



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JHONATA HERCULANO MACEDO

ANÁLISE DA BIODIVERSIDADE DE INSETOS EM VARIEDADES DE SOJA: UMA
AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE CD 215 E BRS 511 EM MANDIRITUBA, PR

CURITIBA

2024

JHONATA HERCULANO MACEDO

ANÁLISE DA BIODIVERSIDADE DE INSETOS EM VARIEDADES DE SOJA: UMA
AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE CD 215 E BRS 511 EM MANDIRITUBA, PR

monografia para obtenção do título de Bacharel em Ciências
Biológicas, apresentado ao Departamento de Zoologia,
Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do
Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Renato Jose Pires Machado

CURITIBA

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo incentivo nos estudos e por nos acompanharem em todo este processo, mesmo em momentos difíceis estavam presentes em todo processo, me motivando a continuar e não desistir do meu objetivo, sempre me dando carinho e apoio em minha jornada, sendo meus pilares em todo momento da minha vida, e neste momento não foi diferente, estavam ao meu lado, dedico todo o meu amor e carinho a vocês.

Aos professores presentes em meu trajeto acadêmico, responsáveis pela ponte entre nós e o conhecimento, por meio de aulas inspiradoras e motivadoras, que me incentivou a trilhar um caminho parecido, buscando ser um profissional capacitado e dedicado a me tornar um pesquisador como vocês, agradeço pela paciência e confiança que depositaram em mim.

Aos meus amigos que me aturaram em momentos de desespero, em que tive que fazer escolhas e me abdicar de eventos sociais e me dedicar aos estudos, e mesmo assim estavam presentes e demonstrando o real apoio e incentivo em meu trabalho, me mostrando o real significado da amizade, quando eu estava cansado, traziam palavras de motivação, que logo iríamos concluir, com muito êxito.

Agradeço também ao meu orientador que me auxiliou em todo o processo de produção, me corrigindo, dando dicas, instruindo o caminho correto a se seguir, me instigando a buscar mais conhecimento, a colocar as ideias no papel, para poder desenvolver um ótimo trabalho, explorando todo o meu potencial, mesmo as vezes com alguns esporros, foi crucial no desenvolvimento do meu trabalho e sou muitos grato a tudo isso.

Também venho agradecer a minha namorada, que acompanhou todo esse meu processo de finalização, entendendo quando eu não podia dar a devida atenção a ela, ou até mesmo estar presente em momentos que ela precisava de mim, ela sempre esteve presente me apoiando e me incentivando do começo ao fim, a você eu dedico todo o meu amor.

RESUMO

A soja se tornou uma das principais culturas do mundo, sendo o Brasil o maior responsável pela produção de soja mundial. Por conta dessa grande demanda, necessitou realizar diversas pesquisas e testes de tecnologias em buscas de melhorar a produtividade e rendimento dessa cultura. Essas buscas por soluções inovadoras tinham um viés econômico, não se atentando tanto ao impacto na biodiversidade de insetos. A tecnologia Shield criada pela Embrapa no seu cultivar BRS 511 tem como intuito aumentar a produtividade da soja, diminuindo os danos causados pela ferrugem asiática. Portanto, o objetivo deste estudo foi comparar a biodiversidade das famílias de insetos entre as cultivares de soja com o background genético, BRS 511 que possui a tecnologia Shield e a CD 215, sendo essa a soja controle. Foi observado aspectos de riqueza, composição, variações temporais e interações locais, na localidade de Mandirituba, PR. Além disso, foi investigado diferenças na diversidade de famílias entre as variedades, fornecendo informações sobre riqueza e abundância, análises de composição da comunidade entre os blocos de cultivo e como elas são influenciadas pelos blocos e tratamentos e épocas de coleta. Para a obtenção dos dados foram realizadas coletas em campo através da implementação de armadilhas do tipo "pitfall" com o objetivo de capturar os organismos para realizar as identificações e análises dos insetos. Esse material foi triado e identificado a nível de família e passado para uma tabela do Excel, na qual foi realizado análises estatísticas. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa R. Foram coletados um total de 3296 indivíduos, sendo 1794 insetos divididos em 43 famílias no tratamento controle CD 215 (A) e 1502 indivíduos em 44 famílias no tratamento teste BRS 511 (B). O índice de diversidade de Shannon-Wiener não mostrou variação significativa entre os tratamentos, sugerindo que ambos os cultivares oferecem habitats semelhantes para a diversidade de insetos. No entanto, o teste ANOSIM, focando nas famílias mais abundantes, revelou diferenças significativas na composição das comunidades de insetos entre os cultivares, destacando que a tecnologia Shield do BRS 511 pode de alguma maneira influenciar a abundância relativa das famílias dominantes de insetos. Além disso, a análise temporal da diversidade indicou que a diversidade de insetos é maior na época reprodutiva para ambos os cultivares, com índices de Shannon mais elevados, sugerindo que as diferentes fases fenológicas das plantas afetam a diversidade de insetos mais do que o próprio tipo de cultivar. As análises realizadas também mostraram que a variação entre blocos de cultivo não teve um efeito significativo na comunidade de insetos, possivelmente devido à proximidade dos pontos de coleta, que não proporcionou uma heterogeneidade espacial suficiente para influenciar os resultados. O estudo contribui para uma compreensão mais aprofundada da biodiversidade em sistemas agrícolas, demonstrando que, enquanto a diversidade geral pode ser semelhante entre diferentes cultivares, a composição e a abundância das famílias de insetos podem ser influenciadas por tecnologias específicas entre os cultivares de soja, como a Shield do BRS 511.

Palavras-chave: Cultivares. Soja. Melhoramento genético. Biodiversidade. Entomofauna.

ABSTRACT

Soybean has become one of the main crops in the world, being Brazil responsible for the largest production globally. Due to this great demand various researches and tests of technologies in search of improving the productivity and yield of this crop were needed. These searches for innovative solutions had an economic bias, not paying much attention to the biodiversity of insects. The Shield technology created by Embrapa in its growing BRS 511 is intended to increase the productivity of soybeans, reducing the damage caused by Asian rust. Therefore, the aim of this study was to compare the biodiversity of the insect families among the soybean cultivars with the genetic background, BRS 511, with the Shield technology and CD 215, as the control. Aspects of wealth, composition, time variations and local interactions were conducted in the municipality of Mandirituba, PR. Furthermore, it sought to investigate differences in family diversity between varieties, providing information on wealth and abundance, analyzing the composition of the community between the crops and how they are influenced by the blocks of treatments and harvest times. For obtaining the data, field collections were carried out through the implementation of pitfall traps aiming to capture the organisms to carry out the identifications and analyses. This material was sorted and identified at family level and added to an Excel sheet, in which statistical analyses were carried out. The R program was used for statistical analysis. A total of 3296 insects were collected, of which 1794 individuals divided of 43 families in CD 215 (A) control treatment and 1502 individuals of 44 families in BRS 511 test treatment. (B). The Shannon-Wiener diversity index showed no significant variation between treatments, suggesting that both cultivars offer similar habitats for insect diversity. However, the ANOSIM test, focusing on the more abundant families, revealed significant differences in the composition of the insect communities among the cultivars, highlighting that the Shield technology of the BRS 511 may somehow influence the relative abundance of the dominant insect families. In addition, the temporal analysis of diversity indicated that the diversity of insects was greater in the breeding season for both cultivars, with higher Shannon indices, suggesting that the different phenological phases of plants affect insect diversity more than the cultivation type itself. The analyses conducted also showed that the variation between crop blocks had no significant effect on the insect community, possibly due to the proximity of the collection sites, which did not provide sufficient spatial heterogeneity to influence the results. The study contributes to a deeper understanding of biodiversity in agricultural systems, demonstrating that while the overall diversity can be similar between different cultivars, the composition and abundance of insect families can be influenced by specific technologies among soy cultivars such as the BRS 511 Shield.

Keywords: Cultivars. Soybean. Genetical. Enhancement. Biodiversity. Entomofauna.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	10
2.1	Objetivo Geral	10
2.2	Objetivos Específicos	10
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1	História da Soja	11
3.2	Melhoramentos Genéticos de Cultivares de Soja no Brasil	12
3.2	Cultivares BRS 511 e CD 215	14
3.3	Biodiversidade de Insetos e Métodos de Levantamento em Monoculturas	15
4	METODOLOGIA	18
5	RESULTADOS/ ANÁLISE DE DADOS	22
5.1	Resultados	22
5.2	Comparação de Riqueza e Abundância entre os Tratamentos CD 215 e BRS 511	24
5.3	Comparação da Comunidade de Insetos entre os Diferentes Blocos	28
5.4	Comparação das Épocas de Coletas entre os Estágios Vegetativo e Reprodutivo da Soja em Cada Tratamento	30
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
	REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) se tornou uma das mais importantes culturas mundiais (DALL'AGNOL et al., 2007), onde o Brasil se destacou. Segundo a USDA 2023, o Brasil é o maior produtor de grãos de soja, produzindo cerca de 156 milhões de toneladas no ano de 2023, totalizando 42% da produção mundial. Por conta dessa grande produção e importância na economia do país, ocorreram grandes buscas através de soluções biotecnológicas para aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção (OLIVEIRA; FERREIRA, 2020). Nessa busca por inovações, a Embrapa desenvolveu a BRS 511, uma cultivar de soja convencional que possui uma tecnologia chamada Shield (EMBRAPA, 2024). O desenvolvimento deste cultivar foi realizado por métodos de melhoramento convencional, através de uma seleção genética que possui uma resistência genética a ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), uma das principais doenças que diminuem e prejudicam a produção de grãos de soja.

Essas buscas por soluções inovadoras, foram direcionadas para uma visão econômica, ignorando como isso poderia influenciar na biodiversidade de insetos, já que os métodos atuais agrícolas de produção intensiva, ocasionam diversos problemas ambientais, levando à diminuição da fauna. De acordo com Zylberstajn et al (1998) os insetos são considerados pragas que diminuem a produção e o lucro dos cultivos de soja, em que os estudos tem como objetivo diminuir a quantidade de pragas que afetam a produtividade, através de inovações tecnológicas.

A Tecnologia Shield apresentada pela EMBRAPA não tem como objetivo afetar os insetos, seu foco é apenas conter doenças fungicas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é comparar as monoculturas de soja BRS 511 e CD 215, cultivos de sojas convencionais, tentando identificar se existem diferenças na composição da fauna entre estes cultivares.

O estudo foi conduzido por meio de coletas sistemáticas de insetos que foram realizadas no município de Mandirituba, PR, durante a safra de 2022/2023 (12 de dezembro de 2022 a 14 de abril de 2023), utilizando armadilhas pitfall. Os insetos foram separados em dois tratamentos de soja: um contendo a Tecnologia Shield (BRS 511) e outro representando a soja controle (CD 215). A identificação e quantificação das famílias de insetos foram realizadas no laboratório em Curitiba da empresa KC Biotech, com precisão e rigor taxonômico ao nível de família. O objetivo foi identificar variações na biodiversidade local, especialmente na possível influência da Tecnologia Shield aos organismos. Essa abordagem integrada, combinando métodos de coleta e análises estatísticas, permitirá uma avaliação abrangente da ecologia dos

insetos nos diferentes tratamentos de soja, proporcionando informações sobre a potencial influência da tecnologia na fauna local.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Comparar a biodiversidade das famílias de insetos entre as cultivares de soja com o background genético, BRS 511 que possui a tecnologia Shield e a CD 215, controle. Foi observado aspectos de riqueza, composição, variações temporais e interações locais, na localidade de Mandirituba, PR.

2.2 Objetivos Específicos

- Investigar se há diferenças na diversidade de famílias de insetos entre as variedades de soja BRS 511 e a controle, fornecendo informações sobre a riqueza específica de cada variedade.
- Investigar se a composição da comunidade de insetos varia entre os blocos de cultivo, mesmo quando a variedade de soja é a mesma, oferecendo uma perspectiva sobre a influência local.
- Examinar como as comunidades de insetos são influenciadas pela localidade (blocos) e pelo tipo de tratamento (BRS 511 ou CD 215), destacando a complexidade das interações locais e dos diferentes tratamentos.
- Avaliar se a biodiversidade das famílias de insetos varia em diferentes épocas de coleta, independentemente dos blocos e da variedade de soja, fornecendo uma visão temporal geral.
- Investigar se a dinâmica temporal da biodiversidade de insetos difere entre a soja com Tecnologia Shield (BRS 511) e a soja controle (CD 215), ressaltando as possíveis variações ao longo do tempo específicas para cada variedade.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Contexto Histórico e Importância Econômica da Soja no Brasil

A soja (*Glycine max*) está entre os cultivos mais importantes para a economia do mundo, sendo a base de diversos alimentos e produtos que conhecemos hoje em dia. A soja tem seu primeiro registro na Ásia, em que foi domesticada pela primeira vez na China por volta de 1100 a.C. (COBER; MORRISON, 2010). A soja rapidamente se tornou uma cultura fundamental na agricultura chinesa, sendo um dos pilares da agricultura em conjunto ao milho, arroz, cevada e trigo, por conta da sua capacidade de fixação de nitrogênio no solo e ao seu valor nutricional, sendo amplamente utilizada tanto para alimentação humana quanto para melhorar a fertilidade do solo (ZHAO et al., 2018). Produtos tradicionais à base de soja, como tofu, missô e molho de soja, têm origens profundas na cultura chinesa. O tofu, por exemplo, ganhou popularidade durante a Dinastia Song (960-1279 d.C.), enquanto o missô foi desenvolvido por volta do primeiro século a.C. (SHURTLEFF; AOYAGI, 2013). Por muito tempo a soja ficou apenas situada no oriente, apenas no século XV ela foi introduzida na Europa, porém não como um alimento, mas sim utilizadas em jardins.

Segundo Bertrand, Laurent e Leclercq (1987), através da introdução de sementes de soja por missionários na Europa em 1800, foram realizados diversos estudos agrônômicos. A partir desses experimentos, foram escolhidas as variedades mais adequadas ao clima europeu. A soja expandiu e aumentou o seu uso e passou a ser usada de diferentes modos pelos ocidentais, mesmo tendo bastante resistência para seu consumo alimentício, teve bastante sucesso como planta forrageira (PIROLLA; BENTO, 2008). Apenas em 1765 ela foi introduzida nos Estados Unidos, mas só ganhou relevância comercial no século XX, quando passou a ser utilizada extensivamente na produção de óleo e ração animal (HARTMAN; HERMAN; WEST; 2011). Nos países ocidentais, os principais produtos da soja incluem óleo, utilizado em margarinas, maioneses, gorduras vegetais e molhos para salada, e farelo, que serve como uma fonte de proteína para a produção de carne suína, aves, ovos, peixes, carne bovina e leite (SINGH et al., 2019).

A chegada da soja pela primeira vez ao Brasil só aconteceu em 1882 no estado da Bahia por Gustavo D'utra, porém por ela não ser adaptada para baixas latitudes, não teve sucesso (DALL'AGNOL 2011). Em 1901 no Rio Grande do Sul foi realizado mais testes e finalmente foram obtidos resultados positivos, isso por conta das condições climáticas

encontradas no estado, que favoreceram o desenvolvimento do cultivo (DALL'AGNOL 2011), mas só em 1941 a soja apareceu nos números oficiais do Rio Grande do Sul (VERNETTI, 1977) com a construção da primeira fábrica de processamento (BONATO; BONATO, 1987), através de uma grande produção de soja na década de 50. Na mesma década a soja ganhou força no Paraná, por conta de fortes geadas que estavam afetando as plantações de café nos meados de 1950, a sugestão para mitigar os custos e danos provindos das geadas nos cafezais, foi a utilização da soja (KASTER; TERAZAWA 1981), trazendo resultados positivos na produção, estabelecendo então a soja como sua principal cultura econômica e se tornando o segundo estado com maior produção nacional em 1957.

A soja tem desempenhado um papel crucial na agricultura brasileira, contribuindo significativamente para a economia do país tornando-se muito importante para as indústrias químicas e alimentícias (FREITAS, M 2011) além de seu uso uma fonte alternativa para produção de biocombustível (COSTA NETO; ROSSI, 2000). Desde sua introdução no Brasil, o cultivo de soja através da expansão da fronteira agrícola cresceu rapidamente, colocando o Brasil como o maior produtor mundial de soja, produzindo cerca de 154.566,3 milhões de toneladas, respondendo por cerca de 42% da produção global em 2023. O estado do Paraná contribuiu com cerca de 22.384,9 milhões de toneladas, 14,5% do total produzido no Brasil. (EMBRAPA 2023).

Diante da rica trajetória histórica da soja no Brasil, desde sua introdução e adaptação até seu papel crucial na economia agrícola do país, trazendo a revolução socioeconômica e tecnológica, equivalente ao que ocorreu na colonização do Brasil com a cana de açúcar, e também com o cultivo do café no Brasil Republica (PIROLLA; BENTO, 2008). Torou-se de extrema importância novos estudos que avaliem os impactos das novas tecnologias de cultivo na produção de soja e por consequência na fauna local.

2.2 Melhoramentos Genéticos de Cultivares de Soja no Brasil

Com o avanço da comercialização da soja, e seu grande potencial na economia do Brasil, começaram as pesquisas e testes no intuito de encontrar um cultivar propício as condições climáticas encontradas no país. A partir de 1970 começaram as buscas por tecnologias e melhoramentos, tanto por instituições públicas como a Embrapa e também por universidades (GAZZONI 2018). As pesquisas no Paraná tiveram início na década de 70 pelo

ministério da agricultura e posteriormente pela Embrapa em Londrina-PR, até este período, todos os cultivares vinham dos Estados Unidos (DOMIT, et al., 2007).

A soja requer um estudo incessante em conjunto a um grande conhecimento sobre suas espécies, para entender suas relações com o meio ambiente na qual será cultivada, fazendo com que as pesquisas se tornem mais produtivas para formação de novos cultivares (EMBRAPA, 2009). Dentre os estudos de melhoramento genético são selecionadas características que podem auxiliar o rendimento desses cultivares, esses aspectos podem ser resistência a insetos considerados pragas, resistência a doenças fungicas e também a nematoides prejudiciais a cultura. Esses cultivares são adquiridos através de três diferentes métodos, sendo estes a seleção, introdução e hibridação (BACAXIXI et al, 2011).

A seleção é um método de melhoramento genético que envolve a escolha de plantas com características desejáveis para reprodução, existem dois tipos principais de seleção: a seleção massal e a seleção de plantas individuais (PINTO et al., 2002). A seleção massal envolve a coleta de sementes de um grande número de plantas que apresentam características desejáveis, como alta produtividade ou resistência a doenças, as sementes são então misturadas e plantadas para a próxima geração (COBER & MORRISON, 2010). Já a seleção de plantas individuais envolve a identificação e a reprodução seletiva de plantas individuais que possuem características superiores (COBER & MORRISON, 2010).

O método de introdução de germoplasma estrangeiro permite a introdução de novas características e a expansão da diversidade genética disponível para os programas de melhoramento (SCHMUTZ et al., 2010). Esse método envolve a importação de variedades ou espécies de soja de outras regiões ou países para incorporar características desejáveis na população local. Essa prática é utilizada para introduzir resistência a novas pragas ou doenças, ou para adaptar a soja a novas condições ambientais, no processo de introdução, as plantas são inicialmente testadas em condições locais para verificar sua adaptação e desempenho, se elas demonstrarem características superiores, são cruzadas com variedades locais para transferir essas características desejáveis. No final do processo esses materiais se tornam novos cultivares na área que ela está sendo introduzida (POEHLMAN & SLEPER, 1997).

Já o método de hibridação consiste na transferência das características ou realizada novas combinações para os cultivares com o intuito de trazer uma relevância econômica (FEHR, 1987; POEHLMAN & SLEPER, 1995). A hibridação é um método amplamente utilizado no melhoramento genético da soja, consistindo no cruzamento de duas variedades ou linhagens diferentes para gerar descendentes com características desejáveis. Este processo envolve a seleção criteriosa dos parentais para combinar características complementares, como

resistência a doenças, alta produtividade, ou adaptabilidade a diferentes condições ambientais (PINTO, et al., 2002). Conforme apontado por Cober & Morrison (2010), a hibridação tem sido fundamental para a criação de novas variedades de soja com características agronômicas melhoradas, como resistência a estresses bióticos e abióticos, além de maior rendimento. Singh et al. (2019) destacam que a hibridação tem sido eficaz na introdução de variabilidade genética na soja, permitindo a criação de plantas com características superiores em relação aos parentais. Além disso, Zhao et al. (2018) mencionam que a hibridação é uma ferramenta importante para o desenvolvimento de linhagens de soja adaptadas a diferentes condições climáticas e de solo, contribuindo para a ampliação da área de cultivo e o aumento da produtividade.

2.3 Cultivares BRS 511 E CD 215

A introdução dos primeiros cultivares de soja no Brasil, se deu por conta da introdução de variedades adaptadas de outros países como os Estados Unidos e a Argentina. Segundo Dall'Agnol et al. (2007), os primeiros cultivares utilizados no país foram o 'Santa Rosa', o 'IAC-1', o 'IAC-2' e o 'IAC-3', desenvolvidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) na década de 1940. Esses cultivares pioneiros foram fundamentais para estabelecer as bases da cultura da soja no Brasil. Com o avanço da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico, novos cultivares foram sendo desenvolvidos para atender às demandas dos agricultores brasileiros. De acordo com Freitas (2011), os cultivares 'BR-1' e 'BR-2', lançados pela Embrapa na década de 1970, trouxeram melhorias significativas em produtividade e resistência a doenças, consolidando a posição do Brasil como um dos principais produtores de soja do mundo. No decorrer das décadas seguintes, a pesquisa em melhoramento genético continuou a evoluir, levando ao desenvolvimento de cultivares mais modernos e adaptados às diversas regiões do país. Entre esses cultivares, destacam-se o 'CD 215' e o 'BRS 511', desenvolvidos pela Embrapa, ambos passaram por melhoramento genético, através de metodologias clássicas.

O cultivar CD 215 Desenvolvido pela Embrapa foi lançado em 1991, destacando-se por sua versatilidade e adaptabilidade a diferentes condições ambientais (EMBRAPA, 2024). Ele foi criado com o intuito de oferecer uma alternativa para os agricultores que cultivam em áreas com baixa disponibilidade de água e que enfrentam condições adversas de seca. Para sua criação, os pesquisadores utilizaram uma variedade de métodos de melhoramento genético para desenvolver o CD 215, incluindo técnicas de seleção massal e hibridação, visando aumentar sua produtividade e resistência ao estresse hídrico (DALL'AGNOL ET AL., 2007). O CD 215

possui a capacidade de proporcionar uma produção estável e sustentável mesmo em condições climáticas desfavoráveis, contribuindo assim para a segurança alimentar e a economia rural (EMBRAPA, 2024).

Já o cultivar BRS 511, foi lançado pela Embrapa em 2008, sendo uma conquista significativa no melhoramento genético da soja no Brasil (EMBRAPA, 2024). Ele foi desenvolvido com o objetivo específico de oferecer resistência genética à ferrugem-asiática, uma das doenças mais prejudiciais à cultura da soja. Para alcançar essa resistência, os pesquisadores empregaram uma combinação de métodos de melhoramento genético convencional, incluindo cruzamentos seletivos entre diferentes linhagens de soja e seleção massal de plantas com características desejáveis (DALL'AGNOL ET AL., 2007). Ela possui a tecnologia Shield, proporcionando uma durabilidade e eficácia no controle da doença da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). Além disso, Singh et al. (2019) destacam que essas inovações tecnológicas no melhoramento genético da soja têm o potencial de impulsionar a produção agrícola, reduzindo a dependência de agroquímicos e minimizando os impactos ambientais negativos. Já que o uso de agrotóxicos e fertilizantes podem afetar negativamente a população de artrópodes, a nova tecnologia Shield presente no cultivar BRS 511 traz a diminuição de aplicações e manipulação da área do plantio, podendo então aumentar a abundância de artrópodes, benéficos e também diminuir os impactos no meio ambiente. Além da resistência à ferrugem, o BRS 511 também apresenta outras características agrônômicas favoráveis, como boa adaptação a diferentes condições de solo e clima, trazendo também mais sustentabilidade para a produção de soja no país (EMBRAPA, 2024).

2.4 Biodiversidade de Insetos e Métodos de Levantamento em Monoculturas

A agricultura, sendo uma das atividades humanas mais essenciais, tem modificado significativamente o ambiente natural, com o cultivo intensivo de monoculturas de certas espécies vegetais, está causando diversas alterações nos ecossistemas que anteriormente se encontravam em completa harmonia (PANIZZI et al., 1977; BAGGIOLINI, 1980; BOUCIAS; BRADFORD; BARFIELD, 1984; ARAÚJO, 1990; AMARO, 2002). Com o aumento da produção em massa da soja no Brasil, utilizando metodologias agrícolas agressivas, está gerando diversos danos ambientais e por consequência a perda da fauna de insetos (CIVIDANES et al, 2009; CHIARADIA et al., 2020). As práticas agrícolas convencionais ignoram o equilíbrio dos ecossistemas, resultando na quebra das harmonias biológicas, isso

impede que os organismos convivam de forma harmoniosa, resultando no surgimento de pragas agrícolas, afetando diretamente a biodiversidade do ecossistema.

A fauna edáfica, que corresponde pela sua maior parte os insetos (entomofauna) possui uma grande variedade em sua composição, reunindo diversos organismos considerados pragas, espécies benéficas, além de conter também organismos que não causam nenhum benefício propriamente dito, mas também não causam nenhum dano aos cultivos (MORÓN, 2004), ela está estritamente relacionada com os agroecossistemas por conta dos micro habitats e condições microclimáticas que se cria nas monoculturas(DANTAS et al., 2012).

Os insetos constituem o maior agrupamento conhecido de seres vivos do reino animal, e também os mais diversos entre os Arthropoda, compondo cerca de 75% das espécies de animais conhecidas no mundo (TRIPLEHORN & JONSHON, 2005). Por possuir uma complexa relação com o meio ambiente, acabam se tornando um dos pilares mais importantes nos estudos dos ecossistemas (BARBOLA; NASCIMENTO; MILLÉO, 2007). Estudar a composição de determinadas comunidades de organismos, é um dos principais pontos para se avaliar possíveis modificações no ambiente (BARROS; GALADO, 2014), por possuir uma grande biodiversidade, em conjunto a um grande grau de adaptabilidade aos ambientes, além de possuir um ciclo curto, acabam se tornando um ótimo indicador para este fim (SILVA et al., 2007). Isto se dá por conta de suas diversas funções e papeis que realizam na natureza, por conta da sua ligação próxima com a diversidade dos ecossistemas e seus processos ecológicos (MARTINS; MARTINS; SOUZA, 2020).

As pesquisas a respeito da riqueza de espécies de insetos em diversas formas vegetais são essenciais para levantamentos preliminares da biodiversidade regional (BARBOZA & UCHOA, 2010). Saber como é composto a fauna de insetos em diversos habitats, corrobora para mais estudos ecológicos. Para a condução e levantamento dessas informações utilizam-se de mecanismos de captura de insetos, com o intuito de coleta-los para posteriormente realizar análises mais profundas e identificar estes organismos, tendo um papel importante na amostragem dessas populações. Essas armadilhas são posicionadas em pontos específicos no qual pretende realizar as coletas. Esse mecanismo é constituído por mecanismos que visam atrair o animal até a armadilha em conjunto a uma estrutura que permita prender o inseto e impedir a sua possível fuga (TRIPLEHORN & JOHNSON, 2011). O termo armadilha é definido como um mecanismo químico, físico ou mecânico que tem como objetivo prender organismos, composta por dois elementos principais: o elemento atrativo e o dispositivo de captura (NAKANO & LEITE, 2000). A utilização de armadilhas no processo de levantamento de dados de insetos é uma metodologia mais simples e econômica com bastante eficiência

(Melo, Moreira, & Silva, 2011). Tem-se diversos tipos de armadilhas que são utilizadas para realizar esse levantamento, sendo uma das mais clássicas e tradicionais a armadilha conhecida como pitfall. O pitfall também conhecido como alçapão, ou armadilha de queda (LOPES, 2007), é utilizado para a captura de animais que se movem pelo solo (ALMEIDA, RIBEIRO-COSTA, & MARINONI, 1998). Elas possuem diversos modos de confecção, porém a mais comum é uma estrutura física como um pote plástico contendo uma isca no seu interior em conjunto a componentes líquidos que tem o intuito de matar o organismo, mas também preservá-lo (FAVILA & HALFFTER, 1997). Esse procedimento se enquadra no modo passivo de coleta, caracterizado pela ação do animal no qual ele se direciona até a armadilha sem uma ação ativa por parte do coletor (LOPES, 2007). Essa metodologia adotada fornece uma estimativa aproximada do número total de espécies de uma comunidade, além de ser uma metodologia simples, barata, fácil de ser transportada e instalada, sua confecção é acessível, sendo então uma ferramenta básica para estudos ecológicos, (SILVA & CARVALHO, 2000; LOPES, 2007).

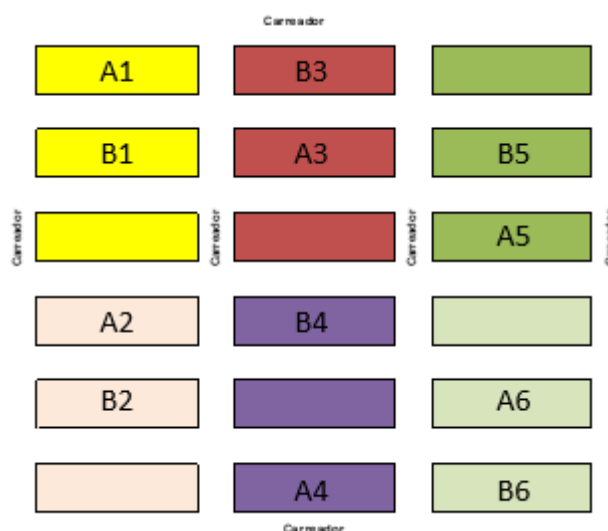
Analises faunísticas proporcionam dados a respeito da composição, abundância e riqueza das espécies dentro de uma comunidade (ANTUNEZ, C. 2014). Estes dados se apresentam através dos índices de biodiversidade, gerando materiais a serem analisados, permitindo que haja comparações entre a comunidade de organismos de um modo diversificado (MARQUES; CARVALHO; SANTOS, 2009). Estas pesquisas são extremamente necessárias para assegurar e também acurar a biodiversidade e o desenvolvimento dos ecossistemas, assim como estimar a consequência ambiental de ambientes transformados pelo homem (ANTUNEZ, C. 2014).

3. METODOLOGIA

O ensaio foi conduzido na safra 2022/2023 (12 de dezembro de 2022 a 14 de abril de 2023) no município de Mandirituba, Paraná, em um ambiente de cultivo de soja. As coordenadas do local da plantação e da coleta eram aproximadamente 25°49'56,3'' S de latitude, 49°21'25,3'' W de longitude, com altitude de 935 metros acima do nível do mar. O tipo de solo era Cambissolo Franco Argiloso, com precipitação de 815 mm e médias de temperatura variando entre 19,8 a 20,8 °C durante o período de cultivo.

O ensaio foi composto por 2 Entradas, uma das entradas é a CD 215 contendo 6 repetições, representadas pelas letras, A1, A2, A3, A4, A5, A6 e a entrada BRS 511, também contendo 6 repetições representadas pelas letras B1, B2, B3, B4, B5, B6, totalizando 12 parcelas cultivadas (FIGURA 1), o restante dos blocos (6), que não possuem nenhuma numeração no croqui na imagem era composto de outro cultivar que não era objetivo de estudo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com parcelas constituídas por 10 linhas de cultivo com 20,0 m de comprimento, espaçadas a 0,50 m entre si. A área útil para a obtenção dos dados correspondeu às linhas 3 e 8 do cultivo.

FIGURA 1 – CROQUI DAS PARCELAS



FONTE: Jhonata Herculano (2023)

Para a coleta dos dados foram utilizadas armadilhas pitfall modificadas, consistindo em tubos plásticos enterrados a 15 cm de profundidade no solo, no centro um pote plástico onde o inseto irá cair através de um funil, coberto por uma casinha de proteção contra folhas e chuva. (IMAGEM 1). Estas armadilhas foram posicionadas entre as linhas de cultivo 3 e 8 de cada

bloco. Cada armadilha continha um funil na borda superior, direcionado à superfície do solo, e um recipiente plástico com álcool 70% e detergente para preservação dos exemplares de insetos (IMAGEM 2). As amostras foram coletadas em 2 momentos diferentes do desenvolvimento das plantas, sua fase vegetativa, e reprodutiva, representando fases cruciais do ciclo da soja. Para cada período de coleta as armadilhas ficaram instaladas por 72 horas, colocadas e tiradas no mesmo horário, para manter o mesmo padrão entre as coletas.

IMAGEM 1 – INSTALAÇÃO ARMADILHA PITFALL



FONTE: Jhonata Herculano (2023)

IMAGEM 2 – ARMADILHA PIFALL INSTALADA



FONTE: Jhonata Herculano (2023)

As amostras após serem coletadas, foram transportadas refrigeradas para o Laboratório de Identificação da Instalação de Teste em Curitiba Paraná. No laboratório, os insetos foram triados e identificados até o nível taxonômico de família. Para realizar a identificação dos artrópodes foi utilizado estereomicroscópio e chaves de identificação de insetos. Após a identificação os exemplares coletados foram armazenados em potes plásticos tampados, contendo álcool 70% para sua preservação, e depositados na coleção da empresa KC Biotech.

Os dados brutos foram triados e compilados em tabelas no Excel, separados por entradas, épocas de coletas, contendo a quantidade de famílias e indivíduos da mesma família presentes em cada parcela. Com os dados coletados, através do programa R foram realizados testes estatísticos multivariados. Primeiramente foi testado os pressupostos de normalidade, para isso foi utilizado o Shapiro- Wilk. No primeiro momento foi calculado o índice de diversidade de Shanon –Wiener para realizar o Teste T, com o intuito de avaliar a diversidade nos dois tratamentos. Posteriormente foi realizado o teste de Análise de similaridade (ANOSIM) que tem como objetivo comparar a composição das comunidades de insetos entre as variedades BRS 511 e CD 215. Também foi realizado uma análise de variância (ANOVA) em blocos, com o intuito de analisar se houveram diferenças significativas nos dados comparando-os entre os blocos. Para a visualização gráfica da variação da abundância, foi utilizado em conjunto o Escala Multidimensional Não Métrica (NMDS).

Antes de realizar qualquer análise, foram testados os pressupostos de normalidade e homocedasticidade dos dados. Para verificar a normalidade, utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk com um nível de significância de 5% ($p=0,05$). Este teste avalia se os dados seguem uma distribuição normal. Se o valor p obtido for maior que 0,05, não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de que os dados são normalmente distribuídos. Para testar a homocedasticidade, que se refere à igualdade de variâncias entre os grupos, foi aplicado o teste de Levene, também com um nível de significância de 5% ($p=0,05$). Se o valor p deste teste for maior que 0,05, não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de que as variâncias dos grupos são iguais.

Todos os testes foram realizados no software R versão 4.4.0 (R Core Team, 2024), através dos pacotes *stats* (R Core Team, 2024), *car* (Weisberg 2019), *vegan* (Oknasen et al. 2024), *iNEXT* (Hsieh e Chao, 2024), *lme4* (Bates et al. 2015) e *zoo* (Zeileis, 2005).

Para a discussão dos resultados, foram obtidas informações específicas das famílias e diferentes culturas de soja. Buscou-se correlacionar essas informações com os resultados das análises estatísticas, destacando especialmente as variações na composição e riqueza das comunidades de insetos entre as variedades de soja e ao longo do ciclo de cultivo. A obtenção

dos dados comparativos foi feita a partir da leitura de artigos, publicações, periódicos, trabalhos técnicos, monografias, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses que abordam parcialmente ou integralmente estes assuntos.

5.RESULTADOS/ ANALÍSE DE DADOS

5.1 Resultados

Foram coletados um total de 3296 organismos (Tabela 1), sendo 1794 indivíduos divididos em 43 famílias, de insetos no tratamento controle CD 215 (A) e 1502 indivíduos com uma variedade de 44 famílias no tratamento teste BRS 511 (B). As ordens com maior número de indivíduos foram, Coleoptera, Diptera, Hemiptera e Hymenoptera. Sendo que as famílias que mais contribuíram para esses números foram, Chloropidae (Diptera), Staphylinidae (Coleoptera), Drosophilidae (Diptera), Formicidae (Hymenoptera), Cecidomyiidae (Diptera), Sciaridae (Diptera), Nitidulidae (Coleoptera), Muscidae (Diptera), Cicadellidae (Hemiptera) e Scelionidae (Hymenoptera), que totalizaram 2796 organismos, cerca de 84% somando os dois tratamentos. Destacando os dípteros o grupo com maior número de espécimes coletados, com um total de 2046, responsável por aproximadamente 62% da abundância total registrada, seguida de Coleoptera com 619 (18,7%).

TABELA 1 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS E FAMÍLIAS DO TRATAMENTO CD 215 E BRS 511

CD 215			BRS 511	
IDENTIFICAÇÃO	QUANTIDADE		IDENTIFICAÇÃO	QUANTIDADE
Chloropidae (D)	478		Chloropidae (D)	418
Drosophilidae (D)	273		Formicidae (Hy)	201
Cecidomyiidae (D)	221		Staphylinidae (C)	173
Staphylinidae (C)	183		Sciaridae (D)	111
Sciaridae (D)	135		Drosophilidae (D)	94
Formicidae (Hy)	77		Muscidae (D)	62
Nitidulidae (C)	67		Nitidulidae (C)	54
Cicadellidae (He)	45		Cecidomyiidae (D)	50
Muscidae (D)	41		Silvanidae (C)	48
Scelionidae (Hy)	39		Phoridae (D)	44
Thripidae (TY)	28		Thripidae (Th)	43
Tipulidae (D)	27		Cicadellidae (He)	37
Phoridae (D)	26		Scelionidae (Hy)	37
Silvanidae (C)	20		Aphididae (He)	24
Mycetophilidae (D)	15		Miridae (He)	9
Chrysomelidae (C)	12		Geocoridae (He)	9
Aphididae (He)	12		Chrysomelidae (C)	8
Anthicidae (C)	11		Mycetophilidae (D)	7
Miridae (He)	10		Tipulidae (D)	7
Sarcophagidae (D)	8		Elateridae (C)	6

CD 215			BRS 511	
IDENTIFICAÇÃO	QUANTIDADE		IDENTIFICAÇÃO	QUANTIDADE
Elateridae (C)	7		Figitidae (Hy)	6
Empididae (D)	7		Braconidae (Hy)	6
Ceraphronidae (Hy)	7		Psyllidae (D)	5
Chironomidae (D)	6		Latridiidae (D)	4
Gryllidae (O)	6		Empididae (D)	4
Phitilidae (C)	4		Dolichopodidae (D)	4
Carabidae (C)	5		Gryllidae (O)	4
Curculionidae (C)	3		Anthocoridae (He)	3
Psyllidae (He)	3		Ceraphronidae (Hy)	3
Mymaridae (Hy)	3		Mymaridae (Hy)	3
Coccinellidae (C)	2		Phitilidae (C)	2
Delphacidae (He)	2		Anthicidae (C)	2
Figitidae (Hy)	2		Chironomidae (D)	2
Cantharidae (C)	1		Cixiidae (He)	2
Latridiidae (D)	1		Scarabaeidae (C)	1
Tenebrionidae (C)	1		Coccinellidae (C)	1
Melyridae (C)	1		Cleridae (C)	1
Cleridae (C)	1		Erotylidae (C)	1
Psychodidae (D)	1		Ceratopogonidae (1
Syrphidae (D)	1		Psyllidae (He)	1
Lygaeidae (He)	1		Sarcophagidae (D)	1
Geocoridae (He)	1		Chrysididae (Hy)	1
			Hesperiidae (L)	1
			Acrididae (O)	1
Legenda: (C) Coleoptera; (D) Diptera; (He) Hemiptera; (Hy) Hymenoptera; (L) Lepidoptera; (O) Orthoptera; (Th) Thysanoptera				

FONTE: Jhonata Herculano (2023)

A Ordem Diptera é a mais amostrada no Paraná, tendo mais de 50 famílias registradas, destas se destacam: Sciaridae, Phoridae, Cecidomyiidae, todas com uma grande abundância (BARBOLA; NASCIMENTO; MILLÉO, 2007), o que explica o grande número de indivíduos desta ordem, coletada neste estudo.

Para ordem Coleoptera, a família de maior abundância foi Staphylinidae, besouros da fauna edáfica, responsáveis pela reciclagem de matéria orgânica vegetal e animal (COPATTI; GASPARETTO, 2012). A explicação da sua aparição em grande quantidade nas armadilhas de pitfall se deve por seus hábitos de vida que na maioria das vezes são situados ao solo (FREITAS et al., 2005).

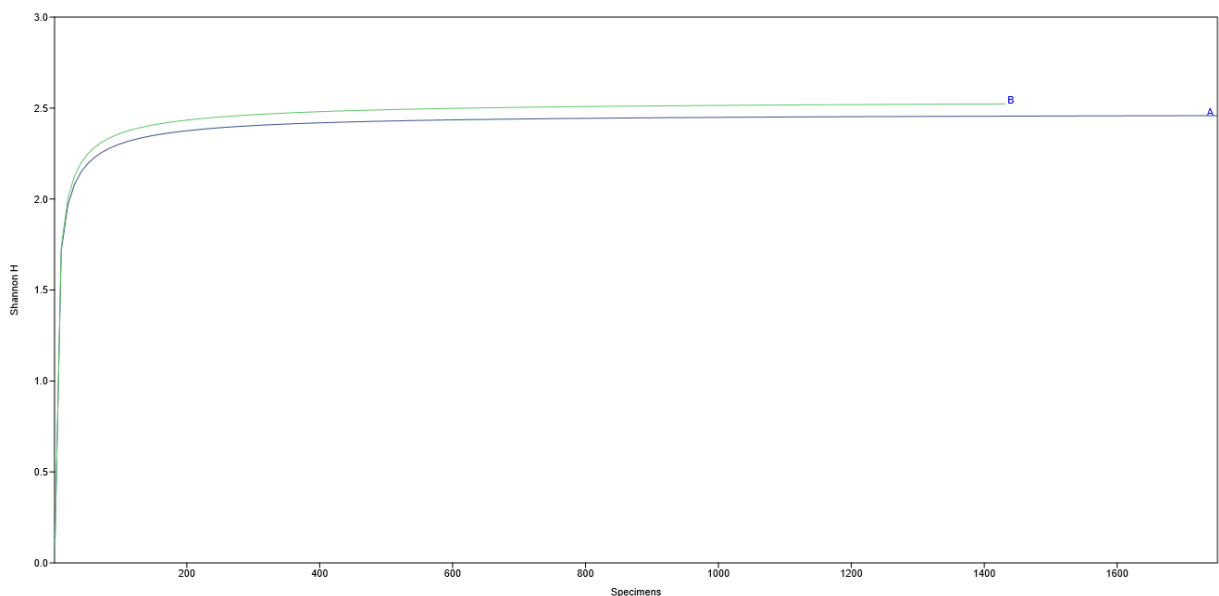
5.2 Comparação de Riqueza e Abundância entre os tratamentos CD 215 e BRS 511

Para comparar a riqueza entre os cultivares, e determinar a variação nos dados, o Índice de diversidade de Shannon-Wiener foi calculado para os dois tratamentos, utilizando todas as famílias coletadas e igualando os pesos entre espécies raras e abundantes.

Para o tratamento A (Controle - CD 215), o índice de diversidade foi de 2,51. Este valor representa uma medida de diversidade que inclui tanto a riqueza de espécies quanto a equitabilidade na distribuição das mesmas. Por outro lado, o tratamento B (Teste - BRS 511) apresentou um índice de diversidade de 2,59, indicando uma diversidade de famílias de insetos ligeiramente maior comparado ao controle (FIGURA 2).

Quanto maior o valor do índice de Shannon-Wiener, maior é a diversidade. Valores mais altos sugerem uma comunidade com uma distribuição mais equilibrada das espécies, implicando que não há dominância excessiva de algumas espécies sobre outras. No entanto, ao aplicar o Teste T para avaliar a significância das diferenças entre os dois índices, não foi detectado uma diferença estatística significativa ($T = -1,44$; $p = 0,147$). Isso indica que, embora haja uma pequena variação nos valores de diversidade, esta variação não é grande o suficiente para ser considerada estatisticamente relevante.

FIGURA 2 - GRÁFICO DE RAREFAÇÃO DA DIFERENÇA ENTRE OS DOIS TRATAMENTOS, INCLUIU TODAS AS FAMÍLIAS AMOSTRADAS.



FONTE: Jhonata Herculano (2024)

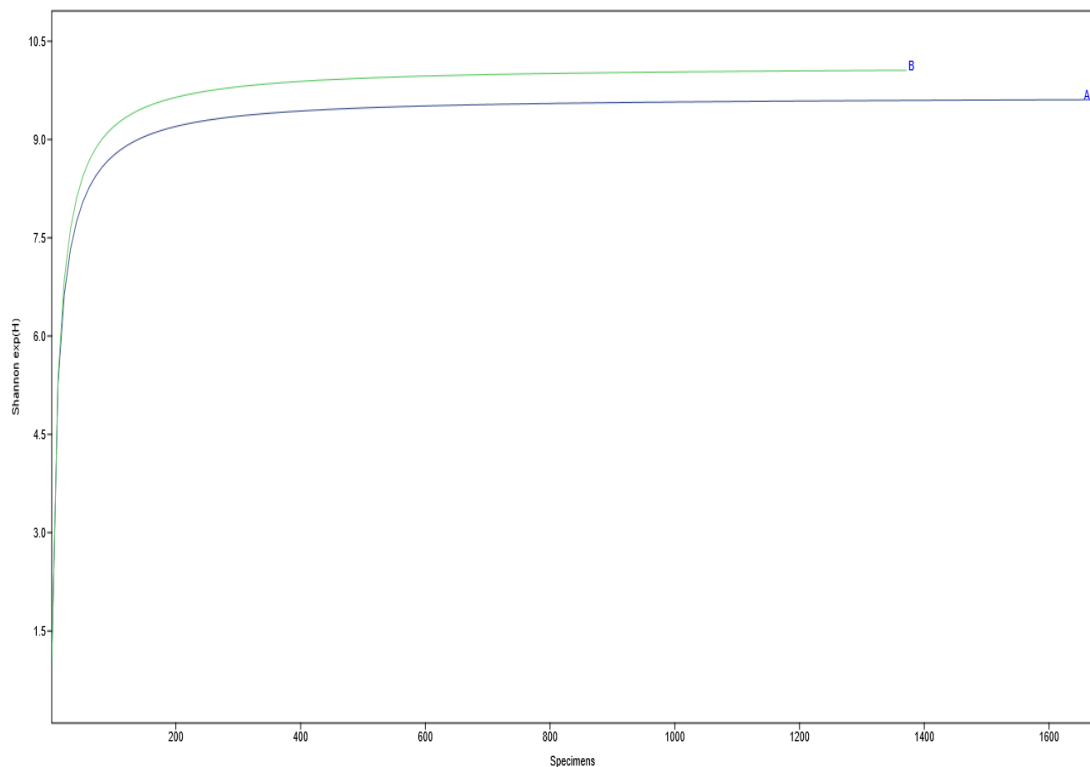
Para complementar a análise da diversidade de insetos em cultivares de soja, foi realizado um teste ANOSIM (Analysis of Similarities) utilizando a distância de Bray-Curtis. Este teste foi utilizado para investigar se as composições das famílias de insetos diferem significativamente em relação à abundância entre os dois tratamentos, CD 215 (controle) e BRS 511 (teste).

O teste ANOSIM é uma ferramenta estatística que compara as similaridades dentro dos grupos e entre os grupos para determinar se as diferenças observadas são maiores do que o esperado ao acaso. A distância de Bray-Curtis é uma métrica que quantifica a diferença entre duas amostras com base na composição e abundância das espécies.

Para esta análise, foram incluídas apenas as famílias de artrópodes que apresentaram cinco ou mais indivíduos em ambos os tratamentos, assegurando uma amostra representativa e robusta para a comparação. As famílias consideradas foram: Aphididae, Cecidomyiidae, Chloropidae, Chrysomelidae, Cicadellidae, Drosophilidae, Elateridae, Formicidae, Miridae, Muscidae, Mycetophilidae, Nitidulidae, Phoridae, Scelionidae, Sciaridae, Silvanidae, Staphylinidae, Thripidae e Tipulidae.

Os resultados do teste ANOSIM indicaram uma diferença estatisticamente significativa na composição das famílias de insetos entre os dois tratamentos ($R = 0,8047$, $p = 0,027$) (Figura 3). O valor de R próximo a 1 sugere uma forte diferença entre os grupos, enquanto o valor de p menor que 0,05 confirma que essa diferença é estatisticamente significativa. Este resultado implica que, embora a diversidade geral medida pelo índice de Shannon-Wiener não tenha mostrado uma diferença estatisticamente significativa entre os cultivares ($T = -1,44$; $p = 0,147$), a estrutura da comunidade de insetos foi alterada entre os dois cultivares, com variações significativas na abundância das famílias presentes (FIGURA 3).

FIGURA 3. GRÁFICO DE RAREFAÇÃO DAS FAMÍLIAS INCLUÍDAS PARA O ANOSIM



FONTE: Jhonata Herculano (2024)

Os testes realizados para comparar a diversidade e a abundância de insetos entre os cultivares CD 215 (Controle) e BRS 511 (Teste) revelaram resultados distintos, destacando diferentes aspectos das comunidades de insetos presentes em cada tratamento.

Ambos os testes possuem diferentes focos. O Índice de Shannon-Wiener inclui todas as famílias de insetos, independentemente de sua abundância, como resultado, ele fornece uma visão ampla da diversidade, levando em consideração tanto espécies comuns quanto raras (MAGURRAN, 2004; GOTELLI & COLWELL, 2001). O impacto das famílias abundantes também é diferente, já que a presença de muitas famílias com poucos indivíduos pode diluir as diferenças entre os tratamentos (MAGURRAN, 2004). Como a Diversidade de Shannon também utiliza o fator da equitatividade (distribuição mais uniforme dos indivíduos entre as famílias), pode mascarar diferenças nas abundâncias absolutas de algumas famílias (GOTELLI & COLWELL, 2001). Em contrapartida, o ANOSIM descartou as espécies com baixa frequência, focando nas diferenças nas famílias que dominam aquela comunidade de insetos em cada tratamento. Com um foco maior nas famílias com maior abundância, permite captar variações específicas nas famílias que tem maior presença nos cultivos, refletindo melhor como as condições dos cultivares afetam as famílias dominantes. Já que este teste é mais sensível as

diferenças nas abundâncias absolutas das famílias mais comuns, que podem ser influenciadas por variações sutis no ambiente proporcionado pelos diferentes cultivares (CLARKE, 1993; MCCUNE & GRACE, 2002).

Ao olhar as famílias com maior abundância em cada tratamento notam-se que para o tratamento CD 215, as famílias, Chloropidae (478), Drosophilidae (273), Staphylinidae (221), Cecidomyiidae (183) e Sciaridae (135) tiveram maior abundância. Já no tratamento BRS 511 foram as famílias, Chloropidae (418), Formicidae (201), Staphylinidae (173), Sciaridae (111) e Drosophilidae (94).

O cultivar CD 215 tem como uma das famílias com maior predominância, a Cecidomyiidae, que possui hábito alimentar fitófago, conhecido também como mosquitos galhadores (SOUZA, 2019). Apesar que em sua soma maioria são fitófagos, um gênero chamado *Mycodiplosis* Rübsaamen possui hábito alimentar fungívoro, e se alimentam da ferrugem asiática (DAIKOHARA et al., 2022), o que pode explicar a presença de uma maior abundância desta família no cultivar CD 215, já que no BRS 511 a tecnologia Shield possui melhoramentos para a diminuição da incidência de ferrugem asiática o que também reduz a abundância dessa família neste cultivar.

Apesar dos cultivares apresentarem 4 famílias em comum, como as mais presentes no cultivar, a sua ordem e quantidade é diferente, como por exemplo Drosophilidae, que no cultivar CD 215 possui cerca de 273 indivíduos é a segunda família mais abundante, em contrapartida, Drosophilidae é a quinta família mais abundante no cultivar BRS 511 com 94 indivíduos. Isto também pode ser explicado pelo fato de que vários gêneros possuem o hábito micófago (VAL et al., 1981).

Das famílias consideradas para o teste ANOSIM, teve a presença de uma família no cultivar BRS 511 que não foi encontrada no cultivar CD 215 e vice-versa. No cultivar BRS 511, foi evidenciado a família Braconidae, esta família tem hábito parasitoide de lagartas pragas de soja, sendo consideradas os mais importantes inimigos naturais, servindo como controle biológico (WHARTON, 1989). Já no cultivar CD 215, encontrou-se a família Carabidae, que se destacam como inimigos naturais importantes no controle biológico (MARTIN; CIVIDANES, 2000), por conta de seus hábitos predatórios são importantes para controle de pragas agrícolas (LÖVEI & SUNDERLAND, 1996; HOLLANDO & LUFF, 2000).

Esses achados são importantes porque revelam que, mesmo sem uma diferença significativa na diversidade total nos dois tratamentos, CD 215 e BRS 511, a estrutura da

comunidade de insetos foi significativamente alterada entre os dois cultivares, sugerindo que a abundância das famílias de insetos, podem variar entre diferentes tipos de cultivares, possivelmente afetando as interações ecológicas.

5.3 Comparação da Comunidade de Insetos entre os Diferentes Blocos

Para entender como as comunidades de insetos são influenciadas pela localidade (blocos) e pelo tipo de tratamento (BRS 511 ou CD 215), foram realizados diversos testes e análises. O primeiro passo envolveu a realização de uma Análise de Variância (ANOVA) em blocos. Esse método foi escolhido para verificar se as diferenças nas comunidades de insetos poderiam ser atribuídas ao tratamento específico ou às variações entre blocos homogêneos.

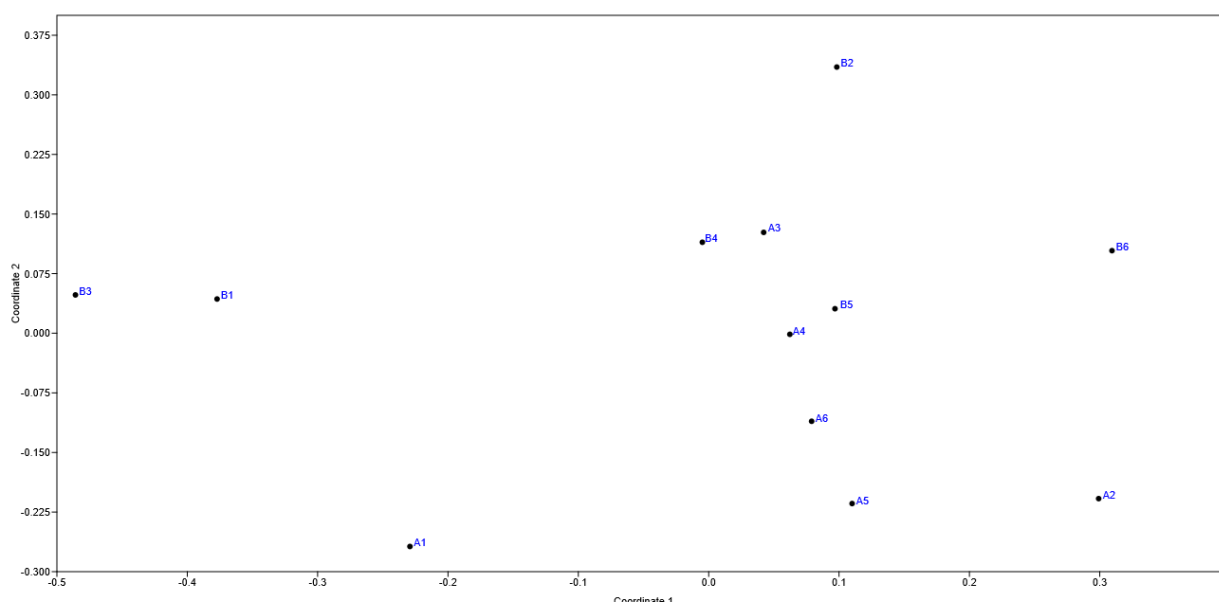
O modelo de ANOVA adotado foi: modelo <- aov (Abundância ~ Tratamento + Blocos, data = dados), onde a variável resposta "Abundância" foi modelada como uma função dos fatores "Tratamento" e "Blocos". O termo "Tratamento" refere-se às diferentes condições aplicadas nas unidades experimentais (Controle CD 215 e Teste BRS 511), enquanto "Blocos" considera a variação entre os diferentes blocos homogêneos.

Os resultados da ANOVA mostraram que a variável "Tratamento" não é estatisticamente significativa ($p = 0,421$), indicando que as diferenças entre os tratamentos CD 215 e BRS 511 não são grandes o suficiente para serem consideradas não-acidentais. De forma semelhante, a variável "Blocos" também não apresentou significância estatística ($p = 0,836$), sugerindo que os blocos não têm um efeito significativo na comunidade de insetos coletados. A maior parte da variação na comunidade de insetos foi explicada pelos resíduos, sugerindo que existem outras fontes de variação não capturadas pelo modelo (GOTELLI & ELLISON, 2003). Isso implica que não há variabilidade significativa na comunidade de insetos ligada aos blocos e aos tratamentos conjuntamente. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que a distância entre os blocos, pontos de coleta, era muito próxima, sendo considerados apenas uma área homogênea.

Para complementar foi realizada uma análise NMDS (Escalonamento multidimensional não métrico), ela foi conduzida para investigar a variação na abundância de espécies entre blocos de cultivos. Os dados de abundância foram coletados em 12 blocos distintos. Primeiramente, os dados foram transformados para normalizar as distribuições e reduzir o peso de espécies raras. Em seguida, a análise de NMDS foi implementada usando a dissimilaridade de Bray-Curtis como medida de distância, retendo duas dimensões para representar os padrões de variação.

A interpretação gráfica desta análise revelou que não existem blocos semelhantes entre si em relação à abundância das famílias coletadas. Este resultado pode ser atribuído à proximidade geográfica dos blocos, que resulta em condições ambientais semelhantes em todas as áreas de coleta. Segundo Gotelli & Ellison (2003), a proximidade geográfica pode minimizar a variabilidade ambiental, levando a comunidades de insetos serem semelhantes entre os blocos amostrados. Contudo, há formação de dois grandes grupos de blocos, um grupo com os blocos A1, B1 e B3 e outro grupo com o restante dos blocos (FIGURA 4).

FIGURA 4 - GRÁFICO DE DISPERSÃO DE UM NMDS FEITO PARA VERIFICAÇÃO DA VARIAÇÃO DOS BLOCOS DE COLETA EM RELAÇÃO A ABUNDÂNCIA DE CADA FAMÍLIA DE INSETO COLETA.



FONTE: Jhonata Herculano (2024)

Os resultados da ANOVA e da análise NMDS, combinados, sugerem que a proximidade geográfica dos blocos de coleta desempenha um papel crucial na homogeneidade das comunidades de insetos observadas. A falta de variação significativa tanto nos tratamentos quanto nos blocos indica que outros fatores ambientais ou ecológicos não capturados pelo modelo poderiam estar influenciando a distribuição e a abundância dos insetos (MAGURRAN, 2004; LEGENDRE & LEGENDRE, 2012).

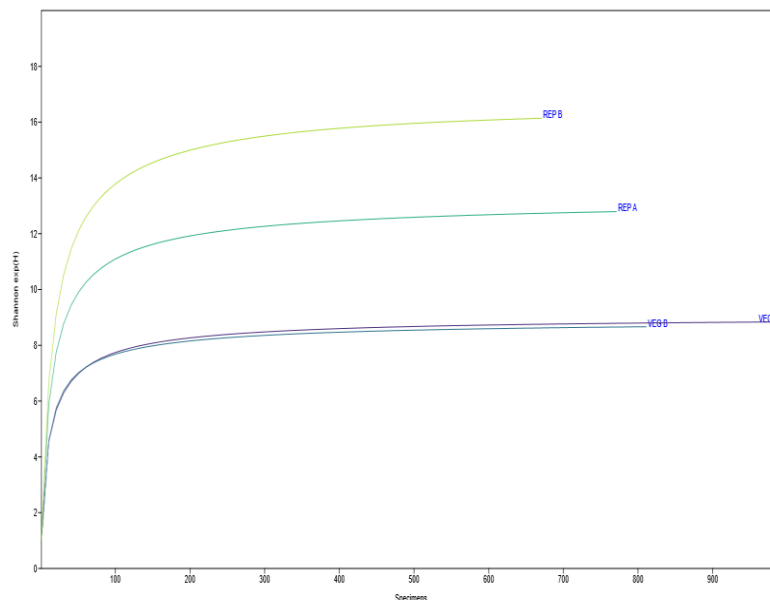
5.4 Comparação entre coletas no estágio vegetativo e reprodutivo da soja em cada tratamento

Para entender como a biodiversidade das famílias de insetos varia em diferentes épocas de coleta e se essa variação difere entre os tratamentos de soja (CD 215 e BRS 511), foram

realizados testes estatísticos que consideraram os períodos vegetativo e reprodutivo dos cultivos, foi utilizado o pacote iNEXT para estimar e plotar curvas de rarefação. Essas curvas fornecem uma visualização clara de como a diversidade se acumula com o aumento do esforço amostral, fornecendo uma análise mais detalhada da diversidade das famílias de insetos ao longo das épocas (Hsieh, Ma, & Chao, 2016). Essa análise foi essencial para fornecer uma visão temporal geral da diversidade e comparar as diferenças entre os tratamentos.

Os testes T foram aplicados para comparar a diversidade de insetos entre as épocas vegetativa e reprodutiva para ambos os tratamentos. Os resultados indicaram diferenças estatisticamente significativas na diversidade das famílias de insetos entre as épocas vegetativa A e reprodutiva A ($T = -6,14$; $p < 0,0001$) e entre as épocas vegetativa B e reprodutiva B ($T = -9,52$; $p < 0,0001$). Em ambos os casos, a maior diversidade foi observada na época reprodutiva (FIGURA 5), com índices de Shannon de 2,54 para o tratamento A (CD 215) e 2,75 para o tratamento B (BRS 511)

FIGURA 5. GRÁFICO DE RAREFAÇÃO DEMONSTRANDO A VARIAÇÃO DA DIVERSIDADE DE FAMÍLIAS COLETADAS CONFORME A ÉPOCA DE COLETA



FONTE: Jhonata Herculano (2024)

A diversidade de insetos é significativamente maior durante a época reprodutiva em comparação com a época vegetativa, o que pode ser explicado pelo aumento de recursos alimentares e micro-habitats disponíveis durante a fase de floração e frutificação dos cultivos de soja (Gotelli & Colwell, 2001; Magurran, 2004).

Quando comparamos a diversidade entre os tratamentos dentro das mesmas épocas (Vegetativo A com Vegetativo B e Reprodutivo A com Reprodutivo B), os testes não mostraram diferenças estatisticamente significativas. Apesar do tratamento A (CD 215) ter um número maior de indivíduos, com 1009 na fase vegetativa e 785 na fase reprodutiva, em comparação com 824 e 678 indivíduos no tratamento B (BRS 511), os índices de diversidade de Shannon não apresentaram variação significativa entre os tratamentos (Tabela 3).

TABELA 3 – DIVERSIDADE DE FAMÍLIAS EM RELAÇÃO AS ÉPOCAS DE COLETA

	VEGETATIVO A	VEGETATIVO B	REPRODUTIVO A	REPRODUTIVO B
Taxa_S	33	31	37	38
Individuals	1009	824	785	678
Shannon_H	2,195	2,178	2,572	2,783

FONTE: Jhonata Herculano (2024)

A falta de diferença significativa na diversidade de Shannon entre os tratamentos CD 215 e BRS 511 sugere que ambos os cultivares de soja fornecem habitats e recursos semelhantes para as comunidades de insetos, resultando em uma diversidade similar. Isto pode ser atribuído às semelhanças nas características fenotípicas e agronômicas dos dois cultivares, que não afetam significativamente a composição da comunidade de insetos (Magurran, 2004).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo destaca a complexidade das comunidades de insetos em cultivares de soja e a importância de utilizar múltiplos métodos de análise para obter uma compreensão abrangente da biodiversidade. O índice de diversidade de Shannon-Wiener não mostrou variação significativa entre os tratamentos, sugerindo que ambos os cultivares oferecem habitats semelhantes para a diversidade de insetos. No entanto, o teste ANOSIM, focando nas famílias mais abundantes, revelou diferenças significativas na composição das comunidades de insetos entre os cultivares, destacando que a tecnologia Shield do BRS 511 pode de alguma maneira influenciar a abundância relativa das famílias dominantes de insetos.

Além disso, a análise temporal da diversidade indicou que a diversidade de insetos é maior na época reprodutiva para ambos os cultivares, com índices de Shannon mais elevados, sugerindo que as diferentes fases fenológicas das plantas afetam a diversidade de insetos mais do que o próprio tipo de cultivar.

As análises realizadas também mostraram que a variação entre blocos de cultivo não teve um efeito significativo na comunidade de insetos, possivelmente devido à proximidade dos pontos de coleta, que não proporcionou uma heterogeneidade espacial suficiente para influenciar os resultados. Esses achados ressaltam a importância de considerar a escala espacial nas pesquisas ecológicas e a necessidade de incluir variáveis ambientais adicionais em futuros estudos para capturar uma imagem mais completa das dinâmicas das comunidades de insetos em cultivos de soja.

Em resumo, o estudo contribui para uma compreensão mais aprofundada da biodiversidade em sistemas agrícolas, demonstrando que, enquanto a diversidade geral pode ser semelhante entre diferentes cultivares, a composição e a abundância das famílias de insetos podem ser influenciadas por tecnologias específicas entre os cultivares de soja, como a tecnologia Shield presente no cultivar BRS 511. No entanto, várias questões permanecem em aberto, incluindo a necessidade de investigar mais detalhadamente outros fatores ambientais que podem influenciar a comunidade de insetos, bem como a realização de estudos de longo prazo e a exploração das interações ecológicas entre diferentes famílias de insetos. Este trabalho oferece uma base para futuras pesquisas e práticas de manejo sustentável em cultivos de soja.

REFERÊNCIAS

- Almeida, I., ribeiro-costa, c., & marinoni, I.** (1998). Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos. São paulo: editora holos.
- AMARO, P.** Os conceitos de proteção integrada e de produção integrada. Lisboa: Edições ISA/Press, 2002.
- Antúnez, Claudia Carolina Cabral.** "Plano amostral para avaliação da entomofauna na cultura de soja na região de Santa Maria." (2014).
- Bacaxixi, P., et al.** "A soja e seu desenvolvimento no melhoramento genético." Revista Científica Eletrônica de Agronomia 10.20 (2011): 1-6.
- BAGGIOLINI, M. Et al.** Introdução à proteção integrada. Manual adaptado do curso FAO/DGPPA, v. 81, 1980.
- BARBOLA, Ivana de Freitas; NASCIMENTO, Elynton Alves do; MILLÉO, Julianne.** A fauna de insetos dos Campos Gerais. 2007.
- Barboza, I., & uchoa, m.** (2010). Diversidade de insetos capturados em armadilha mcphail no pantanal sul mato grossense. (pp. 22-30.) Interbio v.4, n1.
- Barros, j. F. C.; galado, j. G.** Cultura do milho: texto de apoio para as unidades curriculares de sistemas e tecnologias agropecuários, tecnologia do solo e das culturas, noções básicas de agricultura e fundamentos de agricultura geral. Évora: universidade de Évora, 2014.
- Bertrand, jp, c. Laurent, and v. Leclercq.** "tradução de oliveira, Il de." *o mundo de* (1987).
- Bonato, Emidio Rizzo, and Ana Lidia Variani Bonato.** "A soja no Brasil: história e estatística." (1987).
- Boucias, D. G., D. L. Bradford, and C. S. Barfield.** "Susceptibility of the velvetbean caterpillar and soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) to *Nomuraea rileyi*: effects of pathotype, dosage, temperature, and host age." *Journal of economic entomology* 77.1 (1984): 247-253.
- Chiaradia, I. A., smaniotto, m. A., rebonatto, a., & nesi, c. N.** (2020). Componentes da fauna edáfica em lavouras de soja. *Agropecuária catarinense*, 23(2), 54–59. Recuperado de <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/727>.
- Cividanes, francisco jorge, et al.** "diversidade e distribuição espacial de artrópodes associados ao solo em agroecossistemas." *bragantia* 68 (2009): 991-1002.
- CLARKE, K. Robert.** Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology*, v. 18, n. 1, p. 117-143, 1993. *Australian Journal of Ecology*, 18(1), 117-143.
- Cober, E. R., & Morrison, M. J.** (2010). Regulation of seed yield and agronomic characters by photoperiod sensitivity and growth habit genes in soybean. *Theoretical and Applied Genetics*, 120(6), 1005-1012.

Costa neto, p. R. & rossi, l. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. *Química nova*, v.23, p. 4, 2000.

DAIKOHARA, C. S. et al. Identificação de díptero predador de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* (ferrugem-asiática da soja). 2022.

Dall'agnol, A. "A soja no Brasil: evolução, causas, impactos e perspectivas." In: CONGRESO DE LA SOJA DEL MERCOSUR, 5.; FORO DE LA SOJA ASIA, 1., 2011, Rosário. Un grano: un universo. [Rosário: Asociación de la Cadena de la Soja Argentina], 2011. 4 p. 1 CD-ROM. MERCOSOJA 2011., 2011.

Dall'Agnol, A., Vello, N. A., & Godoy, C. V. (2007). Cultivares de soja da Embrapa: 35 anos de inovação.

Dall'agnol, Amélio, et al. "O complexo agroindustrial da soja brasileira." (2007).

Dantas, j. O., santos, m. J. C., santos, f. R., pereira, t. P. B., oliveira, a. V. S., araujo, c. C., passos, c. S., & rita, m. R. (2012). Levantamento da entomofauna associada em sistema agroflorestral. *Scientia plena*, 8(4(b)). Recuperado de <https://scientiaplena.emnuvens.com.br/sp/article/view/1000>.

De Araujo, Annemarie Carola Meierrose. Luta Biológica Contra *Heliothis Armigera* no Ecosistema Agrícola "Tomate Para Indústria"-Interacções Cultura-Fitófagos-antagonistas. Diss. Universidade de Evora (Portugal), 1990.

De oliveira martins, lilliane maria, williane maria de oliveira martins, and écila araujo souza. "diversidade de insetos edáficos detritívoros na área experimental do ifac-campus cruzeiro do sul." *scientia naturalis* 2.1 (2020).

Domit, lineu alberto, et al. "transferência de tecnologia para cultivares de soja desenvolvidas pela embrapa soja para o paraná." *Revista brasileira de sementes* 29 (2007): 1-9.

Douglas Bates, Martin Maechler, Ben Bolker, Steve Walker (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01.

Embrapa Soja. XXIV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. Londrina, PR, 2002. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/18897/1/doc185.pdf>.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Cultivar Shield. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/shield>. Acessado em 25 de janeiro de 2024.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Soja BRS 511. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4471/soja-brs511>. Acessado em 25 de janeiro de 2024.

Favila, m.e. & halffter, g. 1997. The use or indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta zool. Mex.*, 72: 1-25

Fehr, w. R. "principles of cultivar improvement: theory and technique." (1987): 536.

Fox J, Weisberg S (2019). *_An R Companion to Applied Regression_, Third edition.* Sage, Thousand Oaks CA. <<https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>>. Oksanen J, Simpson G, Blanchet F, Kindt R, Legendre P, Minchin P, O'Hara R, Solymos P, Stevens M, Szoecs E, Wagner H, Barbour M, Bedward M, Bolker B, Borcard D, Carvalho G, Chirico M, De Caceres M, Durand S, Evangelista H, FitzJohn R, Friendly M, Furneaux B, Hannigan G, Hill M, Lahti L, McGlinn D, Ouellette M, Ribeiro Cunha E, Smith T, Stier A, Ter Braak C, Weedon J (2024). *_vegan: Community Ecology Package_*. R package version 2.6-6.1, <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>.

FREITAS A.V.L. et al. Insetos como indicadores de conservação da paisagem. In: Rocha CFD, Bergallo HG, Van Sluys M.; Alves MAS, *Biologia da Conservação*. Editora da UERJ., 201-225, 2005.

Freitas, Márcio. "A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola." *Enciclopédia Biosfera* 7.12 (2011).

Gazzoni, Decio Luiz. "A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas." *Ciência e Cultura* 70.3 (2018): 16-18.

GOTELLI, Nicholas J. et al. *A primer of ecological statistics*. Sunderland: Sinauer Associates, 2004.

GOTELLI, Nicholas J.; COLWELL, Robert K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology letters*, v. 4, n. 4, p. 379-391, 2001.

Hartman, G. L., West, E. D., & Herman, T. K. (2011). Crops that feed the World 2. Soybean—worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. *Food Security*, 3(1), 5-17.

Holland, J. M.; Luff, M. L. (2000) The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated Pest Management Reviews*, 5: 109-129.

HSIEH, T. C.; MA, KHf; CHAO, Anne. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in ecology and evolution*, v. 7, n. 12, p. 1451-1456, 2016.

Hymowitz, T., & Shurtleff, W. (2005). *Debunking Soybean Myths and Legends in the Popular Literature*. *Crop Science*, 45(2), 473-476.

Hymowitz, Theodore. "The history of the soybean." *Soybeans*. AOCS Press, 2008. 1-31. In: **GENU, P. J. De C.; PINTO, A. C. De Q. (Ed.)**. *A cultura da mangueira*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 4, p. 51-92.

JOHNSON, N. F.; BORROR, Triplehorn C. *Delong's introduction to the study of insects*. Belmont, USA: Thomson Brooks/Cole, 2005.

Verneti, f. De j. "história e importância da soja no brasil." *a lavoura* 81 (1977): 21-24.

Kaster, m., e. F. Queiroz, and f. Terazawa. "introdução e evolução da soja no brasil—no estado do paraná." *A soja no brasil*, (1981): 22-25.

- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. F. J.; TOTALBOOX, T. B. X.** Canonical correspondence analysis (CCA). *Numerical Ecology*. Elsevier Science, p. 661-672, 2012.
- Li, Y., Zhao, S., Ma, J., Li, D., Yan, L., Li, J., & Qi, X.** (2020). Molecular footprints of domestication and improvement in soybean revealed by whole genome re-sequencing. *BMC Genomics*, 21(1), 596.
- Lobo, eva carla, et al.** (2019). "avaliação da diversidade da entomofauna em função de técnicas de amostragem, em pomar, no Sul da bahia." *Revista internacional em língua portuguesa* 35'' (pp. 69-82.).
- Lopes, j.** (2007) "evolução metodológica no uso de armadilhas tipo pitfall para coleta da entomofauna de solo." *Congresso de ecologia do brasil*. Vol. 8.
- Lövei, G. L.; Sunderland, K. D.** (1996) Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology*, 41: 231-256.
- Magurran, A. E.** (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- Marques, O.; Carvalho, C.; Santos, G.** Análises faunísticas em estudos entomológicos. In: Carvalho, C.; Dantas, A.; Pereira, F.; Soares, A.; Melo Filho, J. Olveira, G. (Org). *Tópicos em Ciências Agrárias* (vol. 1). Bahia 2009. p.119 - 132.
- MARTINS, Ivan CF; CIVIDANES, Francisco J.** Composição de Carabidae (Coleoptera) em sistema produtivo de soja/milho. *Entomol. Commun*, v. 2, p. ec02002, 2020.
- MCCUNE, Bruce; GRACE, James B.; URBAN, Dean L.** Analysis of ecological communities. Gleneden Beach, OR: MjM software design, 2002.
- MELO, Luiz Antonio Silveira; MOREIRA, Andréa Nunes; SILVA, F.** Armadilha para monitoramento de insetos. 2001.
- Móron, m. A.** Métodos de muestreo y estimación de diversidad de escarabajos coprófagos (coleoptera: scarabaeidae: scarabaeinae). In: halffter, g.; arellano, l.; reyna-hurtado, j. L. (eds.). *Evaluación y conservación de la biodiversidad en ecosistemas tropicales de méxico*. México: instituto de ecología, a.c., 2004. P. 93-115.
- NAKANO, Octavio; LEITE, Cícero Alexandre.** Armadilhas para insetos: pragas agrícolas e domésticas. 2000.
- Oliveira, Alessandro, and Bruno FERREIRA.** "Biotecnologia aliada da agricultura e na produtividade da soja." *Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT N 2* (2020).
- Oliveira, M., & Ferreira, J.** (2020). Inovações tecnológicas na produção de soja. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, 4(2), 50-65.
- PANIZZII, A. R. Et al.** Insetos da soja no Brasil. Londrina, PR: EMBRAPA/cnpso., 1977.
- Pirolla, Mayara Lopes, and Rafael Mascaro Bento.** "O Brasil e a soja: sua história e as implicações na economia brasileira." (2008).

Poehlman, j. M., and d. A. Sleper. "breeding field crops 4th ed." *city: panima publishing corporation, new dehli* (1995).

R Core Team (2024). *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.

Schmutz, jeremy, et al. "genome sequence of the palaeopolyploid soybean." *nature* 463.7278 (2010): 178-183.

Shurtleff, W., & Aoyagi, A. (2013). *The Book of Tofu: Protein Source of the Future... Now!*

Silva, p. G. Da.; garcia, m. A. Da r.; audino, l. D.; nogueira, j. M.; moraes, l. P de.; ramos, a. H. B.; vidal, m. B.; borba, m. F. S (2007). Besouros rola-bosta: insetos benéficos das pastagens. *Revista brasileira de agroecologia*, v. 2, n. 2, p. 1428-1432.

Silva, r., & carvalho, g. (2000). Ocorrência de insetos na cultura do milho em sistema de plantio direto, coletados com armadilhas de solo. *Ciência rural*, v.30, n.2;

Silva, ricardo adaime da and gervásio silva carvalho. "ocorrência de insetos na cultura do milho em sistema de plantio direto, coletados com armadilhas-de-solo." *Ciência rural* 30 (2000): 199-203.

Singh, R., Kumar, M., Mittal, P., Mehta, P. K., & Kumar, A. (2019). Soybean: A Review on its Utilization, Nutritional, and Industrial Applications. *Current Agriculture Research Journal*, 7(3), 318-326.

SOUSA, Renan Costa et al. Hábito alimentar de dípteros fitófagos associados ao cajueiro. 2019.

T. C. Hsieh, K. H. Ma and Anne Chao. 2024 **iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation** for species diversity. R package version 3.0.1 URL: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software-download/>.

VAL, F. C. Drosophilidae of neotropical region. The genetics and biology of *Drosophila*, v. 3, p. 123-168, 1981.

WHARTON, R. A. Manual of the New World Genera of the Family Braconidae (Hymenoptera) In: WHARTON, R. A; MARSH, P. M.; SHAKEY, M. J. (Ed.), Manual of the New World Generan of the Family Braconidae (Hymenoptera). Lawrence: Allen Press, 1997. P. 1-15. (Special Publication of the Internacional Society of Hymenopterists).

Zeileis A, Grothendieck G (2005). "zoo: S3 Infrastructure for Regular and Irregular Time Series." *_Journal of Statistical Software_*, *14*(6), 1-27. doi:10.18637/jss.v014.i06 <<https://doi.org/10.18637/jss.v014.i06>>.

Zhao, S. C., Ma, J. X., Li, D., Yan, L., Li, J., & Qi, X. (2018). Comprehensive comparison of Indica and Japonica rice reveals the genetic bases of flooding tolerance. *Nature Communications*, 9(1), 2433.

Zylbersztajn, Decio, Sérgio Giovanetti Lazzarini, and Cláudio A. Pinheiro Machado Filho. Perspectivas da aplicação da biotecnologia no Sistema Agroindustrial Brasileiro: o exemplo da soja Roundup Ready. USP/Fundacao Instituto de Administracao/PENSA, 1998.