



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI – UNIVATES

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO –
PPGAD

**PAISAGENS FRAGMENTADAS E BIODIVERSIDADE DE BESOUROS
ESCARABEÍNEOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) NA
AMAZÔNIA LEGAL MARANHENSE**

Karoline Lopes Nicasio

Lajeado/RS, novembro de 2023

Karoline Lopes Nicasio

**PAISAGENS FRAGMENTADAS E BIODIVERSIDADE DE BESOUROS
ESCARABEÍNEOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) NA
AMAZÔNIA LEGAL MARANHENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do título de Mestra em Ambiente e Desenvolvimento, na linha de pesquisa Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Périco.

Lajeado/RS, novembro de 2023

Karoline Lopes Nicasio

**PAISAGENS FRAGMENTADAS E BIODIVERSIDADE DE BESOUROS
ESCARABEÍNEOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) NA
AMAZÔNIA LEGAL MARANHENSE**

A Banca examinadora abaixo aprova a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Desenvolvimento, na área de concentração Espaço, Ambiente e Sociedade:

Prof. Dr. Eduardo Périco – Orientador
Universidade do Vale Do Taquari –
Univates.

Prof. Dr. Reinaldo Lucas Cajaiba –
Instituto Federal do Maranhão – IFMA.

Prof. Dr. Mateus Marques Pires –
Universidade do Vale Do Taquari –
Univates.

Lajeado/RS, novembro de 2023

À minha mãe, Silvana Soares Lopes.
Seu amor me tornou forte.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e imensamente a minha família (Silvana, Karina e Rafael), por todo o apoio e amor que recebi e sei que receberei sempre. Amo vocês.

À Universidade do Valo do Taquari - UNIVATES, pela oportunidade de formação acadêmica e pessoal. Por me permitir conhecer pessoas tão especiais, obrigada!

Aos meus professores e mestres da vida, em especial a Reinaldo Cajaíba e Jesuíno Martins, pessoas que me incentivaram ao longo dos anos, aconselhando, apoiando e ensinando. Obrigada pela excelente orientação.

Ao meu orientador Dr. Eduardo Périco, por toda atenção e carinho com minha pesquisa. Por ter acreditado desde o início no meu potencial, obrigada, professor.

Aos meus amigos de pesquisa e da vida, Kaires Mayane e Francisco Maciel, vocês são os melhores.

Aos professores participantes da banca examinadora, pelo tempo e valiosas colaborações e sugestões.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa que fomentou e serviu de apoio para a carreira que busco seguir.

RESUMO

A conservação da biodiversidade representa um dos maiores desafios atuais, em função do elevado nível de perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais, e uma das principais consequências dessas perturbações é a fragmentação dos ecossistemas. A conversão de paisagens naturais em áreas de uso antrópico origina mudanças na sua estrutura e funcionamento, provisão de bens econômicos, serviços ecossistêmicos e consequências ambientais globais ainda pouco conhecidas. Estudos têm demonstrado que a composição e a estrutura das comunidades de animais são afetadas em áreas fragmentadas pela ação humana. Os besouros da subfamília Scarabaeinae, compartilham várias características que os tornam apropriados para estudos ecológicos, porque geralmente ocorrem em altas densidades, são funcionalmente diversos nas cadeias alimentares, são sensíveis às alterações das paisagens, e fornecem medições baratas e de fácil obtenção. O conhecimento da composição de espécies que ocorrem em ambientes fragmentados auxilia no entendimento da relação ecológica de cada espécie com o meio, avaliando a tolerância/intolerância destes às mudanças da vegetação. Assim, os besouros escarabeíneos, devido seu papel nas cadeias tróficas, e conseqüentemente no fluxo de energia dos ecossistemas, são organismos chave para entender os efeitos das paisagens fragmentadas sobre a dinâmica dos ecossistemas florestais. Com isso, o presente estudo apresenta os seguintes objetivos: i) inventariar a comunidade de Scarabaeineos coletados em fragmentos florestais amazônicos; ii) verificar o efeito de borda sobre a abundância, a riqueza e composição de espécies de Scarabaeinae; iii) avaliar a influência das diferentes matrizes adjacentes sobre a abundância, riqueza e composição de Scarabaeinae em paisagens fragmentadas; iv) verificar a resposta das variáveis ambientais consideradas de potencial influência sobre a comunidade de Scarabaeinae em fragmentos florestais. Foram realizadas coletas em 12 fragmentos florestais localizados na Amazônia Legal Maranhense, esses fragmentos fazem limite principalmente com matrizes de pecuária e formações florestais, incluindo silviculturas de eucalipto. A técnica utilizada para coleta foi o uso de armadilhas do tipo pitfalls, iscadas com fezes humanas. Variáveis ambientais consideradas de potencial influência foram medidas em cada habitat. Foram utilizados modelos lineares generalizados para testar variações de abundância, riqueza e composição de Scarabaeinae. A riqueza estimada de espécies foi calculada para todos os fragmentos em conjunto, com base no estimador Chao 1. Para avaliação do efeito das variáveis ambientais medidas sobre a riqueza, abundância e composição foram utilizados modelos lineares generalizados mistos. Para a composição, uma análise de redundância baseada em distância. Ao todo, foram coletados 4.464 indivíduos, distribuídos em 8 gêneros e 32 espécies. O gênero com maior ocorrência foi *Canthon* com 9 espécies. A espécie mais capturada foi *Canthidium* sp3 com 1.471 indivíduos. Não foram detectados efeitos da distância da borda sobre a riqueza observada e a abundância de Scarabaeinae. Houve diferenças significativas na composição taxonômica da comunidade entre os fragmentos. Foram detectados efeitos significativos das variáveis ambientais sobre a riqueza, abundância e composição dos escarabeíneos. Conclui-se que os fragmentos florestais utilizados nessa pesquisa estão sofrendo com forte degradação promovida pelas atividades antrópicas, principalmente pelo uso extremo no solo para cultivo de grandes áreas de pastagem.

Palavras-chave: ecologia de paisagem; florestas tropicais; indicadores ecológicos; impactos ambientais.

ABSTRACT

The conservation of biodiversity represents one of the greatest current challenges, due to the high level of anthropogenic disturbances to natural ecosystems, and one of the main consequences of these disturbances is the fragmentation of ecosystems. The conversion of natural landscapes into areas of anthropogenic use causes changes in their structure and functioning, provision of economic goods, ecosystem services and global environmental consequences that are still little known. Studies have shown that the composition and structure of animal communities are affected in areas fragmented by human action. Beetles of the subfamily Scarabaeinae share several characteristics that make them suitable for ecological studies, because they generally occur in high densities, are functionally diverse in food chains, are sensitive to changes in landscapes, and provide cheap and easily obtained measurements. Knowledge of the composition of species that occur in fragmented environments helps to understand the ecological relationship of each species with the environment, evaluating their tolerance/intolerance to changes in vegetation. Thus, dung beetles, due to their role in trophic chains, and consequently in the energy flow of ecosystems, are key organisms for understanding the effects of fragmented landscapes on the dynamics of forest ecosystems. Therefore, the present study has the following objectives: i) inventory the community of Scarabaeines collected in Amazonian forest fragments; ii) verify the edge effect on the abundance, richness and composition of Scarabaeinae species; iii) evaluate the influence of different adjacent matrices on the abundance, richness and composition of Scarabaeinae in fragmented landscapes; iv) verify the response of environmental variables considered to have potential influence on the Scarabaeinae community in forest fragments. Collections were carried out in 12 forest fragments located in the Legal Amazon of Maranhão, these fragments border mainly with livestock matrices and forest formations, including eucalyptus forestry. The technique used for collection was the use of pitfall traps, baited with human feces. Environmental variables considered of potential influence were measured in each habitat. Generalized linear models were used to test variations in abundance, richness and composition of Scarabaeinae. Estimated species richness was calculated for all fragments together, based on the Chao 1 estimator. To evaluate the effect of measured environmental variables on richness, abundance and composition, generalized linear mixed models were used. For composition, a distance-based redundancy analysis. In total, 4,464 individuals were collected, distributed across 8 genera and 32 species. The genus with the highest occurrence was *Canthon* with 9 species. The most captured species was *Canthidium* sp3 with 1,471 individuals. No effects of distance from the edge were detected on the observed richness and abundance of Scarabaeinae. There were significant differences in the taxonomic composition of the community between fragments. Significant effects of environmental variables on the richness, abundance and composition of dung beetles were detected. It is concluded that the forest fragments used in this research are suffering from strong degradation caused by human activities, mainly due to the extreme use of the soil to cultivate large areas of pasture.

Keywords: landscape ecology; tropical forests; ecological indicators; environmental impacts.

RESUMEN

La conservación de la biodiversidad representa uno de los mayores desafíos actuales, debido al alto nivel de perturbaciones antropogénicas a los ecosistemas naturales, y una de las principales consecuencias de estas perturbaciones es la fragmentación de los ecosistemas. La conversión de paisajes naturales en áreas de uso antropogénico provoca cambios en su estructura y funcionamiento, provisión de bienes económicos, servicios ecosistémicos y consecuencias ambientales globales que aún son poco conocidas. Los estudios han demostrado que la composición y estructura de las comunidades animales se ven afectadas en áreas fragmentadas por la acción humana. Los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae comparten varias características que los hacen adecuados para estudios ecológicos, porque generalmente se encuentran en altas densidades, son funcionalmente diversos en las cadenas alimentarias, son sensibles a los cambios en el paisaje y proporcionan mediciones económicas y fáciles de obtener. El conocimiento de la composición de especies que se dan en ambientes fragmentados ayuda a comprender la relación ecológica de cada especie con el medio, evaluando su tolerancia/intolerancia a los cambios en la vegetación. Así, los escarabajos peloteros, por su papel en las cadenas tróficas, y en consecuencia en el flujo energético de los ecosistemas, son organismos clave para comprender los efectos de los paisajes fragmentados en la dinámica de los ecosistemas forestales. Por lo tanto, el presente estudio tiene los siguientes objetivos: i) inventariar la comunidad de Scarabaeines colectados en fragmentos de bosque amazónico; ii) verificar el efecto de borde sobre la abundancia, riqueza y composición de especies de Scarabaeinae; iii) evaluar la influencia de diferentes matrices adyacentes sobre la abundancia, riqueza y composición de Scarabaeinae en paisajes fragmentados; iv) verificar la respuesta de variables ambientales consideradas con potencial influencia sobre la comunidad Scarabaeinae en fragmentos de bosque. Las colectas se realizaron en 12 fragmentos de bosque ubicados en la Amazonía Legal de Maranhão, estos fragmentos limitan principalmente con matrices ganaderas y formaciones forestales, incluida la forestación de eucaliptos. La técnica utilizada para la recolección fue el uso de trampas de caída, cebadas con heces humanas. En cada hábitat se midieron variables ambientales consideradas de potencial influencia. Se utilizaron modelos lineales generalizados para probar variaciones en abundancia, riqueza y composición de Scarabaeinae. La riqueza de especies estimada se calculó para todos los fragmentos juntos, con base en el estimador Chao 1. Para evaluar el efecto de las variables ambientales medidas sobre la riqueza, abundancia y composición, se utilizaron modelos lineales mixtos generalizados. Para la composición, un análisis de redundancia basado en la distancia. En total se recolectaron 4.464 individuos, distribuidos en 8 géneros y 32 especies. El género con mayor ocurrencia fue *Canthon* con 9 especies. La especie más capturada fue *Canthidium* sp3 con 1,471 individuos. No se detectaron efectos de la distancia desde el borde sobre la riqueza y abundancia observada de Scarabaeinae. Hubo diferencias significativas en la composición taxonómica de la comunidad entre fragmentos. Se detectaron efectos significativos de variables ambientales sobre la riqueza, abundancia y composición de los escarabajos peloteros. Se concluye que los fragmentos de bosque utilizados en esta investigación están sufriendo una fuerte degradación provocada por las actividades humanas, principalmente por el uso extremo del suelo para cultivar grandes áreas de pasto.

Palabras clave: ecología del paisaje; Bosques tropicales; indicadores ecológicos; impactos ambientales.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo da fragmentação florestal na Amazônia Legal Maranhense (Coordenadas: 4°18'36"S 46°23'15"W).	17
Figura 2 - Localização do estado do Maranhão no Brasil; Localização geográfica da região dos três municípios no estado do Maranhão; Localização dos doze fragmentos amostrados.....	23
Figura 3 - (A) Municípios de Buriticupu, Bom Jardim e Bom Jesus das Selvas no mapa do Brasil; (B) Limite entre os três municípios e os pontos amostrais de cada um; Interior de um fragmento florestal da Amazônia Legal Maranhense.	25
Figura 4 - Desenho amostral do esquema de distribuição das armadilhas dentro de cada fragmento e transecto.....	27
Figura 5 - Layout da pitfall instalada em um fragmento florestal.	29
Figura 6 - Curvas de rarefação (linhas contínuas) e extrapolação (linhas tracejadas) para os números de Hill $q = 0$, representando o número das morfoespécies de escarabeíneos coletados nos Fragmentos Florestais dos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil. As áreas sombreadas representam 95% de intervalo de confiança.	35
Figura 7 - Curvas de rarefação (linhas contínuas) e extrapolação (linhas tracejadas) para os números de Hill $q = 0$, representando o número das espécies de escarabeíneos coletados nos fragmentos florestais dos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil. As áreas sombreadas representam 95% de intervalo de confiança.	36
Figura 8 - Associação da riqueza observada de scarabeíneos e o tamanho (km ²) dos fragmentos florestais.	37
Figura 9 - Associação entre a riqueza observada de scarabeíneos e a distância (km) entre fragmentos florestais estudados.	37

Figura 10 - Valores observados para (a) riqueza observada de morfoespécies (\pm SE), (b) abundância (\pm SE), da comunidade de Scarabaeinae nas diferentes distâncias das bordas amostradas.....	38
Figura 11 - Análise de redundância baseada em distância (db-RDA) embasada na composição das assembleias de Scarabaeinae coletados nos fragmentos florestais dos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil. Distância da borda (m). 1 = 0m; 2 = 100m; 3 = 200m; 4 = 300m; 5 = 400m; 6 = 500m.	39
Figura 12 - Análise de regressão para a riqueza e abundancia observada de scarabeineos em relação as variáveis ambientais: A) CAP médio, B) área arada para agricultura, C) % de serrapilheira no solo, D) presença de fezes, E) área de pastagem no entorno.	42
Figura 13 - Análise de redundância baseada em distância (db-RDA) embasada na composição das assembleias de Scarabaeinae coletados nos fragmentos florestais dos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil. (A) Associação dos fragmentos florestais com as variáveis ambientais analisadas. (B) Variáveis ambientais mais influentes sobre cada fragmento florestal, sendo: principal matriz, presença de currais, identidade do fragmento, presença de fezes, altura e % de serrapilheira, área arada recentemente, presença de predadores, % de floresta, DU: distância para áreas urbanas.	43
Figura 14 - Procedimento de partição de variância, Círculo rosa: ID do fragmento, Círculo azul: variáveis, internas, Círculo amarelo: entorno (matriz), demonstrando a contribuição de cada preditor para a composição da comunidade de Scarabaeinae.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações de coordenadas, área e composição das matrizes e interior dos fragmentos amostrados. Obs. Outros usos: presença de rios ou lagos, presença de lavouras e plantio de soja.....	24
Tabela 2 – Número de fragmentos estudados, número de armadilhas por área amostrada, repetições amostrais e número total de armadilhas por habitats.	28
Tabela 3. Abundância total e riqueza observada de espécies de Scarabaeinae coletados nos doze fragmentos florestais (F), localizados nos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil.....	34
Tabela 4 - Resultados da db-RDA para Riqueza, Abundância e Composição de Scarabaeinae em relação as distâncias das bordas.	38
Tabela 5 - db-RDA com a diferença na composição da comunidade de escarabeíneos.	40
Tabela 6 - Variáveis preditoras para os padrões de riqueza de morfoespécies de Scarabaeinae coletados nos fragmentos florestais dos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil.	41
Tabela 7 - Variáveis preditoras explicando os padrões de abundância de morfoespécies de Scarabaeinae coletados em áreas de fragmentos florestais dos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil.	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Paisagens Fragmentadas	16
2.2 Besouros Scarabaeinae como bioindicadores de qualidade ambiental ...	19
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
3.1 Coleta dos dados	23
3.1.1 Caracterização da área de estudo	23
3.3 Coleta de Scarabaeinae	28
3.6 Análise dos dados	31
3.6.1 Análise de autocorrelação espacial	31
3.6.2 Área e isolamento dos fragmentos	31
3.6.3 Riqueza estimada	31
3.6.4 Efeito de borda sobre a abundância, a riqueza e composição de Scarabaeinae	31
3.6.5 Influência das diferentes matrizes adjacentes sobre a abundância, riqueza e composição de Scarabaeinae	32
4 RESULTADOS	34
4.1 Estimativa de riqueza	34
4.2 Área e isolamento dos fragmentos	36
4.3 Efeito de borda sobre a abundância, a riqueza e composição de Scarabaeinae	38
4.4 Efeito das variáveis ambientais sobre a riqueza, abundância e composição	40
5 DISCUSSÃO	46
CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Capes (2011), a Área de Ciências Ambientais tem como data simbólica de sua criação em 2011 o Dia do Meio Ambiente, 5 de junho, a partir de proposta discutida e formulada por grupo de trabalho criado para essa missão, constituído por membros e consultores da Área Interdisciplinar (Philippi *et al.*, 2014). O surgimento dessa temática, enquanto campo de pesquisa e área de conhecimento, constitui parte do processo de institucionalização da questão ambiental na própria sociedade como um todo. Conhecimento que trouxe gradualmente à tona a questão do desenvolvimento sustentável e reconhece também que a solução da problemática socioambiental implica necessariamente mudanças profundas na organização do conhecimento (Philippi *et al.*, 2014).

Dentro do conjunto dos 17 Objetivos que compõem a agenda 2030 da ONU, está o ODS 15 que visa “assegurar a conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas terrestres e de água doce interiores e seus serviços, em especial, florestas, zonas úmidas, montanhas e terras áridas, em conformidade com as obrigações decorrentes dos acordos internacionais”, que diz diretamente sobre a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos por ela oferecidos (Bueno; Torres, 2022).

Atualmente a conservação da biodiversidade representa um dos maiores desafios, em função do elevado nível de perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais, e uma das principais consequências dessas perturbações é a fragmentação (Fernandes *et al.*, 2017).

Paisagens fragmentadas são cada vez mais frequentes em áreas de Florestas Tropicais, e a região da Amazônia legal, devido principalmente ao avanço das fronteiras agrícolas e da falta de fiscalização na aplicação do código florestal, é um dos biomas que mais tem sofrido. A perda da floresta implica diretamente na perda da

biodiversidade e conseqüentemente nos serviços ecossistêmicos oferecidos (Solar *et al.*, 2016).

O conhecimento da composição de espécies que ocorrem em ambientes fragmentados de florestas tropicais auxilia a entender a relação ecológica de cada espécie com o meio, avaliando a tolerância/intolerância destes às mudanças da vegetação por atividades antrópicas e com isso, permite sugerir medidas de conservação/mitigação mais eficazes. Nesse sentido, os besouros escarabeíneos, devido a seu papel nas cadeias tróficas, e conseqüentemente no fluxo de energia dos ecossistemas, são organismos chave para entender os efeitos das paisagens fragmentadas sobre a dinâmica dos ecossistemas florestais (Brito-Silva *et al.*, 2016).

A fragmentação florestal pode ser definida, como o processo pelo qual uma área contínua de habitat é reduzida em tamanho, e dividida entre espaços separados por um entorno ou matrizes de habitats diferentes ao original (Forero-Medina e Vieira, 2007), normalmente ocasionada pela degradação das florestas devido à retirada direta de madeira para construção, produção de móveis e lenha, desmatamentos de grandes áreas para agricultura, pastagens e construção imobiliária, implantação de barragens e abertura de estradas e rodovias (Laurance *et al.*, 2007; Tabarelli; Gascon, 2005).

Essas atividades antrópicas induzem o aumento do efeito de borda e, conseqüentemente, ocasionam o isolamento de espécies nativas e permitem a dispersão de espécies invasoras (Ricklefs, 2016). Ainda, essas modificações ao longo da paisagem afetam de forma negativa a heterogeneidade do habitat, acarretando na redução e/ou exclusão de micro habitats, formando gradientes não naturais, o que ocasiona a perda de espécies que possuem nichos mais restritos (Kim *et al.*, 2015).

Conseqüentemente, a maioria das florestas neotropicais (e em geral os ecossistemas tropicais) estão ameaçadas (Gibson *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2015). Essas tendências também estão originando mudanças na estrutura e funcionamento dos ecossistemas, provisão de bens econômicos, serviços ecossistêmicos e conseqüências ambientais globais ainda pouco conhecidas (Newbold *et al.*, 2015; Lin *et al.*, 2018).

Essas mudanças afetam de forma diferenciada os parâmetros demográficos de mortalidade e natalidade de diferentes espécies e, portanto, a estrutura e dinâmica de ecossistemas (Laurance; Bierregard, 1997). Conseqüentemente, existe a necessidade de monitoramento nesses ambientes, e uma das maneiras de avaliar os

impactos antrópicos e suas consequências sobre a biodiversidade é com a utilização de bioindicadores (Thomazini; Thomazini, 2000).

Estudos têm utilizado invertebrados como bioindicadores devido à rápida resposta desses organismos a mudanças ambientais, associado com a fácil amostragem e baixo custo de coleta (Gardner *et al.* 2010). Com isso, diversos grupos de artrópodes têm sido utilizados como indicadores da qualidade do habitat devido à sua grande sensibilidade às mudanças ambientais (Gardner *et al.*, 2008). Um exemplo desses grupos são os coleópteros da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae), que são detritívoros e utilizam principalmente fezes, carcaças e frutos em decomposição como recurso alimentar (Cajaiba *et al.*, 2017).

Estes besouros são importantes modelos de estudos como bioindicadores não só pelo papel ecológico importante no ecossistema, mas também, pelo fato da sua amostragem ser de baixo custo, rápida e fácil, o que permite comparações mais seguras da comunidade em um tempo relativamente curto (Spector, 2006). Esses organismos contribuem para uma série de funções ecológicas, incluindo ciclos de nutrientes, controle de espécies parasitas, aeração do solo e dispersão secundária de sementes expelidas nas fezes dos mamíferos (Andresen 2002; Nichols *et al.*, 2008).

Pesquisas têm demonstrado que a composição e a estrutura das comunidades de besouros são afetadas em áreas modificadas por ação humana, ou seja, por fragmentação, isolamento de habitats, queimadas, implantação de monoculturas e uso de agrotóxicos (Nichols *et al.*, 2013; Escobar *et al.*, 2008). Os besouros respondem à perturbação ambiental, profundidade do solo, perturbação do solo, umidade local, temperatura e poluição (Negro *et al.*, 2010; Garcia *et al.*, 2010). Além disso, também foram usados para indicar o sucesso no gerenciamento e restauração de habitats (Jacobs *et al.*, 2010; Paoletti *et al.*, 2010; Gomez, 2010).

Assim o objetivo geral desta pesquisa foi inventariar a comunidade de besouros Scarabaeineos encontrados em fragmentos florestais amazônicos com diferentes matrizes. Foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos, i) verificar o efeito de borda sobre a abundância, a riqueza e composição de espécies de Scarabaeinae; ii) avaliar a influência das diferentes matrizes adjacentes sobre a abundância, riqueza e composição de Scarabaeinae em paisagens fragmentadas da Amazônia, iii) verificar a resposta das variáveis ambientais consideradas de potencial influência sobre a comunidade de Scarabaeinae em fragmentos florestais.

Baseados nesses objetivos levantamos as seguintes hipóteses: i) a comunidade de besouros escarabeíneos coletados em paisagens fragmentadas da Amazônia Legal Maranhense, responderão ao efeito borda e ao uso e cobertura do fragmento; ii) as espécies de besouros escarabeíneos coletados em paisagens fragmentadas da Amazônia Legal Maranhense é diretamente influenciada pelas matrizes de cada fragmento; iii) as variáveis ambientais do interior dos fragmentos afetam a diversidade de besouros escarabeíneos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Paisagens Fragmentadas

A palavra “paisagem” possui conotações diversas em função do contexto e da área temática que a usa. Pintores, geógrafos, geólogos, arquitetos, ecólogos, todos têm uma interpretação própria do que é uma paisagem (Metzger, 2001). Apesar da diversidade de conceitos, a noção de espaço aberto, espaço “vivenciado” ou de espaço de inter-relação do homem com o seu ambiente está imbuída na maior parte dessas definições (Metzger, 2001).

Em uma conceituação mais abrangente, propõe-se que a paisagem seja definida como “um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação” (Metzger, 2001).

Na abordagem “ecológica”, o mosaico é considerado como um conjunto de habitats que apresentam condições mais ou menos favoráveis para a espécie ou a comunidade estudada. Desta forma, o olhar sobre a paisagem é feito através destas espécies, de suas características biológicas, em particular de seus requerimentos em termos de área de vida, alimentação, abrigo e reprodução. A problemática central é o efeito da estrutura da paisagem (i.e., o padrão espacial) nos processos ecológicos (Ferraz; Vettorazzi, 2003).

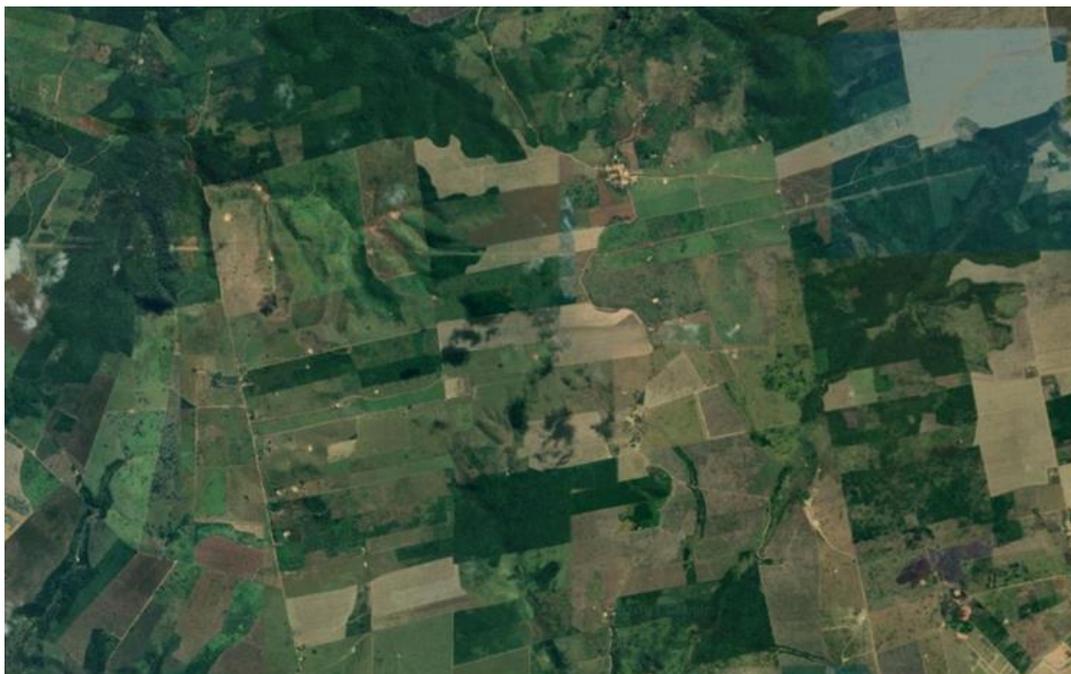
Os problemas ecológicos podem ser avaliados pelas alterações na relação da paisagem com os organismos vivos, que é o objeto de estudo da ecologia de paisagem (Ritter; Moro, 2012). A ecologia de paisagens pode contribuir pois se propõe a lidar com mosaicos antropizados, na escala na qual o homem está modificando o seu ambiente (Metzger, 2001). Nesses mosaicos incluem-se os fragmentos florestais que segundo Calegari *et al.* (2010), podem ser definidos como uma área de vegetação natural interrompida por barreiras antrópicas ou naturais (ex.: estradas, povoados, culturas agrícolas e florestais, pastagens, montanhas, lagos, represas).

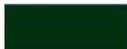
Atualmente, uma das maiores preocupações ambientais mundiais corresponde a esse processo de fragmentação de ecossistemas que, entre outras consequências, tem promovido a redução da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos associados aos mesmos, este processo, no caso da região amazônica, é alarmante considerando que a mesma abriga quase a metade das florestas tropicais remanescentes do planeta (Carrero; Fearnside, 2011).

A fragmentação consiste em um processo de degradação de áreas de vegetação contínuas e naturais que são interrompidas por barreiras de isolamento (Carsjens; Van Lier, 2002). Essa área é gradativamente subdividida em fragmentos menores e geometricamente mais complexos, pela retirada incompleta da vegetação (Batistella; Robeson; Moran, 2003; Bennett, 2003).

Essa retirada pode ser consequência de processos naturais e/ou atividades humanas (Mcgarigal; Mccomb, 1995; Fischer *et al.*, 2021), com predomínio das últimas, que levam a uma mudança do uso da terra (agricultura, residencial, mineira, entre outros) (Villard; Metzger, 2014). Assim, a fragmentação cria uma nova configuração espacial na paisagem (Bennett; Radford; Haslem, 2006; Mitchell *et al.*, 2015) (Figura 1).

Figura 1 – Exemplo da fragmentação florestal na Amazônia Legal Maranhense (Coordenadas: 4°18'36''S 46°23'15''W).



 Floresta

Fonte: Google Earth Pro (2023).

Esses remanescentes florestais são circundados por áreas de paisagem modificadas denominadas 'matriz', que é a unidade da paisagem funcionalmente e espacialmente dominante, representadas por diferentes tipos de usos do solo (pastagens, agricultura intensiva, monoculturas e vegetação secundária) (Costa *et al.*, 2019). A separação da paisagem em fragmentos menores altera as características naturais deste ambiente, e uma dessas modificações se dá no aumento do efeito de borda (Ricklefs, 2016).

Os efeitos de borda são os principais promotores de diversas mudanças em paisagens fragmentadas e representam uma inevitável e importante consequência da perda e fragmentação de habitats (Laurance *et al.*, 2007). Esses efeitos ocorrem na interface entre o remanescente de vegetação natural e a matriz circundante, e são, conforme Murcia (1995), a interação entre dois ecossistemas adjacentes que foram separados por uma transição abrupta. Este efeito pode ser resultado tanto de causas naturais como de atividades humanas, sendo esta última a mais impactante (Rodrigues; Nascimento, 2006). Além disso, este processo expõe as espécies em diferentes condições abióticas (ex.: aumento da temperatura, do vento e redução da umidade) que provocam mudanças na abundância, comportamento, distribuição e interações das espécies (Murcia, 1995; Pscheidt *et al.*, 2018).

Em função dessas alterações há a formação de um gradiente borda-interior de variáveis ambientais, composição biológica e complexidade estrutural (Laurence *et al.*, 2002), o qual naturalmente delimita o interior da floresta com a matriz externa. Contudo, a dinâmica e composição das espécies de borda é diferente das que ocorrem no interior do fragmento (Ricklefs, 2016). Associado ao efeito de borda, as modificações na cobertura florestal geram mudanças no microclima (intensidade de iluminação, incidência de ventos e amplitude térmica) influenciando a dinâmica das populações animais e vegetais pelo aumento da mortalidade (Fischer *et al.*, 2021).

Além disso, existe um efeito de troca ou vizinhança, que representa, por exemplo, a penetração de resíduos (Didham *et al.*, 2015) ou fluxo de organismos (Frost *et al.*, 2015) da matriz sobre os fragmentos florestais (Boesing *et al.*, 2017). Essa abordagem reforça a importância de que a avaliação da biodiversidade em paisagens fragmentadas não pode negligenciar a identidade e as formas de manejo da matriz aos fragmentos florestais (Fardila, *et al.*, 2017). As atividades desenvolvidas

podem promover consequências drásticas sobre os remanescentes em contato direto com as áreas de agricultura ou pastagem, além de promoverem alterações em escalas maiores, da paisagem e regionais (Uzêda *et al.*, 2016; Didham *et al.*, 2015).

2.2 Besouros Scarabaeinae como bioindicadores de qualidade ambiental

Os coleópteros da família Scarabaeidae, subfamília Scarabaeinae (rola-bostas) apresentam elevada diversidade de espécies em áreas tropicais e exercem papel importante no funcionamento dos ecossistemas onde coabitam (Silva *et al.*, 2014). No Brasil, aproximadamente 778 espécies já foram registradas, estando subdivididas em 65 gêneros (Vaz-De-Mello, 2022). Dentre as espécies registradas 323 são endêmicas do país (Vaz-De-Mello, 2000). Essa subfamília é composta por 11 tribos: Ateuchini, Delthochilini, Coprini, Eucraniini, Gymnopleurini, Oniticellini, Onitini, Onthophagini, Phanaeini, Scarabaeini e Sisyphini (Silva, 2011).

A maior parte destes é encontrada em ambientes tropicais e subtropicais (Hanski; Cambefort, 1991), e apresentam características morfológicas bem definidas, como o formato do corpo em grande maioria arredondada e côncava e algumas espécies mais largas e planas. O seu tamanho corporal vai de um milímetro até seis centímetros na fase adulta e sua coloração, variando entre o marrom, verde e azul em tons metálicos, preta, vermelho, amarelo e dourado, tem relação com o período de atividade das espécies, as diurnas apresentando cores mais claras e as noturnas mais escuras (Halffter; Hernández *et al.*, 2019).

Este grupo de organismos é conhecido popularmente como “rola-bosta”, devido a seu hábito de produzir bolas de matéria orgânica e rolá-las até o ninho; tal comportamento está associado às espécies, conhecidas como telecoprídeas; além destas, existem duas outras categorias quanto ao comportamento, as paracoprídeas que escavam galerias embaixo do recurso e as endocoprídeas que residem dentro do recurso (Halffter; Edmonds, 1982; Hernández *et al.*, 2019).

Os escarabeíneos podem ser classificados ainda quanto à utilização do recurso: os coprófagos são espécies que se alimentam de fezes; os necrófagos, de restos mortais em decomposição e; os saprófagos, material vegetal em decomposição, principalmente frutos (Halffter; Hernández *et al.*, 2019). Grande parte também é considerada generalista, alimentando-se de mais de um tipo de recurso alimentar.

As atividades dos besouros escarabeíneos são de extrema importância para o funcionamento dos ecossistemas por participarem ativamente da ciclagem de nutrientes, decomposição de matéria orgânica, dispersão secundária de sementes, controle biológico de parasitas, pois enterram larvas e ovos junto com a matéria orgânica, fertilização e areação do solo (Bicknell *et al.*, 2014; Filgueiras *et al.*, 2015; Nagy *et al.*, 2016; Nichols *et al.*, 2008).

Estes organismos também são considerados bons indicadores de qualidade ambiental. Quando em ambientes perturbados apresentam diminuição na riqueza de espécies, e a heterogeneidade também é afetada, já que algumas espécies se tornam muito abundantes quando comparada as demais (Hernández; Vaz-De-Mello, 2009). Algumas espécies de Scarabaeinae possuem alta especificidade de habitat (Halffter, 1991) e, desta forma, não conseguem estender suas populações para áreas abertas ou de monoculturas (Gardner *et al.*, 2008; Almeida; Louzada, 2009). Tais espécies são fortemente influenciadas pela fragmentação e perda de habitat, podendo ter sua distribuição restrita ou mesmo desaparecer localmente (Hernández; Vaz-De-Mello, 2009). A estrutura da comunidade dos besouros “rola-bosta” os torna bons indicadores de diversidade, e a riqueza de espécies é fortemente correlacionada com a de vários outros grupos taxonômicos (Barlow *et al.*, 2007). De uma forma geral, existe uma correlação positiva entre a riqueza e a abundância de Scarabaeinae com a riqueza e abundância de mamíferos nos locais de ocorrência de ambos os grupos (Andresen; Laurance, 2007; Barlow *et al.*, 2007; Bogoni *et al.*, 2019).

Outra vantagem dos escarabeíneos em estudos que avaliam as consequências ecológicas de distúrbios, é o alto desempenho da sua utilização, que combina baixos custos de coleta e certa facilidade na identificação de espécies (Gardner *et al.*, 2008). Muitos estudos apresentaram redução significativa na composição e abundância de besouros escarabeíneos entre níveis distintos de perturbação (Gardner *et al.*, 2008; Hernández; Vaz-De-Mello, 2009; Silva *et al.*, 2014; De Oliveira *et al.*, 2021). Além de sua dinâmica populacional ser altamente influenciada pela heterogeneidade dentro de um mesmo habitat, também são importantes pelo seu papel no funcionamento dos ecossistemas naturais atuando como predadores (Troian, 2008).

2.3 Efeitos da fragmentação sobre as assembleias de Scarabaeinae

A diversidade dos besouros rola-bostas está profundamente inter-relacionada com a estrutura dos habitats, com a maioria das espécies sendo altamente sensíveis às variações do microclima (Nichols *et al.*, 2008; Lopes *et al.*, 2011). De fato, as comunidades de rola-bostas respondem rapidamente a mudanças no dossel e diversidade de vegetação, fragmentação e/ou isolamento de remanescentes de florestas tropicais (por exemplo, Nichols *et al.*, 2013; Viegas *et al.*, 2014; Campos; Hernández, 2015), intensidade de luz e umidade (Nichols *et al.*, 2008) determinada principalmente pela cobertura vegetal, tipo de solo (Gardner *et al.*, 2008) e a disponibilidade de fezes como fonte de alimento (Davis; Philips, 2009).

Diversos estudos demonstram uma redução da riqueza e abundância, e uma modificação na composição taxonômica e funcional de escarabeíneos em ambientes com alto grau de fragmentação (Dirzo *et al.*, 2014; Pimm *et al.*, 2014; Cajaiba *et al.*, 2019).

As alterações microclimáticas nesses fragmentos florestais afetam a qualidade e diminuem a quantidade de refúgios para os coleópteros de solo (Hernández; Vaz-De-Mello, 2009), comprometendo a presença de inúmeras espécies de escarabeíneos. Ainda assim, trabalhos demonstram que o interior de florestas é predominantemente mais rico que as áreas de pasto e/ou agricultura (Andresen, 2008; Damborsky *et al.*, 2014).

Essa maior diversidade de espécies nesses fragmentos em relação aos ecossistemas agrícolas também pode ser explicada pela ausência de uma cobertura vegetal mais heterogênea nas áreas antropizadas. Sendo assim, a heterogeneidade do habitat pode ser um fator determinante na distribuição e movimentação das espécies ao longo da paisagem (Dirzo *et al.*, 2014; Pimm *et al.*, 2014).

Na maioria dos casos relatados de fragmentação de florestas tropicais, houve perda de espécies, causada, principalmente, pela destruição do seu habitat; redução do tamanho da população; inibição ou redução da migração; efeito de borda alterando o microclima, principalmente em fragmentos menores; eliminação de espécies dependentes de outras já extintas; imigração de espécies exóticas para as áreas desmatadas circundantes e, posteriormente, para o fragmento (Thomazini; Thomazini, 2000; Costa *et al.*, 2019). Espécies raras e com pequena área de distribuição, assim como aquelas que necessitam de habitats muito amplos ou especializados, são mais suscetíveis aos efeitos da fragmentação (Costa *et al.*, 2019).

De acordo com Nichols *et al.* (2007), a modificação, fragmentação e perda de florestas tropicais, têm levado muitos táxons à extinção local, especialmente na comunidade de rola-bostas restritas a florestas. Em regiões tropicais com cobertura formada por floresta, os impactos antrópicos influenciam os rola-bostas por afetarem a sobrevivência de espécies e pela invasão por espécies nativas e exóticas de áreas abertas que encontram condições favoráveis ao seu estabelecimento e manutenção em florestas modificadas, competindo com as espécies de interior de floresta (Hernández; Vaz-De-Mello, 2009).

Ainda de acordo com Hernández & Vaz-de-Mello (2009), as comunidades de besouros rola-bostas são muito sensíveis à destruição da floresta e mostram padrões de organização distintos entre fragmentos de florestas tropicais ou áreas deterioradas pelas atividades humanas comparadas com contínuos florestais. Este fato ocorre muitas vezes pelo declínio dos recursos alimentares, principalmente pela diminuição da presença de grandes mamíferos e aves nesses locais degradados (Nichols *et al.*, 2008).

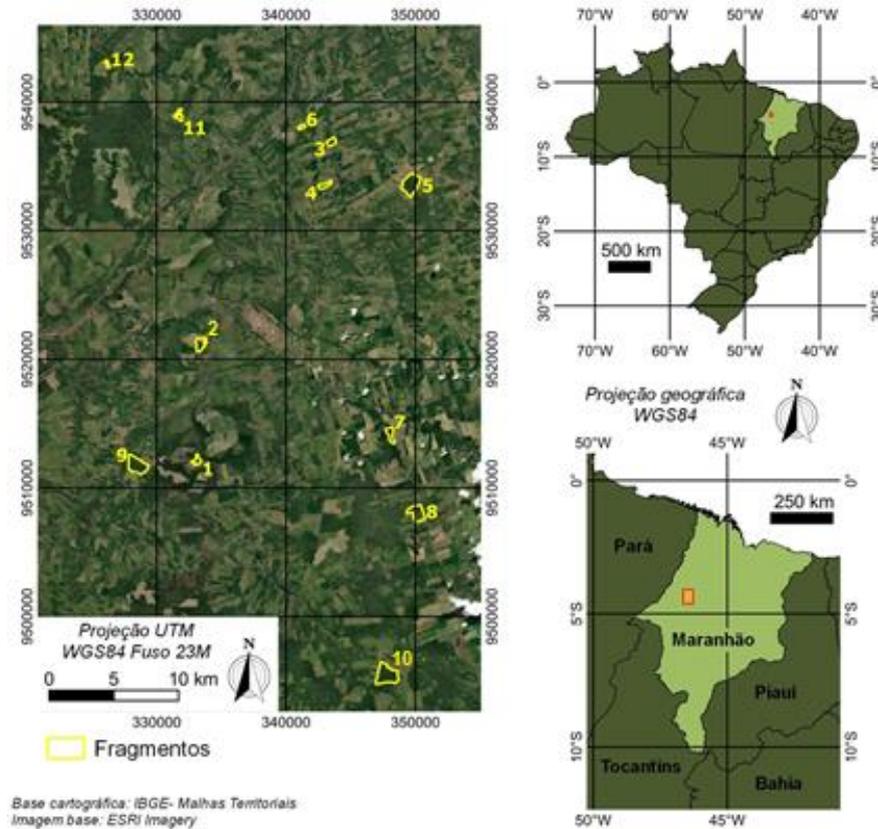
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Coleta dos dados

3.1.1 Caracterização da área de estudo

Foram avaliados 12 fragmentos florestais de vegetação secundária com diferentes idades de regeneração, variando de 10 a 20 anos (Figura 2). Os fragmentos selecionados fazem limite principalmente com matrizes de pecuária (pastagem extensiva com manejo convencional) e formações florestais, incluindo silviculturas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*).

Figura 2 – Mapa do Brasil, com destaque para o estado do Maranhão e a indicação geográfica dos três municípios onde localizam-se os 12 fragmentos amostrados.



Fonte: Map Biomas (2023).

Os fragmentos foram escolhidos através de imagens de satélite e posteriormente avaliados *in loco*. De cada fragmento foi escolhida a face voltada diretamente para a matriz predominante para que a organização das armadilhas de queda conseguisse representar a variação sentido Matriz-Borda-Interior. A distância mínima entre os fragmentos florestais foi de 5 km e a máxima foi de 50 km. A distância média foi de 27,5 km (Quadro 1). As medidas dos fragmentos foram avaliadas utilizando um buffer de 500 m² no Aplicativo Google Earth Pro. As informações de uso e cobertura do entorno (matriz) e do interior dos fragmentos foram obtidas no Projeto MapBiomas e processados no programa ARCGIS versão 10.5.

Tabela 1 - Informações de coordenadas, área e composição das matrizes e interior dos fragmentos amostrados. Obs.: Outros usos = presença de rios ou lagos, presença de lavouras e plantio de soja.

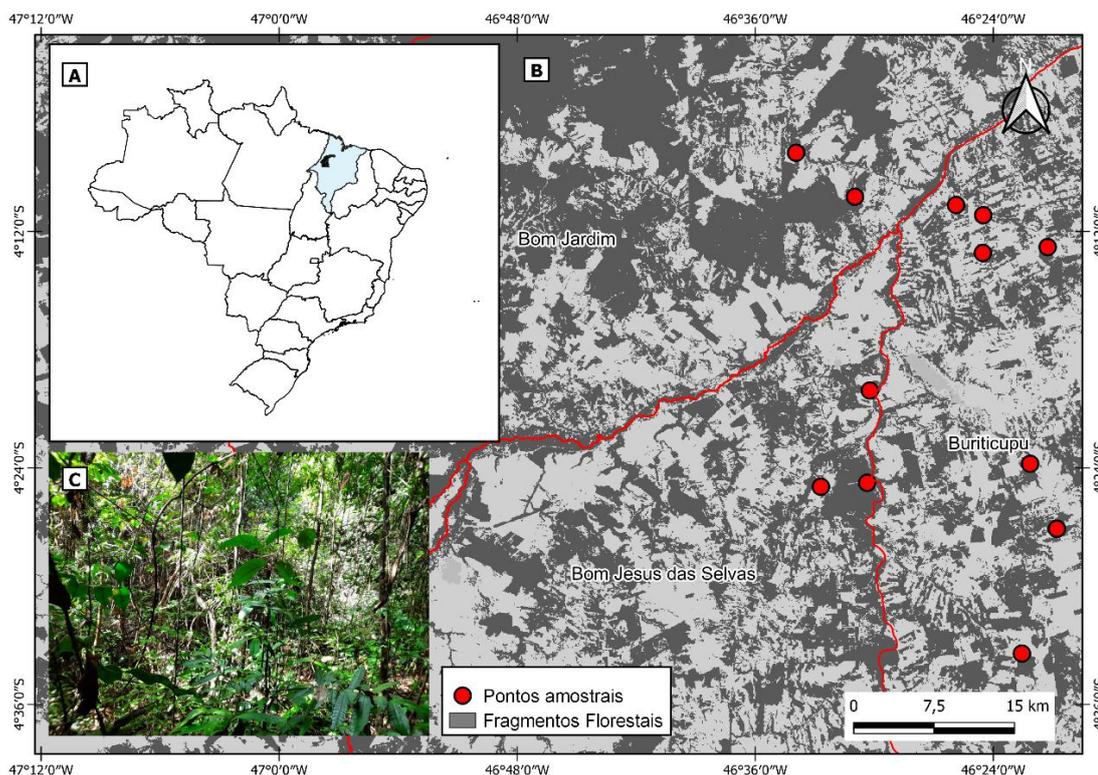
Fragmento	Coordenadas	Área (Km ²)	Composição (%)	
			Matriz	Fragmento

1	4°24'45"S 46°30'21"W	0,28	Floresta = 76,6 Pastagem = 24,4 Outros usos = 0	Floresta = 76 Pastagem = 21,4 Outros usos = 2,6
2	4°20'04"S 46°30'13"W	0,60	Floresta = 35,3 Pastagem = 64,1 Outros usos = 0,6	Floresta = 74 Pastagem = 26 Outros usos = 0
3	4°08'11"S 46°24'56"W	0,31	Floresta = 23,3 Pastagem = 76,7 Outros usos = 0	Floresta = 35,2 Pastagem = 64,8 Outros usos = 0
4	4°13'05"S 46°24'31"W	0,30	Floresta = 9,8 Pastagem = 90,2 Outros usos = 0	Floresta = 88,8 Pastagem = 11,2 Outros usos = 0
5	4°12'47"S 46°21'15"W	1,61	Floresta = 12,8 Pastagem = 87,2 Outros usos = 0	Floresta = 86,2 Pastagem = 13,8 Outros usos = 0
6	4°10'39"S 46°25'52"W	0,13	Floresta = 16,1 Pastagem = 83,9 Outros usos = 0	Floresta = 76,6 Pastagem = 23,4 Outros usos = 0
7	4°23'47"S 46°22'08"W	0,46	Floresta = 30,3 Pastagem = 61,4 Outros usos = 8,3	Floresta = 83,4 Pastagem = 16,6 Outros usos = 0
8	4°27'05"S 46°20'47"W	1,08	Floresta = 44,4 Pastagem = 55,6 Outros usos = 0	Floresta = 66,9 Pastagem = 33,1 Outros usos = 0
9	4°24'57"S 46°32'41"W	1,45	Floresta = 40,1 Pastagem = 59,9 Outros usos = 0	Floresta = 93,8 Pastagem = 6,2 Outros usos = 0
10	4°20'54"S 46°39'40"W	1,90	Floresta = 28,4 Pastagem = 71,6 Outros usos = 0	Floresta = 96,6 Pastagem = 3,4 Outros usos = 0
11	4°10'14"S 46°30'58"W	0,29	Floresta = 23,4 Pastagem = 76,6 Outros usos = 0	Floresta = 23,4 Pastagem = 76,6 Outros usos = 0
12	4°08'00"S 46°33'56"W	0,11	Floresta = 42,7 Pastagem = 57 Outros usos = 0,3	Floresta = 37,6 Pastagem = 62,4 Outros usos = 0

Fonte: Autora (2023).

Os fragmentos estão inseridos em três municípios vizinhos: Buriticupu (4°19'29.49"S; 46°26'51.47"O), Bom Jardim (3°31'56.99"S; 45°36'48.08"O) e Bom Jesus das Selvas (4°29'17.10"S; 46°51'20.63"O), localizados na Amazônia Legal Maranhense (Figura 3). Juntos os três possuem uma extensão territorial de 11.814,97 km² e encontram-se inseridos em sua totalidade no ambiente geológico conhecido como Bacia Sedimentar do Pindaré, que atinge 12,40% das Bacias do Estado do Maranhão (MARTINS & OLIVEIRA, 2011).

Figura 3 - (A) Municípios de Buriticupu, Bom Jardim e Bom Jesus das Selvas no mapa do Brasil; (B) Limite entre os três municípios e os pontos amostrais de cada um; (C) Interior de um fragmento florestal da Amazônia Legal Maranhense.



Fonte: Autora (2023).

As principais atividades econômicas desses municípios são a produção extrativista vegetal, pecuária e fruticultura (IBGE, 2010). Porém, ultimamente, atividades como a monocultura de eucalipto e soja têm se expandido pela região (CAJAIBA *et al.*, 2019). O clima é equatorial quente e úmido, uma subdivisão do clima tropical. Apresenta duas estações bem definidas: o período chuvoso, de dezembro a junho e o período de estiagem, de julho a novembro. A temperatura média anual varia de 25 a 27°C. A precipitação média anual varia entre 1400 e 1800 mm, com a umidade relativa do ar oscilando entre 32% a 63% (INMET, 2021).

A silvicultura da região é caracterizada pelo cultivo em grande escala de eucalipto (*Eucalyptus grandis*). Nessas áreas é realizado o constante uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos e as árvores são retiradas com cerca de sete anos de desenvolvimento. Após esse período, o solo é novamente preparado para o plantio das mudas. À medida que tem aumentado significativamente o percentual de terras destinadas à produção de eucalipto, tem também promovido uma reestruturação na produção local de culturas tradicionalmente predominantes na região, como arroz, feijão, mandioca, etc. (Oliveira; Pereira; Gonçalves, 2022)

As áreas de pastagem são constituídas por *Brachiaria brizantha*, apresentando um sistema extensivo de pastoreio. Em algumas propriedades o pastoreio é feito de

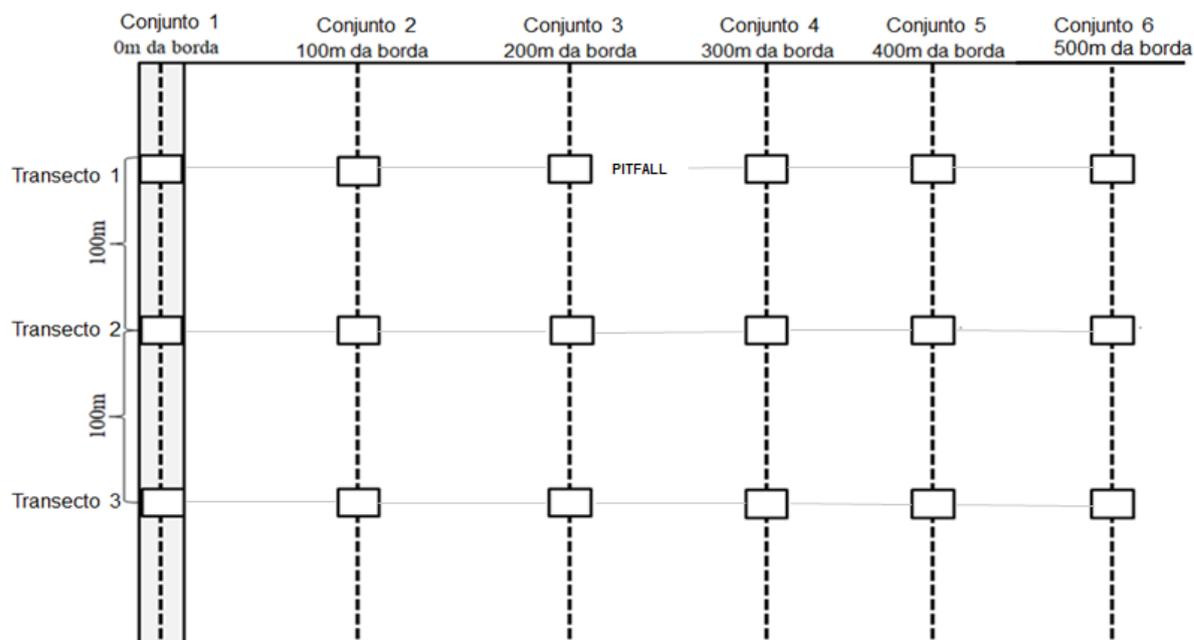
forma rotacionada, com a alternância periódica do rebanho para outras pastagens da propriedade, essas áreas apresentam problemas de fertilidade natural, acidez, topografia, pedregosidade ou limitações de drenagem (Alves *et al.*2017).

O sistema de cultivo de soja consiste de plantio direto e sistema de irrigação em parte da área cultivada. Nessas áreas intercala-se o cultivo de uma a duas safras de soja num ano e duas de milho no ano seguinte, no período de janeiro a junho. Utilizam-se cultivares transgênicas de soja e milho, não se observando áreas de refúgio durante o período de estudo. A única estratégia presente de controle de espécies pragas é o controle químico e monitoramento (Moralis, 2022).

3.2 Desenho Experimental

Cada um dos fragmentos foi dividido em três parcelas, denominados de transecto 1, transecto 2 e transecto 3. Essas parcelas foram separadas entre si por 100 metros. Cada transecto continha um conjunto de seis armadilhas pitfall instaladas a diferentes distâncias da borda: (1) 0 m da borda; (2) 100 m da borda; (3) 200 m da borda; (4) 300 m da borda; (5) 400 m da borda e (6) 500 m da borda. Formando seis bordas em relação as pitfall instaladas, sendo a 1ª a mais externa (próxima a matriz) e a 6ª a mais interna (Figura 4). As amostragens foram efetuadas em dois períodos: de janeiro a março/2022 (chuvoso) e de setembro a novembro/2022 (seco), e compreendem um esforço amostral total de 432 amostras (Tabela 2).

Figura 4 - Desenho amostral do esquema de distribuição das armadilhas dentro de cada fragmento e transecto.



Fonte: Autora (2023).

Tabela 2 – Número de fragmentos estudados, número de armadilhas por área amostrada, repetições amostrais e número total de armadilhas por habitats.

Nº fragmentos	Nº de pitfall por fragmento amostrado	Nº total de amostragens/pitfall	Esforço amostral total
12	18 (3 transectos x 6 armadilhas/transecto)	2 (períodos seco e chuvoso)	432 amostras (12x18x2)

Fonte: Autora (2023).

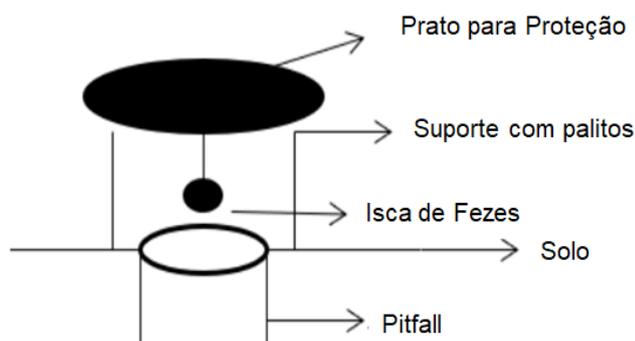
3.3 Coleta de Scarabaeinae

Para as coletas foram utilizadas armadilhas do tipo pitfall, uma armadilha de queda tradicional e útil para a amostragem de Scarabaeinae. É o método mais comum para amostragem de besouros do solo. As armadilhas pitfalls têm ainda à vantagem de ser um método rápido e barato (Cheli *et al.*, 2010).

As armadilhas foram compostas por um recipiente plástico de 19 cm de diâmetro por 11 cm de profundidade, as iscas utilizadas foram de fezes humanas e alocadas em copos plásticos de 50 ml presos na parte superior da armadilha (Figura 5). As armadilhas permaneceram 48 horas *in situ*. Para preservação dos besouros em campo, cada armadilha foi preenchida com 250 ml de solução salina e detergente (1,0%) (Silva *et al.*, 2014). Os besouros escarabeíneos coletados foram armazenados

em álcool 70%, levados para o Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO), onde foram triados, identificados no maior nível taxonômico possível (morfoespécies) e armazenados em mantas entomológicas.

Figura 5 - Layout da pitfall instalada em um fragmento florestal.



Fonte: Autora (2023).

3.4 Identificação, Banco de Dados e Depósito

Inicialmente, todo o material coletado foi triado, montado e identificado em nível de gênero no Laboratório de Ecologia e Conservação do Instituto Federal do Maranhão, *Campus* Buriticupu. Espécimes *vouchers* foram depositados na Coleção Entomológica do Laboratório de Ecologia e Conservação do Instituto Federal do Maranhão, *Campus* Buriticupu (CE-LABECO/ IFMA).

Posteriormente os morfotipos identificados foram enviados ao Prof. Dr. Paschoal Coelho Grossi, do Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, para a identificação final. Todo o material identificado foi computado em banco de dados para facilitar o compartilhamento dos dados e as análises ecológicas.

O material enviado permanece depositado na Coleção Entomológica da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CERPE). As armadilhas pitfalls capturam uma variedade de organismos de solo. Outros grupos coletados (e.g. aranhas, formigas e grilos) foram triados, conservados e posteriormente enviados para especialistas.

A autorização para as referidas coletas fora obtida através do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO nº 70389-1 (Código de autenticação: 0703890120190730).

3.5 Variáveis ambientais

Variáveis ambientais consideradas com potencial influência nas comunidades de besouros escarabeíneos foram medidas nos habitats amostrados (Felton *et al.* 2006): temperatura, umidade, precipitação, circunferência à altura do peito, circunferência na altura do tornozelo, cobertura do dossel, percentual de solo exposto, percentual de cobertura verde (vegetação) no solo, percentual de serapilheira, altura de serapilheira, altitude, longitude e latitude.

A temperatura do ar, a umidade relativa e a precipitação de cada área estudada foram obtidas durante a instalação e remoção das armadilhas por uma estação meteorológica portátil e por sensores Data Logger modelo u12-013. Para avaliar a complexidade ambiental de cada ambiente, foi adotado o método do quadrante (Campos; Hernández, 2015). Marcando um ponto central entre as armadilhas e medido 5m para cada lado (norte, sul, oeste e leste), totalizando uma área de 100 m² (10m x 10m). Dentro de cada quadrante (área de 100 m²), foi medida de cada árvore, o diâmetro à altura do peito (1,3 m) e dos arbustos, o diâmetro à altura do tornozelo (0,1 m).

Além disso, foi calculada a altura da serapilheira utilizando-se de cortes verticais do solo (Medri *et al.*, 2001). O método consiste em cortar a serapilheira, em um único movimento, com uma ferramenta cortante que penetra no solo. Sem retirar a ferramenta, empurra-a para um dos lados e expõe o perfil aberto pelo corte. Esse método permite medir, em centímetros, a altura da necromassa (CAJAIBA *et al.*, 2017).

Foram calculadas também, através de estimativa visual, as porcentagens de cobertura de serapilheira, área verde e área de solo exposto (sem vegetação ou serapilheira), usando as seguintes classes: 0-5%, 6-25%, 26-50%, 51- 75%, 76-95% e 96-100% (Campos; Hernández, 2015). Utilizando-se essas mesmas classes, foi calculada a porcentagem da cobertura do dossel através de fotografias hemisféricas obtidas no ponto central entre duas armadilhas e em todos os pontos.

3.6 Análise dos dados

3.6.1 Análise de autocorrelação espacial

Primeiramente, foram testadas a independência espacial da estrutura da comunidade de Scarabaeinae na área de estudo. Com base nas coordenadas geográficas dos locais de amostragem (N = 12), utilizou-se a estatística I de Moran sobre os resíduos dos modelos que testavam se a variação da riqueza e composição taxonômicas de Scarabaeinae apresentavam estrutura espacial significativa. Ambos os modelos não detectaram estrutura espacial significativa na composição (Moran's I = -0.12; p = 0.49) e riqueza taxonômicas de Scarabaeinae (Moran's I = 0.18; p = 0.15) e, portanto, preditores espaciais não foram incluídos nas análises posteriores.

3.6.2 Área e isolamento dos fragmentos

Foram utilizados modelos lineares generalizados (GLM) para testar se houve variações de abundância, riqueza e composição de Scarabaeinae. Os sumários dos modelos indicaram que a abundância, riqueza e composição de Scarabaeinae na área de estudo variaram de forma independente do isolamento e da área dos fragmentos.

3.6.3 Riqueza estimada

A riqueza estimada de morfoespécies foi calculada para todos os fragmentos em conjunto, com base no estimador Chao 1 (intervalo de confiança = 95%). Posteriormente, foi avaliado se os diferentes fragmentos apresentam variações na riqueza de morfoespécies, realizou-se o procedimento de rarefação baseado em indivíduos, interpolado pelo menor tamanho de esforço amostral comparável (N = 67).

3.6.4 Efeito de borda sobre a abundância, a riqueza e composição de Scarabaeinae

Para as análises, o total de amostras (N = 432) foi agregada por transectos e estações (N = 72). Diferenças na composição taxonômica das comunidades de Scarabaeinae entre as classes de distância da borda foram testadas por meio da

análise de redundância baseada em distância (db-RDA). Nesta etapa, utilizou-se como variável resposta matrizes de dissimilaridade da composição par-a-par dos fragmentos estudados, baseadas no coeficiente de distância euclidiana (tomados a partir da matriz original de composição transformadas pelo método de Hellinger). Foi usada uma abordagem baseada em permutação (teste de Monte Carlo; 999 permutações) para avaliar a significância dos modelos finais (Peres-Neto *et al.* 2006). Diagramas de ordenação multivariados baseados em análise de coordenadas principais foram gerados para visualizar potenciais diferenças de composição entre as classes de distância.

3.6.5 Influência das diferentes matrizes adjacentes sobre a abundância, riqueza e composição de Scarabaeinae

Realizou-se os mesmos procedimentos descritos anteriormente para testar o efeito da identidade do fragmento sobre a composição. Em seguida, a avaliação do efeito das variáveis ambientais medidas sobre a riqueza, abundância e composição. Para as duas primeiras variáveis respostas, foram utilizados modelos lineares generalizados mistos (distribuição binomial negativa). A variável aleatória utilizada foi a identidade de cada distância. Para a composição, uma análise de redundância baseada em distância (db-RDA). A matriz resposta foi a mesma utilizada na db-RDA (dissimilaridade da composição par-a-par dos fragmentos estudados. As variáveis ambientais medidas em unidades contínuas foram padronizadas pelo Z-score, e as variáveis de natureza categórica foram convertidas em variáveis binárias.

Utilizou-se uma combinação de procedimentos de pré-tratamento para reduzir o número de preditores e evitar sobreajuste nos modelos finais. Esta pesquisa adicional foi realizada utilizando procedimentos de seleção direta. Os procedimentos de pré-seleção sequencial consideraram dois critérios de parada para seleção das variáveis: (i) valor de significância não superior a 0,05 (após 999 permutações); e (ii) variância explicada (R^2 adj. valores) pelas variáveis pré-selecionadas não superiores a o modelo contendo todas as variáveis dentro de cada conjunto de dados explicativos. Em seguida, procuramos variáveis redundantes neste conjunto de dados mesclado usando Fatores de Inflação de Variância (VIF) (Legendre & Legendre, 2012). Como VIFs altos são indicativos de colinearidade potencial entre as variáveis, usamos um valor limite conservador de 1,9 para reter as variáveis redundantes baixas.

Por fim, usamos os procedimentos de partição de variância que levou em conta a fração isolada do fragmento, para estimar as quantidades puras e compartilhadas de variância na composição da comunidade explicadas pela identidade do fragmento e pelas variáveis ambientais internas e externas a cada fragmento (Legendre; Legendre 2012).

4 RESULTADOS

4.1 Estimativa de riqueza

Ao todo, foram coletados 4.464 indivíduos, distribuídos em oito gêneros e 32 espécies. O gênero com maior ocorrência foi *Canthon* com nove espécies, seguido por *Canthidium* e *Deltochilum*, ambos com cinco espécies. A espécie mais capturada foi *Canthidium* sp3 com 1.471 indivíduos, presente em todos os doze fragmentos florestais, seguida por *Canthon* sp1 com 1.264 indivíduos, presente em 10 fragmentos (Tabela 3).

Tabela 3. Abundância total e riqueza observada de espécies de Scarabaeinae coletados nos doze fragmentos florestais (F), localizados nos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil.

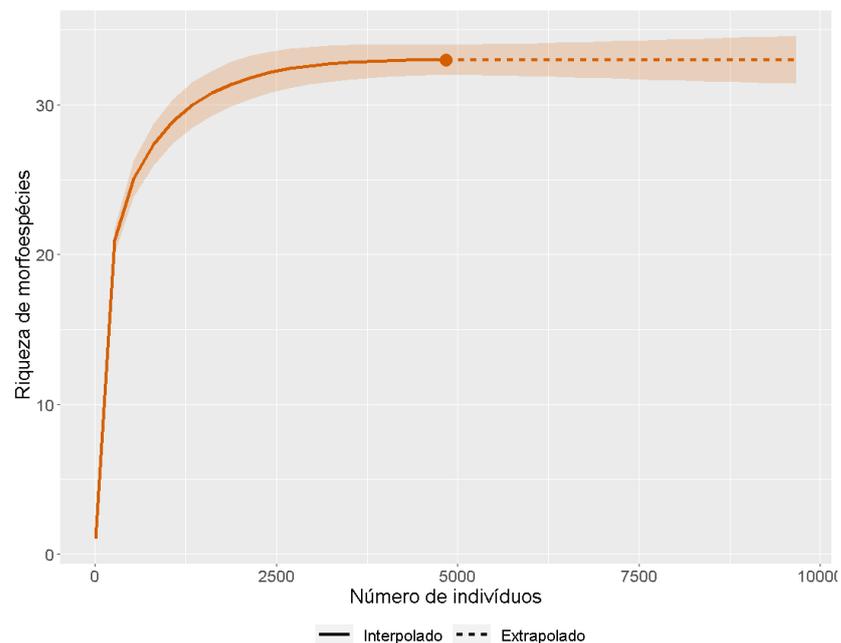
Espécie	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
<i>Agamapus</i> sp1	1	-	-	-	-	1	-	1	-	-	33	6
<i>Ateuchus</i> sp1	2	2	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Ateuchus</i> sp2	2	7	4	-	1	-	5	3	-	2	8	6
<i>Canthidium</i> sp1	7	2	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
<i>Canthidium</i> sp2	39	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Canthidium</i> sp3	72	69	26	96	23	289	577	130	5	18	98	68
<i>Canthidium</i> sp4	2	-	-	-	2	59	16	6	10	318	7	11
<i>Canthidium</i> sp5	-	1	-	3	-	6	5	-	-	-	-	-
<i>Canthon</i> sp1	13	11	1	9	2	261	664	43	6	254	-	-
<i>Canthon</i> sp2	18	2	2	1	-	1	34	5	-	4	32	74
<i>Canthon</i> sp3	22	1	-	-	-	-	-	2	-	2	63	17
<i>Canthon</i> sp4	2	1	1	-	-	1	3	11	-	2	12	-
<i>Canthon</i> sp5	8	4	1	1	-	1	1	-	-	1	-	-
<i>Canthon</i> sp6	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
<i>Canthon</i> sp7	-	4	12	5	3	-	4	3	-	7	8	2
<i>Canthon</i> sp8	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Canthon</i> sp9	-	-	1	-	-	2	2	2	-	-	-	-
<i>Coprophanaeus</i> sp1	2	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Coprophanaeus</i> sp2	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	2	2
<i>Deltochilum</i> sp1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Deltochilum</i> sp2	1	-	-	-	-	-	4	1	-	-	-	-
<i>Deltochilum</i> sp3	-	-	-	2	-	-	4	1	4	6	1	2
<i>Deltochilum</i> sp4	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-
<i>Deltochilum</i> sp5	-	-	4	1	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Dichotomius</i> sp1	51	5	-	-	-	-	1	-	-	3	-	-

<i>Dichotomius</i> sp2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurysternus</i> sp1	25	1	2	20	1	38	176	2	121	53	18	14
<i>Eurysternus</i> sp2	16	-	-	1	-	2	5	2	4	3	-	-
<i>Onthophagus</i> sp1	22	2	-	20	10	2	6	1	8	7	-	-
<i>Onthophagus</i> sp2	-	2	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-
<i>Onthophagus</i> sp3	-	4	-	1	-	1	-	3	-	22	2	5
<i>Phanaeus</i> sp1	1	1	-	-	-	5	-	-	-	1	-	-
Abundância total	311	124	56	161	52	673	1512	218	158	708	284	207
Riqueza observada	21	20	12	13	8	15	19	18	7	20	12	11

Fonte: Autora (2023).

As curvas de acumulação de morfoespécies atingiram a assíntota indicando que o esforço amostral foi suficiente para amostrar a real riqueza de morfoespécies de escarabeíneos das áreas amostradas nos fragmentos florestais (Figura. 6).

Figura 6 - Curvas de rarefação (linhas contínuas) e extrapolação (linhas tracejadas) para os números de Hill $q = 0$, representando o número das morfoespécies de escarabeíneos coletados nos Fragmentos Florestais dos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil. As áreas sombreadas representam 95% de intervalo de confiança.

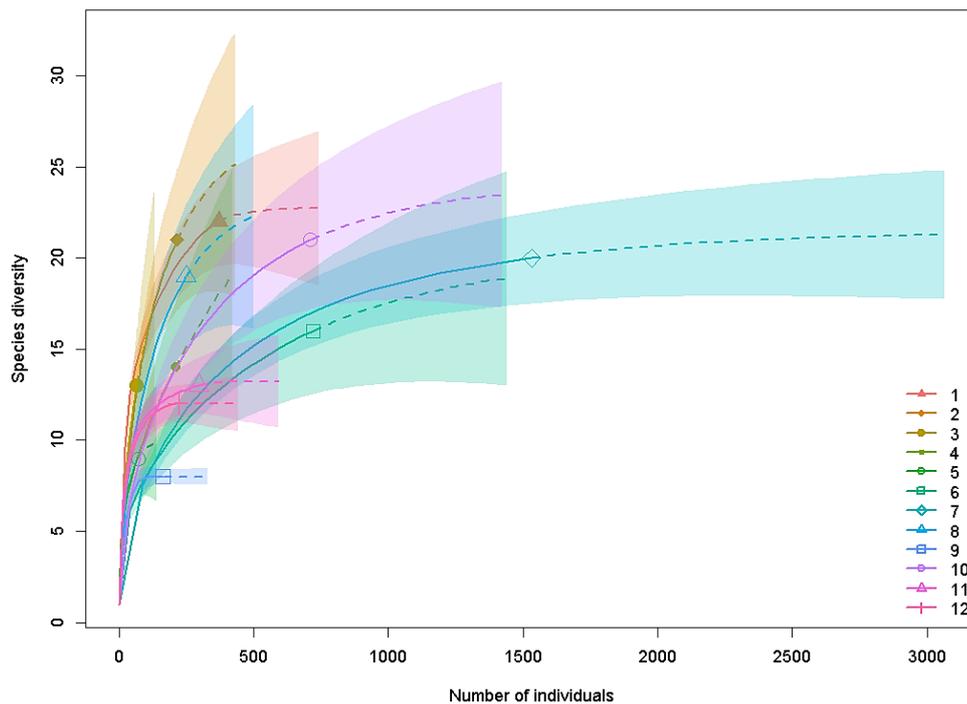


Fonte: Autora (2023).

As estimativas extrapoladas de riqueza de espécies para os ambientes de fragmentos florestais mostram que a comunidade de escarabeíneos é mais numerosa nos fragmentos sete e dez respectivamente, em todos os níveis de esforço de coleta.

Os fragmentos florestais cinco e nove, foram os com menor diversidade em relação a riqueza observada de espécies (Figura 7, Tabela 3).

Figura 7 - Curvas de rarefação (linhas contínuas) e extrapolação (linhas tracejadas) para os números de Hill $q = 0$, representando o número das espécies de escarabeíneos coletados nos fragmentos florestais dos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil. As áreas sombreadas representam 95% de intervalo de confiança.

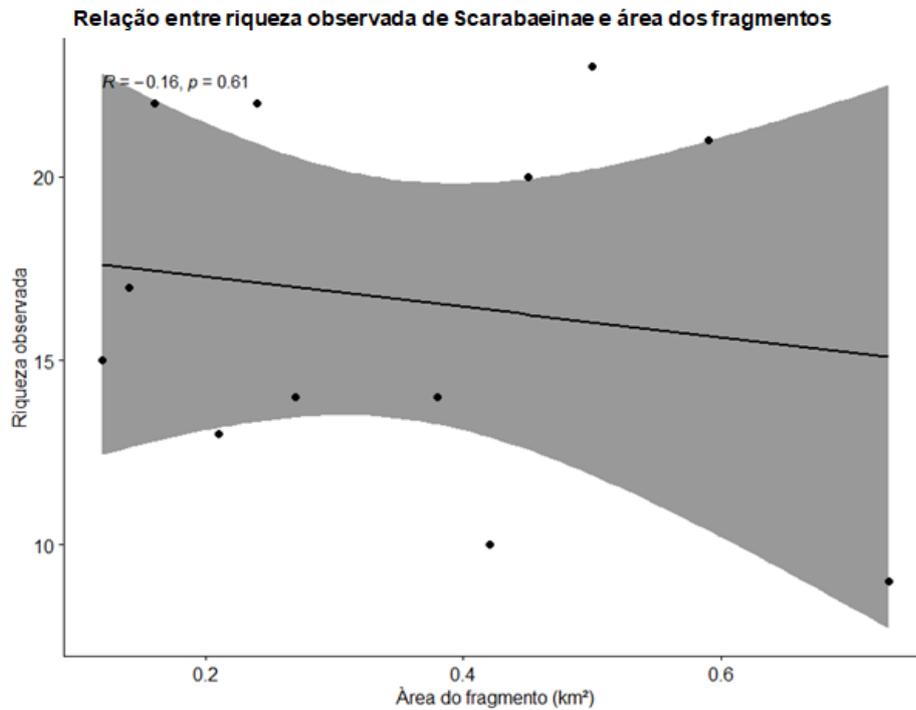


Fonte: Autora (2023).

4.2 Área e isolamento dos fragmentos

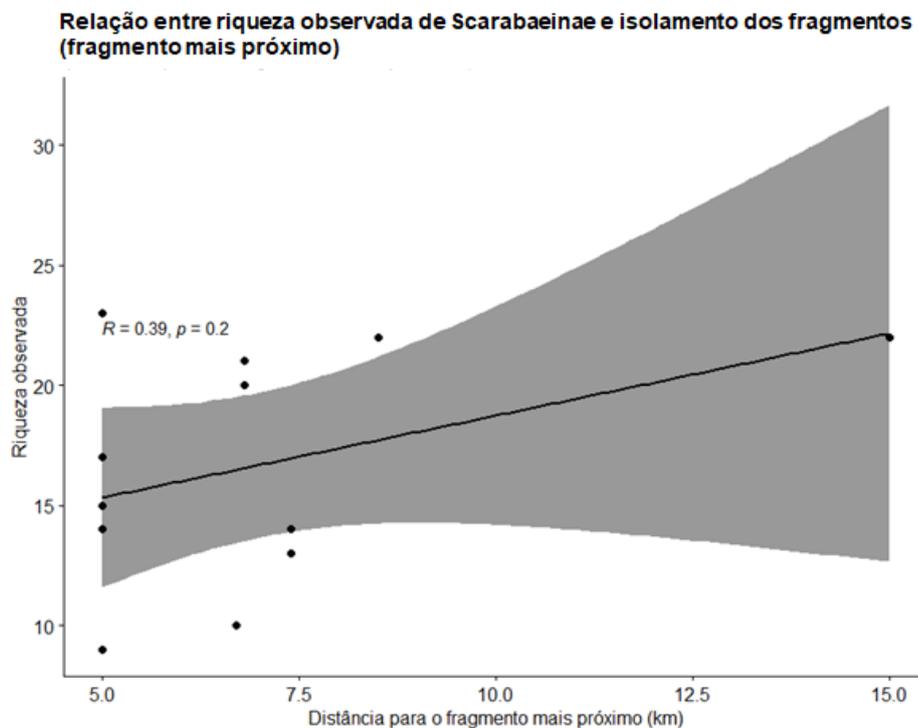
Quando se considera a relação área x riqueza, observa-se uma tendência de maior riqueza observada de Scarabaeinae em fragmentos florestais de menor área ($r = 0,16$; $p = 0,61$), porém a relação não é significativa (Figura 8). Existe também uma tendência de relação positiva entre a distância e riqueza, porém não significativa, quanto maior a distância entre os fragmentos maior a riqueza ($r = 0,39$; $p = 0,2$) (Figura 9).

Figura 8 - Associação da riqueza observada de scarabeíneos e o tamanho (km²) dos fragmentos florestais.



Fonte: Autora (2023).

Figura 9 - Associação entre a riqueza observada de scarabeíneos e a distância (km) entre fragmentos florestais estudados.



Fonte: Autora (2023).

4.3 Efeito de borda sobre a abundância, a riqueza e composição de Scarabaeinae

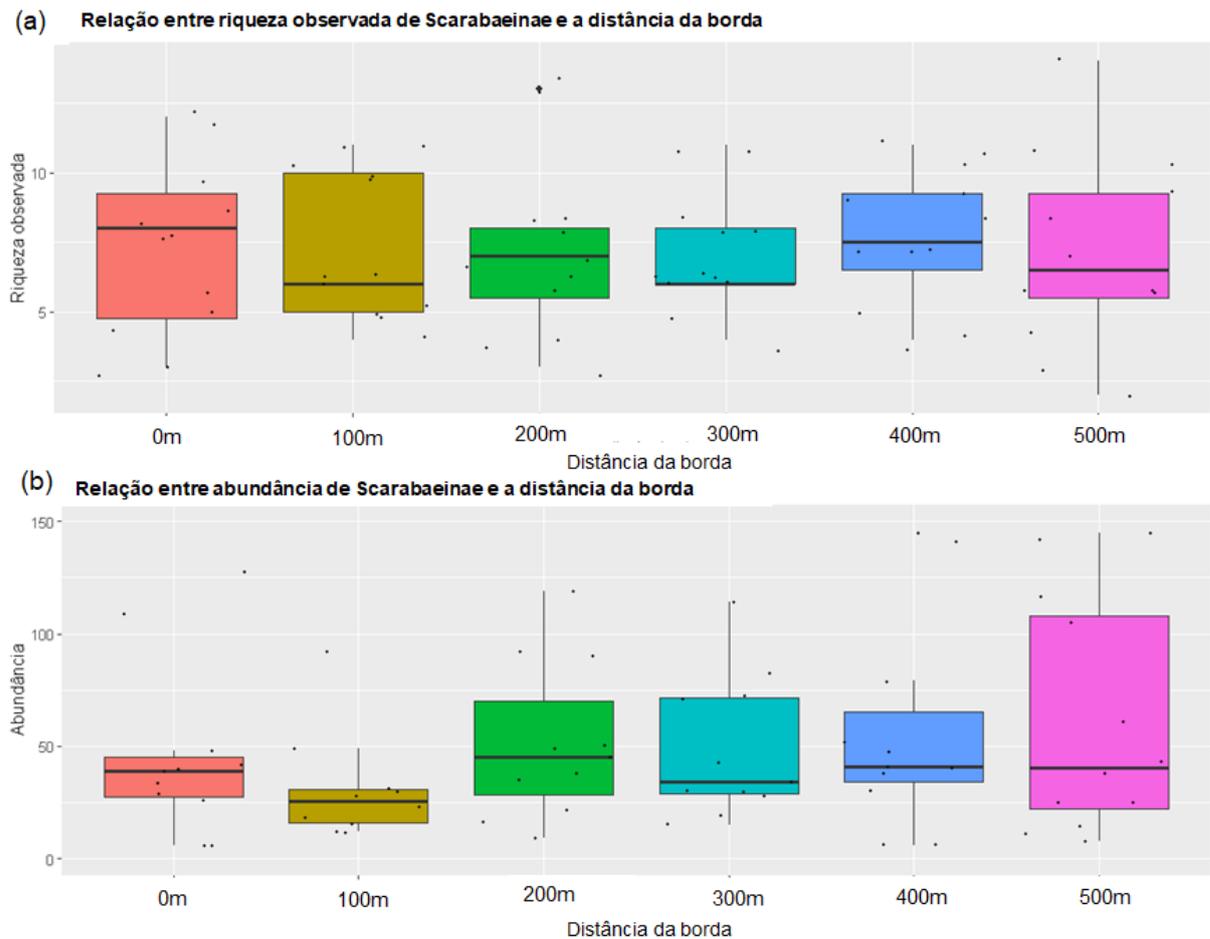
Modelos lineares generalizados mistos não detectaram efeitos da distância da borda sobre a riqueza observada (Figura 10a) e a abundância (Figura 10b) de Scarabaeinae. A db-RDA também não detectou diferenças significativas na composição taxonômica das comunidades de Scarabaeinae entre as distâncias das bordas (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultados da db-RDA para Riqueza, Abundância e Composição de Scarabaeinae em relação as distâncias das bordas.

Componente	GL	Estatística	Pr ($>\chi^2$)
Riqueza	5	0.36	0.99
Abundância	5	4.25	0.51
Composição	5	1.09	0.28
Residual	55	NA	NA

Fonte: Autora (2023).

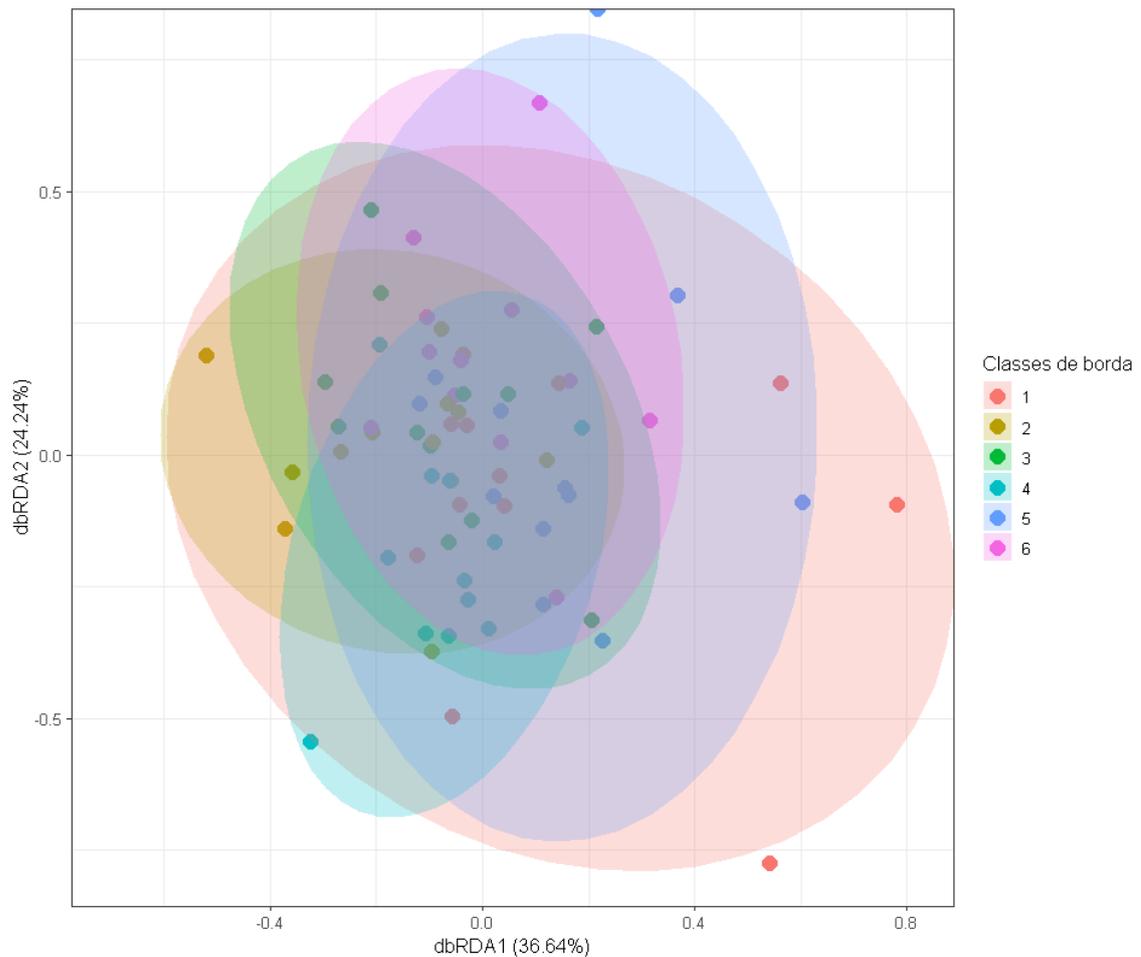
Figura 10 - Valores observados para (a) riqueza observada de morfoespécies (\pm EP), (b) abundância (\pm EP), da comunidade de Scarabaeinae nas diferentes distâncias das bordas amostradas.



Fonte: Autora (2023).

A análise de redundância baseada na distância (db-RDA), não detectou diferenças na composição das assembleias de Scarabaeinae em relação as bordas analisadas nos fragmentos florestais ($p = 0,28$) (Tabela 4). As bordas mais externas (0m e 100m) e as mais internas (400m e 500m) possuem sobreposição entre si (Figura 11).

Figura 11 - Análise de redundância baseada em distância (db-RDA) embasada na composição das assembleias de Scarabaeinae coletados nos fragmentos florestais dos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil. Distância da borda (m). 1 = 0m; 2 = 100m; 3 = 200m; 4 = 300m; 5 = 400m; 6 = 500m.



Fonte: Autora (2023).

4.4 Efeito das variáveis ambientais sobre a riqueza, abundância e composição

A db-RDA detectou diferenças significativas na composição taxonômica das comunidades de Scarabaeinae entre os fragmentos florestais (Tabela 5).

Tabela 5 – Análise db-RDA da composição na comunidade de escarabeíneos.

	Df	F	Pr(>F)
Modelo	11	9.56	0.001
Residual	55	NA	NA

Fonte: Autora (2023)

Os modelos globais detectaram efeitos significativos das variáveis ambientais sobre a riqueza, abundância e composição ($p < 0.05$). O procedimento de pré-seleção de variáveis resultou em modelos finais com diferentes preditores e frações de

variância explicada. Para a riqueza, o modelo final com variáveis pré-selecionadas e baixo VIF explicou 25% da variação da riqueza, e indicou que o CAP teve uma relação negativa, enquanto a ocorrência de área arada teve uma relação positiva com a riqueza (Tabela 6) (Figura 12a; b).

Tabela 6 - Variáveis preditoras para os padrões de riqueza de morfoespécies de Scarabaeinae coletados nos fragmentos florestais dos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil.

Preditores	Log-Média	IC	Estatística	P
CAP (médio>1,5m)	-1.28	-1.93 – -0.62	-3.83	<0.001
Agricultura	0.37	0.11 – 0.63	2.75	0.006
Efeitos Aleatórios				
σ^2		0.13		
T ₀₀ PONTO		0		
N _{PONTO}		6		
Observações		72		
Marginal R ² / Condicional R ²		0.255 / NA		

Fonte: Autora (2023).

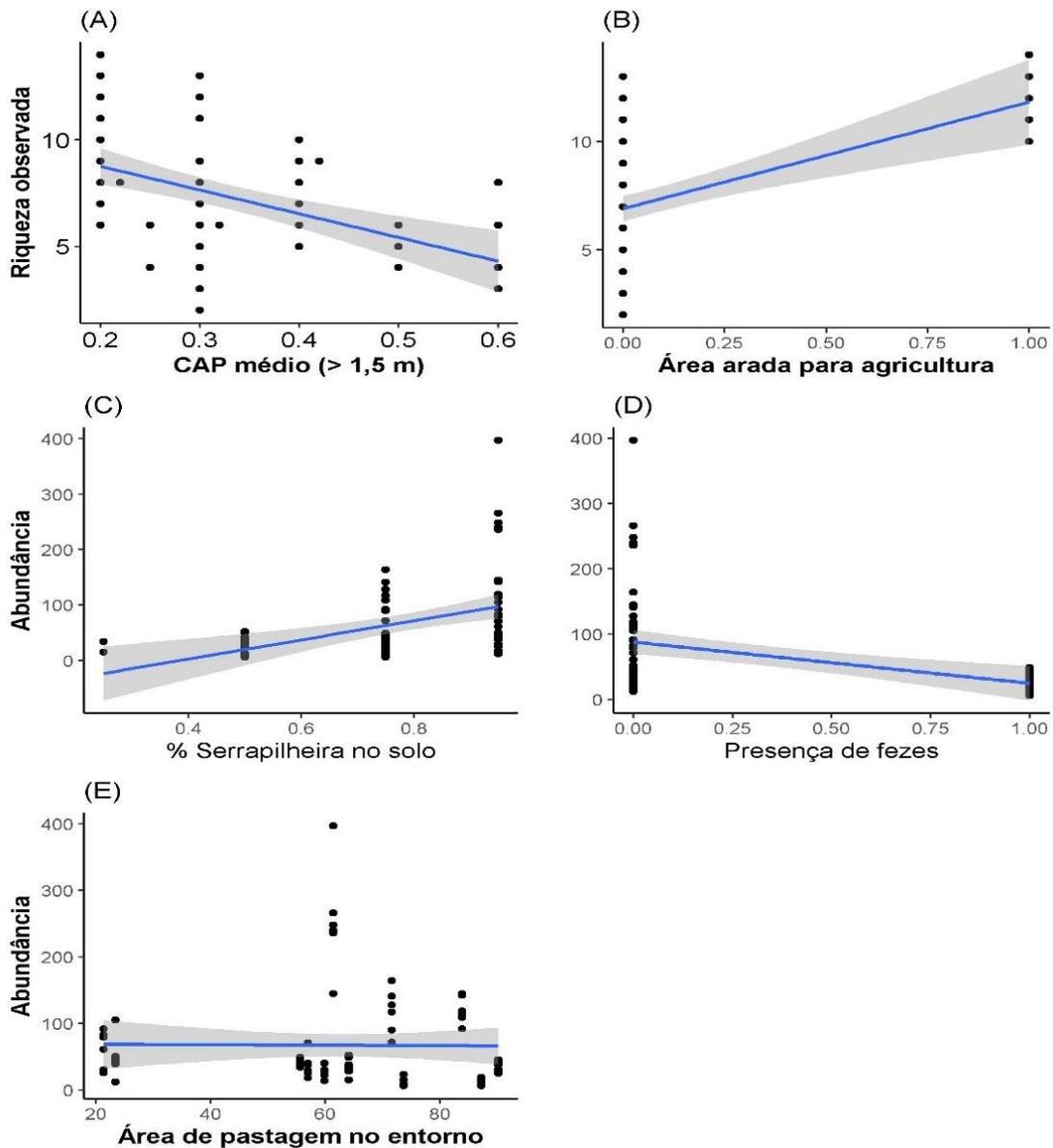
Para a abundância, o modelo final de pré-seleção e com variáveis de baixo VIF explicou 54% da variação da abundância, e demonstrou que serrapilheira e área de pastagem no entorno do fragmento tiveram relações positivas, com a abundância, enquanto a presença de fezes teve uma relação negativa com a abundância (Tabela 7) (Figura 12c; d; e).

Tabela 7 - Variáveis preditoras explicando os padrões de abundância de morfoespécies de Scarabaeinae coletados em áreas de fragmentos florestais dos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil.

Preditores	Log-Média	IC	Estatística	P
% serapilheira	2.43	1.43 – 3.43	4.77	<0.001
Fezes	-1.07	-1.44 – -0.70	-5.69	<0.001
Pastagem Entorno	0.01	0.00 – 0.02	2.97	0.003
Efeitos Aleatórios				
σ^2	0.37			
T ₀₀ PONTO	0			
N _{PONTO}	6			
Observações	72			
Marginal R ² / Condicional R ²	0.541 / NA			

Fonte: Autora (2023).

Figura 12 - Análise de regressão para a riqueza e abundância observada de scarabeíneos em relação as variáveis ambientais: A) CAP médio, B) área arada para agricultura, C) % de serrapilheira no solo, D) presença de fezes, E) área de pastagem no entorno.



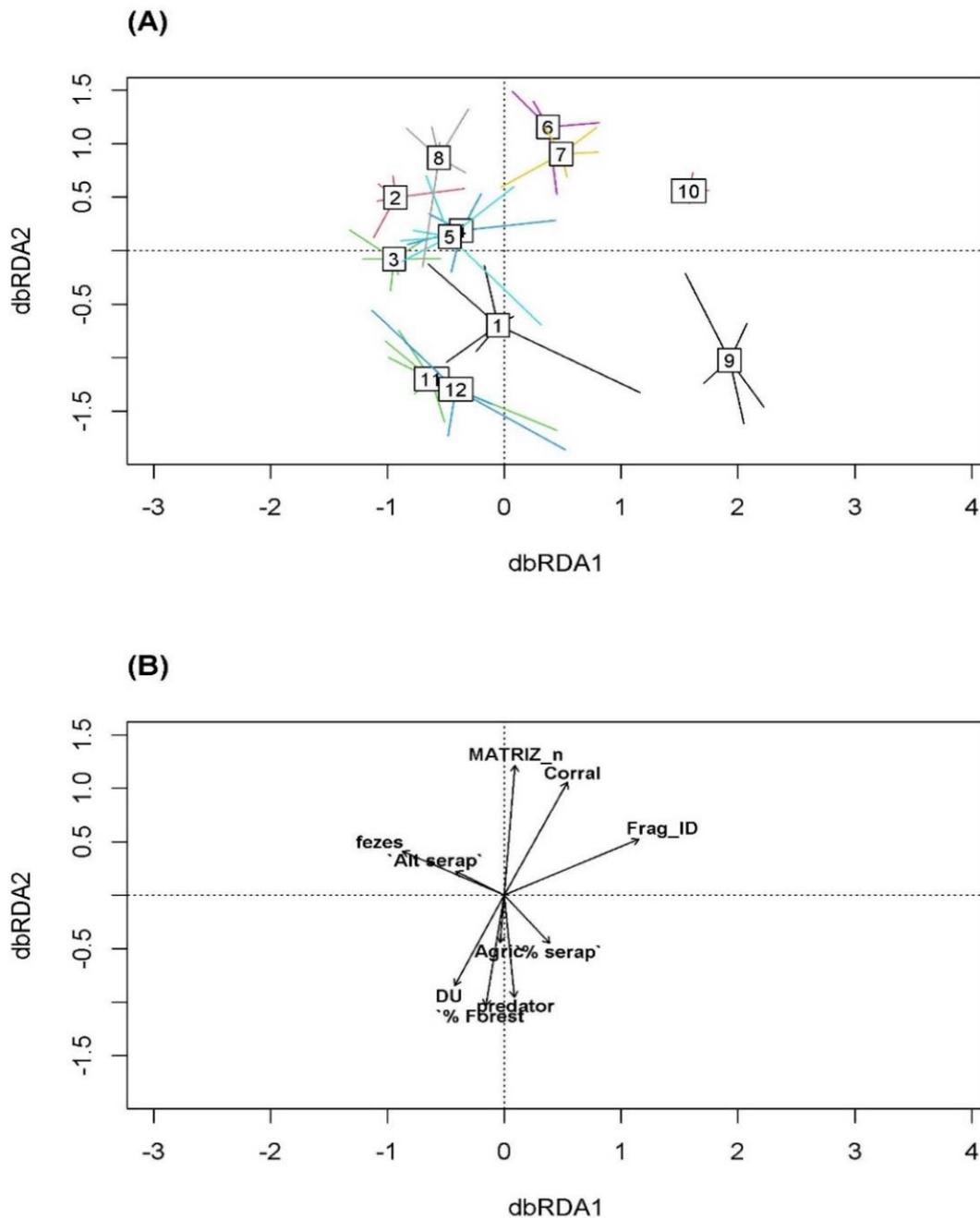
Fonte: Autora (2023).

4.5 Composição x ID FRAGMENTO + Var. Amb

O modelo db-RDA global foi significativo ($p < 0.05$), logo, procedeu-se a pré-seleção de variáveis, o qual identificou que as variáveis (distância de currais, distância de áreas urbana, quantidade de vegetação natural no entorno, quantidade de vegetação florestal interna a cada fragmento, altura e cobertura de serrapilheira,

presença de fezes e presença de predadores), foram as mais importantes e estiveram diferentemente associadas a identidade de cada fragmento florestal (por identidade do fragmento consideramos todas as demais variáveis que não foram medidas). A db-RDA mostrou que as variáveis ambientais selecionadas explicaram ~50% da variação existente na composição de morfoespécies entre os fragmentos florestais (Figura 13).

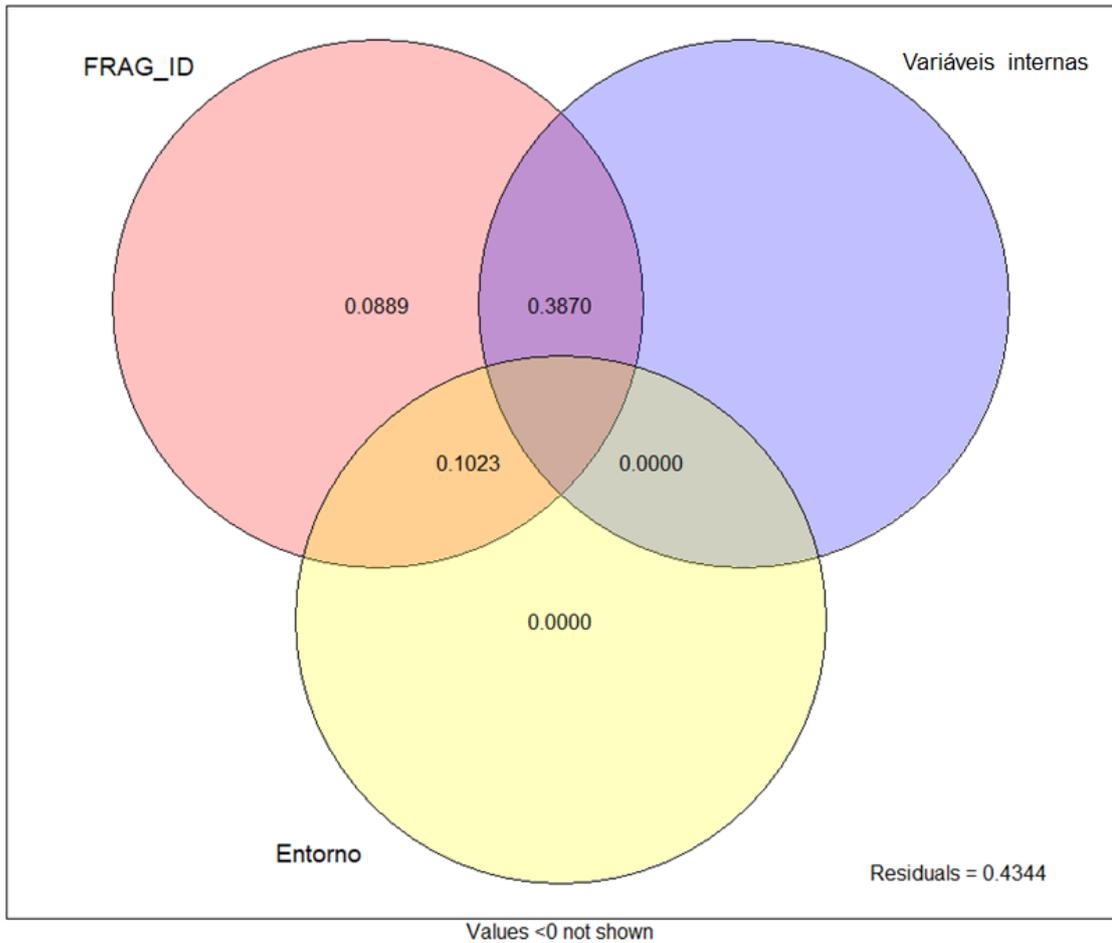
Figura 13 - Análise de redundância baseada em distância (db-RDA) embasada na composição das assembleias de Scarabaeinae coletados nos fragmentos florestais dos municípios de Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, Maranhão, Brasil. (A) Associação dos fragmentos florestais com as variáveis ambientais analisadas. (B) Variáveis ambientais mais influentes sobre cada fragmento florestal: matriz, presença de currais, identidade do fragmento, presença de fezes, altura e % de serrapilheira, área arada recentemente, presença de predadores, % de floresta, DU (distância para áreas urbanas).



Fonte: Autora (2023).

O procedimento de partição de variância demonstrou que a fração explicada de variância da composição de Scarabaeinae foi diferente entre as classes de preditores (Figura 14). As variáveis internas aos fragmentos apresentaram maior contribuição relativa (38%), enquanto as variáveis de entorno (matriz), (10%). Nota-se, porém, que a contribuição de cada classe de preditores não foi independente da identidade do fragmento.

Figura 14 - Partição de variância. Círculo rosa: ID do fragmento, Círculo azul: variáveis internas (ambientais), Círculo amarelo: entorno (matriz), demonstrando a contribuição de cada preditor para a composição da comunidade de Scarabaeinae coletados em fragmentos florestais.



Fonte: Autora (2023).

5 DISCUSSÃO

Apesar de não serem estatisticamente significativos, nossos resultados trazem uma tendência de maior riqueza de besouros em fragmentos florestais de menores dimensões. Esses besouros possuem, principalmente, hábito coprófago, estando sua distribuição fortemente influenciada pela ocorrência de mamíferos, que fornecem fezes e carcaças, recursos essenciais para alimentação e reprodução (Culot et al., 2013). Os fragmentos utilizados neste estudo possuem forte presença de pastagem para criação de bovinos, tornando as fezes desses animais sua principal fonte de recurso, portanto, o acesso de escarabeíneos as fezes desses mamíferos, é facilitada em fragmentos de menor porte. Esse fato também é evidenciado na relação dos fragmentos com maior abundância de indivíduos (F7 e F6) serem os mesmos que estão fortemente associados com as variáveis ambientais: matriz e presença de currais.

Além da redução e modificação do tipo de recurso alimentar disponível, estes fatores exercem efeito na distribuição espacial dos besouros rola-bostas e influenciam na escolha e na preferência do habitat pelas espécies. Assim, poucas espécies de besouros rola-bostas amazônicos conseguem utilizar de forma eficiente as pastagens como habitat e as fezes bovinas como alimento e local para nidificação. Isto acarreta modificação do padrão de distribuição da abundância caracterizada principalmente pelo surgimento de espécies com elevada abundância e redução no número de espécies (Tissiani; Vaz-De-Mello; Campelo, 2017).

Nossos resultados demonstram que a riqueza, abundância e composição dos escarabeíneos coletados nas bordas de cada fragmento não tiveram diferenças significativas em relação aos indivíduos capturados na parcela mais central da vegetação. Essas evidências apontam para a importância de se enxergar a borda dos fragmentos florestais não como uma quebra na diversidade de espécies, mas sim como uma continuidade para sua abundância (Melito *et al.*, 2021).

Esse fato corrobora com o estudo de Ewers *et al.* (2008), que relatam o fato de que existem táxons que não respondem como se os componentes da paisagem tivessem um limite fixo determinado, tais estudos sugerem a existência de gradientes de resposta de determinados táxons para as zonas de transição entre manchas de habitat ou de tipos de matrizes de forma gradual e não pontual. Os resultados encontrados neste trabalho reforçam esses padrões para os besouros da subfamília Scarabaeinae.

Nossos resultados se assemelham com os de Brito-Silva *et al.* (2016), que apontam para os modelos lineares gerais que não detectaram efeito da distância da borda sobre a riqueza de famílias de besouros em um fragmento florestal. Uma das possíveis explicações para este fato é que, por se tratar de uma borda não tão recente (os fragmentos estudados possuem de 10 a 20 anos), seu efeito pode estar “tamponado” (Brito-Silva *et al.*, 2016). Como não existem diferenças marcantes na estrutura da vegetação entre os dois ambientes (borda e interior), o efeito de borda não está evidente. Isso pode ocorrer quando a parcela de vegetação do interior do fragmento florestal já apresenta características dos impactos presentes na matriz. Esse fato indica que podem haver variáveis espaciais influenciando diretamente nesta resposta, como por exemplo porcentagem de vegetação nativa em cada habitat (interior e exterior), forma, tamanho e idade dos fragmentos e isolamento entre os mesmos (Melito *et al.*, 2021).

Uma outra variável paisagística importante é o tipo de matriz, porém uma primeira análise indica que esta variável não explica sozinha a resposta encontrada. A distribuição de besouros escarabeíneos ao longo dessas diferentes características dos ambientes pode, geralmente, demonstrar associações discretas com variações específicas dentro de cada uma das paisagens (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017).

Os resultados demonstraram que a variação da comunidade de escarabeíneos está completamente vinculada as variáveis ambientais encontradas em cada fragmento florestal amostrado. De acordo com Silva *et al.* (2014), alterações nas características ambientais promovem mudanças na comunidade de Scarabaeinae, levando a reduções na riqueza e abundância das espécies (Silva *et al.*, 2014; Korasaki *et al.*, 2013). Em paisagens dominadas pelas atividades agropecuárias, o manejo desenvolvido na matriz adjacente pode se tornar um dos fatores determinantes sobre a capacidade das áreas remanescentes em abrigar espécies (Sousa *et al.*, 2019; Campos; Hernández *et al.*, 2015). Isso ocorre porque algumas espécies são mais

resistentes as alterações do ambiente e conseguem sobreviver em condições críticas de degradação em um gradiente ambiental de menor vegetação e com uso do solo usado para recriação (ROBINSON; STRAUSS, 2020).

Os indivíduos de sistemas primitivos (preservado ou inalterado) são positivamente influenciadas pela vegetação estrutural complexa, solo e umidade, que também são fatores fundamentais para a comunidade de Scarabaeinae (Da Silva; Hernández, 2016; Cajaiba *et al.*, 2017). Em nosso estudo, a serapilheira foi um fator que possuiu um determinante positivo sobre a abundância do grupo. O tipo e a profundidade desta são preditores ecológicos essenciais, pois fornecem nichos de caça e forrageamento, e agem na proteção contra predadores e dessecação (Matthews, 2021; Cajaiba *et al.*, 2017). Detritos mais grosseiros são considerados essenciais como local de hibernação, para oviposicionamento e desenvolvimento larval para inúmeras espécies de Scarabaeinae (Matthews, 2021; Cajaiba; Silva, 2018).

Quanto a presença de pastagem na matriz, variável também positiva sobre a abundância, deve-se ao fato das fazendas adotarem o sistema de manejo de plantio direto para o solo, favorecendo a presença desses indivíduos no ambiente de cultivo (Pacheco Lima *et al.*, 2017), tornando-o propício a esse grupo como ambiente de reserva. O sistema de plantio direto modifica as condições do agroecossistema, devido ao pouco distúrbio mecânico do solo e à permanência de restos culturais sobre a superfície do mesmo (Fidelis *et al.*, 2003; Pacheco Lima *et al.*, 2017), que de certa forma pode copiar a serapilheira encontrada em áreas florestais. Essas modificações contribuem para o reestabelecimento do equilíbrio biológico, pelo aumento em número, diversidade e atividade da fauna do solo nos centímetros superficiais (Silva *et al.*, 2008).

As medidas do CAP (circunferência a altura do peito) tiveram uma relação negativa sobre a riqueza de Scarabaeinae. Pois tanto as características arbóreas e a heterogeneidade estrutural da vegetação influencia fortemente a riqueza desse grupo, fazendo com que a diminuição de árvores de grande porte e o empobrecimento de espécies nativas os afetem (Tiede *et al.*, 2017). Esse resultado indica também a importância de árvores mesmo que dispersas em áreas agrícolas e de sucessão vegetal regional (Magura *et al.*, 2010).

A cobertura da vegetação possui relação direta com heterogeneidade do habitat, sendo também um fator de enorme efeito na distribuição espacial desse grupo

de besouros, além de representar um conjunto de fatores que impactam as oscilações do microclima, o que tem influência na escolha e na preferência do ambiente pelas espécies (Silva; Diniz; Vaz-De-Mello, 2010). Por conta dos recursos limitados, espécies mais resistentes a climas extremos buscam recursos em áreas aradas recentemente como ficou evidente em nossos resultados. Ainda que, solos rasos que possuem apenas acúmulo de substrato superficial como é o caso, sejam desfavoráveis para o estabelecimento de espécies escavadoras e roladoras, pois, os indivíduos não são capazes de escavar o solo (Cajaiba; Da Silva; Périco, 2018).

A variação conjunta explicada pela interação entre as variáveis ambientais e a identidade do fragmento (características que não foram medidas, porém possuem potencial importância para a comunidade), foi de ao menos 38%. Enquanto a interação entre a matriz presente em cada um dos fragmentos (entorno) e a identidade deles, explica somente 10%. Peres-Neto *et al.* (2006) argumentam que isso pode acontecer devido ao regressor ter baixa correlação (próxima ou igual a zero) com a variável resposta e, simultaneamente, correlação com outro regressor, o qual é por sua vez correlacionado com a variável resposta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fragmentos florestais utilizados nessa pesquisa estão sofrendo com forte degradação promovida pelas atividades antrópicas, principalmente pelo uso extremo no solo para cultivo de grandes áreas de pastagem e criação de bovinos. O estudo foi propositadamente realizado em paisagens extremamente fragmentadas, o que é a realidade atual dos remanescentes florestais da Amazônia Legal Maranhense, sendo que poucas áreas de grande extensão se encontram legalmente asseguradas e preservadas de fato. Com relação às hipóteses levantadas, nosso trabalho demonstrou que a riqueza, abundância e composição de besouros Scarabaeinae são principalmente influenciadas pela identidade do fragmento, pelas variáveis ambientais do interior do fragmento e pelo entorno, porém não encontramos variação na estrutura da comunidade, relacionada ao efeito de borda.

Compreender como as espécies respondem às alterações espaço-temporais em paisagens fragmentadas é fundamental para auxiliar a tomada de decisões na esfera da conservação, possibilitado prever futuros impactos e planejar de maneira mais consistente as ações para mitigar os impactos atuais e reverter cenários desfavoráveis. Apesar das análises aqui propostas apresentarem resultados primordiais para a conservação de remanescentes florestais e manutenção da comunidade de Scarabaeinae, os resultados deste estudo devem ainda subsidiar e promover outras análises sobre como estes insetos respondem a fragmentação, em especial a relação da estrutura das comunidades com o tipo de matriz circundante, bem como com a idade do fragmento. Tais fatores evidenciarão quais atividades humanas mais impactam os besouros da subfamília Scarabaeinae em fragmentos da Amazônia Maranhense.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. R.; DA SILVA VILELA, M.; DE ANDRADE, M. V. M.; DA SILVA PINTO, L.; DE LIMA, D. B.; LIMA, L. L. L. Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região sul do Estado do Maranhão, Brasil. **Veterinária e Zootecnia**, v. 24, n. 3, p. 515-524, 2017. ISSN Eletrônico 2178-3764. Disponível em: <https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/download/287/152>. Acessado em: 08 abr. 2022.

ANDRESEN, E. Dung beetle assemblages in primary forest and disturbed habitats in a tropical dry forest landscape in western Mexico. **Journal of Insect Conservation**, v. 12, n. 6, p. 639–650, 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10841-007-9100-y>. Acessado em: 08 dez. 2022.

ANDRESEN, E. Primary seed dispersal by red howler monkeys and the effect of defecation patterns on the fate of dispersed seeds. **Biotropica**, v. 34, n. 2, p. 261-272, 2002. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00537.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00537.x>. Acessado em: 08 dez. 2022.

ANDRESEN, E.; LAURANCE, S. G. W. Possible indirect effects of mammal hunting on dung beetle assemblages in Panama. **Biotropica**, n. 39, p. 141-146. 2007. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00239.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7429.2006.00239.x>. Acessado em: 08 dez. 2022.

ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; MELO, F. P.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F.; CHAZDON, R. L.; MEAVE, J. A.; MEAVE, J. A.; NORDEN, N.; SANTOS, B. A.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. **Biological Reviews**, v. 92, p. 326–340, 2017. DOI <https://doi.org/10.1111/brv.12231>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/brv.12231>. Acessado em: 21 dez. 2022.

AWADE, M.; METZGER, J. P., 2008. Using gap-crossing capacity to evaluate functional connectivity of two Atlantic rainforest birds and their response to fragmentation. **Austral Ecology**, v. 33, p. 863-871. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2008.01857.x>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1442-9993.2008.01857.x>. Acessado em: 22 dez. 2022.

BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; ARAUJO, I. S.; ÁVILA-PIRES, T. C.; BONALDO, A. B.; COSTA, J. E.; ESPOSITO, M. C.; FERREIRA, L. V.; HAWES, J.; HERNANDEZ, M. I. M.; HOOGMOED, M. S.; LEITE, R. N.; LO-MAN-HUNG, N. F.; MALCOLM, J. R.; MARTINS, M. B.; MESTRE, L. A. M.; MIRANDA-SANTOS, R.; NUNES-GUTJAHR, A. L.; OVERAL, W. L.; PARRY, L.; PETERS, S. L.; RIBEIRO-JUNIOR, M. A.; DA SILVA, M. N. F.; DA SILVA MOTTA, C.; PERES, C. A. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, p. 18555-18560, 2007. DOI <https://doi.org/10.1073/pnas.0703333104>. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.0703333104>. Acesso em: 12 fev. 2023.

BATISTELLA, M.; ROBESON, S.; MORAN, E. F. Settlement Design, Forest Fragmentation, and Landscape Change in Rondônia, Amazônia. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 69, n. 7, p. 805–812, 2003. DOI <https://doi.org/10.14358/PERS.69.7.805>. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/asprs/pers/2003/00000069/00000007/art00006>. Acessado em: 10 fev. 2023.

BENNETT, A. F. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Second ed. IUCN, 2003. v. 59. *In*: 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, nov. 2006. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.06.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320706002850>. Acessado em: 05 mar.2023.

BICKNELL, J. E.; PHELPS, S. P.; DAVIES, R. G.; MANN, D. J.; STRUEBIG, M. J.; DAVIES, Z. G. Dung beetles as indicators for rapid impact assessments: Evaluating best practice forestry in the neotropics. **Ecological Indicators**, v. 43, p. 154–161, 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X14000880>. Acessado em: 06 mar.2023.

BOESING, A. L.; NICHOLS, E.; METZGER, J. P. Effects of landscape structure on avianmediated insect pest control services: a review. **Landscape ecology**, v. 32, n. 5, p. 931-944, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-017-0503-1>. Acessado em: 09 mar.2023.

BOGONI, J. A.; SILVA, P. G. DA; PERES, C. A. Co-declining mammal-dung beetle faunas throughout the Atlantic Forest biome of South America. **Ecography**, v. 42, p. 1–16, 2019. DOI <https://doi.org/10.1111/ecog.04670>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ecog.04670>. Acessado em: 02 mar. 2023.

BOSCOLO, D.; METZGER, J. Isolation determines patterns of species presence in highly fragmented landscapes. **Ecography**, v. 34, p. 1-12, 2011. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2011.06763.x>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1600-0587.2011.06763.x>. Acessado em: 01 mar. 2023.

BRITO-SILVA, B. C.; PINA, W. C.; SILVA, A. O efeito de borda na dinâmica de besouros em fragmento de Mata Atlântica de Tabuleiro. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 4, n. 3, p. 78-86, 2016. ISSN: 2316-980X. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/231213512.pdf>. Acessado em: 02 mar. 2023.

BUENO, A. M. C.; TORRES, D. A. P. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da agenda 2030 e bioeconomia**: oportunidades e potencialidades para atuação da Embrapa. Brasília, DF: EMBRAPA. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1142941/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-agenda-2030-e-bioeconomia-oportunidades-e-potencialidades-para-atuacao-da-embrapa>. Acessado em: 04 jul. 2023.

CAJAIBA, R. L.; PÉRICO, E.; SILVA, W. B.; SANTOS, M. Attraction of Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) to different baits in the Brazilian Amazon region. **Revista de Biologia Tropical**, v. 65, n. 3, p. 917-924, 2017. DOI <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i3.29433>. Disponível em: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/29433>. Acessado em: 01 jul. 2023.

CAJAIBA, R. L.; DA SILVA, W. B.; PÉRICO, E. Diversity of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) in different landscapes in northern Brazil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 13, n. 1, p. 10-16, 2018. DOI 10.4013/nbc.2018.131.02. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Reinaldo-Cajaiba/publication/324691769_Diversity_of_Scolytinae_Coleoptera_Curculionidae_in_different_landscapes_in_northern_Brazil/links/5be4d94d92851c6b27b02122/Diversity-of-Scolytinae-Coleoptera-Curculionidae-in-different-landscapes-in-northern-Brazil.pdf. Acessado em: 05 jul. 2023.

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. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112718309939>. Acessado em: 09 jul. 2023.

CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000500012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/hwRNSWLHDPKNxFtStDbngcL/?format=html&lang=pt>. Acessado em: 09 jul. 2023.

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. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.043>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X14004750>. Acessado em: 05 jul. 2023.

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Documento de Área de Ciências Ambientais. Brasília: Capes, 2011. Disponível em: https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/C_amb.pdf Acessado em: 20 ago. 2022.

CARRERO, G. C.; FEARNSTIDE, P. M. Forest cleaning dynamics and the expansion of landholdings in Apuí, a deforestation hotspot in Brazil's Transamazon highway. **Ecology and Society**, v. 16, n. 2, p. 01-18, 2011. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26268895>. Acessado em: 04 ago. 2023.

CARSJENS, G. J.; VAN LIER, H. N. Fragmentation and Land-Use Planning—An Introduction. **Landscape and Urban Planning**, v. 58, n. 2–4, p. 79–82, 2002. DOI [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00210-9](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00210-9). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204601002109>. Acessado em: 01 ago. 2023.

CHELI, G. H.; CORLEY, J. C. Efficient sampling of ground-dwelling arthropods using pitfall traps in arid steppes. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 912-917, 2010. DOI <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/nYXPLPGJQ3jFpMrQqcDMcbj/?lang=en>. Acessado em: 02 ago. 2023.

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. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/geomae/article/view/7677/5286>. Acessado em: 09 ago. 2023.

CULOT, L.; BOVY, E.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; GUEVARA, R.; GALETTI, M. Selective defaunation affects dung beetle communities in continuous Atlantic rainforest. **Biological Conservation**, v. 163, p. 79-89, 2013. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.04.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320713000992>. Acessado em: 12 ago. 2023.

DA SILVA, P. G.; HERNANDEZ, M. I. M. Spatial variation of dung beetle assemblages associated with forest structure in remnants of southern Brazilian Atlantic forest. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 60, p. 73-81, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2015.11.001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbent/a/WxS5HnPqvwSY73kwByxMC8w/?lang=en&format=html>. Acessado em: 14 jan. 2023.

DAMBORSKY, M. P.; ALVAREZ-BOHLE, M. C.; POLESEL, M. G. I., PORCEL, E. A., FONTABA, J. L. Spatial and Temporal Variation of Dung Beetle Assemblages in a Fragmented Landscape at Eastern Humid Chaco. **Neotropical Entomology**, v. 44, p. 30–39, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-014-0257-2>. Acessado em: 21 jan. 2023.

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. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00472.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7429.2008.00472.x>. Acessado em: 13 jan. 2023.

DE OLIVEIRA, S. J. P.; NOVAIS, L. G.; SANTOS, G. K.; GOMES, A. K.; SOUZA, M. L. E.; DE ALMEIDA, C. P. H. Insetos como bioindicador de qualidade ambiental em ambientes aquáticos. **Revista Thema**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 356-366, 2021. DOI <https://doi.org/10.15536/thema.V19.2021.356-366.1737>. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/1737>. Acessado em: 25 jan. 2023.

DIDHAM, R. K.; BARKER, G. M.; BARTLAM, S.; DEAKIN, E. L.; DENMEAD, L. H.; FISK, L. M.; PETERS, J. M. R.; TYLIANAKIS, J. M.; WRIGHT, H. R.; SCHIPPER, L. A. Agricultural intensification exacerbates spillover effects on soil biogeochemistry in adjacent forest remnants. **PLoS One**, v. 10, n. 1, p. e0116474, 2015. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116474>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0116474>. Acessado em: 30 jan. 2023.

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. DOI <https://doi.org/10.1126/science.1251817>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1251817>. Acessado em: 06 mai. 2023.

ESCOBAR, F. HALFFTER, G. SOLÍS, A. HALFFTER, V. NAVARRETE, D. Temporal shifts in dung beetle community structure within a protected area of tropical wet forest: a 35-year study and its implications for long-term conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, p. 1584-1592, 2008. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01551.x>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2664.2008.01551.x>. Acessado em: 11 mai. 2023.

EWERS, R. M.; DIDHAM, R. K. Pervasive impact of large-scale edge effects on a Beetle community. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, p. 5426–5429, 2008. DOI <https://doi.org/10.1073/pnas.0800460105>. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.0800460105>. Acessado em: 12 mai. 2023.

FARDILA, D.; KELLY, L. T.; MOORE, J. L.; MCCARTHY, M. A. A systematic review reveals changes in where and how we have studied habitat loss and fragmentation over 20years. **Biological Conservation**, v. 212, p. 130-138, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.04.031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320717307310>. Acessado em: 14 mai. 2023.

FELTON, A.; FELTON, A. M.; WOOD, J.; LINDENMAYER, D.B. Vegetation structure, phenology, and regeneration in the natural and anthropogenic tree-fall gaps of a reduced impact logged subtropical Bolivian forest. **Forest Ecology and Management**, v. 235, p. 186-193, 2006. DOI

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.08.011>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112706008401>.

Acessado em: 14 set. 2023.

FERNANDES, I. G.; GOMES A. A.; LAPORTA, J. L. Educação ambiental marinha na reserva de desenvolvimento sustentável barra do una, Peruíbe (SP), **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 177-194, 2017.

<https://doi.org/10.34024/revbea.2017.v12.2374>. Disponível em:

<https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/2374>. Acessado em: 09 set. 2023.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Identificação de áreas para recomposição florestal com base em princípios de ecologia de paisagem. **Revista Árvore**, v. 27, p. 575-583, 2003. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000400018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/ssTp67gqKtB8FcFXH9QNLQF/?lang=pt>. Acessado em: 29 set. 2023.

FIDELIS, R.R.; ROCHA, R.N.C.; LEITE, U.T.; TANCREDI, F. D. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n.1, p. 23-31, 2003. Disponível em:

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20033160526>. Acessado em: 21 set. 2023.

FILGUEIRAS, B. K. C.; TABARELLI, M. LEAL, I. R.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; IANNUZZI, L. Dung beetle persistence in human-modified landscapes: combining indicator species with anthropogenic land use and fragmentation-related effects. **Ecological Indicator**, v. 55, p. 65–73, 2015. DOI

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.02.032>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X15001090>.

Acessado em: 24 set. 2023.

FISCHER, R.; TAUBERT, F.; MULLER, M. S.; GROENEVELD, J.; LEHMANN, S.; WIEGAND, T.; HUTH, A. Accelerated Forest Fragmentation Leads To Critical Increase In Tropical Forest Edge Area. **Science Advances**, [s.l.], v. 7, n. 37, 2021.

<https://doi.org/10.1126/sciadv.abg7012>. Disponível em:

<https://www.science.org/doi/full/10.1126/sciadv.abg7012>. Acessado em: 22 jun. 2023.

FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 493-502, 2007. Disponível em:

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2684906.pdf>. Acessado em: 16 jun. 2023.

FRAZER, G. W.; CANHAM, C. D.; LERTZMAN, K. P. **Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fishe eye photographs, users manual**

and program documentation. New York: Simon Fraser University Burnaby, B. C., p.36, 1999. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=6392a1f921f7ad748b0b016489b88d9b8355ff4b>. Acessado em: 13 jun. 2023.

FROST, C. M.; DIDHAM, R. K.; RAND, T. A.; PERALTA, G.; TYLIANAKIS, J. M. Community-level net spillover of natural enemies from managed to natural forest. **Ecology**, v. 96, n. 1, p. 193-202, 2015. DOI <https://doi.org/10.1890/14-0696.1>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/14-0696.1>. Acessado em: 14 jun. 2023.

GARCIA, M.; ORTEGO, F.; CASTANERA, P.; FARINOS, G. P. Effects of exposure to the toxin Cry1Ab through Bt maize fed-prey on the performance and digestive physiology of the predatory rove beetle *Atheta coriaria*. **Biological Control**, v. 55, p. 225-233, 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.08.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964410001775>. Acessado em: 22 jun. 2023.

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. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01454.x>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2664.2008.01454.x>. Acessado em: 26 out. 2022.

GIBSON, L. LEE, T. M. KOH, L. P. BROOK, B. W. GARDNER, T. A. BARLOW, J. PERES, C. A. BRADSHAW, C. J. A. LAURANCE, W. F. LOVEJOY, T. E. SODHI, N. S. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. **Nature**, v. 478, p. 378-381, 2011. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature10425>. Acessado em: 21 out. 2022.

GOMEZ, A. D. Activity density versus biomass distribution patterns among ground-beetle species as bioindicator for conservation planning over a wide range of altitudes in Tenerife (Canary Islands). **Ecological Indicator**, v. 10, p. 1213-1217, 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.03.017>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X10000592>. Acessado em: 08 out. 2022.

HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. The Nesting Behavior of Dung Beetles (Scarabaeinae). An Ecological and Evolutive Approach. **New York Entomological Society**, v. 91, n. 4, p. 512-515, 1983. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19830503784>. Acessado em: 30 out. 2022.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y.; Competition in dung beetles, p. 305 – 329. In: HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung beetle ecology**. Princeton: Princeton University Press. p. 481, 1991. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ekIABAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA305&dq=HANSKI,+I.%3B+CAMBEFORT,+Y.%3B+Competition+in+dung+beetles,+p.+305+%E2%80%93+329.&ots=5Y42vMgeao>

&sig=AUXt9VjzsemMjz79Weph4lzRWMI#v=onepage&q=HANSKI%2C%20I.%3B%20CAMBEFORT%2C%20Y.%3B%20Competition%20in%20dung%20beetles%2C%20Op.%20305%20%E2%80%93&f=false. Acessado em: 21 out. 2022.

HERNÁNDEZ M. I. M.; DA SILVA, P. G.; NIERO M. M.; ALVES V. M.; BOGONI, J. A.; BRANDL, A. L.; BUGONI, A.; CAMPOS, R. C.; CONDÉ P. A.; MARCON C. B.; SIMÕES, T.; TERHORST, L. H.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Ecological Characteristics of Atlantic Forest Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in the State of Santa Catarina, Southern Brazil, **The Coleopterists Bulletin**, n. 73. v. 3, p. 693-709, 2019. DOI <https://doi.org/10.1649/0010-065X-73.3.693>. Disponível em: <https://bioone.org/journals/the-coleopterists-bulletin/volume-73/issue-3/0010-065X-73.3.693/Ecological-Characteristics-of-Atlantic-Forest-Dung-Beetles-Coleoptera--Scarabaeidae/10.1649/0010-065X-73.3.693.short>. Acessado em: 25 fev. 2022.

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. DOI <https://doi.org/10.1590/S0085-56262009000400010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbent/a/WBgSkJBrLVjPSXq9xTGwPTn/>. Acessado em: 21 fev. 2022.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 12 mai. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **População estimada**: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>. Acessado em: 20 fev. 2022.

JACOBS, C. T.; SCHOLTZ, C. H.; ESCOBAR, F.; DAVIS, A. L. V. How might intensification of farming influence dung beetle diversity (Coleoptera: Scarabaeidae) in Maputo Special Reserve (Mozambique)? **Journal of Insect Conservation**, v. 14, p. 389-399, 2010. DOI <https://doi.org/10.1007/s10841-010-9270-x>. Disponível em: https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/14162/Jacobs_How%282010%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acessado em: 22 fev. 2022.

KIM, D.; SEXTON, J. O.; TOWNSHEND, J. R. Accelerated deforestation in the humid tropics from the 1990s to the 2000s. **Geophysical Research Letters**, v. 42, p. 3495-3501, 2015. DOI <https://doi.org/10.1002/2014GL062777>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2014GL062777>. Acessado em: 22 fev. 2022.

KORASAKI, V.; BRAGA, R. F.; ZANETTI, R.; MOREIRA, F. M. S.; VAZ-DE MELLO, F. V.; LOUZADA, J. Conservation value of alternative land-use systems for dung beetles in Amazon: valuing traditional farming practices. **Biodiversity and Conservation**, Madrid, v. 22, p. 1485-1499, 2013. DOI <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0487-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-013-0487-3>. Acessado em: 19 fev. 2022.

KOTZE, D. J.; BRANDMAYR, P.; CASALE, A. Forty years of carabid beetle research in Europe - from taxonomy, biology, ecology and population studies to bioindication, habitat assessment and conservation. **Zookeys**, v. 100, p. 55-148, 2011. DOI <https://doi.org/10.3897/zookeys.100.1523>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3131012/>. Acessado em: 05 jan. 2023.

LAURANCE, R.; W. WALKER, J.; HOBBS, R. J. **Linking Restoration and Ecological Succession**. Springer Press. 2007. DOI <https://doi.org/10.1007/978-0-387-35303-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-35303-6>. Acessado em: 20 fev. 2022.

LAURANCE, W. F. R.; O. BIERREGAARD, JR. **Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities**. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, U.S.A., p. 616, 1997. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=hkHBI9I8PCIC&oi=fnd&pg=PR9&dq=LAURANCE,+W.+F.+R.+O.+BIERREGAARD,+JR.+Tropical+Forest+Remnants:+Ecology,+Management,+and+Conservation+of+Fragmented+Communities.+University+of+Chicago+Press,+Chicago,+Illinois&ots=AHJphOQAWF&sig=kTrfZZvvimY2kDGsq2ujlGPDSuc#v=onepage&q&f=false>. Acessado em: 24 jan. 2023.

LIMA, J. S.; CAJAIBA, R. L.; MARTINS, J. S. C.; PEREIRA, K. S.; SOUSA, E. S. Educação ambiental em resíduos sólidos em escolas no município de Buriticupu - MA. **Scientia Amazonia**, v. 7, p. 122-127, 2018. ISSN:2238.1910. Disponível em: https://www.academia.edu/download/72456323/2018_ARTIGO_Scientia_Amazonia_Educacao_ambiental_em_residuos_solidos_em_escolas_no_municipio_de_Buriticupu_MA.pdf. Acessado em: 08 fev. 2022.

LIN, S.; WU, R.; YANG, F.; WANG, J.; WU, W. Spatial trade-offs and synergies among ecosystem services within a global biodiversity hotspot. **Ecological Indicators**, v. 84, p. 371-381, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X1730568X>. Acessado em: 26 mar. 2023.

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. DOI <https://doi.org/10.1590/S1984-46702011000100011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/zool/a/pp3X7SnrsVDQw33r7hQdmPg/?lang=en>. Acessado em: 12 jan. 2023.

MAGURA, T.; LÖVEI, G. L.; TÓTHMÉRÉSZ, B. Does urbanization decrease diversity in ground beetle (Carabidae) assemblages? **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, n. 1, p. 16-26, 2010. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00499.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1466-8238.2009.00499.x>. Acessado em: 20 jan. 2023.

MATTHEWS, T. J. On the biogeography of habitat islands: the importance of matrix effects, noncore species, and source-sink dynamics. **The Quarterly review of biology**, v. 96, n. 2, p. 73-104, 2021. DOI <https://doi.org/10.1086/714482>. Disponível em: <https://research.birmingham.ac.uk/en/publications/on-the-biogeography-of-habitat-islands-the-importance-of-matrix-e>. Acessado em: 18 jul. 2023.

MCGARIGAL, K.; MCCOMB, W. C. Relationships Between Landscape Structure and Breeding Birds in the Oregon Coast Range. *Ecological Monographs*, v. 65, n. 3, p. 235–260, fev. 1995. DOI <https://doi.org/10.2307/2937059>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2307/2937059>. Acessado em: 15 jul. 2023.

MEDRI, I. M.; LOPES, J. Scarabaeidae (Coleoptera) do Parque Estadual Mata dos Godoy e de área de pastagem, no norte do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 1, p. 135-141, 2001. DOI <https://doi.org/10.1590/S0101-81752001000500011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbzool/a/n7qck5f3thRxyvHdGDc9mfK/?lang=pt>. Acessado em: 14 jul. 2023.

MELITO, M.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; METZGER, J. P.; CAZETTA, E.; ROCHA-SANTOS, L.; MELO, F. P.; SANTOS, B. A.; MAGNAGO, L.; F. S.; HERNÁNDEZ-RUEDAS, M. A.; FARIA, D.; OLIVEIRA, A. A. Landscape forest loss decreases aboveground biomass of Neotropical forests patches in moderately disturbed regions. **Landscape Ecology**, v. 36, p. 439-453, 2021. DOI <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01166-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-020-01166-7>. Acessado em: 28 jul. 2023.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, p. 1-9, 2001. DOI <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/Jbchd6rjY35PGkY5BHPz63S/?format=html&lang=pt#>. Acessado em: 17 mai. 2023.

MITCHELL, M. G.; SUAREZ-CASTRO, A. F.; MARTINEZ-HARMS, M.; MARON, M.; MCALPINE, C.; GASTON, K. J.; JOHANSEN, K.; RHODES, J. R. Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 4, p. 190–198, abr. 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.01.011>. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347\(15\)00023-3?_returnURL=http://linkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS016953471500233%3Fshowall%3Dtrue&mobileUi=0](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347(15)00023-3?_returnURL=http://linkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS016953471500233%3Fshowall%3Dtrue&mobileUi=0). Acessado em: 12 mai. 2023.

MORALIS, G. B. **Manejos da irrigação em variedades de soja em SPD por métodos de manejo, via atmosfera e solo**. Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Cintra Lima. Coorientador: Prof. Dr. Rafael Simões Tomaz. 2022. 44 p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma). Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp. Dracena, SP. 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/cec23380-447f-40e8-95dc-42f7899d3787/download>. Acessado em: 19 mai. 2023.

MURCIA C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**. v.10, n. 2, p. 58-62, 1995. DOI

[https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)88977-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6). Disponível em:

[https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347\(00\)88977-6](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347(00)88977-6).

Acessado em: 27 dez. 2022.

NAGY, D.; MAGURA, T.; MIZSER, S.; DEBNÁR, Z.; TÓTHMÉRÉSZ, B. Recovery of surface-dwelling assemblages (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae) during clear-cut originated reforestation with native tree species. **Periodicum Biologorum**, v. 118, p. 195-203, 2016. DOI 10.18054/pb.2016.118.3.3927. Disponível em:

https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/periodicum_biologorum/article/view/3927/2534.

Acessado em: 15 dez. 2022.

NEGRO, M.; ISAIA, M.; PALESTRINI, C.; SCHOENHOFER, A.; ROLANDO, A. The impact of high-altitude ski pistes on ground-dwelling arthropods in the Alps. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, p. 1853-1870, 2010. DOI

<https://doi.org/10.1007/s10531-010-9808-y>. Disponível em:

https://www.academia.edu/download/51420317/The_impact_of_high-altitude_ski_pistes_o20170118-12269-x8f489.pdf. Acessado em: 20 dez. 2022.

NEWBOLD, T.; HUDSON, L.; HILL, S.; CONTU, S.; LYSENKO, I.; SENIOR, R.;

BÖRGER, L.; BENNETT, D.; CHOIMES, A.; COLLEN, B.; DAY, J.; PALMA, A.; DÍAZ, S.;

ECHEVERRIA-LONDOÑO, S.; EDGAR, M.; FELDMAN, A.; ALHUSSEINI, T.;

INGRAM, D.; ITESCU, Y.; KATTGE, J.; TUCK, S.; WEIHER, E.; WHITE, H.;

EWERS, R.; MACE, G.; SCHARLEMANN, J.; ...; PURVIS, A. Global effects of land

use on local terrestrial biodiversity. **Nature**, v. 520, p. 45–50, 2015. DOI

<https://doi.org/10.1038/nature14324>. Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/nature14324>. Acessado em: 06 dez. 2022.

NICHOLS, E.; SPECTOR, S.; LOUZADA, J.; LARSEN, T.; AMEZQUITA, S.; FAVILA, M. E. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**, v. 141, p. 1461-1474, 2008. DOI

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320708001420>.

Acessado em: 16 dez. 2022.

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. DOI

<https://doi.org/10.1890/12-0251.1>. Disponível em:

<https://europepmc.org/article/med/23600252>. Acessado em: 12 dez. 2022.

OLIVEIRA, A. B.; PEREIRA, A. M.; GONÇALVES, L. F. L. Expansão do eucalipto e transformações na estrutura produtiva da pequena propriedade rural em municípios do norte da microrregião de Imperatriz, Maranhão, Brasil. Núcleo de Estudos,

Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária – NERA, Presidente Prudente/SP, Brasil.

Revista NERA, v. 25, n. 62, p. 179-201, jan.-abr., 2022. DOI

10.47946/rnera.v0i62.8518. Disponível em:

<https://doi.org/10.47946/rnera.v0i62.8518>.

<https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/8518/6787>. Acessado em: 24 dez. 2022.

PACHECO LIMA, C. E.; MADEIRA, N. R.; DA SILVA, J.; FONTENELLE, M. R.; CASTRO; MELO, R. A.; GUEDES, I. M. R. **Benefícios da adoção do sistema de plantio direto de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017. ISSN 1415-2312. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1084047/1/DOC156.pdf>. Acessado em: 04 nov. 2022.

PAOLETTI, M. G.; D'INCA, A.; TONIN, E.; TONON, S.; MIGLIORINI, C.; PETRUZZELLI, G.; PEZZAROSSA, B.; GOMIERO, T.; SOMMAGGIO, D. Soil invertebrates as bio-indicators in a natural area converted from agricultural use: the case study of Vallevecchia-Lugugnana in north-eastern Italy. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 34, p. 38-56, 2010. DOI <https://doi.org/10.1080/10440040903396698>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10440040903396698>. Acessado em: 16 nov. 2022.

PERES-NETO, P. R.; LEGENDRE, P.; DRAY, S.; BORCARD, D. Variation partitioning of species data matrices: Estimation and comparison of fractions, **Ecology**, v. 87, p. 2614-2625, 2006. DOI [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[2614:VPOSDM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[2614:VPOSDM]2.0.CO;2). Disponível em: [https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[2614:VPOSDM\]2.0.CO;2](https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/0012-9658(2006)87[2614:VPOSDM]2.0.CO;2). Acessado em: 05 nov. 2023.

PHILIPPI, A.; SOBRAL, M.; FERNANDES, V.; ALBERTO, C. Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e Ciências Ambientais. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, [S. l.], v. 10, n. 21, 2014. DOI <https://doi.org/10.21713/2358-2332.2013.v10.423>. Disponível em: <https://rbpg.capes.gov.br/rbpg/article/view/423/353>. Acessado em: 14 nov. 2022.

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. DOI <https://doi.org/10.1126/science.1246752>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1246752>. Acessado em: 22 jul. 2023.

PSCHEIDT, F.; HIGUCHI, P.; DA SILVA, A. C.; RECH, T. D.; SALAMI, B.; FERREIRA, T. S.; BONAZZA, M.; BENTO, M. A.; Efeito de borda como fonte da heterogeneidade do componente arbóreo em uma floresta com araucárias no sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 601-612, 2018. DOI <https://doi.org/10.5902/1980509832046>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/qG7Y4CNzTbWjC5r6br5spkh/?lang=pt&format=html>. Acessado em: 05 jul. 2023.

RICKLEFS, R. A economia da natureza. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. Disponível em: <https://acervo.enap.gov.br/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=523591>. Acessado em: 30 out. 2023.

RITTER, L. M. O.; MORO, R. S. As bases epistemológicas da ecologia da paisagem. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 3, p. 58-61, 2012. DOI <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v3n3.ritter>. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/286/199>. Acessado em: 17 nov. 2022.

ROBINSON, M. L.; STRAUSS, S. Y. Generalists are more specialized in low resource habitats, increasing stability of ecological network structure. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 4, p. 2043-2048, 2020. DOI <https://doi.org/10.1073/pnas.1820143117>. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.1820143117>. Acessado em: 24 nov. 2022.

RODRIGUES, J. F. P.; NASCIMENTO, M. T. Fragmentação Florestal: breves considerações teóricas sobre efeito de borda. **Rodriguésia**, v. 57, n. 1, p. 63-74, 2006. DOI <https://doi.org/10.1590/2175-7860200657105>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/23498309>. Acessado em: 14 nov. 2022.

RUDKE, A. P.; XAVIER, A. C. F.; MARTINS, L. D.; FREITAS, E. D.; UVO, C. B.; HALLAK, R.; ... MARTINS, J. A. Landscape changes over 30 years of intense economic activity in the upper Paraná River basin. **Ecological Informatics**, v. 72, p. 101-882, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101882>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574954122003326>. Acessado em: 22 out. 2023.

SILVA, P. G. Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) of Two Non-Native Habitats in Bagé, Rio Grande do Sul, Brazil. **Zoological Studies**, Taipei, v. 50, n. 5, p. 546- 559, 2011. Disponível em: <https://zoolstud.sinica.edu.tw/Journals/50.5/546.pdf>. Acessado em: 20 jul. 2023.

SILVA, R.J.; COLETTI, F.; COSTA, D. A.; VAZ-DE-MELLO, F.Z. Rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de florestas e pastagens no sudoeste da Amazônia brasileira: Levantamento de espécies e guildas alimentares. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 3, p. 345-352. 2014. DOI <https://doi.org/10.1590/1809-4392201304472>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/5T6dQ57CjwyTJ7vpCW5NqXm/?lang=pt>. Acessado em: 25 jul. 2023.

SILVA, R.J.; DINIZ, S.; VAZ-DE-MELLO, F.Z. Heterogeneidade do habitat, riqueza e estrutura da assembléia de besouros rola-bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) em áreas de cerrado na Chapada dos Parecis, MT. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 934-940, 2010. DOI <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/TNph9pzf7PTwNj7FwBx3cPp/?lang=pt&format=html>. Acessado em: 02 nov. 2022.

SILVA, W. G. D.; METZGER, J. P.; BERNACCI, L. C.; CATHARINO, E. L. M.; DURIGAN, G.; SIMÕES, S. Relief influence on tree species richness in secondary forest fragments of Atlantic Forest, SE, Brazil. **Acta Botanica Brasiliensis**, v. 22, p. 589-598, 2008. DOI <https://doi.org/10.1590/S0102-33062008000200026>. Disponível

em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/b8xH4pzLb98Skj369kq6R3r/?lang=en>. Acessado em: 02 jan. 2023.

SOUSA J. S. B.; LONGO M. G.; SANTOS B. A. Landscape patterns of primary production reveal agricultural benefits from forest conservation. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, p. 136–145, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.08.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2530064418301718>. Acessado em: 01 jan. 2023.

SPECTOR, S. Scarabaeinae dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): An invertebrate focal taxon for biodiversity and conservation research. **The Coleopterists Bulletin**, v. 5, p. 71–83, 2006. DOI [https://doi.org/10.1649/0010-065X\(2006\)60\[71:SDBCSS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1649/0010-065X(2006)60[71:SDBCSS]2.0.CO;2). Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4153164>. Acessado em: 27 abr. 2022.

TABARELLI, M.; GASCON, G. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 181-188, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Tabarelli/publication/238689251_Licoes_da_pesquisa_sobre_fragmentacao_aperfeicoando_politicas_e_diretrizes_de_manejo_para_a_conservacao_da_biodiversidade/links/53ed61900cf23733e80acee6/Licoes-da-pesquisa-sobre-fragmentacao-aperfeicoando-politicas-e-diretrizes-de-manejo-para-a-conservacao-da-biodiversidade.pdf. Acessado em: 28 abr. 2022.

TEAM, R. Core *et al.* Package 'foreign'. 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/foreign/index.html>. Acessado em: 02 ago. 2022.

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. ISSN 0104-9046. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/498479/1/doc57.pdf>. Acessado em: 12 abr. 2022.

TIEDE, Y.; SCHLAUTMANN, J.; DONOSO, D.; WALLIS, C.; BENDIX, J.; BRANDLD, R.; FARWIG, N. Ants as indicators of environmental change and ecosystem processes. **Ecological Indicators**, v. 83, p. 527-537, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.01.029>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X17300353>. Acessado em: 14 mai. 2022.

TISSIANI, A. S. O.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; CAMPELO-JÚNIOR, J. H. Dung beetles of Brazilian pastures and key to genera identification (Coleoptera: Scarabaeidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 401-418, 2017. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000600004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/xt4Xsfb5VspzBgQjTmjQHpc/>. Acessado em: 21 mai. 2022.

TROIAN, V. R. R. **Comunidades de insetos de sub-bosque em diferentes fisionomias vegetais**.

Orientadora: Sandra Maria Hartz. 2017, 74 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17067/000706049.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 17 mai. 2022.

UZÊDA, M. C.; FIDALGO, E. C. C.; DE SOUSA MOREIRA, R. V.; FONTANA, A.; DONAGEMMA, G. K. Eutrofização de solos e comunidade arbórea em fragmentos de uma paisagem agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 11120-1130, 2016. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900011>.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/ND6fGBmQVby4xfMH7965bVp/?lang=pt>. Acessado em: 16 mai. 2022.

VASCONCELOS, H.L.; VAN HOUTAN, K. S.; ZARTMAN, C.E.; BOYLE, S.A.; DIDHAM, R. K.; ADRADE, A.; LOVEJOY, T.E. The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. **Biological Conservation**, v. 144, n. 1, p. 56-67, 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.021>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320710004209>.

Acessado em: 19 mai. 2022.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. Estado atual de conhecimento dos Scarabaeidae. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil. **Monografías Tercer Milenio**, v. 1, SEA, Zaragoza, p. 183—195, 2000. ISBN: 84-922495-1-X. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Vaz-De-](https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Vaz-De-Mello/publication/258344495_Estado_atual_de_conhecimento_dos_Scarabaeidae_S_Str_Coleoptera_Scarabaeoidea_do_Brasil/links/556b512f08aeab777221456e/Estado-atual-de-conhecimento-dos-Scarabaeidae-S-Str-Coleoptera-Scarabaeoidea-do-Brasil.pdf)

[Mello/publication/258344495_Estado_atual_de_conhecimento_dos_Scarabaeidae_S_Str_Coleoptera_Scarabaeoidea_do_Brasil/links/556b512f08aeab777221456e/Estado-atual-de-conhecimento-dos-Scarabaeidae-S-Str-Coleoptera-Scarabaeoidea-do-Brasil.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Vaz-De-Mello/publication/258344495_Estado_atual_de_conhecimento_dos_Scarabaeidae_S_Str_Coleoptera_Scarabaeoidea_do_Brasil/links/556b512f08aeab777221456e/Estado-atual-de-conhecimento-dos-Scarabaeidae-S-Str-Coleoptera-Scarabaeoidea-do-Brasil.pdf). Acessado em: 15 dez. 2022.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. Scarabaeidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD, 2022. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/127498>.

Acessado em: 28 dez. 2022.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. Synopsis of the new subtribe Scatimina (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Ateuchini), with descriptions of twelve new genera and review of Genieridium, new genus. **Zootaxa**, p. 1-75, 2008. ISBN 978-1-86977-308-3. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Vaz-De-Mello/publication/252320665_Synopsis_of_the_new_subtribe_Scatimina_Coleoptera_Scarabaeidae_Scarabaeinae_Ateuchini_with_descriptions_of_twelve_new_genera_and_review_of_Genieridium_new_genus/links/59d8bebc0f7e9b12b3685a24/Synopsis-of-the-new-subtribe-Scatimina-Coleoptera-Scarabaeidae-Scarabaeinae-Ateuchini-with-descriptions-of-twelve-new-genera-and-review-of-Genieridium-new-genus.pdf.

Acessado em: 11 dez. 2022.

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. DOI

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.09.036>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X13003683>.
Acessado em: 15 dez. 2022.

VILLARD, M. A.; METZGER, J. P. REVIEW: Beyond the fragmentation debate: a conceptual model to predict when habitat configuration really matters. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 2, p. 309–318, 2014. DOI <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12190>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12190>. Acessado em: 17 set. 2023.