Wildlife ecology, conservation, and management**. John Wiley & Sons, 2014.

GIMENEZ-GOMEZ, Victoria C. *et al.* Relationship between land uses and diversity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in the southern Atlantic forest of Argentina: which are the key factors?. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, n. 12, p. 3201-3213, 2018. DOI 10.1007/s10531-018-1597-8.

GIMENEZ-GOMEZ, Victoria C. *et al.* Dung beetle trophic ecology: are we misunderstanding resources attraction?. **Ecological Entomology**, v. 46, n. 3, p. 552-561, 2021.

GOH, Thary Gazi et al. The habitat preference of dung beetle species associated with elephant dung of the Malay Peninsula. **Raffles Bulletin of Zoology**, v. 67, 2019. DOI: 10.26107/RBZ-2019-0024

GÓMEZ-CIFUENTES, Andrés *et al.* Influence of land use on the taxonomic and functional diversity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in the southern Atlantic

forest of Argentina. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, n. 1, p. 147-156, 2017. DOI 10.1007/s10841-017-9964-4.

GÓMEZ-CIFUENTES, Andrés *et al.* Tree retention in cattle ranching systems partially preserves dung beetle diversity and functional groups in the semideciduous Atlantic forest: The role of microclimate and soil conditions. **Basic and Applied Ecology**, v. 34, p. 64-74, 2019. DOI 10.1016/j.baae.2018.10.002.

GONZÁLEZ-TOKMAN, Daniel *et al.* Éxito o fracaso: el papel de la restauración ecológica en la recuperación de la diversidad y la función de los escarabajos del estiércol en una selva tropical. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 89, n. 1, p. 232-242, 2018. DOI 10.22201/ib.20078706e.2018.1.2132.

GREGORY, Nichar *et al.* Big dung beetles dig deeper: trait-based consequences for faecal parasite transmission. **International Journal for Parasitology**, v. 45, n. 2-3, p. 101-105, 2015. DOI 10.1016/j.ijpara.2014.10.006.

GUERRA-ALONSO, Celeste B.; ZURITA, Gustavo A.; BELLOCQ, M. Isabel. Dung beetles response to livestock management in three different regional contexts. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 3702, 2020. DOI 10.1038/s41598-020-60575-5.

GUERRA-ALONSO, Celeste B.; ZURITA, Gustavo A.; BELLOCQ, M. Isabel. Livestock areas with canopy cover sustain dung beetle diversity in the humid subtropical Chaco forest. **Insect Conservation and Diversity**, v. 12, n. 4, p. 296-308, 2019. DOI 10.1111/. doi: 10.1111/icad.12340.

GUERRA-ALONSO, Celeste B.; ZURITA, Gustavo A.; BELLOCQ, M. Isabel. Response of dung beetle taxonomic and functional diversity to livestock grazing in an arid ecosystem. **Ecological Entomology**, v. 46, n. 3, p. 582-591, 2021. DOI 10.1111/een.13004.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. (eds.). **Dung beetle ecology**. Princeton University Press, 1991.

HERNÁNDEZ, Benjamín *et al.* Dung-beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) assemblage in two livestock production systems in a southern Mexican High Plateau semiarid ecosystem. **The Canadian Entomologist**, v. 153, n. 3, p. 285-300, 2021. DOI 10.4039/tce.2021.4.

HERNÁNDEZ, Benjamín; NAVARRETE-HEREDIA, José Luis. Annotated Checklist and Biogeographical Affinities of Scarabaeinae1 Beetles from Los Altos de Jalisco Region, Mexico. **Southwestern Entomologist**, v. 43, n. 1, p. 131-149, 2018. DOI 10.3958/059.043.0130

HERNÁNDEZ, Malva I. M. *et al.* Ecological characteristics of Atlantic Forest dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in the state of Santa Catarina, southern

Brazil. **The Coleopterists Bulletin**, v. 73, n. 3, p. 693-709, 2019. DOI 10.1649/0010-065X-73.3.693.

HERNÁNDEZ, Malva I. M. *et al.* Response of a dung beetle assemblage along a reforestation gradient in Restinga forest. **Journal of insect conservation**, v. 18, p. 539-546, 2014. DOI 10.1007/s10841-014-9645-5.

HOSLER, Sheryl C. *et al.* Management actions shape dung beetle community structure and functional traits in restored tallgrass prairie. **Ecological Entomology**, v. 46, n. 2, p. 175-186, 2021. DOI 10.1111/een.12950.

IBARRA-POLESEL, Mario G.; DAMBORSKY, Miryam P.; PORCEL, Eduardo. Copronecrophagous scarab beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) from Colonia Benitez Educative Natural Reserve, Chaco, Argentina. **Revista mexicana de biodiversidad**, v. 86, n. 3, p. 744-753, 2015. DOI 10.1016/j.rmb.2015.05.011.

IMURA, O. *et al.* Landscape diversity of pasture dung beetle communities in the central region of mainland Japan and implications for conservation management. **Biodiversity and conservation**, v. 23, p. 597-616, 2014. DOI 10.1007/s10531-014-0619-4.

IX-BALAM, Manuel A. *et al.* The rolling of food by dung beetles affects the oviposition of competing flies. **Insects**, v. 9, n. 3, p. 92, 2018. DOI 10.3390/insects9030092.

JUGOVIC, J.; KOPRIVNIKAR, N.; KOREN, T. The role of semi-natural grasslands and livestock in sustaining dung beetle communities (Coleoptera, Scarabaeoidea) in sub-Mediterranean areas of Slovenia. **Animal Biodiversity and Conservation**, v. 41, n. 2, p. 321-332, 2018. DOI 10.32800/abc.2018.41.0321.

KENYON, Tania M. *et al.* The effects of land use change on native dung beetle diversity and function in Australia's Wet Tropics. **Austral Ecology**, v. 41, n. 7, p. 797-808, 2016. DOI 10.1111/aec.12366.

KULINSKAYA, Elena; KORICHEVA, Julia. Use of quality control charts for detection of outliers and temporal trends in cumulative meta-analysis. **Research Synthesis Methods**, v. 1, n. 3-4, p. 297-307, 2010.

LABIDI, Imen; NOUIRA, Saïd; ERROUISSI, Faïek. Diversity and structure of dung beetle assemblages under two contrasted habitats in Tunisia: oases vs. humid pastures. **Austral Entomology**, v. 56, n. 1, p. 54-63, 2017. DOI 10.1111/aen.12210.

LAURA GONZALEZ-HERNANDEZ, Ana *et al.* Necrocolous beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae, Silphidae and Trogidae) from Bosque Los Colomos, Guadalajara, Jalisco, Mexico. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 86, n. 3, p. 764-770, 2015. DOI 10.1016/j.rmb.2015.07.006.

LIMA, Jonas D. N. *et al.* Structure and organization of Scarabaeinae assemblages (Coleoptera, Scarabaeidae) in different vegetation types in Southern Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 105, p. 393-402, 2015. DOI 10.1590/1678-476620151054393402.

LOBO, Jorge M. *et al.* Exploring the predictive performance of several temperature measurements on Neotropical dung beetle assemblages: Methodological implications. **Entomological science**, v. 22, n. 1, p. 56-63, 2019. DOI 10.1111/ens.12340.

LOPES, Luciano Bastos *et al.* Diversity of coleopterans associated with cattle dung in open pastures and silvopastoral systems in the Brazilian Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 2277-2287, 2020.

LOUZADA, Julio *et al.* Community structure of dung beetles in Amazonian savannas: role of fire disturbance, vegetation and landscape structure. **Landscape ecology**, v. 25, p. 631-641, 2010. DOI 10.1007/s10980-010-9448-3.

MACEDO, Margarete V. *et al.* Insect elevational specialization in a tropical biodiversity hotspot. **Insect conservation and diversity**, v. 11, p. 240-254, 2018. DOI 10.1111/icad.12267.

MACEDO, Renan *et al.* Conversion of Cerrado savannas into exotic pastures: the relative importance of vegetation and food resources for dung beetle assemblages. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 288, p. 106709, 2020. DOI 10.1016/j.agee.2019.106709.

MACIEL, R. *et al.* Tropical savanna conversion to exotic pastures negatively affects taxonomic and functional diversity of dung beetle assemblages, but not dung removal. **Insect Conservation and diversity**, v. 16, n. 5. p. 588-599. 2023. DOI 10.1111/icad.12656

MAPBIOMAS. Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Cobertura e Uso do Solo. São Paulo **Mapbiomas versão 5.0**. 2019. Disponível em: <https://plataforma.mapbiomas.org/map#coverage>. Acesso em: 12 out. 2020.

MARSH, Charles J. *et al.* Is β -diversity of Amazonian ant and dung beetles communities elevated at rainforest edges?. **Journal of Biogeography**, v. 45, n. 8, p. 1966-1979, 2018. DOI: 10.1111/jbi.13357.

MARTELLO, Felipe *et al.* Edge and land use effects on dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in Brazilian cerrado vegetation. **Journal of Insect Conservation**, v. 20, p. 957-970, 2016. DOI 10.1007/s10841-016-9928-0

MARTÍNEZ, M. Imelda; RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, Alfredo; LUMARET, Jean-Pierre. Medicinas Veterinarias, Plaguicidas, y los Escarabajos1 del Estiércol en la Zona Tropical de Palma Sola, Veracruz, México. **Southwestern Entomologist**, v. 42, n. 2, p. 563-574, 2017. DOI 10.3958/059.042.0225.

MARTÍNEZ-FALCÓN, Ana P. *et al.* Populations and assemblages living on the edge: dung beetles responses to forests-pasture ecotones. **PeerJ**, v. 6, p. e6148, 2018.

MEDINA, Anderson M.; LOPES, Priscila P. Seasonality in the dung beetle community in a Brazilian tropical dry forest: Do small changes make a difference?. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 123, 2014. DOI 10.1093/jis/14.1.123.

MEDINA, Anderson M.; LOPES, Priscila P. Resource utilization and temporal segregation of Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) community in a Caatinga fragment. **Neotropical entomology**, v. 43, p. 127-133, 2014. DOI 10.1007/s13744-014-0198-9.

MIRANDA-FLORES, Karen P. *et al.* Diversidad del paisaje y remoción del estiércol por escarabajos coprófagos en pastizales del norte de Veracruz. **Revista mexicana de biodiversidad**, v. 91, p. e912792, 2020. DOI 10.22201/ib.20078706e.2020.91.2792.

MOCTEZUMA, Victor *et al.* A contribution to the knowledge of the mountain entomofauna of Mexico with a description of two new species of *Onthophagus* Latreille, 1802 (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae). **ZooKeys**, n. 572, p. 23, 2016. DOI 10.3897/zookeys.572.6763

MOCTEZUMA, Victor; HALFFTER, Gonzalo; ESCOBAR, Federico. Response of copronecrophagous beetle communities to habitat disturbance in two mountains of the Mexican Transition Zone: influence of historical and ecological factors. **Journal of Insect Conservation**, v. 20, p. 945-956, 2016. DOI 10.1007/s10841-016-9923-5.

MONGYEH, Elvis T. *et al.* Elevational and possible bushmeat exploitation effects on dung beetle (Scarabaeidae: Scarabaeinae) communities on Mount Cameroon, West Central Africa. **Environmental entomology**, v. 47, n. 5, p. 1072-1082, 2018. DOI 10.1093/ee/nvy112.

MONTOYA-MOLINA, S. *et al.* Land sharing vs. land sparing in the dry Caribbean lowlands: A dung beetles' perspective. **Applied Soil Ecology**, v. 98, p. 204-212, 2016. DOI 10.1016/j.apsoil.2015.10.017.

MORENO, Claudia E.; HALFFTER, Gonzalo. Spatial and temporal analysis of α , β and γ diversities of bats in a fragmented landscape. **Biodiversity & Conservation**, v. 10, p. 367-382, 2001.

NORIEGA, Jorge A. *et al.* Does ecotourism impact biodiversity? An assessment using dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) as bioindicators in a tropical dry forest natural park. **Ecological Indicators**, v. 117, p. 106580, 2020. DOI 10.1016/j.ecolind.2020.106580.

NORIEGA, Jorge A.; REALPE, Emilio. Altitudinal turnover of species in a neotropical peripheral mountain system: a case study with dung beetles (Coleoptera: Aphodiinae and Scarabaeinae). **Environmental entomology**, v. 47, n. 6, p. 1376-1387, 2018. DOI 10.1093/ee/nvy133.

NOVAIS, Samuel M. A. *et al.* How does dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) diversity vary along a rainy season in a tropical dry forest?. **Journal of insect Science**, v. 16, n. 1, p. 81, 2016. DOI 10.1093/jisesa/iew069.

NUNES, Cássio A. *et al.* Dung beetles along a tropical altitudinal gradient: environmental filtering on taxonomic and functional diversity. **PLoS One**, v. 11, n. 6, p. e0157442, 2016. DOI 10.1371/journal.pone.0157442.

NUNES, Cássio A. *et al.* Linking biodiversity, the environment and ecosystem functioning: ecological functions of dung beetles along a tropical elevational gradient. **Ecosystems**, v. 21, p. 1244-1254, 2018. DOI 10.1007/s10021-017-0216-y.

NUNES, Cássio A. *et al.* Fire? They don't give a dung! The resilience of dung beetles to fire in a tropical savanna. **Ecological Entomology**, v. 44, n. 3, p. 315-323, 2019. DOI 10.1111/een.12705.

NUNES, Rafael V. *et al.* Taxonomic composition of Scarabaeinae dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) inhabiting fluvial islands in the southern Brazilian Amazon. In: **Annales de la Société entomologique de France (NS)**, v. 50, n. 3-4, p. 407-413, 2014. DOI: 10.1080/00379271.2014.984955.

ONG, Xin R.; SLADE, Eleanor M.; LIM, Matthew L. M. Dung beetle-megafauna trophic networks in Singapore's fragmented forests. **Biotropica**, v. 52, n. 5, p. 818-824, 2020. DOI 10.1111/btp.12840.

ORTEGA-ECHEVERRÍA, Candelaria; NAVAS, Gabriel R.; ARI NORIEGA, Jorge. Estacionalidad del ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeinae) del jardín botánico de Cartagena "Guillermo Piñeres" Bolívar-Colombia. **Caldasia**, v. 41, n. 1, p. 124-138, 2019. DOI 10.15446/caldasia.v41n1.72107.

ORTEGA-MARTÍNEZ, I. J.; MORENO, C. E.; ESCOBAR, F. A dirty job: manure removal by dung beetles in both a cattle ranch and laboratory setting. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 161, n. 1, p. 70-78, 2016. DOI 10.1111/eea.12488.

PABLO-CEA, José D. *et al.* The Scarab Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) of Parque Bicentenario, El Salvador. **The Coleopterists Bulletin**, v. 76, n. 2, p. 273-281, 2022.

PERRIN, William *et al.* A comparative analysis of dung beetle assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae, Aphodiinae) attracted to sheep and little bustard excrement in Southern France. **The Coleopterists Bulletin**, v. 73, n. 1, p. 185-192, 2019. DOI 10.1649/0010-065X-73.1.185.

PESSÔA, Marcelo B.; IZZO, Thiago J.; VAZ-DE-MELLO, Fernando Z. Assemblage and functional categorization of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) from the Pantanal. **PeerJ**, v. 5, p. e3978, 2017. DOI 10.7717/peerj.3978.

PHILIPS, T. Keith; PRETORIUS, Etheresia; SCHOLTZ, Clarke H. A phylogenetic analysis of dung beetles (Scarabaeinae: Scarabaeidae): unrolling an evolutionary history. **Invertebrate Systematics**, v. 18, n. 1, p. 53-88, 2004.

PHILLIPS, Bob; STEWART, Lesley A.; SUTTON, Alex J. 'Cross hairs' plots for diagnostic meta-analysis. **Research Synthesis Methods**, v. 1, n. 3-4, p. 308-315, 2010.

PITTMAN, Michael; XU, Xing; STIEGLER, Josef B. The taxonomy of a new parvicursorine alvarezsauroid specimen IVPP V20341 (Dinosauria: Theropoda) from the Upper Cretaceous Wulansuhai Formation of Bayan Mandahu, Inner Mongolia, China. **PeerJ**, v. 3, p. e986, 2015. DOI 10.7717/peerj.9860.

PUKER, Anderson *et al.* Dung beetles collected using flight intercept traps in an Amazon rainforest fragment and adjacent agroecosystems. **International journal of tropical insect science**, v. 40, n. 4, p. 1085-1092, 2020. DOI 10.1007/s42690-020-00132-9.

RAINE, Elizabeth H. *et al.* Tropical dung beetle morphological traits predict functional traits and show intraspecific differences across land uses. **Ecology and Evolution**, v. 8, n. 17, p. 8686-8696, 2018. DOI 10.1002/ece3.4218.

RANGEL-ACOSTA, Jorge L.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Neis J. Comparación de los ensamblajes de escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) entre fragmentos de bosque seco tropical y la matriz adyacente en el departamento del Atlántico-Colombia. **Revista mexicana de biodiversidad**, v. 88, n. 2, p. 389-401, 2017. DOI 10.1016/j.rmb.2017.03.012.

RANGEL-ACOSTA, Jorge L.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Neis J.; YONOFF-ZAPATA, Ronald. Respuesta de los escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) a la modificación del hábitat causada por un incendio forestal en la Reserva Bijibana, Atlántico-Colombia. **Revista mexicana de biodiversidad**, v. 91, 2020. DOI 10.22201/ib.20078706e.2020.91.2879.

RÍOS-DÍAZ, C. Lucero *et al.* Sheep herding in small grasslands promotes dung beetle diversity in a mountain forest landscape. **Journal of Insect Conservation**, v. 25, p. 13-26, 2021. DOI 10.1007/s10841-020-00277-5.

ROCHA-ORTEGA, Maya; CORONEL-ARELLANO, Helí. How predictable are the responses of ant and dung beetle assemblages to patch and landscape attributes in fragmented tropical forest landscapes? **Landscape and ecological engineering**, v. 15, p. 315-322, 2019. DOI 10.1007/s11355-018-0367-9.

RUÍZ-PÉREZ, Iliana *et al.* Manejo forestal comunitario en el sur de México: ¿ es una práctica sustentable para el mantenimiento de los ensamblajes de escarabajos?. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 90, 2019. DOI 10.22201/ib.20078706e.2019.90.2564.

SABU, Thomas K.; NITHYA, Sathiandran. Comparison of the arboreal dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) of the wet and dry forests of the western Ghats, India. **The Coleopterists Bulletin**, v. 70, n. 1, p. 144-148, 2016. DOI 10.1649/072.070.0121.

SALOMÃO, Renato P. *et al.* Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a mosaic habitat at the ecotone between two savanna ecosystems in the Neotropical region. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 39, n. 3, p. 249-256, 2019. DOI 10.1007/s42690-019-00031-8.

SALOMÃO, Renato P. *et al.* Urbanization effects on dung beetle assemblages in a tropical city. **Ecological Indicators**, v. 103, p. 665-675, 2019. DOI 10.1016/j.ecolind.2019.04.045.

SALOMÃO, Renato P.; FAVILA, Mario E.; GONZÁLEZ-TOKMAN, Daniel. Spatial and temporal changes in the dung beetle diversity of a protected, but fragmented, landscape of the northernmost Neotropical rainforest. **Ecological Indicators**, v. 111, p. 105968, 2020. DOI 10.1016/j.ecolind.2019.105968.

SALOMÃO, Renato P.; IANNUZZI, Luciana. How do regeneration stages of Caatinga forests influence the structure of dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) assemblage?. **The Coleopterists Bulletin**, v. 71, n. 3, p. 578-588, 2017.

SALOMÃO, Renato Portela; MARTINS BEZERRA, Bruna; IANNUZZI, Luciana. Daily activity of *Dichotomius geminatus* (Arrow, 1913) and *Deltochilum verruciferum* Felsche, 1911 (Coleoptera: Scarabaeinae) facing carrion: from resource perception to feeding. **Revista Brasileira de entomologia**, v. 61, p. 300-306, 2017. DOI 10.1016/j.rbe.2017.07.001.

SÁNCHEZ-DE-JESÚS, Hilda A. *et al.* Forest loss and matrix composition are the major drivers shaping dung beetle assemblages in a fragmented rainforest. **Landscape Ecology**, v. 31, p. 843-854, 2016. DOI 10.1007/s10980-015-0293-2.

SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, Gibrán *et al.* Diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. **Caldasia**, v. 40, n. 1, p. 144-160, 2018. DOI 10.15446/caldasia.v40n1.68602.

SANTOS-HEREDIA, Carolina *et al.* Dung beetles and their ecological functions in three agroforestry systems in the Lacandona rainforest of Mexico. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, p. 2379-2394, 2018. DOI 10.1007/s10531-018-1542-x.

SANTOS-HEREDIA, Carolina; ANDRESEN, Ellen; ZÁRATE, Diego A. Secondary seed dispersal by dung beetles in a Colombian rain forest: effects of dung type and defecation pattern on seed fate. **Journal of Tropical Ecology**, v. 26, n. 4, p. 355-364, 2010. DOI 10.1017/s0266467410000192.

SENYÜZ, Yakup; LOBO, Jorge M.; DINDAR, Kemal. Altitudinal gradient in species richness and composition of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in an eastern Euro-Mediterranean locality: Functional, seasonal and habitat influences. **EJE**, 116, p. Article 309-319. 2019. DOI 10.14411/eje.2019.034.

SILVA, Ricardo J. *et al.* Abrupt species loss of the Amazonian dung beetle in pastures adjacent to species-rich forests. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, p. 487-494, 2017. DOI 10.1007/s10841-017-9988-9

SILVA, Ricardo J. *et al.* Rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de florestas e pastagens no sudoeste da Amazônia brasileira: Levantamento de espécies e guildas alimentares. **Acta amazônica**, v. 44, p. 345-352, 2014. DOI 10.1590/1809-4392201304472.

SILVA, Ricardo J.; STORCK-TONON, Danielle; VAZ-DE-MELLO, Fernando Z. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) persistence in Amazonian forest fragments and adjacent pastures: biogeographic implications for alpha and beta diversity. **Journal of Insect Conservation**, v. 20, p. 549-564, 2016. DOI 10.1007/s10841-016-9885-7.

Sinclair, J.M. Fryxell, G. Caughley Wildlife Ecology, Conservation, and Management (second ed.), Blackwell Publishing, Massachusetts (2006)

SLADE, Eleanor M. *et al.* Experimental evidence for the effects of dung beetle functional group richness and composition on ecosystem function in a tropical forest. **Journal of Animal Ecology**, v. 76, p. 1094-1104, 2007. DOI 10.1111/j.1365-2656.2007.01296.x.

SMITH, Britt W.; DABBERT, Brad C.; VERBLE, Robin M. Prescribed fire effects on rangeland dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae, Aphodiinae) in the southern great plains. **Rangeland ecology & management**, v. 72, n. 1, p. 120-125, 2019. DOI 10.1016/j.rama.2018.07.003.

SPECTOR, S.; FORSYTH, A.B. Indicator taxa for biodiversity assessment in the vanishing tropics. In: MACE, G. M.; Balmford, A.; Ginsberg J. R. (eds.) **Conservation in a Changing World**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1998. p. 181–209.

STORCK-TONON, Danielle *et al.* Habitat patch size and isolation drive the near-complete collapse of Amazonian dung beetle assemblages in a 30-year-old forest archipelago. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, p. 2419-2438, 2020. DOI 10.1007/s10531-020-01982-y.

SUKHDEO, Christie A. *et al.* Elevational variation of dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) communities on Bioko Island, Equatorial Guinea. **African zoology**, v. 54, n. 3, p. 151-160, 2019. DOI 10.1080/15627020.2019.1645618.

SULLIVAN, Gregory *et al.* Does one size suit all? Dung pad size and ball production by *Scarabaeus sacer* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **European journal of entomology**, v. 113, 2016. DOI 10.14411/eje.2016.008.

SULLIVAN, Gregory T. *et al.* Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) utilizing water buffalo dung on the Black Sea coast of Turkey. **Turkish Journal of Zoology**, v. 40, n. 1, p. 80-86, 2016. DOI 10.3906/zoo-1412-2.

SULLIVAN, Gregory T. *et al.* How guilds build success; aspects of temporal resource partitioning in a warm, temperate climate assemblage of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). **Environmental entomology**, v. 46, n. 5, p. 1060-1069, 2017. DOI 10.1093/ee/nvx117.

TISSIANI, A. S. O. *et al.* Environmental influence on coprophagous Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera) assemblages in the Pantanal of Mato Grosso. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, p. 136-142, 2015.

TOCCO, Claudia *et al.* Optimising design and effort for environmental surveys using dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). **The Canadian Entomologist**, v. 149, n. 2, p. 214-226, 2017. DOI 10.4039/tce.2016.48.

TOCCO, Claudia; BALMER, Jonathan P.; VILLET, Martin H. Trophic preference of southern African dung beetles (Scarabaeoidea: Scarabaeinae and Aphodiinae) and its influence on bioindicator surveys. **African journal of ecology**, v. 56, n. 4, p. 938-948, 2018. DOI 10.1111/aje.12523.

TONELLI, Mattia; VERDÚ, José R.; ZUNINO, Mario. Effects of the progressive abandonment of grazing on dung beetle biodiversity: body size matters. **Biodiversity and conservation**, v. 27, p. 189-204, 2018. DOI 10.1007/s10531-017-1428-3.

TORPPA, Kaisa Anneli; WIRTA, Helena; HANSKI, Ilkka. Unexpectedly diverse forest dung beetle communities in degraded rain forest landscapes in Madagascar. **Biotropica**, v. 52, n. 2, p. 351-365, 2020. DOI 10.1111/btp.12767.

TOUROULT, Julien *et al.* Seasonality and community structure of Phanaeini (Coleoptera: Scarabaeidae) in French Guiana: study by mass sampling using large flight interception traps. In: **Annales de la Société Entomologique de France**, v. 53, n. 3, p. 143-161, 2017. DOI 10.1080/00379271.2017.1319294.

VIEIRA, Letícia; SILVA, Fernando AB; LOUZADA, Júlio. Dung beetles in a Caatinga Natural Reserve: a threatened Brazilian dry-forest with high biological value. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 107, p. e2017045, 2017.

WASSMER, Thomas. Phenological patterns and seasonal segregation of coprophilous beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea and Hydrophilidae) on a cattle farm in SE-Michigan, United States throughout the year. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 8, p. 563532, 2020. DOI: 10.3389/fevo.2020.563532.

WASSMER, Thomas. Seasonal occurrence (phenology) of coprophilous beetles (Coleoptera: Scarabaeidae and Hydrophilidae) from cattle and sheep farms in southeastern Michigan, USA. **The Coleopterists Bulletin**, v. 68, n. 3, p. 603-618, 2014.

WATKINS, Elinya *et al.* Beetle assemblages in rainforest gaps along a subtropical to tropical latitudinal gradient. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, p. 1689-1703, 2017. DOI 10.1007/s10531-017-1326-8.