



DÉBORA MOREIRA PINTO

**DISTRIBUIÇÃO DE BESOUROS CARPÓFAGOS
(COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EM FRAGMENTOS DO
CERRADO: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ÁREAS DE
BORDA, INTERMEDIÁRIO E INTERIOR**

LAVRAS-MG

2024

DÉBORA MOREIRA PINTO

**DISTRIBUIÇÃO DE BESOUROS CARPÓFAGOS (COLEOPTERA:
SCARABAEINAE) EM FRAGMENTOS DO CERRADO: UM ESTUDO
COMPARATIVO ENTRE ÁREAS DE BORDA, INTERMEDIÁRIO E INTERIOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, linha de pesquisa Biologia e Ecologia de Insetos, para a obtenção do título de Mestra.

Prof. Dr. Júlio Neil Cassa Louzada
Orientador

LAVRAS-MG

2024

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pinto, Débora Moreira.

Distribuição de besouros carpófagos (Coleoptera:Scarabaeinae)
em fragmentos do Cerrado: Um estudo comparativo entre áreas de
borda, intermediário e interior / Débora Moreira Pinto. - 2024.

59 p. : il.

Orientador(a): Júlio Neil Cassa Louzada.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Carpofagia. 2. Scarabaeinae. 3. Recuso alimentar. I.
Louzada, Júlio Neil Cassa. II. Título.

DÉBORA MOREIRA PINTO

**DISTRIBUIÇÃO DE BESOUROS CARPÓFAGOS (COLEOPTERA:
SCARABAEINAE) EM FRAGMENTOS DO CERRADO: UM ESTUDO
COMPARATIVO ENTRE ÁREAS DE BORDA, INTERMEDIÁRIO E INTERIOR**

**DISTRIBUTION OF FRUIT-EATING BEETLES (COLEOPTERA:
SCARABAEINAE) IN CERRADO FRAGMENTS: A COMPARATIVE STUDY
BETWEEN EDGE, INTERMEDIATE, AND INTERIOR AREAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, linha de pesquisa Biologia e Ecologia de Insetos, para a obtenção do título de Mestra.

APROVADA em 02 de abril de 2024.

Dr. Gabriel de Castro Jacques

IFMG

Dr. Dr. Júlio Neil Cassa Louzada

UFLA

Dra. Dr. Vanesca Korasaki

UEMG

Prof. Dr. Júlio Neil Cassa Louzada

Orientador

LAVRAS – MG

2024

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que sempre acreditaram em mim. Minha mãe, Marlene, um exemplo de força, garra, resiliência, muito obrigada por todo suporte, cuidado e sempre estar ao meu lado quando eu mais precisei. Meu pai, Geraldo, por todo apoio e incentivo, mesmo sendo do seu “jeitinho”. Se aqui estou escrevendo, compartilhando esse sonho realizado, é porque sempre contei com o bom caminho pelo qual vocês me guiaram!

À minha irmã, Jéssica, pelos conselhos, pelo apoio, cuidado e sempre acreditar em mim. À minha querida e amada sobrinha e afilhada Livia, obrigada por todos os sorrisos e sempre mesmo sem intenção, me fazer querer correr ainda mais atrás de meus sonhos.

À minha família como um todo, meus vovós (*in memoriam*) pela base sólida que me proporcionaram, aos tios, em especial, a tia Sueli, a tia Aparecida e jamais poderia esquecer de agradecer ao tio Carlos (Lê) por todo apoio e ajuda na coleta dos frutos para a execução desse trabalho (Foram quase 600 pequis, mais de 400 cagaitas e uns 25 marolos/araticuns).

À Luiza, por ser minha companheira em qualquer hora e lugar! Agradeço por todo amor, apoio, carinho e por sempre me inspirar a acreditar, mesmo nos momentos em que eu achava que não era possível. Você foi essencial!

Quero expressar minha profunda gratidão ao meu orientador, Júlio Louzada, pela paciência e por sempre me receber tão bem em sua sala, independentemente do momento. Após cada reunião, sempre saía de sua sala não só com soluções de problemas, mas também com a “bagagem” de conhecimento ainda mais enriquecida. Muito obrigada por todos os ensinamentos. Foi uma honra ter sido orientada por um pesquisador de tamanha excelência e acima de tudo, por alguém com um coração imenso!

Aos amigos de Divinópolis, Helder, Duda, Savannah, Júnior, Wellington e Douglas (*in memoriam*), pelo carinho, por me ouvirem tantas vezes e por deixarem o caminho ainda mais leve. Muito obrigada!

Aos amigos da UEMG, especialmente ao Marcos Filipe. Muito obrigada por todas as risadas, momentos descontraídos, pelo apoio constante e por me ouvirem sempre.

Aos amigos que fiz em Lavras, por terem me feito sentir em casa e terem me apoiado sempre que precisei. Em especial, à Luana pelo acolhimento em Lavras. Ao Sânzio e Milena pelos cafés das 16:00 e por tornar os dias mais leves. Ao Arnol pelos cafés (mais café), debates políticos, pelas aulas de espanhol e troca de vivências. À Dani pelos cafés colombianos no Centro de Coleções. Muito obrigada!

Aos membros do Laboratório de Ecologia e Conservação de invertebrados - LECIN – UFLA por construírem um ambiente de trabalho incrível e amigável.

Ao Núcleo de Estudos em Abelhas – NEBEE, do qual fui membra desde o início do mestrado, onde pude adquirir muito conhecimento ao longo desse período. A parceria e amizade com cada membro do “enxame”, com certeza deixou a jornada ainda mais leve. O melhor dia útil da semana era a quarta-feira, dia de reunião do NEBEE!

Ao taxonomista Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Melo, pela disponibilidade para a identificação de cada besouro coletado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia - PPGEN, pela oportunidade de realizar o mestrado. Minha profunda gratidão a cada um dos professores que desempenharam um papel fundamental ao longo dessa jornada, os quais forneceram orientações e informações valiosas, inspirações que com certeza contribuíram muito com o meu crescimento pessoal e profissional.

À ARPA Rio Grande pelo apoio no início, por meio da concessão de bolsa, tornando possível o início dessa jornada.

À Universidade Federal de Lavras - UFLA por toda a infraestrutura e oportunidades proporcionadas.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Muito obrigada a todos!

*Ninguém caminha sem aprender a caminhar, sem aprender a fazer o caminho caminhado,
refazendo e retocando o sonho pelo qual se pôs a caminhar.*

Paulo Freire

RESUMO

O Cerrado é uma vasta savana tropical, caracterizado por sua rica diversidade de espécies e na relevância de prover serviços ecossistêmicos e manutenção da biodiversidade. No entanto, embora seja considerada a savana tropical mais biodiversa do mundo, enfrenta crescentes desafios, devido a reduções abruptas de sua paisagem. A fragmentação da paisagem propicia a formação de interfaces entre dois habitats, favorecendo o estabelecimento de algumas espécies na região, resultando em modificações na dinâmica local de espécies da flora e da fauna. Os besouros da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) destacam-se por sua grande diversidade e desempenham papéis fundamentais na manutenção do ecossistema. Dentre os variados recursos tróficos explorados por eles, estão os frutos em decomposição. A carpopagia tem auxiliado diversos escarabeíneos a sobreviverem em ambientes, principalmente com grande pressão antrópica, tornando a compreensão da relação entre os escarabeíneos e a disponibilidade de frutos, essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação e manejo da biodiversidade do Cerrado. Neste contexto, a presente dissertação tem como objetivo principal, compreender como a presença de frutos endêmicos do Cerrado em áreas de borda, poderia influenciar a comunidade de besouros da subfamília Scarabaeinae. Através deste estudo, conseguimos concluir que a influência de recursos tróficos presentes nas áreas de borda está relacionada com a abundância de escarabeíneos nessas áreas, e que na ausência dessas frutíferas em fase de frutificação, há uma redução dos escarabeíneos. Este estudo ressalta a importância desses recursos tróficos para a manutenção da biodiversidade.

Palavras-chave: escarabeíneos; savana brasileira; conservação; biodiversidade; frugivoria.

ABSTRACT

The Cerrado is a vast tropical savanna, characterized by its rich species diversity and the importance of providing ecosystem services and maintaining biodiversity. However, despite being considered the most biodiverse tropical savanna in the world, it faces growing challenges due to abrupt reductions in its landscape. Landscape fragmentation promotes the formation of interfaces between two habitats, favoring the establishment of some species in the region, resulting in modifications in the local dynamics of both flora and fauna species. Beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) stand out for their great diversity and play fundamental roles in ecosystem maintenance. Among the various trophic resources exploited by them are decomposing fruits. Carpology has helped various scarab beetles survive in environments, especially under significant anthropic pressure, making the understanding of the relationship between scarab beetles and fruit availability essential for the development of effective conservation and biodiversity management strategies in the Cerrado. In this context, this dissertation aims to understand how the presence of endemic Cerrado fruits in edge areas could influence the scarab beetle community of the subfamily Scarabaeinae. Through this study, we concluded that the influence of trophic resources present in edge areas is related to the abundance of scarab beetles in these areas, and that in the absence of these fruiting trees, there is a reduction in scarab beetles. This study highlights the importance of these trophic resources for maintaining biodiversity.

Keywords: dung beetles; brazilian savana; conservation; biodiversity; frugivory.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	10
1.1 Cerrado: a grande savana brasileira	10
1.2 Fragmentação de habitats	11
1.2.1 Efeito de borda	12
1.2.2 Fragmentação do Cerrado	13
1.3 Besouros rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)	13
1.3.1 Besouros escarabeíneos e as estratégias de alocação dos recursos	15
1.3.2 Besouros escarabeíneos e suas funções ecológicas	15
1.3.3 Resposta dos besouros Rola-bostas sobre a mudança da paisagem	16
1.3.4 A utilização de frutos por besouros escarabeíneos	17
1.4 Influência da disponibilidade de recursos e o impacto na comunidade	19
Referências	20
ARTIGO: Besouros escarabeíneos carpófagos: atratividade de diferentes frutos decompostos é afetada pela proximidade da borda florestal com o cerrado?	30

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 CERRADO: a grande savana brasileira

Os ecossistemas de savanas em regiões tropicais, ocorrem principalmente na África, Austrália, América do Sul e sul da Ásia, e apresentam um padrão distintivo de vegetação, um gradiente que varia desde de extensos campos dominados por uma camada relativamente contínua de gramíneas até bosques, compostos por componentes arbóreos de densidades variáveis (BOURLIÈRE; HADLEY, 1983; SCHOLLES; ARCHER, 1997; ARCHIBALD et al., 2019).

No contexto da América do Sul, as principais formações savânicas são encontradas em território brasileiro, o Cerrado (GOTTSBERGER; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2006; SILVA et al., 2011). Este engloba aproximadamente 2 milhões de km², o que equivale cerca de 23% da extensão territorial brasileira e 11% da superfície territorial da América do Sul (REIS & SCHMIELE, 2019; REZENDE-SILVA et al., 2019). Segundo a classificação Köppen, o Cerrado é caracterizado pelo clima Aw, onde apresenta invernos com teor pluviométrico reduzido e verões marcados por precipitações mais abundantes, duas estações bem definidas que exercem influência direta sobre a vegetação e na composição de nutrientes essenciais no ecossistema (RICHARDS, 1952; RIBEIRO & WALTER, 1998).

O Cerrado tem um papel importante na contribuição hídrica no Brasil, onde além de abranger nascentes de rios importantes como o São Francisco, Paraíba e Tocantins (OLIVEIRA et al., 2019), é responsável por contribuir com oito das doze principais bacias hidrográficas brasileiras (OVERBECK et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2019).

No que diz respeito à biodiversidade, é relevante destacar que no Cerrado são encontrados um terço de toda a biodiversidade brasileira (AGUIAR et al., 2004). Essa região é reconhecida como um dos 25 *hotspots* mundiais, ou seja, uma das regiões mundiais com maior concentração de espécies endêmicas, que também apresentam, simultaneamente, a maior perda de seu habitat, se tornando regiões prioritárias para investimentos em conservação ambiental (MYERS et al., 2000; MITTERMEIER et al., 2005).

Estimativas indicam que o Cerrado abrigue aproximadamente 12.356 de espécies vegetais, englobando categorias que vão desde herbáceas até arbustos, árvores e trepadeiras, onde dessas, 11.627 espécies são consideradas nativas, com uma proporção aproximada de 44% de espécies endêmicas (ARRUDA; ALMEIDA, 2015). Em relação à fauna, foram documentadas mais de 830 espécies de aves, mais de 1200 espécies de peixes, ultrapassando 300 espécies de répteis e anfíbios, enquanto a diversidade de invertebrados é estimada em torno

de 90.000 espécies, além de aproximadamente 199 espécies de mamíferos de pequeno e médio porte (AGUIAR; MACHADO; MARINHO-FILHO, 2004; KLINK; MACHADO, 2005).

O Cerrado desempenha um papel crucial para a preservação da biodiversidade, assim como na oferta de serviços ecossistêmicos e oferta de água doce no Brasil (OVERBECK et al., 2015), entretanto, apesar de ser considerada a savana tropical mais diversificada globalmente, geralmente sua biodiversidade é subestimada (MYERS et al., 2000; KLINK & MACHADO, 2005).

1.2 FRAGMENTAÇÃO DE HABITATS

O uso do solo nos diversos biomas globais induz a fragmentação de habitats naturais, além de propiciar a ocorrência de diversos distúrbios nestes ecossistemas (RATTER; RIBEIRO; S., 1997; NAZARENO et al., 2012; MELO et al., 2013). A fragmentação de habitat consiste no processo de divisão de uma paisagem contínua em fragmentos menores, isolados uns dos outros por uma matriz distinta do original (WILCOVE; MCLELLAN; DOBSON, 1986), resultando em uma nova configuração da paisagem (BENNETT; RADFORD; HASLEM, 2006; MITCHELL et al., 2015).

Intervenções humanas, como construções de estradas, conversão da paisagem em campos com finalidades agrícolas e a urbanização, estão entre os principais fatores que desencadeiam esse processo (PRIMACK; RODRIGUES, 2001), sendo considerados como um dos principais impulsionadores para o declínio da biodiversidade em ecossistemas tropicais (BIERREGAARD JR. et al., 1992; MAJER et al., 1997; DIDHAM et al., 1998; VASCONCELOS; DELABIE, 2000).

Os efeitos negativos da fragmentação de habitats já foram documentados em diversos táxons. Por exemplo, em relação as plantas foram observados o aumento de árvores pioneiras, o declínio de espécies arbóreas com crescimento tardio, o que poderia levar a uma homogeneização da diversidade de espécies arbóreas em ambientes fragmentados (LAURANCE et. al., 2006; TABARELLI et al., 2010; LÔBO et al., 2011). No âmbito dos anfíbios e répteis, a redução na diversidade e composição de espécies foram relacionadas com a fragmentação de habitats (DÍAZ et. al., 2000; PINEDA; HALFTTER, 2004; HURSTON et. al., 2009). Dentro dos grupos das aves e mamíferos, verificou-se a perda de espécies e uma diminuição no tamanho populacional em áreas fragmentadas (ANDRÉN, 1994). Da mesma forma, alguns grupos de insetos como formigas e besouros apresentam declínio na riqueza e modificação na composição de espécies, em virtude da área e do grau de isolamento de

fragmentos florestais (FILGUEIRAS et al., 2011; LEAL et al., 2012). Esses padrões destacam a sensibilidade de diferentes grupos taxonômicos aos efeitos da fragmentação de habitats.

Em síntese, ao reduzir a extensão do habitat, isolando manchas florestais remanescentes e ampliando a área de borda em fragmentos, a fragmentação de habitat pode influenciar diversos aspectos da biodiversidade, tais como as mudanças na composição da comunidade, população, distribuição, diversidade genética, comprimentos de cadeia trófica, interações de espécies, sucesso reprodutivo, dispersão, taxas de predação e comportamento animal (FAHRING, 2003; EWERS & DIDHAM, 2006; LAURANCE et al., 2011; HADDAD et al., 2003). Um dos principais impulsionadores dessas mudanças são os efeitos de borda.

1.2.1 Efeito de borda

A fragmentação de habitats, é uma das ameaças mais preocupantes para a biodiversidade, visto que esse fenômeno induz dois efeitos negativos: o aumento de pequenos fragmentos florestais e da área de borda (TILMAN et al., 1994; DIDHAM et al., 1998; FAHRIG, 2003; LAURANCE, 2004; LAURANCE et al., 2007). A borda de um fragmento refere-se a linha de contato entre os dois habitats (matriz e fragmento florestal), onde as interações entre eles geram impactos abióticos e bióticos, esse fenômeno é conhecido como “Efeito de Borda” (MURCIA, 1995; FISHER; LINDENMAYER, 2007). Esses efeitos que ocorrem nos limites dos fragmentos, podem se estender para o interior do fragmento em distâncias variadas (PIRES; FERNANDEZ; BARROS, 2006).

A borda pode apresentar grandes alterações microclimáticas quando comparado com o centro do fragmento, tais como a intensificação da luminosidade e maior exposição à radiação solar, aumento da temperatura, ventos mais fortes, além da redução da umidade relativa do ar e do solo (MURCIA, 1995; OOSTERHOORN; KAPPELLE, 2000; HARPER et al., 2005; FISHER; LINDENMAYER, 2007). Dessa forma, pode haver alteração da estrutura das comunidades, tanto na composição, na riqueza, abundância e na distribuição das espécies, quanto nas relações interespecíficas (MURCIA, 1995; LAURANCE, 2004; HARPER et al., 2005).

Conforme mencionado por Turton; Freiburger (1997) e Santos (2009), algumas características do fragmento como tamanho, formato e a vizinhança ou entorno, podem determinar a intensidade do efeito de borda. Fragmentos de menor tamanho tendem a serem mais vulneráveis aos efeitos de borda, por outro lado, em fragmentos de maior área, os impactos são menos pronunciados (GASCON et al., 2000; LAURANCE et al., 2002). Quanto ao formato, os fragmentos com formas irregulares podem apresentar uma proporção maior de borda em relação

com sua área, intensificando, assim, os seus efeitos (COLLINGE, 1996; SANTOS, 2009). No contexto da vizinhança ou entorno do fragmento, a intensidade do efeito é maior quando a matriz contrasta significativamente com a mancha florestal (SAMPAIO; SCARIOT, 2011).

1.2.2 Fragmentação do Cerrado

Devida as atividades antrópicas, áreas naturais tem sofrido redução, especialmente em regiões tropicais (LAURANCE et al., 2014). O Cerrado é considerado como a maior savana neotropical, destacando-se como um dos biomas mais afetados pelas perdas de áreas naturais devido intensificação no uso do solo (KLINK; MACHADO, 2005; MACHADO et al., 2004; RATTER; RIBEIRO, 1997). Inicialmente, este ocupava aproximadamente 2 milhões de km² do Brasil Central, com um gradiente de vegetação diversificado, que inclui formações florestais, formações savânicas e campos abertos (RIBEIRO; WALTER, 1998).

A ocupação da área central do Brasil a partir da década de 1970 e a intensificação de atividades antrópicas geraram uma fragmentação significativa do Cerrado, assim resultando nas alterações da paisagem (RATTER; RIBEIRO, 1997; AB'SÁBER, 2003; MACHADO et al., 2004; BEUCHLE et al., 2015). Nas últimas décadas, o Cerrado tem enfrentado uma rápida redução na sua cobertura vegetal original, impulsionada pelo aumento das atividades agrícolas no Brasil. Por exemplo, entre as décadas de 1990 e 2010, observou-se uma diminuição anual de aproximadamente 0,6% da cobertura vegetal nas áreas de Cerrado, resultando na perda 265.595 Km² de área (BEUCHLE et al., 2015).

Estima-se que a maior parte da área original do Cerrado foi convertida em áreas destinadas para atividades agropecuárias e urbanização. Onde aproximadamente 42% destas áreas destinadas para pastagens introduzidas (com gramíneas exóticas), 11,35% por cultivos agrícolas, 1,90% pela urbanização e 0,07% por florestas plantadas (RATTER et al., 1997; KLINK; MACHADO, 2005). A intensa pressão das atividades agrícolas tem acarretado a perda de biodiversidade, fragmentação e degradação de remanescentes de vegetação natural do Cerrado (KLINK; MACHADO, 2005).

Das áreas originais remanescentes, apenas 8,3% estão localizadas em UCs (Unidades de Conservação) (GANEM; DRUMMOND; FRANCO, 2013; FRANÇOSO et al., 2015). Entretanto, apesar da existência de áreas protegidas que incluem o Cerrado, a porcentagem total ainda é significativamente baixa (MACHADO, 2016).

1.3 BESOUROS *ROLA-BOSTAS* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)

Com mais de 25% de todas as espécies de animais catalogadas e cerca de 40% de todos os insetos identificados, a ordem taxonômica Coleoptera, representada pelos besouros, destaca-se pela sua grande diversidade de espécies (SCHOWALTER, 2016). Dentro desta ordem, encontra-se os besouros popularmente conhecidos por “rola-bostas” que pertencem a superfamília Scarabaeoidea, família Scarabaeidae e que compõe a subfamília Scarabaeinae (GULLAN; CRANSTON, 2008; RAFAEL et al., 2012; BRUSCA; CRANSTON; SHUSTER, 2018).

Os escarabeíneos são distribuídos globalmente e concentram a sua maior diversidade nas regiões de florestas e savanas tropicais (HALFFTER & EDMONDS, 1982; HANSKI & CAMBEFORT, 1991). No contexto geral da América do Sul, mais de 1250 espécies foram documentadas, das quais, 784 espécies foram registradas em território brasileiro (VAZ-DE-MELLO, 2024).

A maioria dos escarabeíneos são coprófagos, e se alimentam principalmente de fezes de mamíferos, porém, existem exceções principalmente no sudeste Asiático e em toda região Neotropical (HALFFTER, 1991). Algumas espécies podem se alimentar de frutos em decomposição (carpófagos), carcaças de animais (necrófagos), fungos (micetófagos) e resto de vegetais em decomposição (saprófagos) (HALFFTER & MATTHEWS, 1966; FILGUEIRAS et al., 2009). Na literatura há diversos registros de diferentes tipos de especializações na utilização de recurso alimentar pelos besouros “rola-bostas”. Algumas espécies do gênero *Zonocropis* Boisduval, 1835 são foréticas de gastrópodes pulmonados (VAZ-DE-MELLO, 2007), enquanto algumas espécies de *Canthidium* Herbst, 1789 e de *Canthon* Carl Linnaeus, 1767 são foréticas de primatas (HERRERA, et al., 2002; JACOBS et al., 2008) e besouros do gênero *Bradypodidium* Bradypodidium Ruschi, 1952, apresentam foresia com bicho preguiça. Há registros de *Canthon virens* Thunberg, 1789 predando formigas (Formicidae: Attini) (VAZ-DE-MELLO; LOUZADA; SCHOEREDER, 1998; FORTI, et al., 2012).

Devido ao comportamento observado em diversas espécies dessa ordem, onde rolam porções de alimentos em formato de esferas, para um determinado sítio, seguido por seu subsequente enterrio, os escarabeíneos são comumente conhecidos como besouros “rola-bostas” (VAZ-DE-MELLO et al., 2011). O enterrio do recurso alimentar, além de reduzir a competição, o protege do calor e conseqüentemente do ressecamento (HALFFTER; EDMONDS, 1982). Os recursos manipulados por eles servem para nidificação e como fonte de alimento para suas larvas. Quanto a forma de alocação do recurso alimentar, os escarabeíneos são divididos em três guildas funcionais, telecoprídeos, paracoprídeos e endocoprídeos.

1.3.1 Besouros escarabeíneos e as estratégias de alocação dos recursos

Os besouros rola-bostas possuem diferentes comportamentos e estratégias de alocação do recurso alimentar, resultando em uma categorização de três guildas funcionais. Os telecoprídeos (roladores), os paracoprídeos (escavadores), os endocoprídeos (residentes).

i. Telecoprídeos

Estes apresentam um comportamento caracterizado por confeccionar esferas de recurso, que em seguida são roladas e deslocadas para um determinado sítio próximo da fonte original, onde são enterradas ou deixadas na superfície do solo. Para a confecção das esferas, os escarabeíneos utilizam o primeiro e o segundo par de pernas, enquanto as pernas posteriores são empregadas para movimentar o recurso (HALFFTER & EDMONDS, 1982).

ii. Paracoprídeos

Os paracoprídeos possuem o hábito de escavar túneis logo abaixo ou nas proximidades da fonte de alimento. Os túneis construídos por eles variam em profundidade e diâmetro, de acordo com o tamanho do inseto. O recurso alimentar é transportado e armazenado no interior desses túneis (CAMBEFORT, 1991; SCHIFFLER, 2003).

iii. Endocoprídeos

Estes apresentam o hábito de se alocarem dentro ou logo abaixo da fonte alimentar. Os besouros adultos se alimentam diretamente na fonte e durante o período reprodutivo pode ocorrer a confecção de esferas e aglomeração de recurso dentro da própria fonte (HALFFTER & EDMONDS, 1982; LOUZADA, 2008).

Justamente devido à sua alimentação diversificada e por apresentarem diferentes comportamentos de alocação do recurso, os escarabeíneos desempenham diversas funções ecológicas (BRAGA et al., 2012; GRIFFITHS et al., 2016), incluindo a dispersão secundária de sementes (VULINEC, 2002; ANDRESEN, 2003), a contribuição na incorporação de matéria orgânica ao solo (BANG et al., 2005), permeabilidade e aeração do solo (BADENHORST et al., 2018) e supressão populacional de moscas coprófagas (BRAGA et al., 2012). Portanto, trata-se de um grupo que possui uma grande relevância ecológica e econômica, uma vez que atuam diretamente nos processos biológicos dos ecossistemas (NICHOLS et al., 2008).

1.3.2 Besouros escarabeíneos e suas funções ecológicas

Os escarabeíneos exercem uma pluralidade de funções ecológicas, muitas das quais são vinculadas com suas estratégias de alocação do recurso e com seus hábitos alimentares (NICHOLS et al., 2008). A remoção e incorporação de matéria orgânica em processo de

decomposição, como fezes, carcaças de animais e fruto ao solo, representam uma das principais funções realizadas pelos besouros rola-bostas (LOUZADA, 2008; NICHOLS et al., 2008). Essa função é de grande importância, visto que a incorporação de matéria orgânica ao solo, desempenha um papel fundamental na dinâmica da ciclagem de nutrientes do ecossistema (BANG et al., 2005).

Além de enriquecer o solo em termos nutricionais, a atividade escavatória dos escarabeíneos, na construção de túneis subterrâneos, movimentam quantidades de terra para a superfície, auxiliando na aeração do solo e melhorando a permeabilidade da água, assim, aprimorando as características ecológicas do solo (LOUZADA, 2008). Outra função desempenhada pelos besouros da subfamília Scarabaeinae, consiste na dispersão secundária de sementes, que ocorre quando esses insetos enterram excrementos provenientes de animais vertebrados que se alimentam de frutos, que contém sementes agregadas (ESTRADA; COATES, 1991; VULINEC, 2002). Essa atividade de enterrio, ocorre em profundidades e distâncias que são variáveis, o que pode resultar na redução da predação de sementes por outros animais e na diminuição da competição entre plântulas (ESTRADA; COATES, 1991; ANDRESEN, 2002).

Estes insetos além de desempenharem funções ecológicas de grande relevância, se destacam também como bons bioindicadores, uma vez que sua biodiversidade inclui grupos de espécies que se mostram associados a ambientes distintos, dessa forma, um bom instrumento de avaliação das alterações da biodiversidade de alguns ecossistemas (FAVILA; HALFFTER, 1997; SPECTOR, 2006). Além de ser um grupo de taxonomia bem definida e de fácil amostragem e de baixo custo, sendo assim, muito úteis como bioindicadores (NICHOLS et al., 2007).

1.3.3 Resposta dos besouros Rola-bostas sobre a mudança da paisagem

É fato que a diversidade de besouros da subfamília Scarabaeinae está associada com a estrutura dos habitats, onde muitas espécies são sensíveis a mudanças do microclima (NICHOLS et al., 2008; LOPES et al., 2011). Assim, os escarabeíneos manifestam respostas rapidamente a diversidade de vegetação, na composição do dossel, além de responderem a fragmentação, intensidade de luz, tipo de solo e a disponibilidade recurso alimentar no ambiente (NICHOLS et al., 2008; GARDNER et al., 2008; DAVIS; PHILIPS, 2009; NICHOLS et al., 2013; VIEGAS et al., 2014; CAMPOS; HERNÁNDEZ, 2015).

À medida que mudanças microclimáticas sofrem alterações em fragmentos florestais, observa-se uma redução na qualidade e quantidade de refúgio para coleópteros que vivem no

solo, podendo impactar negativamente a presença de muitas espécies de besouros rola-bostas nessas áreas (HERNÁNDEZ; VAZ-DE-MELLO, 2009). Pesquisas realizadas anteriormente, apontam uma redução significativa na riqueza e abundância de espécies, bem como a composição funcional e taxonômica desses insetos em ambientes fragmentados (DIRZO et al., 2014; PIMM et al., 2014; CAJAIBA et al., 2019). A perda de espécies causada pela destruição de habitat, redução do tamanho da população, efeito de borda impactando o microclima, eliminação de espécies dependentes de outras, migração de espécies exóticas para o fragmento, são casos relatados das consequências da fragmentação em florestas tropicais (THOMAZINI; THOMAZINI, 2000; COSTA et al., 2019).

Conforme destacado por Hernández; Vaz-de-Mello (2009), os escarabeíneos são sensíveis a degradação das áreas florestais, manifestando padrões distintos de organização entre fragmentos florestais e áreas antropizadas, quando comparado com florestas contínuas. Essas diferenciações, muitas das vezes é atribuída à redução dos recursos alimentares e pela diminuição da presença de aves e mamíferos nesses locais degradados (NICHOLS et al., 2008).

1.3.4 A utilização de frutos por besouros escarabeíneos

Os besouros da subfamília Scarabaeinae, embora predominantemente coprófagos, algumas espécies podem ser encontradas se alimentando de uma variedade de recursos alimentares, tais como carcaças de animais, frutos em decomposição e fungos (HALFFTER; MATTHEWS, 1966). Desde e durante a grande crise de extinção de grandes mamíferos nas Américas, há aproximadamente 10.000 anos atrás, a carpofagia tem auxiliado na sobrevivência de muitas espécies de besouros da subfamília Scarabaeinae (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; HALFFTER; HALFFTER, 2009).

Atualmente, a carpofagia também tem ajudado algumas espécies a sobreviverem em ambientes com interferências antrópicas. Um estudo realizado anteriormente, mostrou maior abundância de besouros da espécie *Onthophagus rhinolophus* Herbst, 1789 em área com presença de goiabeiras em períodos de frutificação, sugerindo a atração pelos frutos (SARGES; HALFFTER; ROJAS, 2012). Além disso, o maior besouro coprófago da América do Sul, *Coprophanaeus lancifer* Latreille, 1807 (EDMONDS; ZÍDEK, 2010; MALDANER et al., 2018), foi encontrado se alimentando de frutos do gênero *Nectandra* (Lauraceae), onde o fruto se encontrava no solo, completamente maduro, sem cheiro evidente e com um tamanho de aproximadamente metade do tamanho do besouro (CHABOTEAUX; TORO, FORSYTH, 2023).

É fato que os escarabeíneos podem utilizar os frutos como recurso alimentar, entretanto, sua relação vai além da alimentação. Estes besouros podem explorar dos frutos de diversas maneiras. Um exemplo de outro uso, é a nidificação, como ocorre com *Canthidium laetum* Harold, 1869, que foi a primeira espécie encontrada nidificando em frutos (HALFFTER; EDMONDS, 1982; HALFFTER et al., 2009). A partir dessa observação, foram montados três ensaios de nidificação em laboratório, onde esses besouros foram criados em terrários e foram ofertados recursos alimentares incluindo sementes, excremento de bovinos acompanhado de sementes e apenas excremento de bovinos. Os besouros consumiram ambos os recursos ofertados. Foram consumidas sementes e posteriormente enterradas superficialmente, algumas sementes germinaram uma vez que não foram consumidas. Foi observado que tanto os machos quanto as fêmeas utilizaram as sementes, separando os cotilédones. Com o auxílio das pernas anteriores, os escarabeíneos raspavam os cotilédones, formando uma massa, para ser consumida. Posteriormente as sementes eram utilizadas para fins de nidificação (HALFFTER et al., 2009).

Um outro exemplo diferente de nidificação de uma espécie de *Canthidium* que é frequentemente encontrada em florestas brasileiras, foi observada por Júlio Louzada (comunicação pessoal). Onde foi criado em seu laboratório, ofertando bananas fermentadas, durante os primeiros três dias, os casais de escarabeíneos construíram uma galeria simples e transferiram a polpa da banana com fragmentos de cascas para o seu interior. Após dois dias, observou-se a alteração de cor devido a fermentação microbiana. Posteriormente os casais construíram galerias secundárias e uma massa de ninhada com um ovo em cada uma dessas massas. O desenvolvimento completo, resultou em novos adultos após aproximadamente 22 dias (HALFFTER et al., 2009).

Davis (1993) e Davis; Sutton (1997) caracterizam a espécie *Onthophagus rouyeri* Boucomont, 1914, como especialistas em frutos caídos sobre o solo. Essa espécie apresenta maior abundância em regiões florestais com presença de figos em frutificação, com frutos sobre o solo, e apresenta a redução em termos de abundância em áreas com ausência de figos sobre o solo (HALFFTER et al., 2009).

Espécie como *Onthophagus orphnoides* Bates, 1887, pode nidificar em sementes de abacate no início de seu apodrecimento, podendo ser utilizadas como alimento reserva para sua prole ou até mesmo para si próprio. Após o encontro da semente no solo, esses insetos realizam escavações ao redor e por baixo, e posteriormente transportam pequenas porções para o ninho construído abaixo dela (KOHLMANN; SOLIS, 2001; HALFFTER et al., 2009). Essas interações mostram a importância dos frutos como parte dos recursos fundamentais para a

sobrevivência e reprodução de besouros da subfamília Scarabaeinae, além de mostrar a sua relevância ecológica na manutenção e dinâmica da biodiversidade.

1.4 INFLUÊNCIA DA DISPONIBILIDADE DE RECURSOS E O IMPACTO NA COMUNIDADE

Um dos objetivos em estudos ecológicos é compreender os mecanismos que determinam a composição de espécies em comunidades locais (GASTON, 2000; LESSARD et al. 2010; SUTHERLAND et al. 2013). A riqueza e abundância de espécies em uma comunidade são processos que podem ser influenciados por uma ampla variedade de fatores em diferentes escalas espaciais (RICKLEFS & SCHLUTER, 1993; GODFRAY & LAWTON, 2001; STORCH & GASTON, 2004), entre eles, a quantidade de recursos presentes no ambiente (RICKLEFS & SCHLUTER, 1993; PRICE, 1997).

Estudos envolvendo invertebrados e aves apontaram uma relação positiva entre o recurso disponível e a diversidade de espécies (SRIVASTAVA & LAWTON, 1998; JOERN & LAWS, 2013; FERGER et al. 2014). Kaspari et al. (2000) evidenciaram uma relação favorável entre a diversidade e abundância de espécies de formigas ao longo de uma mudança gradual na quantidade de recursos disponíveis em um ambiente.

A disponibilidade de recursos associados a algumas características da vegetação local, pode desempenhar um papel fundamental na composição da comunidade de besouros da subfamília Scarabaeinae. Por exemplo, no estudo de Sarges, Halffter e Rojas (2012), *Onthophagus rhinolophus* exibiu maior abundância em locais com presença de frutos ao solo, combinado com algumas características ambientais. Um outro exemplo de influência da abundância de recurso na composição de espécies, são de insetos herbívoros monófagos sugadores, que são beneficiados pelo aumento da quantidade de recursos alimentares, possibilitando o aumento da abundância (PRICE, 1997; STILING & MOON, 2005). Em insetos mastigadores herbívoros, verificou-se maior riqueza e abundância associados à presença de maior quantidade de folhas jovens em plantas adultas (BARRIOS, 2003), mesmo padrão encontrado em coleópteros polívoros (BASSET, 1992; ODEGAARD, 2003).

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. **Domínios de Natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. Ateliê Editorial, 2003.
- AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. A diversidade biológica do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. (Eds.). **Ecologia e caracterização do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 19-42, 2004.
- ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. **Oikos**, v. 71, p. 355-366, 1994.
- ANDRESEN, E. Dung Beetles in a Central Amazonian rainforest and their ecological role as secondary seed dispersers. **Ecological Entomology**, Sheffield, v. 27, p. 257-270, 2002.
- ANDRESEN, E. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. **Ecography**, v. 26, n. 1, p. 87-97, 2003.
- ARCHIBALD, Sally et al. Distribution and determinants of savannas. **Savanna woody plants and large herbivores**, p. 1-24, 2019.
- ARRUDA, H. S.; DE ALMEIDA, M. E. F. Frutos do cerrado: panorama, resgate cultural e aproveitamento culinário. **Novas Edições Acadêmicas**, 2015.
- BADENHORST, J. et al. Dung beetle activity improves herbaceous plant growth and soil properties on confinements simulating reclaimed mined land in South Africa. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 132, p. 53-59. 2018.
- BARRIOS, H. Insect herbivores feeding on conspecific seedling and trees. In: BASSET, Y. et al. (Ed.). **Arthropods of Tropical Forest**: Spatio-Temporal Dynamics and Resource Use in the Canopy. Cambridge: Cambridge University Press, p. 282-290, 2003.
- BASSET, Y. Host specificity of arboreal and free-living insect herbivores in rain forests. **Biological Journal of the Linnean Society**, 47, 115 – 133. 1992.
- BENNETT, A. F.; RADFORD, J. Q.; HASLEM, A. Properties of land mosaics: Implications for nature conservation in agricultural environments. **Biological Conservation**, v. 133, n. 2, p. 250–264, 2006.
- BIERREGAARD JR., R.O.; LOVEJOY, T.E.; KAPOV, V.; SANTOS, A.A; HUTCHINGS, R.W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. **Bioscience**, v. 42, p. 859-866, 1992.
- BIERREGAARD, J. R. et al., **Lessons from Amazonia**: the ecology and conservation of a fragmentation forest; New Haven & London: Yale University, p. 250, 2001.
- BOURLIÈRE, F.; HADLEY, M. Present-day savannas: an overview. In: BOURLIÈRE, F. Ecosystems of the world: tropical savannas. Amsterdam: **Elsevier** Scientific Publishing Company, 1983. p. 1-17.

- BANG, H. S. et al. Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. **Applied Soil Ecology**, v. 29, n. 2, p. 165-171, jun. 2005.
- BRAGA, R. F. et al. Are Dung beetles driving dung-fly abundance in traditional agricultural areas in the Amazon? **Ecosystems**, New York, v. 15, n. 7, p. 1173-1181. 2012.
- BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. 3ª edição. Editora Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro. 1010pp, 2018.
- CAJAIBA, R. L.; PÉRICO, E.; SILVA, W. B.; LEOTE, P.; SANTOS, M. Are Small Dung Beetles (Aphodiinae) useful for monitoring neotropical forests? Ecological status? Lessons from a preliminary case study in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 429, p. 115-123, 2019.
- CAMPOS, R. C. HERNÁNDEZ, M. 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.
- CHABOTEAUX, E; TORO, A. L; FORSYTH, A. First record of the largest copro-necrophagous beetle in South America *Coprophaneus lancifer* feeding on fruits. **Acta Amazonica**, v. 53, p. 154-157, 2023.
- COLLINGE, S. K. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 36, p. 59-77, 1996.
- COSTA, A.; GALVÃO, A.; SILVA, L. G. Mata Atlântica brasileira: análise do efeito de borda em fragmentos florestais remanescentes de em hotspot para conservação da biodiversidade. **Geomae**, Campo Mourão, v.10, n.1, p.112-123, 2019.
- DAMSCHEIN, E.I.; HADDAD, N.M.; ORROCK, J.L.; TEWKSBURY, J.J.; LEVEY, D.J. Corridors Increase Plant Species Richness at Large Scales. **Science**, Washington, v. 313, p. 1284-1286, 2006.
- DAVIS, A.J. (1993). The ecology and behaviour of rainforest dung beetles in Northern Borneo. **Ph. D. Thesis. University of Leeds**. 147 pp, 1993.
- DAVIS, A.J. & S.L. SUTTON. (1997). A dung beetle that feeds on fig: implications for the measurement of species rarity. **Journal of Tropical Ecology**, 13, 759-766, 1997.
- DAVIS, A. L. V.; PHILIPS, T. K. Regional fragmentation of rain forest in West Africa and its effect on local dung beetle assemblage structure. **Biotropica**, v. 41, p. 215- 220, 2009.
- DÍAZ, J.A.; CARBONELL, R.; VIRGÓS, E.; SANTOS, T.; TELLERÍA, J.L. Effects of forest fragmentation on the distribution of the lizard *Psammmodromus algirus*. **Animal Conservation**, v. 3, p. 235-240, 2000.
- DIDHAM, R.K.; HAMMOND, P.M.; LAWTON, J.H.; EGGLETON, P.; STORK, N.E. Beetle species responses to tropical forest fragmentation. **Ecological Monographs**, v. 68, p. 295-323, 1998.

- DIDHAM, R.K. Beetle species responses to tropical forest fragmentation. **Ecological Monographs**. V.68, n.3, p. 295-323, 1998.
- EWERS, R.M; DIDHAM, R.K. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. **Biological Reviews**, v. 81, p. 117-142, 2006.
- FAHRING, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.
- DIRZO, R.; YOUNG, H. S.; GALETTI, M.; CEBALLOS, G.; ISAAC, N. J. B.; COLLEN, B. Defaunation in the Anthropocene. **Science**, v. 345, p. 401-406, 2014.
- EDMONDS, W. D.; ZÍDEK, J. A taxonomic review of the Neotropical genus *Coprophaneus olsoufieff*, 1924 (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). **Insecta Mundi**, v. 129, p. 1-111, 2010.
- ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, R. Howler monkeys (*Alouatta palliata*), dung beetles and seed dispersal: ecological interactions in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, v. 7, n. 4, p. 459-474, nov.1991.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**. v. 34, p. 487–515, 2003.
- FAVILA, M. E; HALFFTER, G. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. **Acta Zoológica Mexicana**, Xalapa, n. 72, p. 1-25, 1997.
- FERGER, S. W. et al. Food resources and vegetation structure mediate climatic effects on species richness of birds. **Global Ecology and Biogeography**, v. 23, n. 5, p. 541-549, 2014.
- FILGUEIRAS, B.K.C.; IANNUZI, L.; LEAL, I.R. Habitat fragmentation alters the structure of dung beetle communities in the Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 144, p. 362-369, 2011.
- FILGUEIRAS, B. K. C.; LIBERAL, C. N.; AGUIAR, C. D. M.; HERNÁNDEZ, M. I. M. & IANNUZZI, L. Attractivity of omnivore, carnivore and herbivore mammalian dung to Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) in a tropical Atlantic rainforest remnant. **Revista Brasileira de Entomologia**. 53(3): 422-427. 2009.
- FISHER, J; LINDENMAYER, D. B. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 265-280, 2007.
- FORMAN, R. T., M. GODRON. Patches and structural components for a landscape ecology. **BioScience**. v. 31, n. 10, p. 733-740. 1986.
- FORTI, L.C.; RINALDI, I.M.P.; CAMARGO, R.S.; FUJIHARA, R.T. Predatory behavior of *Canthon virens* (Coleoptera: Scarabaeidae): A predator of leafcutter ants. **Psyche: A Journal of Entomology**, p. 1–5, 2012.

FRANÇO, R. D. et al. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Natureza e Conservacao**, v. 13, n. 1, p. 35–40, 2015.

GANEM, R. S.; DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. A. Conservation policies and control of habitat fragmentation in the Brazilian Cerrado Biome. **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 3, p. 99–118, 2013.

GARDNER, T. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; BARLOW, B.; PERES, C. A. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for Neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, p. 883–893, 2008.

GASCON, C. et al. Receding forest edges and vanishing reserves. **Science**, n.288, p. 1356–1358. 2000.

GASTON, K. J. Global patterns in biodiversity. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 220–227, 2000.

GODFRAY, H.C.J. & LAWTON, J.H. Scale and species numbers. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 16, p. 400–404, 2001.

GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. Life in the Cerrado: a South American tropical seasonal vegetation. Origin, structure, dynamics and plant use. **Reta Verlag**, 2006.

GRIFFITHS, H. M. et al. The value of trophic interactions for ecosystem function: Dung beetle communities influence seed burial and seedling recruitment in tropical forests. **Proceedings of the Royal Society B**, London, v. 283, n. 1844, p. 1–9. 2016.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. Editora Roca, São Paulo, 2008. 440.

HADDAD, N.M.; BOWNE, D.R.; CUNNINGHAM, A.; DANIELSON, B.J.; LEVEY, D. J.; SARGENT, S.; SPIRA, T. Corridor Use by Diverse Taxa. **Ecology**, Durham, v. 84, n. 3, p. 609–615, Mar, 2003.

HADDAD, N.M. et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, p. 1–9, 2015.

HALFFTER, G.; MATHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of the subfamily scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Folia Entomologica Mexicana**, v. 12/14, p. 1 – 312, 1966.

HALFFTER, G.; EDMONDS, W.D. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): An **Ecological and Evolutionary**, p. 155, 1982.

HALFFTER, G. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Folia Entomologica Mexicana**, v. 82, p. 195–238, 1991.

HALFFTER, G., and V. HALFFTER. 2009. Why and where coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) eat seeds, fruits or vegetable detritus. **Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa**, v. 45, p. 1–22, 2009.

HANSKI, I; CAMBEFORT, Y. Competition in dung beetles. In *Dung beetle ecology* (I. Hanski & Y. Cambefort, eds.). **Princeton University Press**, Princeton, 1991.

HARPER, K. A; MACDONALD, E; BURTON, P; CHEN, J; BROSOFSKE, K. D; SAUNDERS, S. C; EUSKIRCHEN, E; ROBERTS, D; JAITEH, M.S; ESSEEN, P. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscape. *Conservation Biology*, v. 19, p. 768-782, 2005.

HERNÁNDEZ, M I. M; VAZ-DE-MELLO, F.Z. Seasonal and spatial variation of coprophagous Scarabaeidae s. str. (Coleoptera) species richness in areas of Atlantic Forest of the state of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 4, p. 607-613, 2009.

HERRERA, E.R.T.; VULINEC, K.; KNOGGE, C.; HEYMANN, E.W.; HEUMANN, E. Sit and wait at the source of dung- An unusual strategy of dung beetles. **Ecotropica**, v. 8, p. 87–88, 2002.

HURSTON, H.; VOITH, L.; BONANNO, L.; FOULOPOULOS, J.; PAFILIS, P.; VALAKOS, E.; ANTHONY, N. Effects of fragmentation on genetic diversity in island populations of the Aegean wall lizard *Podarcis erhardii* (Lacertidae, Reptilia). **Molecular phylogenetics and Evolution**, v. 52, p. 395-405, 2009.

JACOBS, J.; NOLE, I.; PALMINTERI, S.; RATCLIFFE, B. First come, first serve: “sit and wait” behavior in dung beetles at the source of primate dung. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 6, p. 641–645, 2008.

JACON, A. D. et al. Seasonal characterization and discrimination of savannah physiognomies in Brazil using hyperspectral metrics from Hyperion/EO-1. **International Journal of Remote Sensing**, v. 38, n. 15, p. 4494-4516, 2017.

JOERN, A.; LAWS, A. N. Ecological mechanisms underlying arthropod species diversity in grasslands. **Annual Review of Entomology**, v. 58, p. 19-36, 2013.

KASPARI, M.; O'DONNELL, S.; KERCHER, J. R. Energy, density, and constraints to species richness: ant assemblages along a productivity gradient. **The American Naturalist**, v. 155, n. 2, p. 280-293, 2000.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KOHLMANN, B.; SOLIS, A. El género *Onthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. **Giornale Italiano di Entomologia**, v. 49, n. 9, p. 159-261, 2001.

LAURANCE, W.F. Ecosystem decay of Amazonian Forest fragments: a 22 year investigation. **Biological Conservation**, New York, v. 16, p. 605-618, 2002.

LAURANCE, W.F.; NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, S.G.; ANDRADE, A.C.; FEARNside, P.M; RIBEIRO, J.E.L; CAPRETZ, R.L, 2006. Rain forest fragmentation and the proliferation of successional trees. **Ecology**, v. 87, p. 469-482, 2006.

LAURANCE, W.F. et al. Habitat Fragmentation, Variable Edge Effects, and the Landscape-Divergence Hypothesis. **PlosOne**. v. 2, n. 10, p. 1008-1017, 2007.

LAURANCE, W.F.; CAMARGO; J.L.C, LUIZÃO, R.C.C et al. The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. **Biological Conservation**, v. 144, p. 56–67, 2011.

LAURANCE, W.F.; SAYER, J.; CASSMAN, K.G. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. **Trends Ecol. Evol.**, v. 29, p. 107-116, 2014.

LEAL, I.R; FILGUEIRAS, B.K.C; GOMES, J.P; IANNUZI, L; ANDERSEN, A.N. Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in Brazilian Atlantic Forest. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, p. 1687-1701, 2012.

LESSARD, J. P. et al. Determinants of the detrital arthropod community structure: the effects of temperature and resources along an environmental gradient. **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 333-343, 2011.

LÔBO, D; LEÃO, T.; MELO, F.P.L.; SANTOS, A.M.M.; TABARELLI, M. Forest fragmentation drives Atlantic Forest of northeastern Brasil to biotic homogenization. **Diversity and Distributions**, v. 17, p. 287-296, 2011.

LOPES, J.; KORASAKI, V.; CATELLI, L. L.; MARÇAL, V. V. M.; NUNES, M. P. B. P. A comparison of dung beetle assemblage structure (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) between an Atlantic forest fragment and adjacent abandoned pasture in Paraná, Brazil. **Zoologia**, v. 28, p. 72-79, 2011.

LOUZADA, J. N. C. Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) detritívoros em ecossistemas tropicais: biodiversidade e serviços ambientais. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: ed. UFLA, p. 309-332, 2008.

SUTHERLAND, W. J. et al. Identification of 100 fundamental ecological questions. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 1, p. 58-67, 2013.

MACHADO, R. B. et al. Análise de lacunas de proteção da biodiversidade no Cerrado. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação**. Volumen II, 2004.

MACHADO, R. B. **Estimativa de perda da área do Cerrado brasileiro**. Relatório Técnico não publicado, 2016.

MAJER, J.D.; DELABIE, J.H.C.; MACKENZIE, N.L. Ant litter fauna of forest, forest edges and adjacent grassland in the Atlantic rain forest region of Bahia, Brazil. **Insect Sociiaux**, v. 44, p. 255-266, 1997.

- MALDANER, M.E.; VAZ-DE-MELLO, F.Z.; TAKIYA, D.M.; FERREIRA, D.C. Molecular Phylogeny of *Coprophaneus* (*Megaphaneus*) d'Olsoufieff, 1924 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) and the position of *C. bellicosus*. **Insect Systematics & Evolution**, v. 51, p. 241-255, 2018.
- MELO, F. P. L. et al. On the hope for biodiversity-friendly tropical landscapes. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 28, n. 8, p. 461–468, 2013.
- MITCHELL, M. G. et al. Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 4, p. 190–198, abr. 2015.
- MITTERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. A brief history of biodiversity conservation in Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 601-611, 2005.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**. v.10, n. 2, p. 58-62, 1995.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403(6772), 853-858. 2000.
- NAZARENO, A. G. et al. Serious New Threat to Brazilian Forests. **Conservation Biology**, v. 26, n. 1, p. 5–6, 2012.
- NICHOLS, E. et al., Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta-analysis. **Biological Conservation**, Essex, v. 137, n. 1, p. 1-19, 2007.
- NICHOLS, E. et al. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetle. **Biological Conservation**, jun. 2008.
- NICHOLS, E.; URIARTE, M.; BUNKER, D. E.; FAVILA, M. E.; SLADE, E. M.; VULINEC, K.; LARSEN, T.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; LOUZADA, J.; NAEEM, S.; SPECTOR, S. H. Trait-dependent response of dung beetle populations to tropical forest conversion at local and regional scales. **Ecology**, v. 94, p. 180-189, 2013.
- ODEGAARD, F. Taxonomic composition and host specificity of phytophagous beetles in a dry forest in Panama. **Arthropods of Tropical Forest: Spatio-Temporal Dynamics and Resource Use in the Canopy** (ed. by Y. Basset, V. Novotny, S. Miller and R. Kitching), pp. 220 – 236. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 2003.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). **The cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press, p. 121-140, 2002.
- OOSTERHOORN, M; KAPPELLE, M. Vegetation responses along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. **Forest Ecology and Management**, v. 126, n. 3, p. 291-307, 2000.
- OVERBECK, G. E. et al. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**, v. 21, n. 12, p. 1455-1460, 2015.

PINEDA, E; HALFFTER, G. Species diversity and habitat fragmentation: frogs in a tropical montane landscape in Mexico. **Biological Conservation**, v. 117, p. 499-508, 2004.

PIRES, M. A. S.; FERNANDEZ, F. A. S.; BARROS, C. S. Vivendo em um mundo em pedaços: efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais. In: ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. V.; ALVES, M. A. S. (Eds.). **Biologia da Conservação: Essências**. São Paulo: Rima Editora, p. 231-260, 2006.

PIMM, S. L.; JENKINS, C. N.; ABELL, R.; BROOKS, T. M.; GITTLEMAN, J. L.; JOPPA, L. N.; RAVEN, P. H.; ROBERTS, C. M.; SEXTON, J. O. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. **Science**, v. 344, p. 1246752-1246752, 2014.

PRICE, P.W. **Insect Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1997.

PRIMACK, R. B & E. RODRIGUES. **Biologia da Conservação**. Ed. Planta. Londrina, 327 pp., 2001.

RAFAEL; J. A. MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto, Holos Editora, 2012. 810p.
RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; S., B. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, p. 223–230, 1997.

REIS, V. H. O. T. et al. The effects of supplementing Hancornia speciosa (Mangaba) on bowel motility and inflammatory profile of Wistar rats. **Journal of medicinal food**, v. 22, n. 12, p. 1254-1261, 2019.

REZENDE-SILVA, S. L. et al. Pouteria torta is a remarkable native plant for biomonitoring the glyphosate effects on Cerrado vegetation. **Ecological indicators**, v. 102, p. 497-506, 2019.
RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In **Cerrado: ambiente e flora** (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.). Embrapa, Planaltina, p.89-166, 1998.

RICHARDS, P. W. **The tropical rain forest: an ecological study**. Cambridge: Cambridge University Press, 1952.

RICKLEFS, R.E.; SCHLUTER, D. Species diversity: regional and historical influences. In: RICKLEFS, R.E.; SCHLUTER, D. (Ed.). **Species Diversity in Ecological Communities**. Chicago: University of Chicago Press, p. 350-363, 1993.

SAMPAIO, A. B; SCARIOT, A. Edge effect on tree diversity, composition and structure in a deciduous dry forest in central Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, 35(5): 1121-1134, 2011.

SANTOS, A. L. C. Diagnóstico dos fragmentos de Mata Atlântica de Sergipe através de sensoriamento remoto. Dissertação. **Universidade Federal de Sergipe**, 2009.

SARGES, R.; HALFFTER, G.; ROJAS, A. D. The “Importance of Frugivory to the Survival of the Dung Beetle *Onthophagus rhinophus* Harold (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) Under Changing Ecological Conditions”. **The coleopterists Bulletin**, v. 66, n. 2, p. 166-168, 2012.

- SCARIOT, A.; FELFILI, J. M.; SILVA, J. C. S. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**, 2005.
- SCHOLES, R. J.; ARCHER, S. R. Tree-grass interactions in savannas. **Annual review of Ecology and Systematics**, v. 28, n. 1, p. 517-544, 1997.
- SCHOWALTER, T. D. **Insect ecology: an ecosystem approach**. [S.l.], Academic Press, 774 p., 2016.
- SILVA, D. M. et al. Os efeitos dos regimes de fogo sobre a vegetação de Cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: considerações para a conservação da diversidade. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2, p. 26-39, 2011.
- SPECTOR, S. Scarabaeinae dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): an invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation. **Coleopterists Bulletin**, Washington, v. 60, n. 5, p. 71-83, 2006.
- SRIVASTAVA, D. S.; LAWTON, J. H. Why more productive sites have more species: an experimental test of theory using tree-hole communities. **The American Naturalist**, v. 152, n. 4, p. 510-529, 1998.
- STILING, P; MOON, D.C. Quality or quantity: the direct and indirect effects of host plants on herbivores and their natural enemies. **Oecologia**, 142, 413 – 420, 2005.
- STORCH, D.; GASTON, K.J. Untangling ecological complexity on different scales of space and time. **Basic and Applied Ecology**, v. 5, p. 389-400, 2004.
- TABARELLI, M.; AGUIAR, A.V.; GIRÃO, L.C.; PERES., C.A.; LOPES, A. V. Effects of pioneer tree species hyper abundance on forest fragments in northeastern Brazil. **Conservation Biology**, v. 24, p. 1654-1663, 2010.
- TILMAN, D. et.al. Habitat destruction and the extinction debt. **Nature**. v.371, n.6492, p. 65-66, 1994.
- TIMO, T. P. C.; LYRA-JORGE, M. C.; GHELER-COSTA, C.; VERDADE, L. M. Effect of the plantation age on the use of Eucalyptus stands by medium to large-sized wild mammals in south-eastern Brazil. **iForest**, v. 8, p. 108-113, 2015.
- TISCHENDORF, L.; FAHRIG, L. On the usage and measurement of landscape connectivity. **Oikos**, Conpenhagen, v. 90, p 7-19, Jul., 2000.
- THOMAZINI, M. J.; THOMAZINI, A. P. B. W. A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas. Rio Branco: **Embrapa Acre**, (Embrapa Acre. Documentos, 57), 21p. 2000.
- TURTON, S. M.; FREIBURGER, H. J. Edge and aspect effects on the microclimate of a small tropical forest remnant on the Atherton Tableland, Northeastern Australia. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGAR, JR., R. O. (Eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. University of Chicago. Press, Chicago, pp. 45-54, 1997.

VASCONCELOS, H.L.; DELABIE, J.H.C. Ground ant communities from central Amazonia forest fragments. **School of Environmental Biology Bulletin**, v. 18, p. 59-69, 2000.

VAZ-DE-MELLO, F.; LOUZADA, J.N.C.; SCHOEREDER, J.H. New data and comments on Scarabaeidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) associated with Attini (Hymenoptera: Formicidae). **The Coleopterists Bulletin**, v. 52, n. 3, p. 209–216, 1998.

VAZ-DE-MELLO, F.Z. Revision and phylogeny of the dung beetle genus *Zonocopris* arrow 1932 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae), a phoretic of land snails. **Annales de La Société Entomologique de France**, v. 43, n. 2, p. 231–239, 2007.

VAZ-DE-MELLO, F. Z.; EDMONDS, W. D.; OCAMPO, F. C. & SHOOLMEESTERS, P. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). **Zootaxa**. 2854: 1-73, 2011.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. **Scarabaeinae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil>. Acesso em: 10 de Janeiro, 2024.
VIEGAS, G.; STENERT, C.; SCHULZ, U. H.; MALTCHIK, L. Dung beetle communities as biological indicators of riparian forest widths in southern Brazil. **Ecological Indicators**, v. 36, p. 703-710, 2014.

VULINEC, K. Dung beetle communities and seed dispersal in primary forest and disturbed land in Amazonia. **Biotropica**, v. 34, n. 2, p. 297-309, 2002.

WESSENER, T. et al., Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. **Global Environmental Change**, [S.l],. N. 17, P.86-104. 2007.

WILCOVE, D. S.; MCLELLAN, C. H.; DOBSON, A. P. Habitat fragmentation in the temperate zone. In: SOULÉ, M. E. (Ed.) **Conservation Biology**, pp. 237–56, 1986.

ARTIGO**BESOUROS ESCARABEÍNEOS CARPÓFAGOS: ATRATIVIDADE DE DIFERENTES FRUTOS DECOMPOSTOS É AFETADA PELA PROXIMIDADE DA BORDA FLORESTAL COM O CERRADO?**

Débora Moreira Pinto¹; Júlio Louzada²

¹ Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Universidade Federal de Lavras, 37203-202, Lavras, Minas Gerais, Brasil

² Departamento de Ecologia e Conservação, Instituto de Ciências Naturais, Universidade Federal de Lavras, 37203-202, Lavras, Minas Gerais, Brasil

RESUMO

Estudos ecológicos têm como objetivo principal compreender os diversos fatores ambientais que moldam as comunidades de seres vivos locais. Sendo a influência da disponibilidade de recursos e energia na composição e abundância das espécies, que emerge como um aspecto crucial. Além disso, a fragmentação da paisagem é reconhecida como um elemento significativo que afeta a estrutura e dinâmica dessas comunidades, criando condições propícias para o estabelecimento de algumas espécies. O Cerrado, reconhecido como a maior savana tropical do mundo, experimenta uma rápida redução de sua paisagem original, sendo considerado como um dos “hotspots” globais. Apesar de ser biodiverso e promover diversos serviços ecossistêmicos, a biodiversidade desse bioma ainda é subestimada, evidenciando a necessidade de mais estudos nessa área. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo investigar o impacto da disponibilidade de alimentos, como frutos endêmicos do Cerrado presentes em áreas de borda, na distribuição, abundância e composição da comunidade de besouros carpófagos da subfamília Scarabaeinae em fragmentos florestais deste bioma. A hipótese subjacente era que as áreas de borda, com uma maior presença de frutíferas em período de frutificação, poderiam favorecer algumas espécies de escarabeíneos. Uma vez que muitas espécies desses insetos já foram observados alimentando-se de frutos em decomposição dispostos sobre o solo. O estudo foi conduzido em dois fragmentos florestal de Cerrado, caracterizado por sua forma irregular e inseridos em uma matriz de pastagens introduzidas. A coleta foi realizada por meio de armadilhas do tipo “pitfalls”, distribuídas em três habitats distintos. Utilizou-se como iscas atrativas polpas de frutos de *Caryocar brasiliense* Cambess, 1822 e *Eugenia dysenterica* Martius, 1821, espécies presentes na área de borda dos fragmentos. Os resultados obtidos mostraram uma significativa abundância de besouros na borda dos fragmentos, onde havia uma maior presença de frutos em decomposição, em comparação com os outros habitats. Além disso, foi observado um gradiente de dissimilaridade entre os diferentes habitats, destacando a importância da distribuição espacial dos recursos alimentares na estruturação das comunidades desses besouros. Esse estudo contribui com *insights* importantes para a dinâmica das comunidades de besouros que se alimentam de frutos endêmicos dos Cerrado fornecendo informações de valor para a conservação e manejo de espécies do Cerrado.

Palavras-chave: savana brasileira; rola-bostas; conservação; carpofagia; biodiversidade.

ABSTRACT

Ecological studies aim primarily to understand the various environmental factors that shape local communities of living organisms. The influence of resource availability and energy on species composition and abundance emerges as a crucial aspect. Furthermore, landscape fragmentation is recognized as a significant element affecting the structure and dynamics of these communities, creating conditions conducive to the establishment of some species. The Cerrado, recognized as the world's largest tropical savanna, is experiencing rapid reduction of its original landscape, being considered one of the global "hotspots". Despite being biodiverse and promoting various ecosystem services, the biodiversity of this biome is still underestimated, highlighting the need for more studies in this area. In this context, the present study aimed to investigate the impact of food availability, such as endemic Cerrado fruits present in edge areas, on the distribution, abundance, and composition of the dung beetle community of the Scarabaeinae subfamily in forest fragments of this biome. The underlying hypothesis was that edge areas, with a higher presence of fruiting trees during fruiting season, could favor some scarab beetle species, as many species of these insects have been observed feeding on decomposing fruits arranged on the ground. The study was conducted in two Cerrado forest fragments, characterized by their irregular shape and inserted in a matrix of introduced pastures. Collection was carried out using "pitfall" traps, distributed in three distinct habitats. Pulp from fruits of *Caryocar brasiliense* Cambess, 1822, and *Eugenia dysenterica* Martius, 1821, species present in the edge area of the fragments, was used as attractive baits. The results showed a significant abundance of beetles at the edge of the fragments, where there was a higher presence of decomposing fruits, compared to other habitats. Additionally, a gradient of dissimilarity was observed among the different habitats, highlighting the importance of spatial distribution of food resources in structuring these beetle communities. This study provides important insights into the dynamics of beetle communities feeding on endemic Cerrado fruits, providing valuable information for the conservation and management of Cerrado species.

Keywords: brazilian savana; dung beetles; conservation; carpophagy; biodiversity.

1 INTRODUÇÃO

Estudos ecológicos têm por objetivo compreender diversos aspectos ambientais, onde entender os mecanismos que determinam a composição de espécies em comunidade é um deles (GASTON, 2000; LESSARD et al. 2010; SUTHERLAND et al. 2013). A abundância e a riqueza de uma comunidade podem ser influenciadas por diversos aspectos e em diferentes escalas espaciais, onde um aspecto relevante diz respeito sobre o impacto da quantidade de recursos alimentares na comunidade de seres vivos locais (RICKLEFS & SCHLUTER, 1993; PRICE, 1997; GODFRAY; LAWTON, 2001; STORCH; GASTON, 2004). Por exemplo, estudos anteriores evidenciaram a associação de comunidades de insetos com a abundância de recursos alimentares locais, elevando a riqueza e/ou abundância de espécies na área (BASSET, 1992; PRICE, 1997; KASPARI et al., 2000; BARRIOS, 2003; ODEGAARD, 2003; STILING; MOON, 2005; SARGES; HALFFTER; ROJAS, 2012).

Além da disponibilidade de recursos, a fragmentação da paisagem e a criação de áreas de bordas nos fragmentos remanescentes, têm sido apontados como um dos grandes impulsionadores na alteração da composição e estrutura das comunidades de seres vivos (FAHRIG, 2013; LAURANCE, 2004; FISCHER & LINDENMAYER, 2007). Uma vez que a área de contato entre os dois habitats (fragmento e área convertida) cria condições favoráveis para o crescimento de algumas espécies da flora, implicando no comportamento e distribuição de algumas espécies (MURCIA, 1995; LAURANCE, 2004; OLIFIERS; CERQUEIRA, 2006; PIRES; FERNANDEZ; BARROS, 2006). Um grande exemplo de modificação e fragmentação da paisagem é o Cerrado, uma vasta savana brasileira que desempenha um papel relevante na manutenção da biodiversidade do país, destacando-se pelo elevado endemismo de sua fauna e flora (KLINK & MACHADO, 2005; OVERBECK et al., 2015; SAWYER et al., 2017), mas que simultaneamente apresenta grande perda de habitat, sendo considerado um dos “hotspots” globais (MYERS et al., 2000).

A criação de áreas de borda não afetam apenas a flora, mas também têm um impacto significativo na fauna de invertebrados, como os besouros da Subfamília Scarabaeinae, popularmente conhecidos como besouros rola-bostas. Os escarabeíneos possuem ampla distribuição em toda a região Neotropical, concentrando maior riqueza principalmente em regiões de florestas e savanas tropicais (HALFFTER; EDMONDS, 1982; HANSKI; CAMBERFORT, 1991). Esses insetos desempenham um papel vital nos ecossistemas, sendo responsáveis por uma série de serviços ecossistêmicos (NICHOLS et al., 2008). Os rola-bostas são particularmente sensíveis às alterações ambientais, respondendo a fatores como a densidade

e tipo de vegetação, fragmentação dos habitats e composição do solo (KLEIN, 1989; RIESKE; BUSS, 2001; LARSEN et al., 2003; NICHOLS et al., 2007; ALMEIDA; LOUZADA, 2009). Essas alterações podem afetar a abundância, riqueza e distribuição das espécies (ANDRESEN, 2002; ANDRESEN; SLADE, 2007). Além disso, esses insetos também podem responder conforme a disponibilidade de recurso alimentar (MEDINA; ESCOBAR; KATTAN, 2002; HALFFTER et al., 2009; SARGES; HALFFTER; ROJAS, 2012).

Embora essencialmente coprófagos (HALFFTER; EDMONDS, 1982; HANSKI; KUUSELA, 1983), muitas espécies de escarabeíneos podem ser encontradas se alimentando de uma variedade de alimentos incluindo, carcaças de animais, fungos e frutos em decomposição disponíveis no ambiente (HALFFTER; MATTHEWS, 1966). Há diversos relatos de besouros escarabeíneos encontrados em frutos variados, incluindo frutos endêmicos do Cerrado como frutos de *Annona crassiflora* Martius, 1826 e *Caryocar brasiliense* Cambess, 1822 (HALFFTER et al., 2009). A carpofagia, um hábito alimentar alternativo, tem auxiliado algumas espécies a sobreviverem em locais impactados pela atividade humana, onde besouros predominantemente necro-coprófagos foram observados consumindo frutos em decomposição dispostos ao solo, além de algumas espécies que utilizam esses recursos para fins de nidificação (HALFFTER et al., 2009; SARGES; HALFFTER; ROJAS, 2012; CHABOTEAUX; TORO, FORSYTH, 2023).

Sendo assim, o objetivo deste estudo é investigar de que forma a disponibilidade de frutos presentes nas áreas de borda influencia a distribuição, abundância e composição da comunidade de escarabeíneos carpófagos em fragmentos do Cerrado. O estudo foi baseado na premissa de que as áreas de borda, por estarem sujeitas a mudanças ambientais abruptas, oferecem condições favoráveis à algumas árvores frutíferas, resultando em uma maior disponibilidade de frutos (*Caryocar brasiliense* Cambess 1822 e *Eugenia dysenterica* Martius 1821) disponíveis no solo, favorecendo os escarabeíneos carpófagos, logo elevando sua abundância. Além disso, a disponibilidade de recursos alimentares (frutos) presente nas áreas de borda, poderiam influenciar a composição da comunidade, levando a uma dissimilaridade entre os habitats.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo e desenho amostral

O estudo foi realizado na região Centro-Oeste de Minas Gerais, especificamente no município de Perdigoão (19°57'09"S 45°04'35"W). O município está localizado à aproximadamente 141 km da capital do estado de Minas Gerais (Belo Horizonte) (IBGE, 2019)

(Figura 1). Perdigão está inserido no bioma Cerrado com manchas de Mata Atlântica (IBGE, 2019) e apresenta paisagem fragmentada, formada por centro urbano, bem como pastagens e cultivos agrícolas. O clima é do tipo subtropical, apresentando invernos secos e verões chuvosos. Seleccionamos dois fragmentos com formação florestal de Cerrado (frag-1. 19°56'58"S 45°03'33"W e frag-2. 19°57'12" S 45°03'38" W) (Figura 1 – 1 e 2), os quais exibem características de formação florestal típica do Cerrado e estão inseridos em uma matriz de pastagens introduzidas de *Brachiaria* sp., com presença de gados tratados com Ivermectina no fragmento 1 (área de 6,13 hectares) e pastagem desativada, ou seja, sem a presença de bovinos no fragmento 2 (área de 6,83 hectares). Nas bordas de ambos os fragmentos, foram observadas diversas espécies frutíferas nativas do Cerrado, incluindo *Caryocar brasiliense* Cambess, 1822, *Eugenia dysenterica* Martius, 1821, *Annona crassiflora* Martius, 1826 e *Campomanesia xanthocarpa* St.-Hill, 1828. Ambos os fragmentos foram cercados anteriormente para evitar a entrada do gado em seu interior. As duas áreas de coleta estão distanciadas por aproximadamente 480 metros.

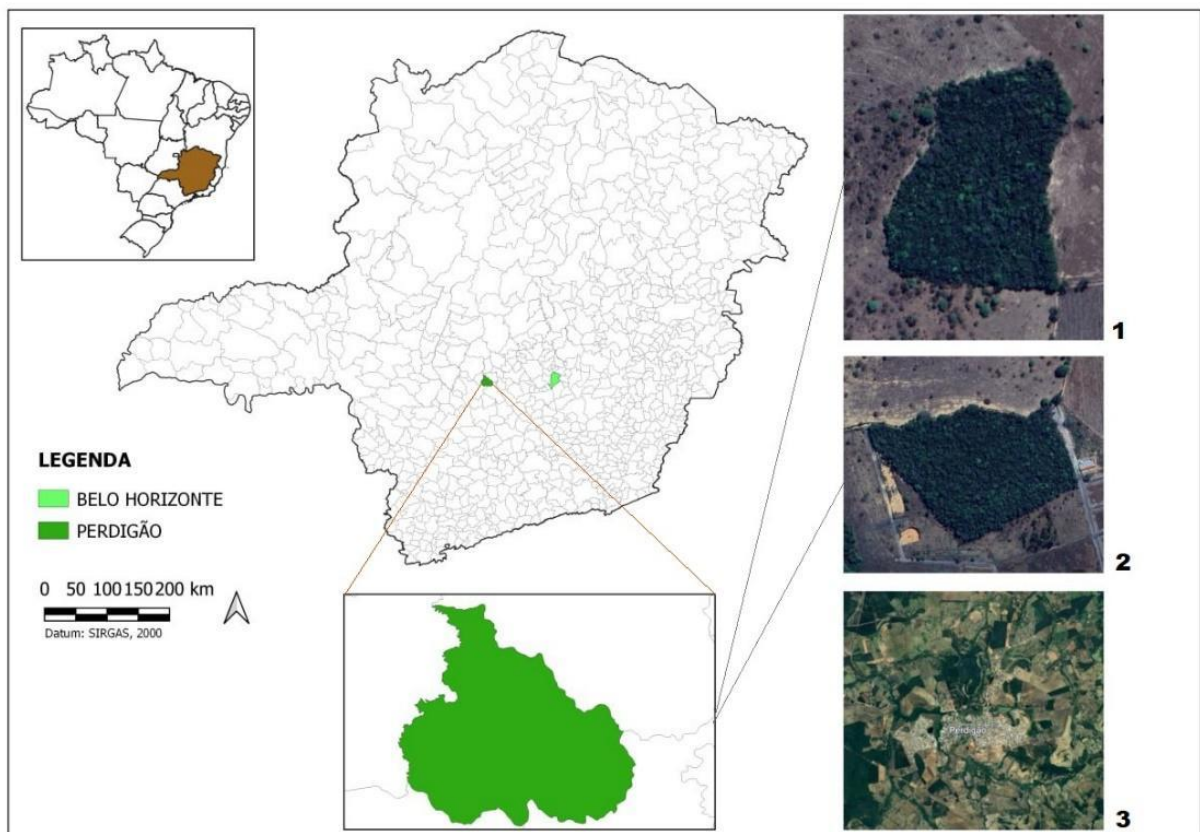


Figura 1 - Localização do município de Perdigão - Minas Gerais e áreas de estudo. (1) Área correspondente ao Fragmento 1, (2) Área correspondente ao Fragmento 2, (3) Visão geral do município de Perdigão (satélite). Fonte: da autora.

As coletas foram realizadas durante o mês de novembro de 2023, correspondendo ao início da estação quente e chuvosa e ao período de maior atividade dos besouros rola-bostas na região Neotropical (LOBO; HALFFTER, 2000).

2.2 Amostragem das comunidades de besouros rola-bostas

Em cada um dos fragmentos amostrados, foram estabelecidos três transectos de aproximadamente 200 metros: um central, outro na borda e um posicionado a uma distância intermediária entre o limite da borda e o centro. Cada transecto foi espaçado por uma distância aproximada de 50 metros entre si, e foram instaladas quatro armadilhas do tipo *pitfall*, distanciadas por uma distância de 40 metros entre si.

As armadilhas *pitfalls* utilizadas consistiram em recipientes plásticos enterrados ao nível do solo (19 centímetros de diâmetro; 11 centímetro de profundidade), com uma proteção plástica, suspensa por pequenas estacas de bambu, com a finalidade de evitar com que a água da chuva entre dentro das armadilhas. Cada armadilha foi preenchida por 250ml de solução salina com algumas gotas de detergente, sendo o sal utilizado para conservar os insetos coletados, enquanto o detergente para quebrar a tensão superficial da água. Outro recipiente suspenso por um arame, com capacidade de 50 ml, foi utilizado como porta-isca (Figura 2).



Figura 2 - Armadilha de queda do tipo *pitfall*, acompanhada de porta isca suspenso com isca atrativa de pequi (*Caryocar brasiliense*). Fonte: da autora.

Como iscas atrativas foi utilizada a polpa de dois tipos de frutos de árvores nativas do Cerrado, sendo elas a *Caryocar brasiliense* Cambess, 1822 e *Eugenia dysenterica* Martius, 1821 (popularmente conhecidos como Pequi e Cagaita respectivamente), escolhidos por

estarem em fase de frutificação no período das coletas. Para preparar as iscas atrativas, extraiu-se as polpas de cada fruto, que foram maceradas e homogeneizadas até obter uma massa pastosa e homogênea. A massa obtida, foi colocada em um recipiente e coberta por um tecido fino, para evitar a colonização por outros insetos e exposta à temperatura ambiente durante sete dias para apodrecimento. Os procedimentos para o preparo das iscas foram realizados separadamente para cada fruto.

As armadilhas foram dispostas ao longo do transecto no interior do fragmento, contendo 30g de iscas atrativas intercaladas, ou seja, foram posicionadas duas armadilhas com frutos de *C. brasiliense* (Pequi) e duas com frutos de *E. dysenterica* (Cagaita), alternadamente. O procedimento foi replicado para a amostragem de besouros na borda com uma distância aproximada de 3 metros para o interior do fragmento e no transecto intermediário, localizado entre a borda e o interior nas duas áreas. A amostragem teve um esforço amostral de 48 horas.

No interior dos fragmentos, foram notados frutos, como o pequi, mesmo na ausência das árvores frutíferas correspondentes nas proximidades. Com o intuito de observar como esses frutos foram transportados até estes locais, foram instaladas quatro armadilhas fotográficas (câmeras traps) no interior de cada fragmento, posicionadas estrategicamente próximo das armadilhas *pitfalls* dispostas ao longo dos transectos no interior de cada fragmento.

Após a coleta em cada área, os insetos coletados foram preservados em álcool 70% e transportados para o Laboratório de Ecologia e Conservação de Invertebrados – LECIN da Universidade Federal de Lavras – UFLA. No laboratório, com o auxílio de estereomicroscópio, os escarabeíneos foram triados, acondicionados em mantas entomológicas e submetidos a uma estufa para secagem durante 48 horas a 50°C. A identificação dos besouros foi realizada com base na Chave de Gêneros Neotropicais (VAZ-DE-MELLO et al., 2011) e identificados a nível de espécie pelo mesmo especialista.

2.3 Amostragem das variáveis ambientais

Com o propósito de avaliar as condições ambientais dos fragmentos e investigar possíveis relações com os escarabeíneos, coletamos variáveis ambientais como dimensão fractal e densidade da vegetação, profundidade da serrapilheira, abertura do dossel e textura do solo.

Para mensurar a densidade do sub-bosque e dimensão fractal, seguimos a metodologia proposta por Nobis (2005). Empregamos uma câmera Nikon D5300 e um tecido preto (1m x 1m) estendido rente ao solo, posicionado ao fundo da vegetação no ponto amostral. As imagens

foram capturadas em quatro posições distintas, com uma distância de 3 metros entre elas, mantendo uma altura de 1 metro acima do nível do solo. O processamento das imagens do sub-bosque foi realizado utilizando o software SIDELOOK 1.1.01 (NOBIS, 2005), que calcula variáveis relacionadas à vegetação da imagem. Consideramos a porcentagem de pixels pretos (correspondentes à vegetação) e brancos (associados ao tecido) para calcular a densidade e a dimensão fractal. A densidade do sub-bosque foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$DV = \frac{Aq. (PP/PB)}{Lq}$$

Onde, DV = densidade da vegetação; Aq = área do quadro (tecido) = altura multiplicada pela largura do quadro; PP = pixels pretos; PB = pixels brancos e Lq = largura do quadro.

A abertura do dossel foi calculada, através de uma fotografia hemisférica, a qual processamos utilizando a aplicação “Gap Light Analysis Mobile Application” (Dept. of Botany and Zoology – Masaryk University, Czech Republic). A fotografia foi obtida a uma altura de 1,5 metros em relação ao nível do solo com o auxílio de um suporte de madeira para manter um padrão de altura em todos os pontos.

Com o objetivo de analisar a textura do solo, especificamente a porcentagem de areia, foram coletadas amostras de solo em cada ponto de amostragem dos besouros escarabeíneos. Em laboratório, as amostras foram levadas para uma estufa para secagem a 100 °C por 24 horas. Posteriormente, foram separadas 200g de solo seco de cada ponto amostrado. Em seguida, o solo foi processado em peneiras granulométricas com malhas de 1.70mm, 850µm e 425µm, resultando na separação da areia dos demais componentes do solo. As partículas retidas nas peneiras foram lavadas, até a completa remoção de argila e silte. A areia, após peneiragem e lavagem, foi levada à estufa para secagem completa por 24 horas a 100 °C, possibilitando o cálculo da quantidade de areia no solo. Nos mesmos locais, coletamos a variável de profundidade de serapilheira, para isso utilizamos um paquímetro universal para fazer a medição da mesma.

Todas as variáveis foram coletadas em cada ponto amostral ao longo de todos os transectos e nos dois fragmentos.

2.4 Análises Estatísticas

Para verificar a riqueza, abundância e suficiência amostral de besouros rola-bostas, foram realizados três conjuntos de análises estatísticas. Inicialmente, foram conduzidas curvas de rarefação e extrapolação para cada um dos transectos, a fim de verificar a variação em riqueza, abundância e determinar a suficiência amostral em relação a cada um deles. Em seguida, o mesmo procedimento foi realizado para o ponto de vista da carpopagia, buscando investigar a associação específica entre besouros escarabeíneos e os diferentes tipos de frutos presentes nas áreas de estudo. Por fim, foi analisado individualmente a riqueza e abundância de besouros escarabeíneos associados aos dois frutos em cada local de amostragem, por meio de curvas de rarefação e extrapolação para cada transecto separadamente. Todas as análises foram conduzidas utilizando o pacote iNEXT (HSIEH et al., 2016) na linguagem R, através do software RStudio (R Development Core Team, 2023), com um intervalo de confiança de 95%.

Um Modelo Linear Generalizado (GLM) com distribuição de Poisson foi utilizado para verificar a relação entre a abundância de escarabeíneos e os habitats. As variáveis explicativas foram os habitats (Borda, Intermediário e Interior), enquanto a abundância de besouros correspondia a variável resposta, permitindo avaliar se os habitats tiveram um efeito significativo na abundância de besouros rola-bostas. Os gráficos foram realizados através do pacote “ggplot2” (WICKHAM, 2016) da linguagem R, no software RStudio (R Development Core Team, 2023). Também construímos um GLM para investigar se as variáveis ambientais influenciariam na abundância de escarabeíneos nos habitats dos fragmentos do Cerrado, utilizamos como variáveis explicativas as variáveis ambientais e como variável resposta a abundância de besouros. Foi realizado um teste de normalidade de Shapiro-Wilk nos resíduos do modelo.

Para visualizar as possíveis diferenças na composição da comunidade, empregamos uma análise de Escalonamento Multidimensional não Métrico (NMDS). Para confirmar estatisticamente as possíveis diferenças, conduzimos uma Análise de Similaridade não Paramétrica (ANOSIM). Em ambas as análises, foi utilizado o índice de similaridade de Bray-Curtis. Estas análises foram realizadas com o auxílio do pacote “Vegan” (OKSANEN et al., 2022) da linguagem R do software RStudio (R Development Core Team, 2023).

3 RESULTADOS

3.1 Resultados gerais

Foram coletados 288 indivíduos da subfamília Scarabaeinae, sendo 128 indivíduos no fragmento 1 e 160 indivíduos no fragmento 2, distribuídos dentro de 16 espécies. O gênero com mais espécies foi *Dichotomius* Hope, 1838, enquanto a espécie mais dominante em termos de

abundância nos dois fragmentos foi a *Canthon* aff. *podagricus* e encontrada em todos os habitats. *Dendropaemon convexus* Harold, 1869, foi encontrado exclusivamente no fragmento 1, enquanto *Phaneus kirbyi* Vigers, 1825, *Oxysternon palemo* Castelnau, 1840, *Canthon virens* Mannerheim, 1829, *Anomiopus* sp.1 foram encontrados somente no fragmento 2. Em termos de atração por frutos diferentes, foram coletados 137 indivíduos em armadilhas iscadas com *C. brasiliense*, enquanto em armadilhas iscadas com *E. dysenterica*, foram coletados 151 indivíduos (Tabela 1).

Tabela 1 – Número de indivíduos por espécie de besouros da Subfamília Scarabaeinae coletados por frutos, fragmentos e em habitats diferentes, em fragmentos de Cerrado no município de Perdigoão – Minas Gerais.

Espécies	Fruto		Fragmento			Habitat		Total
	C. <i>brasiliense</i>	<i>E. dysenterica</i>	Fragmento 1	Fragmento 2	Borda	Intermediário	Interior	
<i>Anomiopus</i> sp. 1	1	0	0	1	0	1	0	1
<i>Canthidium</i> aff. <i>barbacenicum</i>	8	9	5	12	11	3	3	17
<i>Canthidium</i> aff. <i>impressum</i>	1	1	1	1	0	0	2	2
<i>Canthon</i> aff. <i>podagricus</i>	107	109	92	124	179	33	4	216
<i>Canthon histrio</i> (Serville, 1828)	0	2	1	1	2	0	0	2
<i>Canthon pilluliformis</i> (Blanchard, 1845)	4	7	5	6	3	2	6	11
<i>Canthon virens</i> (Mannerheim, 1829)	1	0	0	1	0	1	0	1
<i>Coprophanaeus cyanescens</i> (d'Olsoufieff, 1924)	2	2	2	2	0	3	1	4
<i>Coprophanaeus spitzzi</i> (Pessoa, 1934)	1	4	2	3	0	2	3	5
<i>Dendropaemon convexus</i> (Harold, 1869)	1	0	1	0	0	1	0	1
<i>Dichotomius opacus</i> (Lucas, 1857)	2	3	4	1	2	0	3	5
<i>Dichotomius biscuspidis</i> (Germar, 1824)	6	2	6	2	5	3	0	8
<i>Dichotomius glaucus</i> (Harold, 1869)	1	1	1	1	1	0	1	2
<i>Dichotomius reichei</i> (Harold, 1869)	2	8	8	2	4	5	1	10
<i>Oxysternon palemo</i> (Castelnau, 1840)	0	2	0	2	1	1	0	1
<i>Phaneus kirbyi</i> (Vigors, 1825)	0	1	0	1	0	1	0	1
Número de espécies	13	13	12	15	9	14	9	16
Número de indivíduos	137	151	128	160	208	56	24	288

3.2 Riqueza e abundância nos habitats

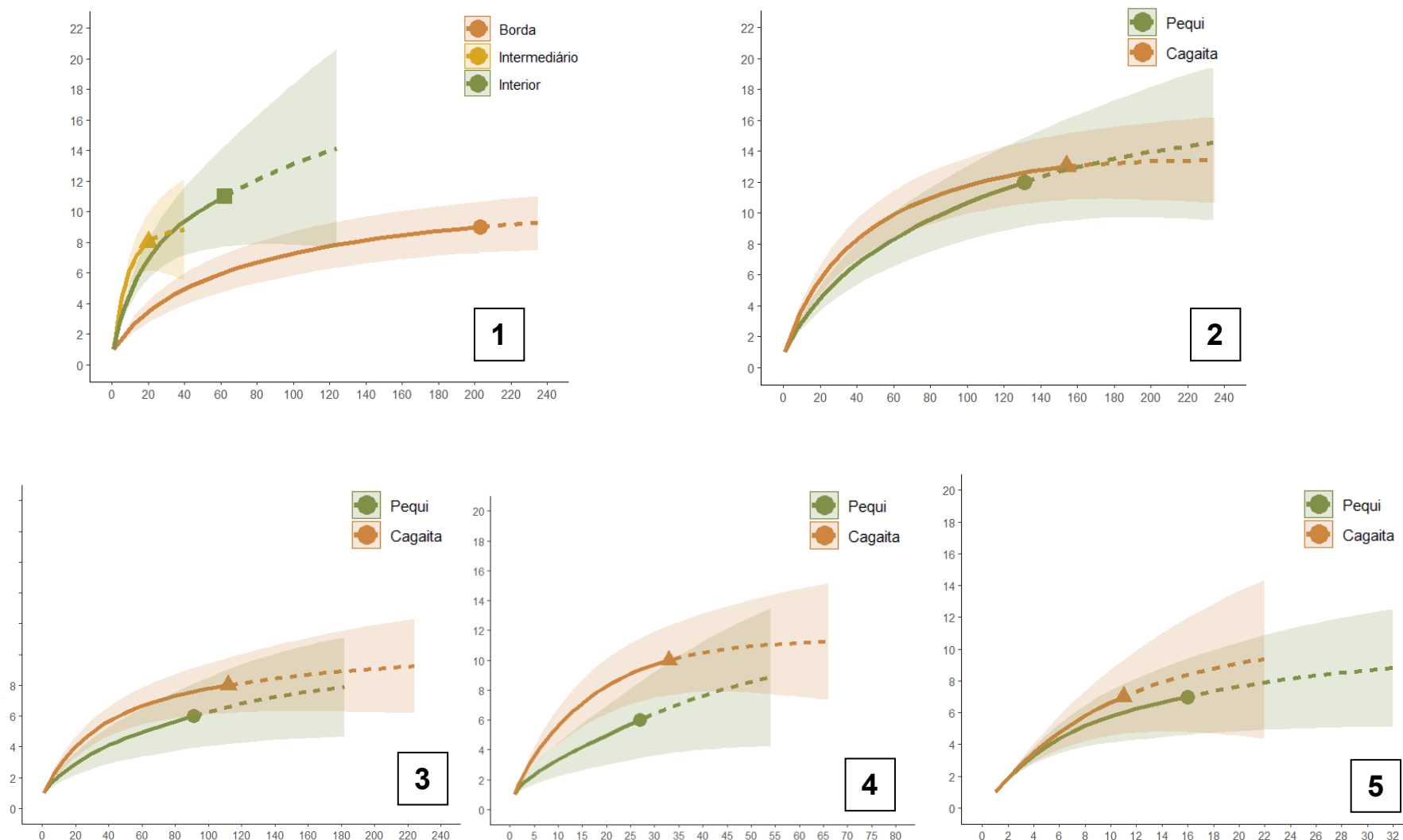
A curva de rarefação e extrapolação de espécies, revela padrões distintos para os habitats de borda, intermediário e interior. Nos habitats de borda e interior, é possível observar duas curvas ligeiramente inclinadas, onde é possível perceber uma assíntota, indicando uma possível saturação na diversidade de espécies associadas a este habitat. Por outro lado, no habitat intermediário, há indicação de um potencial aumento na diversidade com mais amostragem (Figura 3 – 1). Sobre o ponto de vista da carpfagia, plotamos uma curva de rarefação apenas para verificar a riqueza e abundância de escarabeíneos que se alimentam dos frutos de *C. brasiliense* e *E. dysenterica* (Figura 3 - 2). A curva revela números semelhantes em termos de abundância e riqueza de espécies para ambos os frutos, onde ambas as curvas de extrapolação indicam uma possível saturação de espécies que se alimentam de ambos os frutos nos locais de coleta. Ao examinar as curvas de rarefação para o ponto da carpfagia segregados por habitats, observamos padrões distintos. Na área de borda, evidenciamos uma possível saturação diversidade de espécies coletadas com *E. dysenterica* e maior número de indivíduos comparados com coletas com *C. brasiliense* (Figura 3 – 3). No habitat intermediário, também foi possível observar uma possível saturação de espécies para iscas de *E. dysenterica*, enquanto para *C. brasiliense* há um potencial aumento na diversidade com mais amostragem (Figura 3 – 4). Por outro lado, no habitat interior, foi observado um maior número de indivíduos para armadilhas iscadas com *C. brasiliense* e ambas as curvas atingem uma assíntota (Figura 3 – 5). Dados separados por área estão disponíveis nos anexos (Figura A1 e A2).

Abundância

No contexto de abundância, foi realizado um teste de normalidade de Shapiro-Wilk nos resíduos do modelo, onde os dados se aproximaram de uma distribuição normal ($W = 0.8971$, $p\text{-value} = 0.3763$). Modelamos por meio de GLM com distribuição de Poisson, tendo os habitats (borda, intermediário e interior) como variável explicativa e a abundância de escarabeíneos como a variável resposta. Os resultados revelaram efeitos estatisticamente significativos tanto para o habitat interior ($p < 0.001$) quanto para o intermediário ($p < 0.001$) na abundância de besouros rola-bostas em comparação com o habitat de borda ($p < 2e-16$).

Nos gráficos de abundância relacionada com os habitats é possível observar um gradiente na abundância de besouros escarabeíneos ao longo dos transectos nas áreas (Figura 4), onde consta maior abundância na borda, seguido pelo habitat intermediário e posteriormente no interior dos fragmentos. Dados separados por área disponíveis nos anexos (Figura A3 e A4).

Riqueza de espécies



Número de indivíduos

Figura 3 - Curva de rarefação e extrapolação de espécies global. (1) Curva para o ponto de vista dos habitats, (2) Curva para o ponto de vista da carpfagia, (3) Curva para o ponto de vista da carpfagia no habitat de borda, (4) curva para o ponto de vista da carpfagia no habitat intermediário e (5) curva para o ponto de vista da carpfagia no habitat interior. Fonte: da autora.

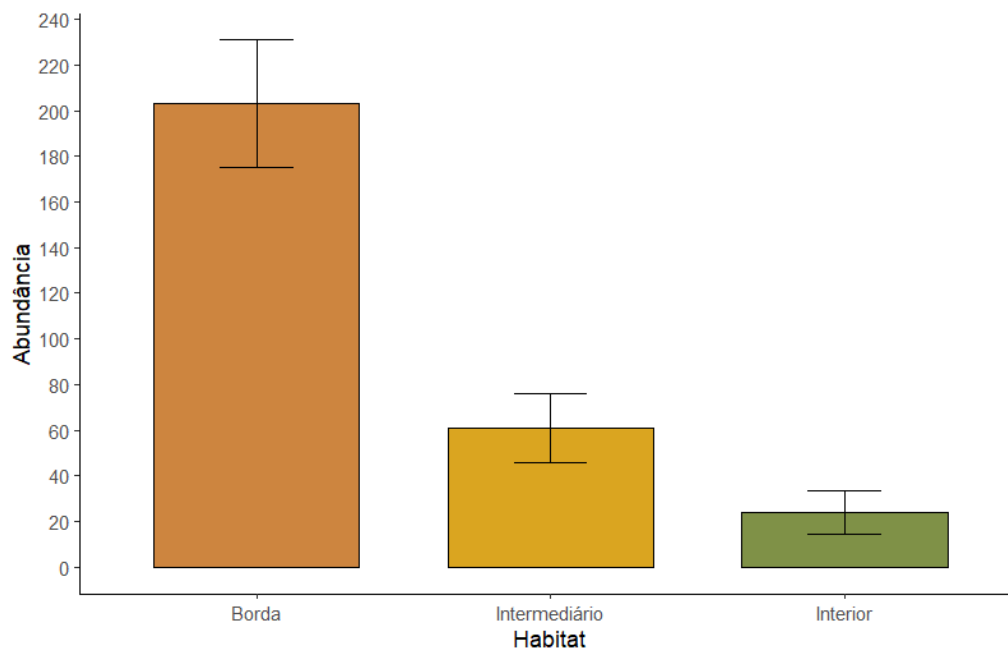


Figura 4 - Abundância de besouros escarabeíneos que se alimentam de frutos endêmicos do Cerrado em três distâncias diferentes em duas áreas de formação florestal. Fonte: da autora.

Composição da comunidade

Os resultados da Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) indicaram uma dissimilaridade na comunidade de rola-bostas que se alimentam de frutos entre os habitats de borda, intermediário e interior (Figura 5) (Figuras separadas por áreas A5 e A6). Essas observações são corroboradas pelos resultados da ANOSIM, que demonstraram diferenças significativas na composição da comunidade entre os diferentes habitats. Por análise par a par, o teste revelou uma dissimilaridade significativa na composição da comunidade de escarabeíneos entre os habitats de borda e intermediário ($R = 0.896$, $p = 0.024$). Foram observados padrões semelhantes para análises entre os habitats de borda e interior ($R = 0.7465$, $p = 0.001$) e entre os habitats intermediário e interior ($R = 0.6615$, $p = 0.037$). Esses resultados revelam uma clara segregação da composição da comunidade entre os habitats.

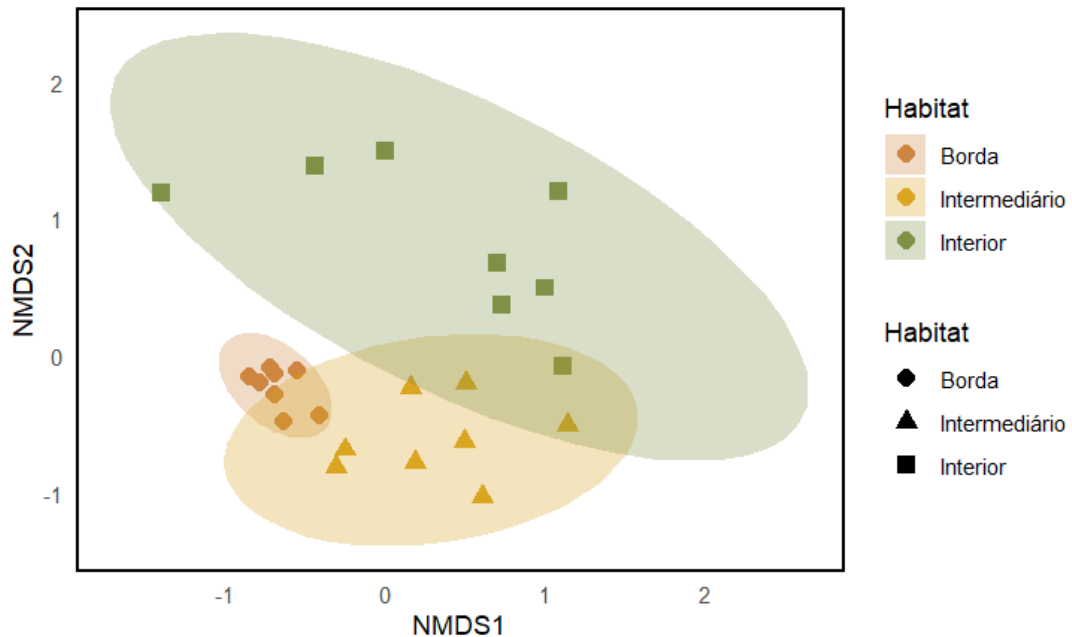


Figura 5 - Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) da composição da comunidade de escarabeíneos carpófagos em três habitats diferentes (Borda, intermediário e interior)

Variáveis ambientais

Empregamos Modelos Lineares Generalizados (GLM) para investigar se as variáveis ambientais influenciariam na abundância de escarabeíneos nos habitats dos fragmentos do Cerrado. Foram coletados dados de variáveis ambientais como a profundidade de serrapilheira, proporção de areia misturada ao solo, abertura de dossel, densidade da sub-bosque e dimensão fractal. As análises revelaram que, entre as variáveis consideradas, apenas a profundidade da serrapilheira ($p = 7.39e-14$) e a proporção de areia misturada ao solo ($p = 0.020219$) apresentaram efeitos significativos na abundância de escarabeíneos em áreas próximo da borda.

4 DISCUSSÃO

A fragmentação de habitat tem sido reconhecida como uma das consequências das mudanças ambientais locais, por exemplo, o aumento de luz, ventos, temperaturas mais elevadas e secas comparadas com o interior da mancha florestal, sendo propício para a emergência de algumas espécies da flora nas áreas principalmente de borda (TABARELLI et. al., 2010; LAURANCE et. al., 2006). Essas mudanças também podem afetar a distribuição espacial dos besouros escarabeíneos, uma vez que estes respondem diversas variáveis ambientais (LAURANCE 2008; SILVA et al. 2010).

Houve um aumento da abundância de besouros “rola-bostas” nas áreas de transição entre a matriz e o fragmento, especificamente na área borda, onde havia uma notável presença de frutos dispostos sobre o solo (Figura A7), resultante da frutificação de árvores endêmicas do Cerrado nas áreas do estudo. Além disso, foi possível observar escarabeíneos logo abaixo dos frutos de *C. brasiliense* e *E. dysenterica* presentes no habitat de borda (Figura A8). A ausência dessas frutíferas nos habitats intermediário e de centro pode estar associada à redução na abundância de besouros que se alimentam desses recursos, explicando a baixa abundância de escarabeíneos nestes habitats. Por outro lado, foi observada a presença de algumas sementes de *C. brasiliense* no interior do fragmento, com a polpa completamente removida (raspada) (Figura A9), onde foi observado o transporte e consumo desses frutos por vertebrados que habitam a área (Figura A10). Este fenômeno poderia atrair besouros que possivelmente se beneficiam de frutos presentes na área borda para as armadilhas no interior do fragmento. Nossos estudos estão em consonância com estudos prévios, como o de Sarges, Halfpter e Rojas (2012), que ao realizar coletas em diferentes áreas, observaram um aumento na abundância de *Onthophagus rhinolophus* em locais com presença de goiabeiras em período de frutificação, e na ausência dessas frutíferas, observou-se a redução da abundância dessa espécie. Observações semelhantes também foram feitas por Davis (1993) e Davis & Sutton (1997) acerca da espécie *Onthophagus rouyeri* Boucomont, que são frequentemente encontradas em locais com frutos caídos sobre o solo, onde há o aumento de indivíduos em locais com presença de figos e a diminuição em locais com ausência de figos (HALFFTER et al., 2009).

Esta correlação entre a disponibilidade e abundância de recursos tróficos e a abundância de besouros escarabeíneos também foi consistentemente observada em estudos anteriores (HANSKI; COMFORT, 1991; GARDNER et al., 1995; KIEHL et al., 1996; MARGARIS et al., 1996; BARROSO; LAZARO 1999). Tais padrões também foram observados em outros grupos de insetos herbívoros mastigadores e em coleópteros polípagos, onde foi observado um aumento significativo na abundância desses insetos em plantas com maior quantidade de folhas jovens e a redução da abundância em plantas com folhas com mais tempo de emergência (BASSET, 1992; PRICE, 1997; KASPARI et al., 2000; BARRIOS, 2003; ODEGAARD, 2003; STILING & MOON, 2005), confirmando a premissa de que os indivíduos estão intimamente correlacionados com a disponibilidade de recursos locais.

Nossos resultados revelam padrões interessantes quanto a abundância e riqueza de espécies atraídas por *C. brasiliense* e *E. dysenterica*. No fragmento 1 observamos uma maior abundância e riqueza de besouros atraídos pelo fruto de *E. dysenterica* comparado com a atração pelo fruto de *C. brasiliense* (Figura A1 – 2), enquanto no fragmento 2, observamos uma

abundância semelhante para os dois tipos de frutos e maior riqueza em armadilhas iscadas com frutos de *E. dysenterica* (Figura A2 – 2). É fato que principalmente a abundância de seres vivos está intimamente relacionada com a disponibilidade de alimento no local.

A observação de padrões distintos na abundância de besouros "rola-bostas" atraídos pelos dois tipos de frutos em nosso estudo está em concordância com as discussões apresentadas por Halffter & Matthews (1996) e Louzada & Lopes (1997) sobre os fatores ecológicos que influenciam as dietas desses besouros. Por exemplo, espécies como *Coprophanaeus lancifer* Linnaeus, 1767, que se alimentam principalmente de fezes, foram encontradas se alimentando de frutos disponíveis no ambiente (EDMONDS; ZÍDEK, 2010; MALDANER et al., 2018; CHABOTEAUX; TORO, FORSYTH, 2023), sugerindo uma capacidade de adaptação ao recurso disponível. Notamos uma grande abundância de *Canthon* aff. *podagricus* em armadilhas com iscas de ambos os frutos em ambos os fragmentos, espécie reconhecida por possuir uma natureza generalista em relação ao recurso (DE ALMEIDA; LOUZADA, 2009), neste caso, ao tipo de fruto, e respondendo conforme a disponibilidade do recurso na área. Apesar de não termos obtido variáveis como a quantidade absoluta de cada frutífera disponível na borda, é possível que haja uma maior abundância de *E. dysenterica* na borda ou na matriz de inserção dos fragmentos, resultando em uma maior disponibilidade de recurso alimentar e, consequentemente, uma maior abundância de besouros que se beneficiam desses frutos.

Dados de variáveis ambientais locais e de paisagem destacam as diferenças nas comunidades, possivelmente desencadeando respostas dos besouros aos habitats e aos recursos alimentares disponíveis no local (VERDÚ; GALANTE, 2004). Observamos uma dissimilaridade na comunidade de escarabeíneos nos três habitats, possivelmente correlacionada com a distribuição de alimentos bem como outros fatores locais do ambiente na borda dos fragmentos, fatores semelhantes observados nos estudos de Sarges, Halffter e Rojas (2012). Além disso, as variáveis explicativas, como a profundidade da serapilheira no fragmento 1 e a proporção de areia no solo e profundidade da serapilheira no fragmento 2, tiveram efeitos significativos sobre a comunidade de besouros "rola-bostas". O efeito da areia no solo pode ser atribuído ao comportamento de escavação de muitas espécies para fins de nidificação e alimentação (SOWIG, 1995; DAVIS, 1996), da mesma forma a serrapilheira também pode atuar como um fator importante de barreira, dificultando a translocação dos besouros e seus recursos (NICHOLS et al., 2013). É fundamental destacar a importância da abundância de recursos alimentares disponíveis, pois isso também influencia a distribuição e composição das comunidades (MEDINA; ESCOBAR; KATTAN, 2002). Por exemplo, o estudo de Sarges, Halffter e Rojas (2012), aponta que a atratividade pelos frutos de uma espécie,

pode estar correlacionada com condições ambientais, porém também deve-se levar em consideração, a importância da disponibilidade de recurso (frutos) disponíveis.

Portanto, nossos resultados sugerem que a combinação de algumas características locais, juntamente com a disponibilidade de alimentos, exerce uma influência significativa sobre a composição das comunidades de escarabeíneos. A disponibilidade de recursos alimentares, como frutos em decomposição presentes em áreas de borda, contribui para moldar os padrões de estabelecimento dos besouros escarabeíneos locais.

5 CONCLUSÃO

Este estudo ressalta como a influência das frutíferas presentes em áreas de borda pode influenciar a distribuição e composição das comunidades de besouros da subfamília Scarabaeinae, enfatizando especialmente como a abundância de recurso alimentar contribui com a distribuição de escarabeíneos. Destacamos um aumento significativo na abundância desses besouros, particularmente em áreas de borda onde há a presença de frutíferas nativas do Cerrado, resultando em uma maior disponibilidade de recursos alimentares. A influência direta da disponibilidade de frutos na composição da comunidade de escarabeíneos ressalta a importância desses recursos para a manutenção da biodiversidade.

Além disso, os resultados deste estudo abrem perspectivas valiosas para investigações futuras, especialmente no que diz respeito à interação entre besouros escarabeíneos e a dispersão primária. As oportunidades para a conservação de espécies especializadas em recursos no bioma do Cerrado são evidenciadas, oferecendo insights cruciais para estratégias eficazes de preservação e manejo. O entendimento aprofundado dessas interações pode fornecer bases sólidas para medidas de conservação direcionadas, contribuindo assim para a sustentabilidade e preservação da rica biodiversidade do Cerrado.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S.; LOUZADA, J. Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias do Cerrado e sua importância para a conservação. **Neotropical Entomology**, Londrina, V. 38, n. 1, p. 32-43, 2009.
- ANDRESEN, E. Dung Beetles in a Central Amazonian rainforest and their ecological role as secondary seed dispersers. **Ecological Entomology**, Sheffield, v. 27, p. 257-270. 2002.
- ANDRESEN, E.; FEER, F. The Role of dung beetles as secondary seed dispersers and their effect on plant regeneration in tropical rainforest. In: FORGET, P.M., J.E. LAMBERT, P.E. HULME & S.B. VANDER WALL (Ed.). Seed fate: **Predation, dispersal and seedling establishment**, Oxon: CABI International, p. 331-349. 2005.
- BARNES, A. D. et al. Matrix habitat restoration alters dung beetles species responses across tropical forest edges. **Biological Conservation**, Essex, n. 170, p. 28-37. 2014.
- BARRIOS, H. Insect herbivores feeding on conspecific seedling and trees. In: BASSET, Y. et al. (Ed.). **Arthropods of Tropical Forest: Spatio-Temporal Dynamics and Resource Use in the Canopy**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 282-290, 2003.
- BARROSO, F.; LÁZARO, R. Los pastos y la ganadería extensiva en Almería: una perspectiva general. In: Actas de la XXXIX **Reunión Científica de la Sociedad Española para el estudio de los pastos**, 7–11 June 1999, pp. 17–31. Almería, Spain. 1999.
- BASSET, Y. Host specificity of arboreal and free-living insect herbivores in rain forests. **Biological Journal of the Linnean Society**, 47, 115 – 133. 1992.
- BATÁRY, P.; BÁLDI, A.; EKROOS, R.; GALLÉ, R.; GRASS, I.; TSCHARNTKE, T. Landscape perspectives on farmland biodiversity conservation. *Biologia Futura*, 71, pp. 9-18. 2020.
- BOMMARCO, R., BIESMEIJER, J.C., MEYER, B. et al. Dispersal capacity and diet breadth modify the response of wild bees to habitat loss. **Proc R Soc B Biol Sci**, 277: 2075–2082. 2010.
- CARDOSO DA SILVA, J. M.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: A tropical savanna hotspot. **BioScience**, 52, pp. 225–233. 2002.
- CHABOTEAUX, E.; TORO, A. L.; FORSYTH, A. First record of the largest copro-necrophagous beetle in South America *Coprophanes lancifer* feeding on fruits. **Acta Amazonica**, v. 53, p. 154-157. 2023.
- DAVIS, A. L. V. Community organization of dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae): differences in body size and functional group structure between habitats. **African Journal of Ecology**, v. 34, p. 258-275. 1996.
- DAVIS, A.J. (1993). The ecology and behaviour of rainforest dung beetles in Northern Borneo. **Ph. D. Thesis. University of Leeds**. 147 pp, 1993.
- DAVIS, A.J. & S.L. SUTTON. (1997). A dung beetle that feeds on fig: implications for the measurement of species rarity. **Journal of Tropical Ecology**, 13, 759-766, 1997.
- DIDHAM, R.K., BASSET, Y., COLLINS, C.M. et al. Interpreting insect declines: Seven challenges and a way forward. **Insect Conserv Divers**, 13: 103–114. 2020.

- EDMONDS, W. D.; ZÍDEK, J. A taxonomic review of the Neotropical genus *Coprophaneus* olsouffeii, 1924 (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Insecta Mundi*, v. 129, p. 1-111. 2010.
- GARDNER, S. M.; CABIDO, M. R.; VALLADARES, G. R.; DÍAZ, S. The influence of habitat structure on arthropod diversity in Argentine semi-arid Chaco forest. **Journal of Vegetation Science**, 6, pp. 349–356. 1995.
- GIMENES, M. R.; DOS ANJOS, L. Efeitos da fragmentação florestal sobre as comunidades de aves. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 25, p. 391-402, 2003.
- GODFRAY, H.C.J. & LAWTON, J.H. Scale and species numbers. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 16, p. 400-404, 2001.
- HALFFTER, G.; EDMONDS, W.D. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): An **Ecological and Evolutive**. 1982.
- HALFFTER, G. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Folia Entomologica Mexicana**, v. 82, p. 195–238, 1991.
- HALFFTER, G.; MATTHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). **Folia Entomológica Mexicana**, 14(12), pp. 1-312. 1966.
- HALLMANN, C.A., JONGEJANS, M., SIEPEL, E. et al. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. **PlosOne**, 12. 2017.
- HANSKI, I; KUUSELA, S. Dung beetle communities in the Aland archipelago. **Acta Entomologica**, [S.1]. v. 42, p. 36-42. 1983.
- HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y. Competition in dung beetles. In *Dung beetle ecology* (I. Hanski & Y. Cambefort, eds.). **Princeton University Press**, Princeton, 1991.
- HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, v. 7, n.12, p. 1451-1456, 2016.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados – Perdigão. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/perdigao/panorama>.
- KASPARI, M.; O'DONNELL, S.; KERCHER, J. R. Energy, density, and constraints to species richness: ant assemblages along a productivity gradient. **The American Naturalist**, v. 155, n. 2, p. 280-293, 2000.
- KIEHL, K.; EISCHEID, I.; GETTNER, S.; WALTER, J. Impact of different sheep grazing intensities on salt marsh vegetation in northern Germany. **Journal of Vegetation Science**, 7, pp. 99–106. 1996.
- KLEIN, B. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. **Ecology**, Cambridge, n. 70, p. 1715-1725. 1989.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A. Conservação do Cerrado Brasileiro. **Megadiversidade**, 1(1), pp. 147–155. 2005.

- LAMBIN, E. F. et al. Estimating the world's potentially available cropland using a bottom-up approach. **Global Environmental Change**, 23, pp. 892–901. 2013.
- LARSEN, K. et al. Habitat use patterns by ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of northeastern Iowa. **Pedobiología**, [S.1.], n. 47, p. 288-299, 2003.
- LAURANCE, W. F. Have we overtated the tropical biodiversity crisis? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 22, n. 2, p. 65-70, 2006.
- LAURANCE, W.F.; NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, S.G.; ANDRADE, A.C.; FEARNside, P.M; RIBEIRO, J.E.L; CAPRETZ, R.L. Rain forest fragmentation and the proliferation of successional trees. **Ecology**, v. 87, p. 469-482. 2006.
- LAURANCE, W. F. et al. Habitat fragmentation, variable edge effects and the landscape-divergence hypothesis. **PlosOne**, Cambridge, v. 2, n. 10, pp. 1-8. 2007.
- LOUZADA, J. N. C.; LOPES, F. S. A comunidade de Scarabaeidae copro-necrófagos (Coleoptera) de um fragmento de Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Entomologia**, 41, pp. 117-121. 1997.
- MALDANER, M. E.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; TAKIYA, D. M.; FERREIRA, D. C. Molecular Phylogeny of Coprophaneus (Megaphaneus) d'Olsoufieff, 1924 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) and the position of C. bellicosus. **Insect Systematics & Evolution**, v. 51, p. 241-255. 2018.
- MARGARIS, N. S.; KOUTSIDOU, E.; GIOURGA, C. Changes in traditional Mediterranean land use systems. In: BRANDT, C. J.; THORNES, J. B. (Eds.). **Mediterranean Desertification and Land Use**, pp. 29–42. John Wiley and Sons, New York. 1996.
- MAPBIOMAS. Statistics. **MAPBIOMAS**. 2021. Disponível em: https://mapbiomas.org/en/download_estatísticas?cama_ser_language=en.
- MARTELLO, F., ANDRIOLLI, F., DE SOUZA, T.B. et al. Edge and land use effects on dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in Brazilian cerrado vegetation. **J Insect Conserv**, 0:0. 2016.
- MEDINA, C.; ESCOBAR, F.; KATTAN, H. Diversity and habitat use of dung beetles in a restored Andean landscape. **Biotropica**, v. 34, pp. 181-187. 2002.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 10, p. 58-62, 1995.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403, pp. 853–858. 2000.
- NICHOLS, E. et al. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta-analysis. **Biological Conservation**, Essex, v. 137, n. 1, p. 1-19. 2007.
- NICHOLS, E. et al. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetle. **Biological Conservation**, jun. 2008.
- NOBIS, M; HUNZIKER, U. Automatic thresholding for hemispherical canopy photographs based on edge detection. **Agricultural and Forest Meteorology**, 128, 243-250. 2005.

- ODEGAARD, F. Taxonomic composition and host specificity of phytophagous beetles in a dry forest in Panama. **Arthropods of Tropical Forest: Spatio-Temporal Dynamics and Resource Use in the Canopy** (ed. by Y. Basset, V. Novotny, S. Miller and R. Kitching), pp. 220 – 236. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 2003.
- OLIFIERS, N.; CERQUEIRA, R. Fragmentação de habitat: Efeitos Históricos e Ecológicos. In: ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. A. S. (Eds.). **Biologia da Conservação: Essências**. São Paulo: Rima Editora, 2006. P. 261-270.
- PIRES, M. A. S.; FERNANDEZ, F. A. S.; BARROS, C. S. Vivendo em um mundo em pedaços: efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações de animais. In ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. V.; ALVES, M. A. S. (Eds.) **Biologia da Conservação: Essências**. São Paulo: Rima Editora, 2006. P. 231-260.
- PRICE, P.W. **Insect Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1997.
- RADA, N. Assessing Brazil's Cerrado agricultural miracle. **Food Policy**, 38, pp. 146–155. 2013.
- RICKLEFS, R.E.; SCHLUTER, D. Species diversity: regional and historical influences. In: RICKLEFS, R.E.; SCHLUTER, D. (Ed.). **Species Diversity in Ecological Communities**. Chicago: University of Chicago Press, 1993. p. 350-363.
- RIESKE, L.; BUSS, J. Influence of site on diversity and abundance of ground and litter dwelling in Appalachian Oak-Hicory forest. **Environmental Entomology**, [S.1.], n. 30, p. 484-494. Jun. 2002.
- SARGES, R.; HALFFTER, G.; ROJAS, A. D. The “Importance of Frugivory to the Survival of the Dung Beetle *Onthophagus rhinophus* Harold (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) Under Changing Ecological Conditions”. **The Coleopterists Bulletin**, v. 66, n. 2, p. 166-168. 2012.
- SAWYER, D. et al. Ecosystem Profile: Cerrado Biodiversity Hotspot. **Critical Ecosystem**. 2017.
- SISK, T. D.; HADDAD, N. M. Incorporating the effects of habitat edges into landscape models: effective area models for crossboundary management. In: JINGO, L.; TAYLOR, W. W. **Integrating landscape ecology into natural resource management** [s. l.: s. n.], 2002. p. 208-240.
- SLADE, E. 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**, Oxford, v. 76, n. 6, p. 1.094-1. 104. 2007.
- SOWIG, P. Habitat selection and offspring survival rate in three paracoprid dung beetles: The influence of soil type and soil moisture. **Ecography**, v. 18, pp. 147-154. 1995.
- STILING, P; MOON, D.C. Quality or quantity: the direct and indirect effects of host plants on herbivores and their natural enemies. **Oecologia**, 142, 413 – 420, 2005.
- STORCH, D.; GASTON, K.J. Untangling ecological complexity on different scales of space and time. **Basic and Applied Ecology**, v. 5, p. 389-400, 2004.

TABARELLI, M.; AGUIAR, A.V.; GIRÃO, L.C.; PERES., C.A.; LOPES, A. V. Effects of pioneer tree species hyper abundance on forest fragments in northeastern Brazil. **Conservation Biology**, v. 24, p. 1654-1663, 2010.

VAZ-DE-MELLO, F. Z.; EDMONDS, W. D.; OCAMPO, F. C., SCHOOLMEESTERS, P. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). **Zootaxa**, v. 2854, p. 1-73, 2011.

VERDÚ, J. R.; GALANTE, E. Behavioural and morphological adaptations for a low quality resource in semi arid environments: dung beetles (Coleoptera, Scarabaeoidea) associated with the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L.). *Journal of Natural History*, v. 38, p. 705–715. 2004.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Novo York: Springer-Verlag, 2016.

ANEXOS

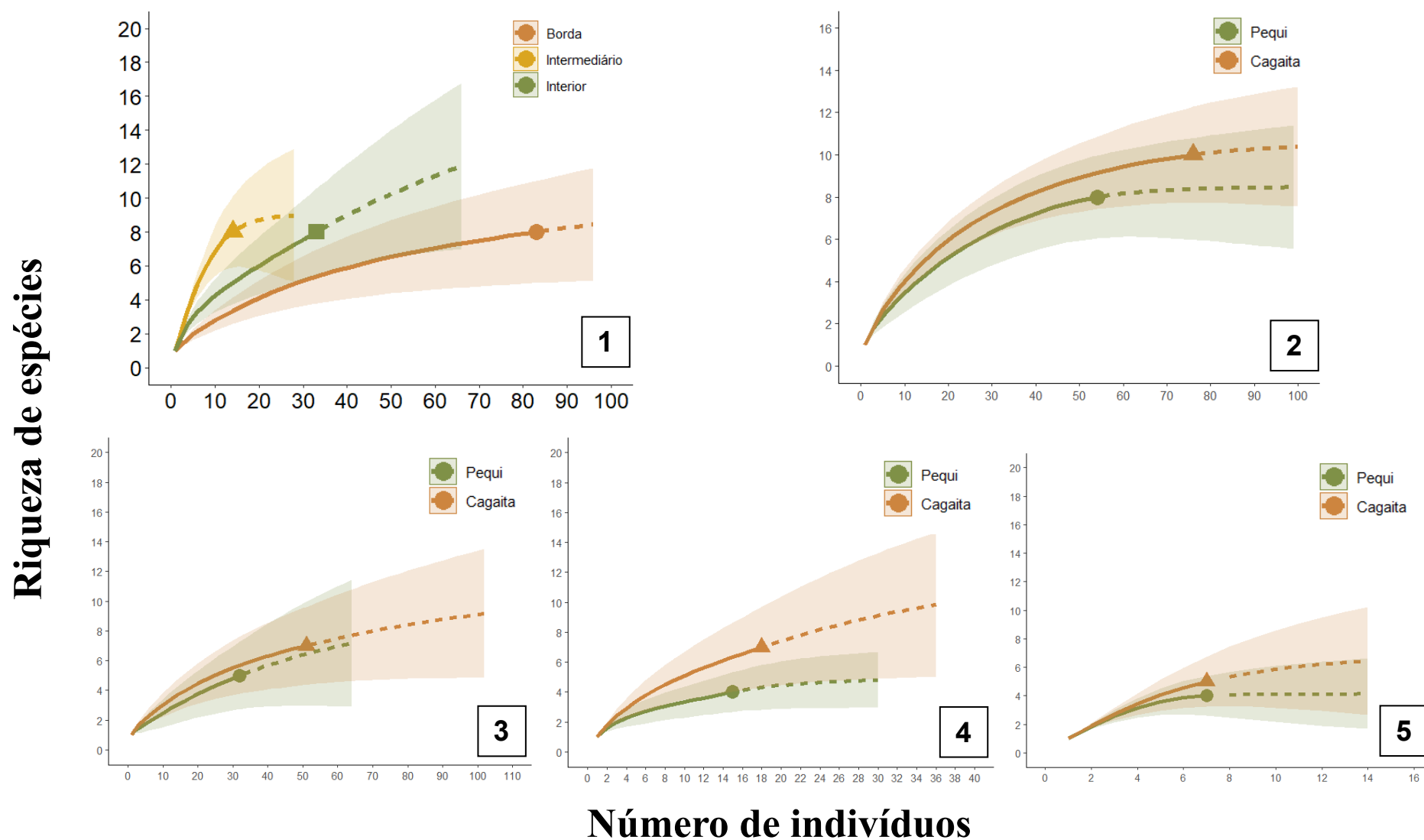
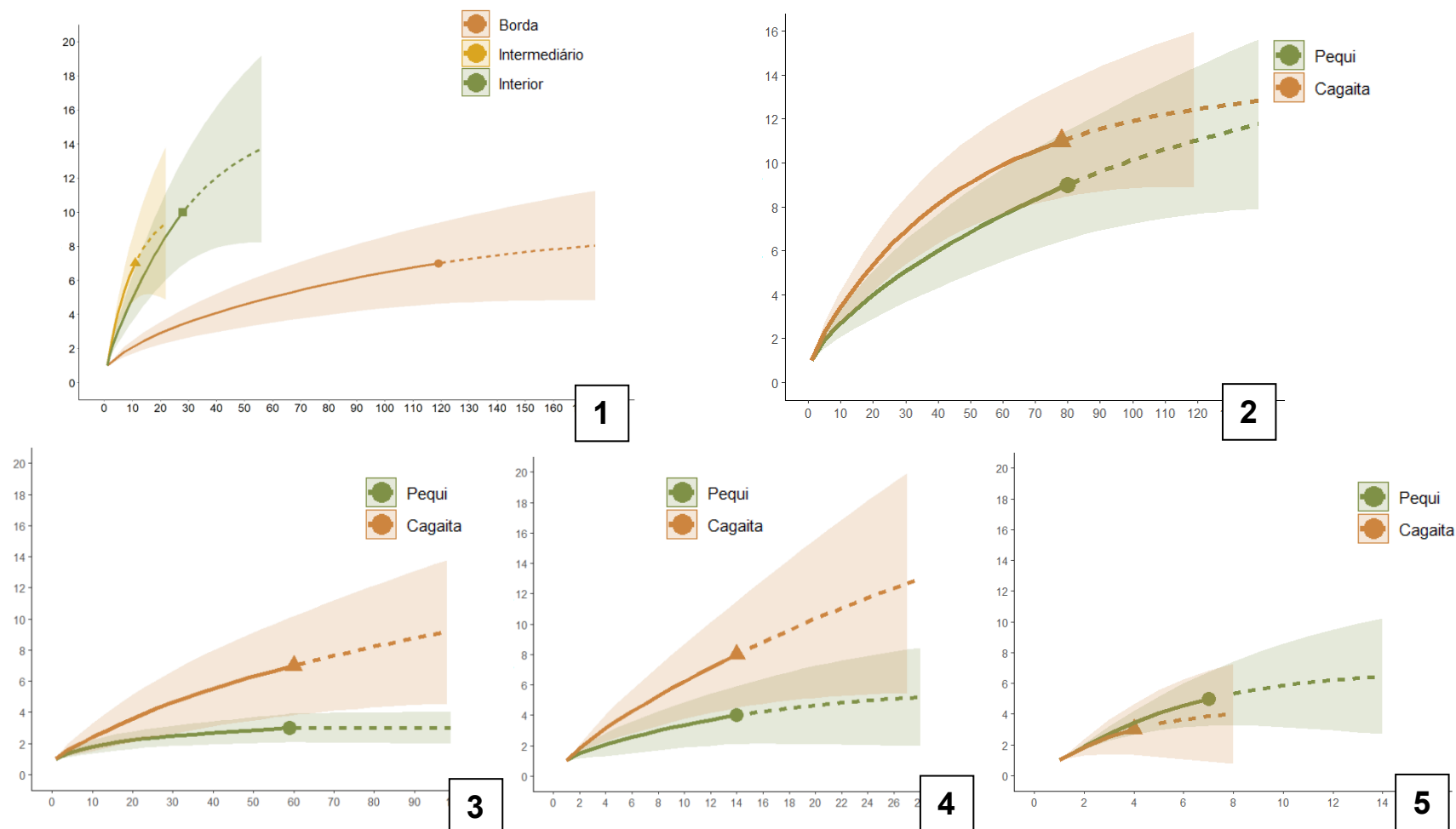


Figura A1 - Curva de rarefação e extrapolação de espécies FRAGMENTO 1. (1) Curva para o ponto de vista dos habitats, (2) Curva para o ponto de vista da carpofagia, (3) Curva para o ponto de vista da carpofagia no habitat de borda, (4) curva para o ponto de vista da carpofagia no habitat intermediário e (5) curva para o ponto de vista da carpofagia no habitat interior. Fonte: da autora.

Riqueza de espécies



Número de indivíduos

Figura A2 - Curva de rarefação e extrapolação de espécies FRAGMENTO 2. (1) Curva para o ponto de vista dos habitats, (2) Curva para o ponto de vista da carpofagia, (3) Curva para o ponto de vista da carpofagia no habitat de borda, (4) curva para o ponto de vista da carpofagia no habitat intermediário e (5) curva para o ponto de vista da carpofagia no habitat interior. Fonte: da autora.

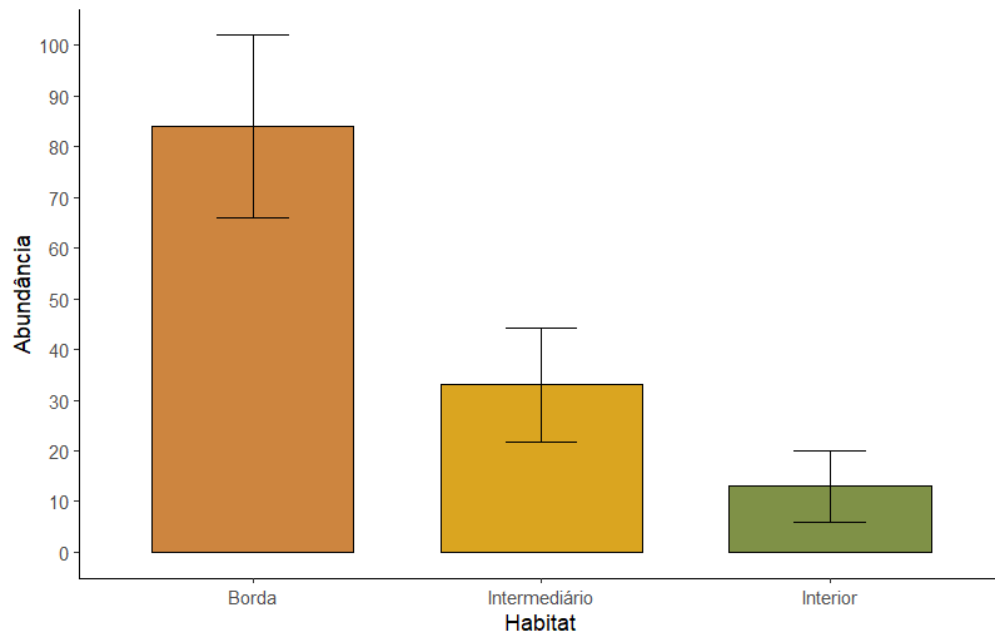


Figura A3 - Abundância de besouros da subfamília Scarabaeinae distribuídos em três habitats diferentes no Fragmento 1.

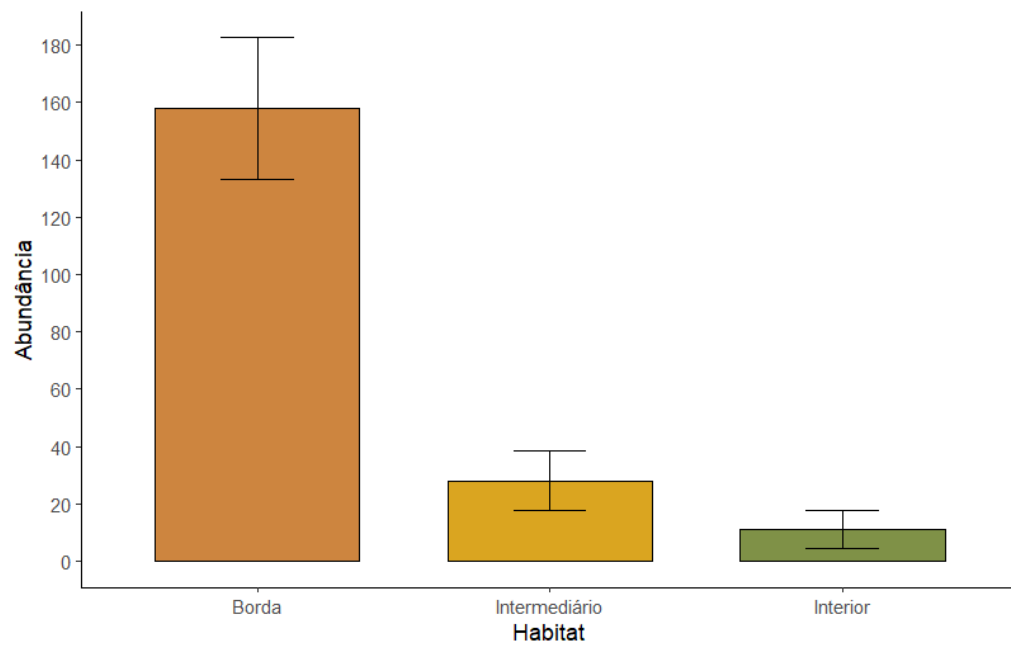


Figura A4 - Abundância de besouros da subfamília Scarabaeinae distribuídos em três habitats diferentes no Fragmento 2.

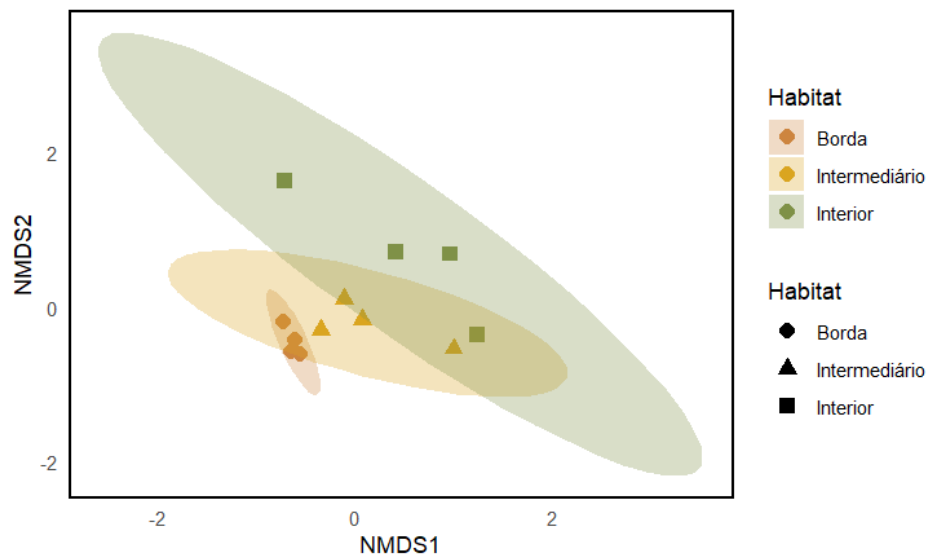


Figura A5 - Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) da composição da comunidade de escarabeíneos carpófagos em três habitats diferentes no fragmento 1.

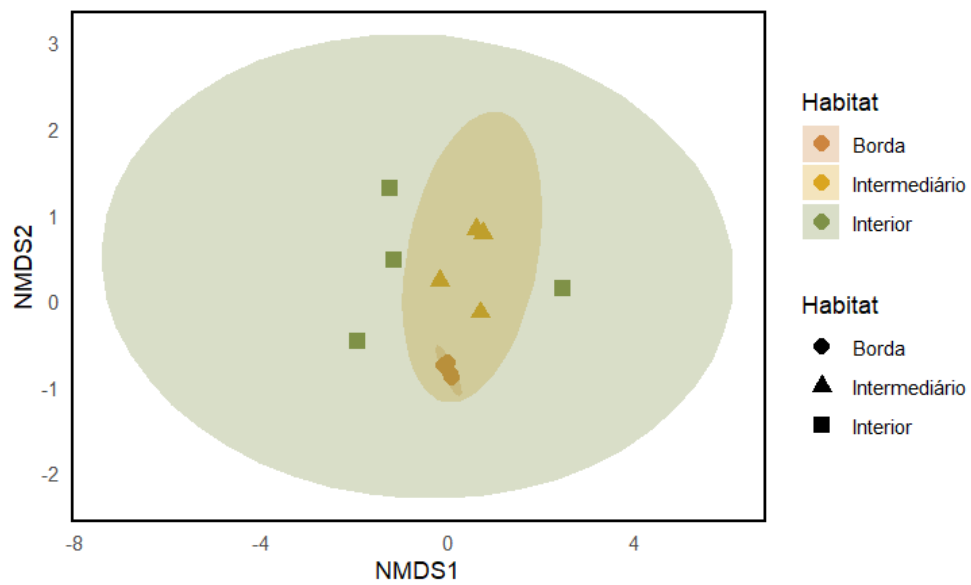


Figura A6 - Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) da composição da comunidade de escarabeíneos carpófagos em três habitats diferentes no fragmento 2.



Figura A7 - Frutíferas em área de borda. (1) Frutos dispostos ao chão. (2) Atividades escavatória próximo as frutíferas em área de borda. (3) Frutífera em período de frutificação. (4) Área de borda. Fonte: da autora.

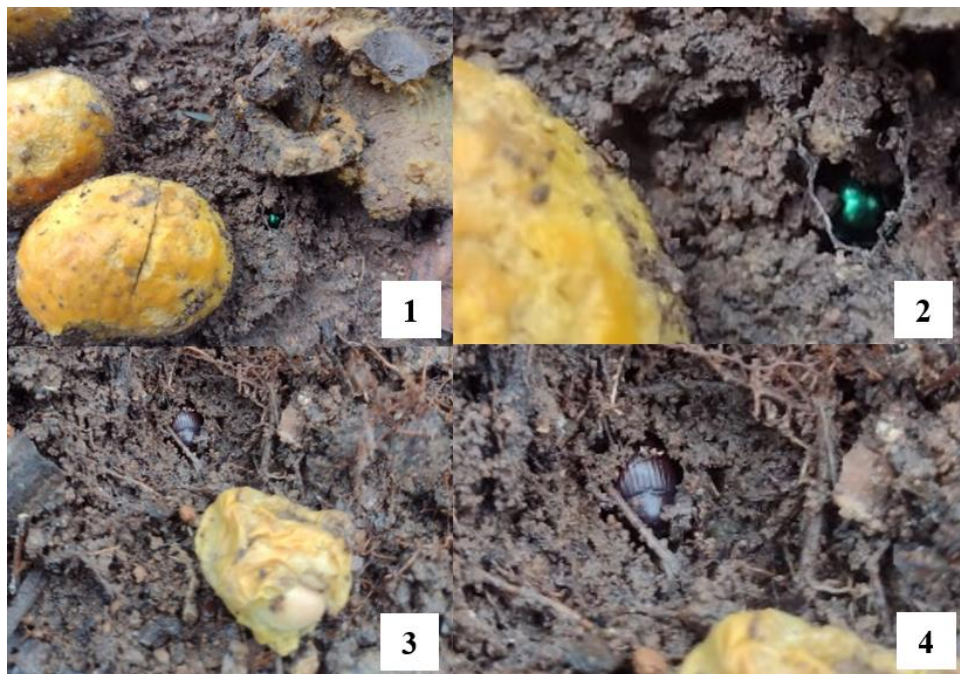


Figura A8 - Escarabeíneos e os frutos da área de borda. (1 – 2) Escarabeíneo abaixo de fruto da espécie *Caryocar brasiliense*. (3 – 4) Escarabeíneo logo abaixo de fruto da espécie *Eugenia dysenterica*. Fonte: da autora.



Figura A9 - Sementes de *Caryocar brasiliense* com polpa consumida no interior do fragmento florestal. Fonte: da autora.



Figura A10 - Fauna de vertebrados consumindo frutos como *Caryocar brasiliense* no interior do fragmento (Fotos obtidas por meio de armadilhas fotográficas). Fonte: da autora.