

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

**Resposta da fauna de insetos associados à serrapilheira em
relação há diferentes estágios de recuperação no Cerrado**

Thalita Moraes Miranda Ribeiro de Souza

Dissertação apresentada à Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal. Área de concentração: Zoologia.

Orientador: Rodrigo Aranda

Campo Grande, MS
Fevereiro, 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu orientador Rodrigo Aranda, que em todo período do curso esteve presente me ensinando, orientando e ajudando com excelência. Muito obrigada por toda parceria e paciência nesse tempo.

Agradeço imensamente à minha família, meus pais Carlos e Ana e ao meu marido Paulo Henrique, por todo suporte emocional e até mesmo financeiro durante esse tempo. A segurança de ter o apoio e amor de vocês em todos os momentos me dá forças para continuar.

Aos meus amigos e colegas de laboratório que deixaram tudo mais leve proporcionando risadas e aprendizados, amei compartilhar essa jornada com vocês. Agradeço a Suelen Sandim, Máriah Tibcherani, ao professor Gustavo Graciolli e aos Técnicos de laboratório Andressa e Renan por toda ajuda prestada, sendo coleta, identificação do material e disponibilidade em ensinar, vocês me ensinaram muito!

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Biologia Animal da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul por essa oportunidade de estudo e por proporcionar todo material necessário para que tudo fosse possível de ser realizado. Obrigada também à CAPES por financiar este estudo.

E para finalizar, o maior agradecimento à Deus por ter me sustentado nos momentos que eu precisei e ter me fortalecido todas as vezes que achei que não era capaz. Eu não conseguiria sem Jesus.

SUMÁRIO

RESUMO.....	4
ABSTRACT	5
INTRODUÇÃO.....	6
OBJETIVOS.....	8
MATERIAIS E MÉTODO.....	8
ÁREA DE COLETA.....	8
COLETA DE DADOS.....	9
ANÁLISE DE DADOS.....	11
RESULTADOS.....	11
DISCUSSÃO.....	17
CONCLUSÃO.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

RESUMO

O estudo testou o efeito do tempo de recuperação de uma área na composição de insetos de solo e avaliou a composição e restabelecimento de comunidades de insetos de serrapilheira em áreas com diferentes níveis de perturbação. O estudo foi conduzido em uma propriedade privada no município de Ribas do Rio Pardo, Estado de Mato Grosso do Sul, esta conta com áreas em três diferentes estágios sucessionais de recuperação natural do Cerrado: (1) áreas de pastagens com uso intenso e moderado; (2) áreas que anteriormente foram pastagens, mas devido à falta de uso se recuperaram naturalmente e estão há aproximadamente 15 anos sem a intervenção humana; (3) bem como áreas preservadas compostas por dois grandes remanescentes, no qual um deles é uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). A coleta única foi realizada no período chuvoso e para cada área delimitou-se 10 parcelas com quatro armadilhas do tipo *pittfull* em cada. Os insetos foram identificados até nível família e para cada parcela amostrada, foi realizada a amostragem de biomassa dos indivíduos. Para detectar as diferenças entre as famílias e suas respectivas biomassas, foi realizado um teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*. Para análise de semelhanças da composição dos taxa, foi realizado o teste *ANOSIM*. Foram coletadas 67 famílias de insetos adultos e 7 subfamílias de formigas, sendo Formicinae o grupo com maior biomassa. Nosso estudo também mostrou que a área com maior diversidade taxômica e de grupos funcionais foi a área intermediária de regeneração, o que pode ser respondido pela teoria do distúrbio intermediário. Portanto, concluímos que a heterogeneidade de um ambiente é importante para diversidade de espécies e dos grupos funcionais e ressaltamos a importância de futuros estudos na área.

Palavras-chave: Entomofauna. Sucessão ecológica. Guildas tróficas.

ABSTRACT

The study tested the effect of the recovery time of an area on edaphic insect composition and evaluated the composition and restoration of leaf litter insect communities in areas with different levels of disturbance. The study was conducted on a private property in the municipality of Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul State. The property has areas in three different successional stages of natural recovery of the Cerrado: (1) pasture areas with intense and moderate use; (2) areas that were previously used for pasture but, due to lack of use, recovered naturally and have been without human intervention for approximately 15 years; (3) preserved areas composed of two large remnants, one of which is a Private Natural Heritage Reserve (RPPN). The single collection was carried out during rainy season, where 10 plots (with four pitfall traps per plot) were delimited per area. The insects were identified to the family level and for each sampled plot, the individuals' biomass was calculated. To detect differences between families and their respective biomass, a non-parametric Kruskal-Wallis test was performed. For analysis of similarities in the composition of taxa, the ANOSIM test was performed. 67 families of adult insects and 7 subfamilies of ants were collected, with Formicinae being the group with the highest biomass. The study showed that the area with the greatest taxonomic and functional group diversity was the intermediate regeneration area, which can be explained by the intermediate disturbance theory. Therefore, it is concluded that the heterogeneity of an environment is important for the diversity of species and functional groups, and we emphasize the importance of future studies in the area.

Keywords: Entomofauna; Ecological succession; Trophic guilds.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior contribuinte mundial para a perda e fragmentação de florestas em áreas protegidas (APs) ao longo dos anos (Wade et. al, 2020). Além das APs, todo ecossistema nativo tem sofrido total substituição ou alteração devido ao avanço acelerado de práticas humanas (Sperandio et. al., 2012). Os impactos ambientais causados pela expansão de terras agrícolas e pastagens acarretam consequências como substituição de ecossistemas naturais, perda de grupos funcionais, diminuição da variabilidade genética e riqueza de espécies edáficas, além de fragmentação de hábitat, invasão de espécies exóticas, alteração nos regimes de queimadas e desequilíbrio no ciclo do carbono (Vandermeer et.al., 1998; Foley et. al., 2011).

A fragmentação dos habitats altera a estrutura dos ecossistemas, devido às manchas isoladas que são formadas nas áreas em consequência da perda de vegetação nativa (Fahrig, 2003). Existem fatores naturais e evolutivos, como é o caso de incêndios e inundações, que podem causar essa fragmentação, no entanto são os impactos antrópicos que ocorrem com mais frequência como incêndios criminosos, pastagem e urbanização. Apesar de o Cerrado ser um ecossistema adaptado ao fogo natural, fogo esse causado por raios seguidos de chuvas, a prática de queimada para rebrota de pastagem causa perda de nutrientes, compactação e erosão nos solos (Klink & Moreira, 2002). Essas mudanças ambientais imediatas incluem mudanças climáticas rápidas sem precedente histórico, além da mudança de uso de solo, resultando em uma transformação generalizada e esgotamento dos serviços ecossistêmicos (Ma, 2005). A perda de habitat induzida pelo homem e as mudanças climáticas estão aumentando rapidamente o risco de extinção de espécies endêmicas do Cerrado (Colli et al., 2020).

O Cerrado, também conhecido como savana brasileira, abrange aproximadamente 10% do território da América do Sul com uma área de 2,116,000 km² (Sano et al., 2008). O bioma é o segundo maior do Brasil e não possui uma fisionomia única e uniforme (IBGE, 2019; Vieira et al., 2022), apresentando uma paisagem altamente heterogênea e pode ser classificada em três principais grupos: campos (campo limpo), savanas (campo sujo, campo cerrado e cerrado stricto sensu) e florestas (cerradão) (Coutinho, 1978). De acordo com os dados do IBGE (2019), 45% da área agrícola nacional está localizada no Cerrado e estas pressões sobre o bioma nas últimas décadas o colocam entre um dos *hotspots* mundiais para conservação e os efeitos sobre a composição da fauna diante tais alterações ainda são incertos (Klink & Machado, 2005; Carvalho et al., 2009; Colli et al., 2020).

As serrapilheiras correspondem ao reservatório de nutrientes e matéria orgânica vegetal e animal que é depositada no solo, sob diferentes estágios de decomposição (Lopes et al., 1990; Barbosa & Faria, 2006). Com isso, acúmulo no aporte de serrapilheira e a fauna associada a ela funciona como um bom indicador ambiental (Machado et al., 2008). Biomarcadores são medidas funcionais de exposição a vários estressores e desempenham papel fundamental na avaliação do grau de comprometimento do ambiente (Beasley, 2013; Bidau, 2018). Os insetos são importantes agentes para conservação e manejo de reservas biológicas, além de estarem entre os principais agentes promotores de serviços ecossistêmicos terrestres, pelo fato de desempenharem diversas funções no ambiente, como degradação de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e polinização (Yang & Gratton, 2014; Ramos et al., 2020; Bétard, 2021). As serrapilheiras abrigam uma grande diversidade desse grupo (Atkin & Proctor, 1988; Kremen et al., 1993) e a alteração dos ambientes provocada pela redução da cobertura vegetal afetam a maioria dos insetos (Menezes et al., 2002).

Cada grupo de artrópode responde de maneira diferente às alterações nas condições ambientais da serrapilheira e a composição de cada comunidade está diretamente relacionada à estrutura do habitat (Leving & Windsor, 1984; Olivier et al., 2015). O comportamento e sua fisiologia fazem com que os insetos sejam excelentes modelos de bioindicadores para compreender as consequências do estresse ambiental, além disso, respondem rapidamente às mudanças ambientais, (Zardo et al., 2010; Beasley, 2013). Estes animais desempenham papel fundamental na decomposição da camada de serrapilheira, por isso a conversão de uma área nativa em agropecuária é uma das principais ameaças a biodiversidade e ao funcionamento ecossistêmico (Beng et al., 2018).

Diversas escalas temporais na recuperação do ambiente podem afetar de forma distinta os grupos taxonômicos e funcionalidades presentes na fauna de insetos de serrapilheira fazendo com que determinados grupos estejam presentes ou ausentes ou até mesmo em quantidades distintas de acordo com o impacto ou alteração no habitat (Hunter, 2002; Krawchuk & Taylor, 2003; Beasley, 2013; Oliver et al., 2015). A identificação taxonômica pode indicar se as composições desses grupos se assemelham entre locais reflorestados e remanescentes (Katagiri, 2006). As classificações taxonômicas mais elevadas, como família para insetos, são suficientes para representar os padrões de biodiversidade quando considerados determinados grupos como foco de respostas (Driessen & Kirkpatrick, 2017; De Oliveira et al., 2020). Driessen & Kirkpatrick (2017) afirmafirmam que táxons mais altos podem ser substitutos eficazes na detecção de

mudanças na estrutura das comunidades de invertebrados devido às perturbações ambientais.

As respostas biológicas dos diversos grupos de insetos estão associadas diretamente as biologia do grupo (Caitano et al., 2020), sendo que os diversos grupos funcionais, como decompositores, predadores, herbívoros, entre outros podem servir como eficientes marcadores biológicos para compreensão da alteração de processos e serviços ecossistêmicos em uma determinada área (Gerlach et al., 2013; Yang & Gratton, 2014; Olivier et al., 2015) e as alterações ambientais podem promover diferentes respostas no que diz respeito a perda da biodiversidade desses grupos (Kehoe et al., 2020).

Logo, é importante que essas mudanças no uso da terra sejam estudadas com a finalidade de conhecer os efeitos sobre a produtividade e até mesmo bem-estar humano e como essas alterações impactam as comunidades de insetos de solo, de modo que entender como essas alterações no ambiente afetam a comunidade de insetos de serrapilheira é crucial para o desenvolvimento de medidas sustentáveis (Neff et. al., 2019).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo testar o efeito do tempo de recuperação de uma área na composição da comunidade de insetos de serrapilheira.

2.2. Objetivos Específicos

Avaliou a composição e o restabelecimento da comunidade de insetos de serrapilheira ao longo do tempo de regeneração em áreas com diferentes níveis de perturbação e tempo de regeneração. Era esperado que áreas intermediárias de regeneração apresentem riqueza, abundância e composição de insetos similares às áreas conservadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

O estudo foi conduzido em uma propriedade privada que realiza práticas pecuárias, situada no município de Ribas do Rio Pardo, Estado do Mato Grosso do Sul (21°4'15.60"S e 53°41' 11.64"O). É possível observar na propriedade duas fitofisionomias do Cerrado (cerrado stricto sensu e Cerradão) e vários estágios sucessionais de recuperação natural do bioma (Fig.1), como áreas de pastagens com uso intenso e moderado; áreas que

anteriormente foram pastagens, mas devido à falta de uso se recuperaram naturalmente e estão há aproximadamente 15 anos sem a intervenção humana; bem como áreas preservadas compostas por dois grandes remanescentes, no qual um deles é uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), sem interferência humana há pelo menos 45 anos (tempo mínimo de pertencimento aos atuais gestores), sendo a RPPN foi utilizada como parâmetro de conservação. As amostragens foram realizadas em três áreas para abranger todos os estágios sucessionais de recuperação e foram caracterizadas das seguintes formas: I) pastagens entre uso intenso e moderado (pasto), II) recuperação intermediária onde era pastagem e não há interferência há no mínimo 15 anos (regenerada) e III) área preservada (nativa).

3.2. Coleta dos Dados

Foi realizada uma única coleta nos dias 8 a 11 de novembro de 2021. Como o Cerrado apresenta um clima considerado tropical estacional, o que significa que os períodos secos e chuvosos são nitidamente diferenciados (Silva et al., 2001), foi realizada uma única coleta no período chuvoso nos dias 8 de novembro a 11 de novembro de 2021, o período chuvoso foi escolhido por abranger a maior atividade dos insetos. Para cada área delimitou-se 10 parcelas, que foram distribuídas ao acaso ao longo de um transecto, cada parcela continha quatro armadilhas de queda do tipo *pitfalls* com aproximadamente 5 metros de distância entre elas e cada parcela tinha distância mínima de 50 metros entre si dentro de cada área. A armadilha de captura era um pote de plástico de aproximadamente 80ml (Fig. 2A) enterrado a nível do solo, cada *pitfall* continha a solução de captura que era composta por: álcool 90% e água (na proporção de 1:4) que promove a conservação dos organismos, com detergente neutro, para quebrar a tensão superficial da água. Parte do solo retirado para colocação dos *pitfalls* foi coletado e armazenado em sacos plásticos para posterior análise. Para maximizar o esforço amostral, as armadilhas ficaram expostas durante o período de 50 horas cada uma.



Figura 1. Área de estudo localizada no município de Ribas do Rio Pardo/ MS. Cada demarcação representa os pontos de coleta na cobertura vegetal das áreas que serão amostradas. Fonte: modificado de *Google Earth*, 2021.

O material coletado foi triado ainda em campo, onde foi substituída a solução de coleta por álcool 70%. Posteriormente esse material foi transportado para o Laboratório de Zoologia da Universidade Federal do Mato Grosso de Sul, onde ficou armazenado em freezer para conservação do conteúdo. Durante o período em que os *pitfalls* estavam expostos em campo, houve uma forte chuva que resultou em uma grande quantidade de sujeira no material (Fig. 2B). Por isso, ao chegar ao laboratório foi refeita a triagem para limpeza e separação dos indivíduos.

Os insetos presentes na serrapilheira foram identificados em nível de família, com exceção de Formicidae que foi identificada até subfamília. Para insetos, a classificação taxonômica até a categoria de família pode ser considerada nicho restritiva, resgatando bem e delimitando os hábitos alimentares dentro da família. Para o caso de formigas, a identificação foi feita até subfamília para refinamento da guilda trófica, uma vez que é um grupo muito abundante e diverso pertencendo a uma única família e as diferenças ocorrerem no nível de subfamília. As identificações dos indivíduos foram realizadas de acordo com Rafael et al. (2012).

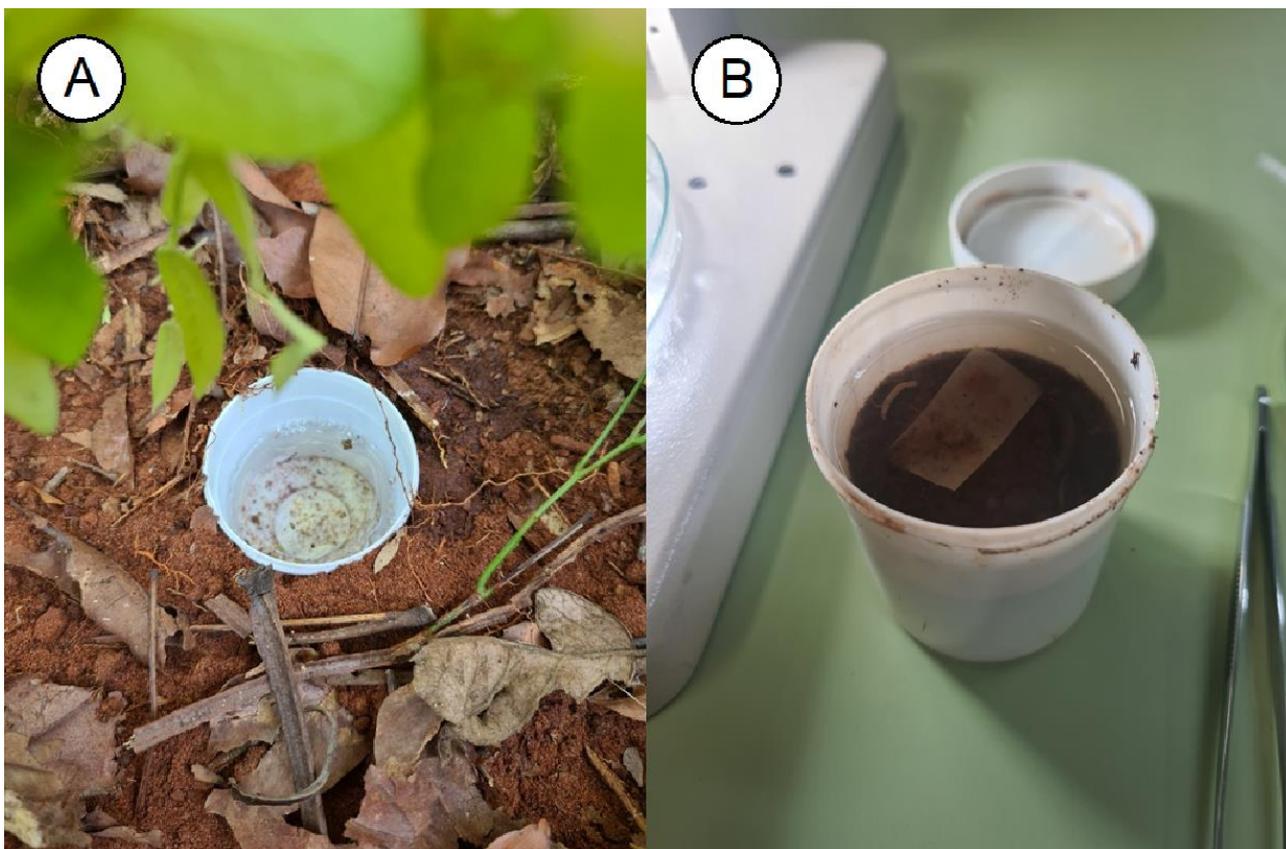


Figura 2. (A) Armadilha do tipo *pitfall* instalada nas áreas estudadas. (B) Pote antes da triagem para limpeza das sujeiras provenientes da chuva.

3.3. Análise de Dados

Foram realizadas análises descritivas das comunidades de insetos em seus níveis, onde foi considerado número de ordens, número de famílias, número de guildas tróficas e seus respectivos percentuais, para cada parcela amostrada, foi realizada a amostragem de biomassa através de balança de alta precisão que contabilizou as famílias em gramas. Foi computado o número de táxon em cada parcela e na área, bem como calculado o índice de diversidade de Shannon (H'). Para detectar as diferenças entre as famílias e suas respectivas biomassas, foi realizado um teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Para análise de semelhanças da composição dos taxa, foi realizado o teste ANOSIM. Todos os testes foram realizados através do programa past 4.0.

4. RESULTADOS

Nas três áreas estudadas foram coletadas 67 famílias de insetos adultos e sete subfamílias de formigas. As famílias estão distribuídas em 10 ordens, nas quais Coleoptera com 15, Diptera com 15 e Hymenoptera com oito se destacaram das demais (Tabela 1).

Com relação à biomassa, a área de pastagem apresentou uma diferença significativa em relação às áreas regenerada e nativa ($H = 6,289$; $p = 0,043$), já a regenerada e a área nativa não apresentaram diferenças significativas entre si (Fig. 3). O grupo com maior biomassa foi Formicinae (Hymenoptera, Formicidae) que somou 92,566g nas três áreas, já o grupo com menor biomassa foi Pentatomidae (Ordem: Hemiptera) com 0,11g ocorrendo em uma única área.

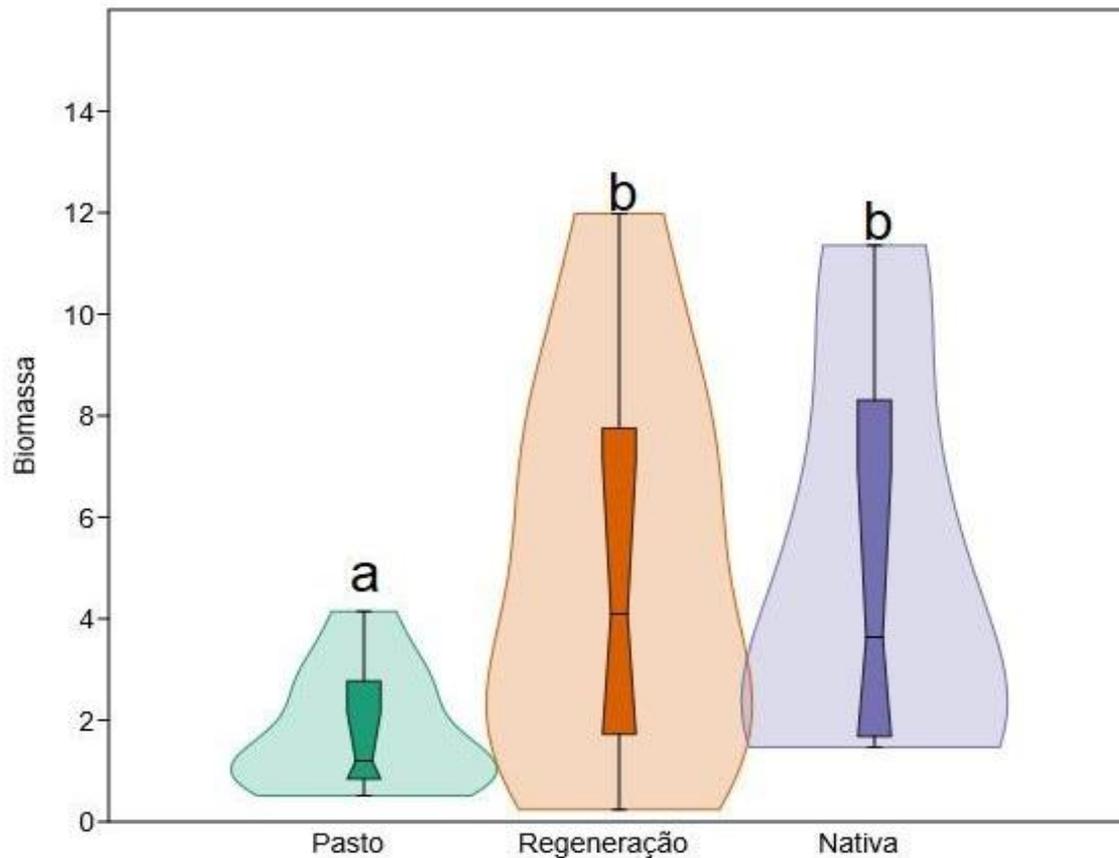


Figura.3. Comparação das biomassas em cada área estudada, observando-se a diferença significativamente menor entre o Pasto e as demais áreas ($R=0,41$, $p<0,0001$).

Em comparação entre os táxons e as áreas, também foi constatada uma diferença significativa entre a área regenerada em relação ao pasto e nativa ($H = 6,336$; $p = 0,042$), a regenerada apresentou uma diversidade de 21 táxons em único ponto, porém essa mesma área apresentou a menor diversidade em um único ponto, mas isso pode ser explicado pelo fato desse ponto ter tido interferência animal (provavelmente tatu), já que

todos os pitfalls estavam revirados dentro da amostra, em seguida pasto e nativa apresentaram uma diversidade de 16 táxons (cada) em um único ponto (Fig. 4).

Em relação à análise de semelhança na composição da comunidade, observa-se uma composição diferente entre as áreas, ($R=0,41$, $p<0,0001$) principalmente entre a área nativa e pastagem ($p= 0,0002$) e a área de regeneração e a pastagem ($p= 0,0002$), não havendo diferença na composição entre a área nativa e regenerada ($p= 0,10$) (Fig. 5).

Algumas famílias foram exclusivas de cada área, por exemplo, as famílias: Gryllacrididae (Orthoptera), Sclerogibbidae (Hymenoptera), Sphaeroceridae (Diptera) Sciaridae (Diptera), Phalacridae (Orthoptera) e Encyrtidae (Hymenoptera) foram encontradas somente no pasto, já as famílias: Tingidae (Hemiptera), Stratiomyidae (Diptera), Halictidae (Hymenoptera) e Gryllotalpidae (Orthoptera) só estiveram presentes na regenerada, na nativa foram encontradas exclusivamente as seguintes famílias: Blaberidae (Blattodea), Elateridae (Coleoptera), Lauxaniidae (Diptera), Dolichopodidae (Diptera), Asilidae (Diptera), Pentatomidae (Hemiptera), Aphididae (Hemiptera), Pseudocaeciliidae, Liposcelididae (Psocodea). Todas as outras famílias compartilhavam pelo menos uma área entre si. A área Regenerada e Nativa não apresentou diferenças significativas entre si, bem como a área Regenerada com o Pasto, já o Pasto e Nativa se diferenciam entre si. Ao todo, nas três áreas estudadas foram encontradas 12 categorias tróficas, as quais foram detritívoros, fitófagos, generalistas, herbívoros, larvíparas, micetófagos, onívoros, parasitóides, polinizadores, predadores, saprófagos e xilófagos.

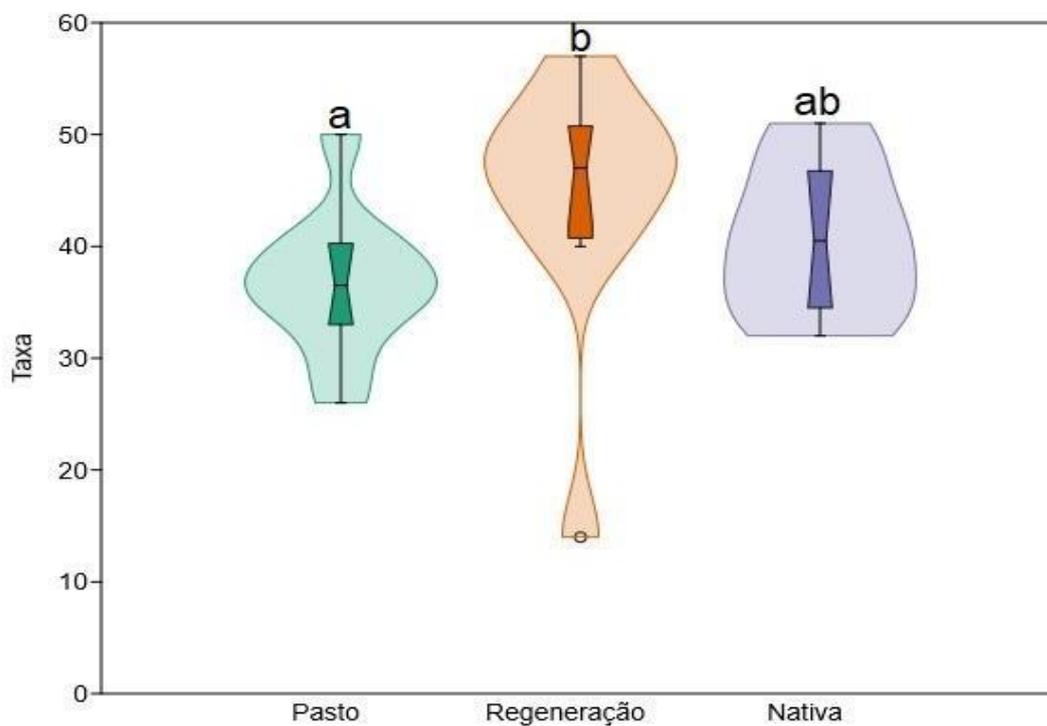


Figura 4. Comparação entre a riqueza de taxa em cada área estudada, é possível observar as diferenças entre pasto e nativa.

Tabela 1. Táxons coletados nas três áreas estudadas e suas respectivas biomassas por área.

Ordem	Família	Subfamília	Grupo Trófico	Nativa	Pasto	Regenerada
Blattodea	Blattidae		Detritívoros	0	1,17	0,94
	Blaberidae		Detritívoros	0	0	0,14
	Blaberidae ninfa		Detritívoros	0,67	0,16	0,14
	Blattaria (ninfa)		Detritívoros	0	0	0,5
	Blattellidae (ninfa)		Detritívoros	1,21	1,52	0,32
	Termitidae		Detritívoros	0,47	0	0
Coleoptera	Bostrichidae		Polívoros, xilófagos	4,99	13,79	9,24
	Carabidae		Predadores	0,43	2,14	1,4
	Chrysomelidae		Fitófagos (herbívoro mastigador)	0	0,12	1,89
	Curculionidae		Polívoros e fitófagos	1,25	0	0,68
	Elateridae		Predadores ou herbívoro mastigador	0	0	1,3
	Histeridae		Predadores	0,31	0	2,38

	Leiodidae		Saprófagos	1,6	3,06	1,17
	Mycetophagidae		Micetófagos	1,46	2,28	0,42
	Nitidulidae		Detritívoros e micetófagos	0	0,15	4,13
	Passalidae		Detritívoros	0	0,83	0
	Phalacridae		Micetófagos	0,7	0	0
	Scarabaeidae		Coprófagos e necrófagos	0	0,57	1,26
	Silvanidae		Detritívoros e micetófagos	0,5	0	0,94
	Staphylinidae		Predadores, parasitóides e necrófagos	12,21	15,23	15,15
	Tenebrionidae		Saprófagos e predadores	0,57	4,49	4,09
Diptera	Asilidae		Predadores	0	0	0,29
	Bombyliidae		Polinizadores	0	3,63	0,62
	Cecidomyiidae		Parasitóides, herbívoro sugador	3,99	1,59	1,13
	Chloropidae		Fitófagos	6,29	2,79	9,83
	Dolichopodidae		Predadores	0	0	1,96
	Drosophilidae		Detritívoros	4,04	0	2,54
	Ephydriidae		Predadores e parasitóides	0,5	1,54	1,43
	Lauxaniidae		Micetófagos e onívoros	0	0	0,21
	Phoridae		Onívoros	11,92	4,95	13,24
	Sarcophagidae		Onívoros	5,28	3,44	4,87
	Scatopsidae		--	0,6	1,22	0,33
	Sciaridae		Detritívoros	0,16	0	0
	Sphaeroceridae		Decompositores	0,15	0	0
	Stratiomyidae		Polinizadores	0	0,24	0
Hemiptera	Aphididae		Plífago (praga)	0	0	0,8
	Cicadellidae		Herbívoro sugador	2,35	4,76	0,96
	Pentatomidae		Herbívoro sugador	0	0	0,11
	Rhopalidae		Fitófagos	2,12	0	1,95
	Tingidae		Fitófagos	0	1,53	0
Hymenoptera	Apidae		Polinizadores	4,93	0,73	0,23
	Cabrabronidae		Parasitóides	0	1,31	0,51
	Encyrtidae		Parasitóides	0,6	0	21,76
	Formicidae	Formicinae	Generalista	40,45	18,42	33,7
	Formicidae	Ectatomminae	Generalista	4,79	3,55	7,87
	Formicidae	Pseudomyrmicinae	Predadores	0	11,08	0
	Formicidae	Ponerinae	Predadores generalistas	0,14	1,15	3,02

	Formicidae	Dolichoderinae	Predadores	0	1,44	3,28
	Formicidae	Dorylinae	Generalista	0,84	0,11	0
	Halictidae		Polinizadores	0	0,17	0
	Mutillidae		Parasitoides	0,86	0,18	0
	Platygastridae		Parasitoides	0	0,002 6	0,0024
	Scelionidae		Parasitoides	4,02	0,6	6,81
	Sclerogibbidae		Parasitoides	0,15	0	0
Orthoptera	Acrididae		Herbívoros	0,77	1,89	0,36
	Gryllacrididae		Herbívoros	0,43	0	0
	Gryllidae		Detritívoros	5,71	0,25	7,19
	Gryllotalpidae		Herbívoros	0	0,4	0
Psocoptera	Caeciliusidae		Detritívoros	0	0,7	0,44
	Cladiopsocidae		Fitófagos	0,21	1,8	2,89
	Ectopsocidae		Herbívoros	0,17	0	0,12
	Elipsocidae		Herbívoros	0,42	0	0,31
	Lachesillidae		Detritívoros	0,27	0	0
	Liposcelididae		Fitófagos	0	0	0,81
	Pachytroctidae		Fitófagos	3,14	0	1,09
	Pseudocaeciliidae		Herbívoros	0	0	0,3
	Psocidae		Corticícolas	0,41	0,7	0,52
Thysanoptera	Thripidae		Herbívoros sugador	0	2,16	0,4
	Phlaeothripidae		Herbívoros sugador	0	1,56	1,28
Lepidoptera	Lepidoptera NI		--	0,78	0,77	1,05
Psocoptera	Psocoptera NI		--	0,12	0	0,11
Diptera	Diptera NI		--	0,9	0	0,93
Coleoptera	Coleoptera NI		--	0,13	0	0
Thysanoptera	Thysanoptera NI		--	0,86	0	0
Diptera	Diptera larva		--	15,48	4,59	10,66
Blattodea	Termitidae (imaturas)		Herbívoros	10,13	1,18	6,18
Coleoptera	Coleoptera (larva)		--	5,49	2,5	4,23
	Coleoptera (imaturas)		--	1,49	0	0
Hymenoptera	Hymenoptera (imaturas)		--	1,02	0	0,3
Neuroptera	Myrmeleontidae (larva)		--	0,3	0,98	0,12
Hemiptera	Hemiptera (ninfa)		--	0,38	0	1,07
Lepidoptera	Lepidoptera (larva)		--	0	0,32	0

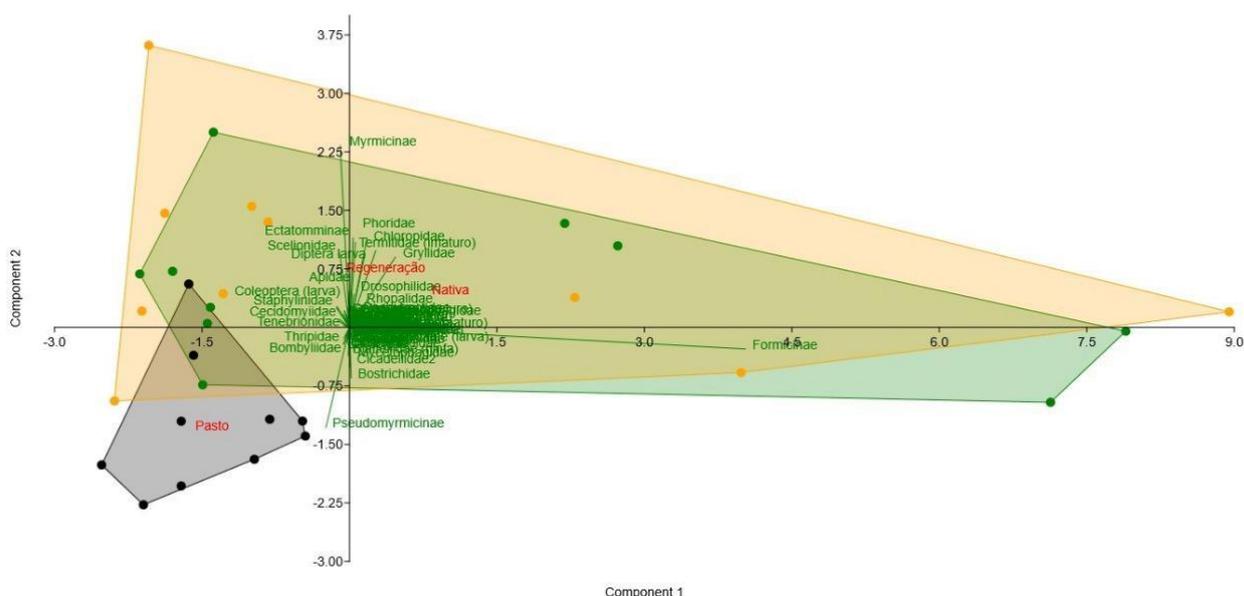


Figura 5. Gráfico com análise de PCA mostrando a sobreposição das famílias em relação às áreas, onde é possível observar que não há diferença significativa entre área nativa e regenerada. A área em amarelo representa a área nativa, verde representa a regenerada e a coloração cinza representa a área de pasto.

5. DISCUSSÃO

Nas áreas estudadas foi possível observar maior ocorrência das ordens Coleoptera, Díptera e Hymenoptera, a família Formicidae se destacou com maior biomassa. A área regenerada apresentou uma diferença significativamente maior na quantidade de taxóns em relação às outras áreas, pois apresentou um maior número de famílias em comum com as demais áreas. Já em relação a biomassa, o pasto apresentou uma menor diferença significativa em comparação às áreas regenerada e nativa.

Os himenópteros são rápidos colonizadores de habitats devido a sua alta fecundidade (Santoni et al., 2009; Parisi et al. 2008). As formigas (Hymenoptera: Formicidae) são considerados bons indicadores ambientais, pois são abundantes, de fácil captura e se adaptam facilmente a diversos ambientes (Andersen, 2002; Apolinário et al., 2019). Além disso, sua alta distribuição são primordiais para o funcionamento do ecossistema (Mauda et al. 2018), pois elas mudam o ecossistema ao atuarem na

decomposição de serrapilheira, mudando e regulando os recursos disponíveis na mesma (Andersen e Majer 2004; del Toro et al. 2012; Jones et al. 1994). As formigas também contribuem na aeração do solo, transporte de nutrientes e no controle de pragas (Henri et al. 2015). A maior abundância de formigas também foi encontrada nos trabalhos de Nsengimana et al. (2021) e Apolinário et al. (2019).

A alta ocorrência de Coleoptera é justificada em diversos trabalhos na literatura por ser a ordem mais abundante de insetos (Rainio et al., 2003) e fazer parte de vários grupos alimentares, como herbívoros, predadores, necrófagos, entre outros. Staphylinidae foi a família mais encontrada nesse estudo e apesar dos trabalhos de Cristo et al. (2019) e Pompermaier et al. (2020) sugerirem que esse grupo pode ser bastante sensível a mudanças de habitats e degradação do meio, eles foram encontrados em todas as áreas, inclusive no pasto, de maneira abundante. A família Scarabaeidae (besouro rola-bosta) foi encontrada em maior abundância na área de pastagem, e é uma família que cumpre um importante papel ecológico no meio, pois é um grupo com indivíduos coprófagos que atuam na decomposição das massas fecais dos bovinos no pasto, e também auxiliam como controladores naturais de parasitos bovinos, que usam as massas fecais para reprodução (Audino et al. 2007).

Os resultados deste estudo mostram diptera foi a ordem mais diversa e Phoridae foi a família com maior abundância totalizando 30,11g em todas as áreas estudadas. De acordo com Jess et al. (2007), os phorídeos adultos são oportunistas e migram entre habitats adequados, o que justifica a ocorrência em todas as áreas. A maioria dos trabalhos realizados com dípteros está relacionado a ambientes urbanos, deixando uma grande lacuna de conhecimento sobre o grupo em ambiente silvestre (Orta-Pineda et al., 2021).

O gráfico de PCA mostra a diferença significativa entre a área de pastagem em relação às outras áreas, trabalhos como de Farooq (2022) ratificam que o aumento da riqueza de plantas impacta a abundância geral de todos os grupos funcionais de insetos, pois geram aumento da disponibilidade de recursos, incluindo alimentos, refúgios e locais de reprodução em plantações diversas (Sanchez et al. 2018; Yang et al. 2014). Ambientes diversificados fornecem mais nichos espaciais e muitos recursos para as comunidades de insetos, o que torna a associação interespecífica mais complicada e gera comunidades de insetos mais estabilizadas (Borer et al. 2012).

Os insetos do solo são indicadores sensíveis da fragmentação do habitat (Mhlanga et al., 2022) e os usos agrícolas e pecuários na terra podem afetar negativamente a

abundância de insetos e seus diversos grupos, principalmente predadores e decompositores (Attwood et al., 2008; Pompermaier et al., 2020), os predadores foram encontrados em todas as áreas estudadas, representados pelas famílias: Carabidae (Coleoptera), Elateridae (Coleoptera), Histeridae (Coleoptera), Staphilinidae (Coleoptera), Dolichopodidae (Diptera), Ephdridae (Diptera), Pseudomyrmicinae (Hmenoptera: Formicidae) e Dolichodorinae (Hmenoptera: Formicidae), os decompositores também foram encontrados em todas as áreas. Além de afetar grupos com hábitos alimentares mais específicos, como Bostrichidae (Coleoptera) que são xilófagos, grupo encontrado em todas as áreas estudadas.

A área regenerada apresentou o maior número de táxons em relação ao pasto e a nativa, sendo a área que apresentou famílias em comum com as duas áreas, o que pode ser explicado pela teoria do distúrbio intermediário (Connel, 1978), que prevê que a diversidade de espécies seja maior em um nível de perturbação intermediária. Nesta teoria espera-se que tais comunidades tenham elevados valores de diversidade, pois o ambiente mescla características de áreas mais preservadas com áreas de regeneração. Trabalhos como o de Wilson (1994) também corroboram para essa teoria, mas afirma que é mais comum que isso ocorra em florestas secas do que nas tropicais úmidas. Vários fatores influenciam quais espécies são capazes de colonizar e persistir à medida que a formação da comunidade ocorre ao longo da sucessão (HilleRisLambers et al., 2012), por exemplo características relacionadas a dispersão.

Os distúrbios naturais e antropogênicos, como incêndios e locais de recuperação ambiental, influenciam os mecanismos de montagem de comunidades de maneiras distintas, logo estudos de sucessão ecológica podem ajudar a entender como os ecossistemas respondem às mudanças globais. No trabalho de Estrada-Carmona et al. (2022), as autoras afirmam que o aumento da complexidade da paisagem por meio de mudanças na composição, configuração ou heterogeneidade afeta significativa e positivamente a biodiversidade e concluem que paisagens mais complexas abrigam mais biodiversidade (riqueza, abundância e uniformidade) com benefícios potenciais para a produção e conservação agrícola sustentável, e os efeitos provavelmente são subestimados.

6. CONCLUSÃO

Nossos resultados mostram que a área de recuperação intermediária carrega maior diversidade de táxons, corroborando com a teoria do distúrbio intermediário, a qual

demonstra que grupos colonizadores e competidores podem coexistir em um mesmo habitat. A heterogeneidade de um ambiente é importante para diversidade de espécies e dos grupos funcionais, como também foi apontado nos resultados onde a área de pastagem apresentou diversidade menor que as demais áreas. Continuar estudando o funcionamento dessas áreas é primordial para o avanço de práticas de recuperação ambiental.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, Alan N. Hoffmann, B. D., Müller, W. J., & Griffiths, A. D. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of applied Ecology**, v. 39, n. 1, p. 8-17, 2002.
- ANDERSEN, Alan N.; MAJER, Jonathan D. Ants show the way down under: invertebrates as bioindicators in land management. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, n. 6, p. 291-298, 2004.
- APOLINÁRIO, L. D. C. M. H.; ALMEIDA, Â. A. D.; QUEIROZ, J. M.; VARGAS, A. B.; & ALMEIDA, F.S. Diversity and guilds of ants in different land-use systems in Rio de Janeiro State, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v.26, 2019.
- ATKIN, L.; PROCTOR, John. Invertebrates in the litter and soil on Volcan Barva, Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, p. 307-310, 1988.
- ATTWOOD, S. J., MARON, M., HOUSE, A. P. N., & ZAMMIT, C. Do arthropod assemblages display globally consistent responses to intensified agricultural land use and management?. **Global Ecology and Biogeography**, v. 17, n. 5, p. 585-599, 2008.
- AUDINO, L. D., NOGUEIRA, J. M., da SILVA, P. G., NESKE, M. Z., RAMOS, A. H. B., MORAES, L. D. M., & BORBA, M. F. S. Identificação dos coleópteros (insecta: Coleoptera) das regiões de Palmas (município de Bagé) e Santa Barbinha (município de Caçapava do Sul, RS). 2007.
- BARBOSA, Jose H C.; FARIA, Sérgio M. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p. 461-476, 2006.
- BEASLEY, De A. E. *Insects As Indicators of Environmental Stress*. 2013.
- BENG, Kingsly C.; CORLETT, Richard T.; TOMLINSON, Kyle W. Seasonal changes in the diversity and composition of the litter fauna in native forests and rubber plantations. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2018.
- BÉTARD, François. Insects as zoogeomorphic agents: an extended review. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 46, n. 1, p. 89-109, 2021.
- BIDAU, C. J. Doomsday for insects. **The alarming decline of insect populations around the world. J Insect Biodivers**, v. 6, p. 1-5, 2018.

- BORER, Elizabeth T.; SEABLOOM, Eric W.; TILMAN, David. Plant diversity controls arthropod biomass and temporal stability. **Ecology letters**, v. 15, n. 12, p. 1457-1464, 2012.
- CAITANO, Bianca; CHAVES, Túlio P.; DODONOV, Pavel & DELABIE, Jacques H. C. Edge effects on insects depend on life history traits: a global meta-analysis. **Journal of Insect Conservation**, v. 24, n. 2, p. 233-240, 2020.
- CARVALHO, Fábio MV; JÚNIOR, Paulo De Marco; FERREIRA, Laerte G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392-1403, 2009.
- COLLI, Guarino R.; VIEIRA, Cecília R.; DIANESE, José Carmine. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. *Biodiversity and conservation* 29 (5): 1465-1475, 2020.
- CONNELL, Joseph H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs: high diversity of trees and corals is maintained only in a nonequilibrium state. **Science**, v. 199, n. 4335, p. 1302-1310, 1978.
- COUTINHO, Leopoldo Magno. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado: I. A temperatura do solo durante as queimadas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, p. 93-96, 1978.
- CRISTO, Sandra Ciriaco de et al. Leaf-litter entomofauna as a parameter to evaluate areas under ecological restoration. **Floresta e Ambiente**, v. 26, 2019.
- DEL TORO, Israel; RIBBONS, Relena R.; PELINI, Shannon L. The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**, v. 17, n. 0, p. 133-46, 2012.
- DE OLIVEIRA JR, Sandro Souza; ORTEGA, J. C., DOS SANTOS RIBAS, L. G., Lopes, V. G.; BINI, L. M. Higher taxa are sufficient to represent biodiversity patterns. **Ecological Indicators**, v. 111, p. 105994, 2020.
- DRIESSEN, Michael M.; KIRKPATRICK, James B. Higher taxa can be effective surrogates for species-level data in detecting changes in invertebrate assemblage structure due to disturbance: a case study using a broad range of orders. **Austral Entomology**, v. 58, n. 2, p. 361-369, 2017.
- ESTRADA-CARMONA, Natalia et al. Complex agricultural landscapes host more biodiversity than simple ones: A global meta-analysis. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 119, n. 38, p. e2203385119, 2022.
- FAHRIG, Lenore. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, v. 34, n. 1, p. 487-515, 2003.
- FAROOQ, Muhammad Omer; RAZAQ, Muhammad; SHAH, Farhan Mahmood. Plant diversity promotes species richness and community stability of arthropods in organic farming. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 16, n. 6, p. 593-606, 2022.
- FOLEY, Jonathan A.; RAMANKUTTY, Navin; BRAUMAN, Kate A.; CASSIDY, Emily S.; GERBER, James S.; JOHNSTON, Matt; MUELLER, Nathaniel D.; O'CONNELL, Christine; RAY, Deepak K.; WEST, Paul C.; BALZER, Christian; BENNET, Elene M.; CARPENTER, Stephen R.; HILL, Jason; MONFREDA, Chad; POLASKY, Stephen;

ROCKSTROM, Johan; SHEEHAN, John; SIEBERT, Stefan; TILMAN, David; ZAKS, David P. M. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337-342, 2011.

GERLACH, Justin; SAMWAYS, Michael; PRYKE, James. Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups. **Journal of insect conservation**, v. 17, n. 4, p. 831-850, 2013.

HENRI, Dominic C. et al. Natural vegetation benefits synergistic control of the three main insect and pathogen pests of a fruit crop in southern Africa. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 4, p. 1092-1101, 2015.

HILLERISLAMBERS, Janneke et al. Rethinking community assembly through the lens of coexistence theory. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, v. 43, p. 227-248, 2012.

HUNTER, Mark D. Landscape structure, habitat fragmentation, and the ecology of insects. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 4, n. 3, p. 159-166, 2002.

IBGE, CDRN; AMBIENTAIS, Estudos. Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil. **Série Relatórios Metodológicos**, v. 45, 2019.

JESS, Stephen; MURCHIE, Archie K.; BINGHAM, John FW. Potential sources of sciarid and phorid infestations and implications for centralised phases I and II mushroom compost production. **Crop Protection**, v. 26, n. 4, p. 455-464, 2007.

JONES, Clive G.; LAWTON, John H.; SHACHAK, Moshe. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, p. 373-386, 1994.

KATAGUIRI, Vanessa Suzuki. Restabelecimento da fauna edáfica e a qualidade da serapilheira na Floresta da USP—área de reflorestamento de Floresta Estacional Semidecidual. **Disertação de Mestrado, FFCLRP, USP, Ribeirão Preto, 53p**, 2006.

KEHOE, Rachel; FRAGO, Enric; SANDERS, Dirk. Cascading extinctions as a hidden driver of insect decline. **Ecological Entomology**, 2020.

KLINK, Carlos A.; MOREIRA, Adriana G. 5. Past and Current Human Occupation, and Land Use. In: **The cerrados of Brazil**. Columbia University Press, 2002. p. 69-88.

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. Conservation of the Brazilian cerrado. **Conservation biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KRAWCHUK, Meg A.; TAYLOR, Philip D. Changing importance of habitat structure across multiple spatial scales for three species of insects. **Oikos**, v. 103, n. 1, p. 153-161, 2003.

KREMEN, C.; COLWELL, R. K.; ERWIN, T. L.; MURPHY, D. D.; NOSS, R. F.; SANJAYAN, M. A. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. **Conservation biology**, p. 796-808, 1993.

LOPES, M. I. M. S.; DE VUONO, Y. S.; DOMINGOS, M. Serapilheira acumulada na floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. **Hoehnea**, v. 17, n. 1, p. 59-70, 1990.

MACHADO, Murilo R.; RODRIGUES, Fátima C. M. P.; PEREIRA, Marcos G. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, p. 143-151, 2008.

MHLANGA, Lindah; Kapembeza, C.; Sithole, R.; & Kativu, S. Variation in ground insect diversity, composition and abundance across land use types in an African savanna, Zimbabwe. **Scientific African**, v. 16, p. e01204, 2022.

MAUDA, Evans V. Joseph, G. S., Seymour, C. L., Munyai, T. C., & Foord, S. H. Changes in land use alter ant diversity, assemblage composition and dominant functional groups in African savannas. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, p. 947-965, 2018.

MENEZES, S.; Pimentel, F., Morkross, K., Romero, G. Q., & Gonsales, E. M. L. Danos e mortalidade em árvores em floresta manejada e não-manejadas na Amazônia Central. **Curso de Campo Ecologia da Floresta Amazônica**, p. 19-21, 2002.

MOI, Dieison André et al. Intermediate disturbance hypothesis in ecology: a literature review. In: **Annales Zoologici Fennici**. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board, 2020. p. 67-78.

NSENGIMANA, Venuste et al. Diversity and abundance of soil-litter arthropods and their relationships with soil physicochemical properties under different land uses in Rwanda. **Biodiversity**, v. 22, n. 1-2, p. 41-52, 2021.

NEFF, Felix; BLUTHGEN, Nico; CHISTÉ, Melaine N.; SIMONS, Nadja K.; STECKEL, Juliane; WEISSER, Wolfgang W.; WESTPHAL, Catrin; PELLISSIER, LOIC; GOSSNER, Martin M. Cross-scale effects of land use on the functional composition of herbivorous insect communities. **Landscape Ecology**, v. 34, n. 8, p. 2001-2015, 2019.

OLIVIER, Renan S.; ARANDA, Rodrigo; GODOI, Maurício N.; VILALVA, Ana G. L. Habitat structure in the composition of leaf-litter insects in mosaic environment. **Acta Biológica Paranaense**, v. 44, n. 1-4, 2015.

ORTA-PINEDA, Guillermo et al. Effects of landscape anthropization on sylvatic mosquito assemblages in a rainforest in Chiapas, Mexico. **Acta Tropica**, v. 216, p. 105849, 2021.

PARISI, Vittorio; MENTA, Cristina. Microarthropods of the soil: convergence phenomena and evaluation of soil quality using QBS-ar and QBS-c. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 17, n. 8 B, p. 1170-1174, 2008.

PINHEIRO, F.; DINIZ, I. R.; COELHO, D.; BANDEIRA, P.S. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. **Austral Ecology**, v. 27, n. 2, p. 132-136, 2002.

POMPERMAIER, Vinicius Tirelli et al. Impact of exotic pastures on epigeic arthropod diversity and contribution of native and exotic plant sources to their diet in the central Brazilian savanna. **Pedobiologia**, v. 78, p. 150607, 2020.

RAFAEL, J. A. et al. Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia. 2012.

RAMOS, D. L.; CUNHA, W. L.; EVANGELISTA, J.; LIRA, L. A.; ROCHA, M. V. C.; GOMES, P. A.; FRIZZAS, M. R.; TOGNI, P. H. B. Ecosystem Services Provided by

Insects in Brazil: What Do We Really Know?. **Neotropical Entomology**, v. 49, p. 783-794, 2020.

RAINIO, Johanna; NIEMELÄ, Jari. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. **Biodiversity & Conservation**, v. 12, p. 487-506, 2003.

SANCHEZ, C. et al. Comparison of predator-parasitoid-prey interaction models for different host plant qualities. **Community Ecology**, v. 19, n. 2, p. 125-132, 2018.

SANTONI, Mariana Marchi; BRESCOVIT, Antonio Domingos; LAMA, Marco Antonio Del. Ocupação diferencial do habitat por vespas do gênero *Trypoxylon* (*Trypargilum*) Latreille (Hymenoptera, Crabronidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, p. 107-114, 2009.

SANO, Edson Eyji.; Rosa, R.; Brito, J. L. S., & Ferreira, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, p. 153-156, 2008.

SILVA, D. B.; SILVA, J. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. Frutas do cerrado. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2001, 178p

SPERANDIO, Huezer V.; CECÍLIO, Roberto A.; SILVA, Vitor H.; LEAL, Geoge F.; BRINATE, Igor B.; CALDEIRA, Marcos V. W. Emprego da serrapilheira acumulada na avaliação de sistemas de restauração florestal em Alegre-ES. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 460-467, 2012.

VANDERMEER, John; NOORDWIJK, Meine V.; ANDERSON, Jo; ONG, Chin; PERFECTO, Ivette. Global change and multi-species agroecosystems: concepts and issues. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 67, n. 1, p. 1-22, 1998.

VIEIRA, Leandro TA; Azevedo, T. N.; Castro, A. A., & Martins, F. R.. Reviewing the Cerrado's limits, flora distribution patterns, and conservation status for policy decisions. **Land Use Policy**, v. 115, p. 106038, 2022.

Wade, C. M., K. G.; Austin, J. Cajka, D. Lapidus, K. H.; Everett, D. Galperin, R. Maynard, and A. Sobel What is threatening forests in protected areas? A global assessment of deforestation in protected areas, 2001–2018. **Forests**, v. 11, n. 5, p. 539, 2020.

YANG, Louie H.; GRATTON, Claudio. Insects as drivers of ecosystem processes. **Current Opinion in Insect Science**, v. 2, p. 26-32, 2014.

YANG, Bing et al. Intraspecies mixture exerted contrasting effects on nontarget arthropods of *Bacillus thuringiensis* cotton in northern China. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 16, n. 1, p. 24-32, 2014.

ZARDO, Daniela C.; CARNEIRO, Ângela P.; DE LIMA, Lúgia G.; FILHO, Manoel S. Comunidade de artrópodes associada a serrapilheira de cerrado e mata de galeria, na Estação Ecológica Serra das Araras–Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 13, n. 2, p. 105-113, 2010.