



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE DO SOLO E MANEJO  
FITOSSANITÁRIO EM SOJA SOB CULTIVO ORGÂNICO**

**EDIMAR DOS SANTOS DE SOUSA JUNIOR**

**TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA**

**Brasília/DF  
2025**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**EDIMAR DOS SANTOS DE SOUSA JUNIOR**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE DO SOLO E MANEJO  
FITOSSANITÁRIO EM SOJA SOB CULTIVO ORGÂNICO**

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Doutor em Agronomia.

**Orientadora: Profa. PhD. Ana Maria Resende Junqueira**

**Brasília/DF  
Janeiro/2025**

**SOUSA JUNIOR, E. S. DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE DO SOLO E MANEJO FITOSSANITÁRIO EM SOJA SOB CULTIVO ORGÂNICO.** 79 páginas.  
Tese. (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2025.

Documento formal, autorizando reprodução desta Tese de Doutorado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta Tese de Doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

## FICHA CATALOGRÁFICA

S725d Sousa Junior, Edimar dos Santos de  
DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE DO SOLO E MANEJO  
FITOSSANITÁRIO EM SOJA SOB CULTIVO ORGÂNICO / Edimar dos  
Santos de Sousa Junior; orientador Ana Maria Resende  
Junqueira. Brasília, 2025.  
79 p.

Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade de Brasília,  
2025.

1. Extratos vegetais. 2. Índice de similaridade. 3.  
Análise BioAS. I. Resende Junqueira, Ana Maria, orient. II.  
Título.

**EDIMAR DOS SANTOS DE SOUSA JUNIOR**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE DO SOLO E MANEJO  
FITOSSANITÁRIO EM SOJA SOB CULTIVO ORGÂNICO**

Defesa de Tese apresentada ao curso de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Agronomia.

**Banca Examinadora:**

---

Profa. Dra. Ana Maria Resende Junqueira – FAV(UnB)  
(Orientadora)

---

Prof. Dr. Jean Kleber de Abreu Mattos - FAV(UnB)  
(Examinador Interno)

---

Dra. Camila Cembrolla Telles – CAPES  
(Examinadora Externa)

---

Dr. João Paulo Guimarães Soares – EMBRAPA CERRADOS  
(Examinador Externo)

**Brasília, 29 de janeiro de 2025.**

## **AGRADECIMENTOS**

A jornada do doutorado é repleta de desafios, aprendizados e conquistas, e não teria sido possível sem o apoio de tantas pessoas especiais e instituições de qualidade.

À minha família, minha base e meu porto seguro, meu mais profundo agradecimento. Pelo incentivo incondicional, pelo carinho nos momentos difíceis e por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidava. Este trabalho também é de vocês.

À minha orientadora, Professora PhD. Ana Maria Resende Junqueira, minha sincera gratidão pela paciência, dedicação e orientação precisa ao longo dessa caminhada. Seu exemplo de profissionalismo e compromisso com a ciência foi fundamental para minha formação.

À Universidade de Brasília, que proporcionou o ambiente acadêmico necessário para o desenvolvimento deste trabalho, agradeço pela estrutura e pelo suporte durante esses anos.

Aos estagiários do Pet Agronomia e do Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia e Agricultura Orgânica – CVT-UnB, que contribuíram com sua dedicação e entusiasmo, auxiliando nas etapas práticas deste estudo. Este apoio foi essencial para a realização desta pesquisa.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa - UnB, que sempre estiveram prontos para ajudar, oferecendo suporte logístico e técnico imprescindível para o desenvolvimento das atividades de campo. Obrigado pelo empenho e colaboração.

À Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em especial aos pesquisadores Dra. Maria Carolina Blassioli Moraes, Dr. Raúl Alberto Laumann e PhD. Miguel Borges pelo acolhimento, paciência, carinho para comigo e comprometimento nas atividades laboratoriais.

À Embrapa Cerrados, principalmente aos pesquisadores Dr. João Paulo Guimarães Soares, que me acompanha de longa data e está sempre disposto a auxiliar em tudo que estiver ao seu alcance, e Dr. Fábio Bueno Junior, que contribuiu significativamente no desenvolvimento das pesquisas envolvendo qualidade do solo.

A cada pessoa que, de alguma forma, contribuiu para a realização deste trabalho, minha mais sincera gratidão. Esta conquista não é apenas minha, mas de todos que estiveram ao meu lado nesta trajetória.

Muito obrigado!

## **LISTA DE FIGURAS**

### **REVISÃO DE LITERATURA**

Figura 1: Centro de origem e difusão da cultura da soja .....	6
Figura 2: Grupos de maturidade relativa de cultivares de soja no Brasil, em função da latitude.....	8

## **LISTA E TABELAS**

### **REVISÃO DE LITERATURA**

Tabela 1: Exemplo de Grupos de Maturação em regiões distintas .....	7
---	---

### **CAPÍTULO I**

Tabela 1: Plantas espontâneas mais observadas por tratamento nas safras de cultivo sucessional .....	25
Tabela 2: Biomassa média de plantas espontâneas nas safras de 2020/2021 e 2021/2022 em função das práticas de consórcio e sucessão cultural. CVTUnB, 2024 .....	27
Tabela 3: Frequência Relativa (FRr), Densidade Relativa (Dr), Abundância Relativa (ABr) e Índice de Valor de Importância (IVI) das plantas espontâneas de maior ocorrência em área com plantio de soja orgânica nas safras 2020/2021 e 2021/2022. CVTUnB, 2024 .....	28
Tabela 4: Índice de Similaridade (IS) entre os tratamentos dentro das safras e entre as safras.....	31

### **CAPÍTULO II**

Tabela 1: Comparação da mortalidade média de percevejos adultos sob ação dos diferentes extratos vegetais .....	45
Tabela 2: Mortalidade média de percevejos adultos ao longo do tempo (horas) .....	49
Tabela 3: Efeito de repelência dos extratos vegetais sobre ninfas de 3º instar em Placa de Petri.....	52

### **CAPÍTULO III**

Tabela 1: Análise físico-química do solo antes e depois do Sistema de Sucessão soja-hortaliças-soja em dois anos agrícolas. Fazenda Água Limpa, Brasília, DF .....	70
Tabela 2: Variáveis de produção da soja antes e após a sucessão com hortaliças em dois anos agrícolas. Fazenda Água Limpa, Brasília, DF .....	71
Tabela 3: Escala de qualidade usada na classificação dos índices apresentados no laudo BioAS .....	73
Tabela 4: Análise BioAS após a sucessão soja-hortaliças-soja em dois anos agrícolas na profundidade de 0 – 10 cm. Fazenda Água Limpa, Brasília, DF .....	74

## **LISTA DE QUADROS**

### **REVISÃO DE LITERATURA**

Quadro 1: Diferenças entre o cultivo de soja orgânica e convencional ..... 11

### **CAPÍTULO I**

Quadro 1: Plantas espontâneas identificadas na área experimental com soja consorciada com capins e soja solteira no primeiro ano (Safra 2020/2021) CVTUnB, 2024 ..... 21

Quadro 2: Plantas espontâneas identificadas na área experimental com soja plantada em sucessão às hortaliças repolho e alface e em área de pousio no segundo ano (Safra 2021/2022). CVTUnB, 2024 ..... 23

## **LISTA DE GRÁFICOS**

### **CAPÍTULO II**

Gráfico 1: Verificação do percentual de mortalidade acumulada de percevejos adultos ao longo do tempo (horas) .....	45
Gráfico 2: Percentual de repelência após 1 hora de aplicação dos extratos vegetais em ninfas de terceiro instar de <i>E. heros</i> em Placas de Petri.....	51
Gráfico 3: Percentual de escolha por ar limpo (Repelência) de percevejos adultos em olfatômetro .....	55
Gráfico 4: Percentual de tempo de permanência em ar limpo no olfatômetro por percevejos adultos .....	56

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>3</b>
1.1. Objetivos .....	4
1.1.1. Objetivo geral.....	4
1.1.2. Objetivos específicos.....	4
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Caracterização da cultura da soja .....	5
2.2. A importância da soja para o setor agropecuário brasileiro .....	8
2.3. O cultivo da soja orgânica .....	10
<b>3. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I: EFEITO DA COBERTURA VEGETAL E DA ROTAÇÃO DE CULTURAS NA INCIDÊNCIA DE PLANTAS ESPONTÂNEAS EM SOJA ORGÂNICA.....15</b>	
<b>RESUMO .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>15</b>
1. <b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
2. <b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
3. <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
4. <b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>31</b>
5. <b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>32</b>
6. <b>REFERÊNCIA .....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO II: EXTRATOS VEGETAIS E MANEJO DO PERCEVEJO-MARROM-DA-SOJA (<i>Euschistus heros</i>) EM CONDIÇÕES CONTROLADAS ....38</b>	
<b>RESUMO .....</b>	<b>38</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>38</b>
1 <b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>39</b>
2 <b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>41</b>
2.1 Caracterização da área experimental.....	41
2.2 Implantação e condução do experimento.....	41
2.2.1 Criação dos insetos.....	41
2.2.2 Preparo dos extratos.....	42

<b>2.2.3 Aplicação e Avaliação dos extratos .....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.3.1 Mortalidade.....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.3.2 Repelência em placas de Petri .....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.3.3 Repelência em Olfatômetro .....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.4 Composição química dos extratos .....</b>	<b>43</b>
<b>2.3 Delineamento experimental.....</b>	<b>44</b>
<b>3 Resultados e Discussão.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1 Teste de Mortalidade.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2 Teste de Repelência em Placa de Petri .....</b>	<b>51</b>
<b>3.3 Teste de Repelência em Olfatômetro.....</b>	<b>53</b>
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>56</b>
<b>6. REFERÊNCIA .....</b>	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO III: PRODUTIVIDADE DA SOJA E QUALIDADE DO SOLO EM CULTIVO ROTACIONADO ORGÂNICO .....</b>	<b>64</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>64</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>64</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>67</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>69</b>
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>73</b>
<b>5. AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>73</b>
<b>6. REFERÊNCIA .....</b>	<b>73</b>
<b>CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>79</b>

## RESUMO

A soja (*Glycine max L.*) vem ganhando importância na agricultura familiar, principalmente pelo aumento e compatibilidade do cultivo orgânico com o uso da terra nos moldes adotados pelo sistema familiar. A pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho agronômico da cultura da soja, em consórcio e rotação de culturas, bem como avaliar a supressão de espontâneas, a qualidade do solo e o manejo do percevejo marrom da soja sob produção orgânica. Os experimentos foram realizados na Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília, nas safras 2020/2021 e 2021/2022. O delineamento experimental foi blocos casualizados, com três tratamentos, em dez e nove repetições, em cada safra, respectivamente. Na safra 2020/2021, foi avaliado o consórcio da soja com os capins *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Braquiaria brizantha* cv. Marandu, e tratamento controle, enquanto na safra 2021/2022, foi avaliada a rotação da soja com as hortaliças repolho (*Brassica oleracea var. capitata*) e alface (*Lactuca sativa*), e área em pousio. As variáveis analisadas foram número de espécies, massa fresca e seca de plantas espontâneas, índice de valor de importância (IVI) e análise de similaridade (IS), produtividade da soja, qualidade do solo via BioAS e o efeito de extratos de plantas na mortalidade e repelência de *Euschistos heros*. Os testes com extratos de plantas foram realizados na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Para a maioria das variáveis não foi observada diferença dentro dos anos analisados. No entanto, o efeito do sistema sucessional foi significativo entre o segundo e primeiro ano de cultivo. Observou-se efeito positivo no desempenho agronômico da soja, com aumento da produtividade média de 3,5 vezes da primeira para a segunda safra. A análise BioAS evidenciou que o solo, após os dois anos de implantação do sistema, apresentou alta qualidade e saudabilidade. Os extratos com os melhores resultados para a mortalidade do percevejo marrom da soja foram aqueles elaborados com folhas e vagens de feijão guandu, após 72 horas de observação. Quanto ao efeito repelente, os extratos com melhores resultados foram aqueles elaborados com gengibre e alho nos testes em placa de Petri, e com folhas e vagens de feijão guandu nos testes em olfatômetro de quatro escolhas. Quanto à supressão de plantas espontâneas, considerando o IS, os capins apresentaram efeitos diferentes sobre as espécies de espontâneas presentes na área. Houve efeito positivo da sucessão de culturas, com IS entre as safras igual a 0,36, resultando em dissimilaridade. O cultivo orgânico, associado ao consórcio e rotação de culturas, demonstrou potencial para o cultivo da soja, influenciando na produtividade, na qualidade do solo e na supressão de espontâneas.

**Palavras-chave:** Extratos vegetais, índice de similaridade, análise BioAS.

## ABSTRACT

Soybeans (*Glycine max L.*) have been gaining importance in family farming, mainly due to the increase and compatibility of organic cultivation with the use of land in the manner adopted by the family system. The research aimed to evaluate the agronomic performance of soybean crops, in a consortium and crop rotation system, as well as to evaluate the suppression of spontaneous plants, soil quality and the management of the brown soybean bug under organic production. The experiments were carried out at Fazenda Água Limpa, University of Brasília, in the 2020/2021 and 2021/2022 harvest. The experimental design was randomized blocks, with three treatments, in ten and nine replications, in each harvest, respectively. In the 2020/2021 harvest, the intercropping of soybeans with *Panicum maximum* cv Mombasa and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, and control treatment were evaluated, while in the 2021/2022 harvest, the rotation of soybeans with the vegetables cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) and lettuce (*Lactuca sativa*), and fallow area was evaluated. The variables analyzed were number of species, fresh and dry mass of spontaneous plants, importance value index (IVI) and similarity analysis (IS), soybean productivity, soil quality via BioAS and the effect of plant extracts on mortality, and repellency of *Euschistos heros*. Tests with plant extracts were carried out at Embrapa Genetic Resources and Biotechnology. For most variables, no difference was observed within the years analyzed. However, the effect of the successional system was significant between the second and first year of cultivation. A positive effect was observed on the agronomic performance of soybeans, with an average productivity increase of 3.5 times from the first to the second harvest. The BioAS analysis showed that the soil, after two years of implementing the system, presented high quality and healthiness. The extracts with the best results for the mortality of the brown soybean bug were those made with pigeon pea leaves and pods, after 72 hours of observation. Regarding the repellent effect, the extracts with the best results were those made with ginger and garlic in Petri dish tests, and with pigeon pea leaves and pods in olfactometer tests. Regarding the suppression of spontaneous plants, considering the IS, grasses had different effects on the spontaneous species present in the area. There was a positive effect of crop succession, with IS between crops equal to 0.36, resulting in dissimilarity. Organic cultivation, associated with intercropping and crop rotation, demonstrated potential for soybean cultivation, influencing productivity, soil quality and suppression of spontaneous growth.

**Keywords:** Plant extracts, similarity index, BioAS analysis.

## **1. INTRODUÇÃO GERAL**

A soja (*Glycine max L. Merrill*) é uma das culturas mais importantes e expressivas do setor agrícola em todo o mundo, tendo sido produzidos 388 milhões de toneladas ao redor do globo na safra 2022/23, de acordo com o 9º levantamento do United States Department of Agriculture (USDA), publicado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, em janeiro de 2023 (FIESP, 2023). Do total produzido, cerca de 153 milhões de toneladas referem-se à produção brasileira em 43,5 milhões de hectares plantados (CONAB, 2023).

O Brasil encontrava-se na terceira posição mundial, em produção e exportação agrícola de soja, desde o ano de 2010, quando ultrapassou o Canadá, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da União Europeia (Pena, 2020). Na Safra 2019/20, o país passa a ser o maior produtor mundial do grão, com uma produção de 125 milhões de toneladas (EMBRAPA Soja, 2020). Porém, o território brasileiro já demonstrava vantagens em relação aos Estados Unidos e União Europeia, no que se trata de capacidade de crescimento no futuro de médio prazo, fazendo que as projeções indicassem que o país apresentasse crescimento superior nos anos seguintes. Além disso, cabe destacar que o Brasil atualmente tem como principal produto no setor agropecuário a soja (Pena, 2020).

No entanto, além dos aspectos econômicos destacados anteriormente, de acordo com Hirakuri *et al.*, (2011), a problemática causada pelo aquecimento global traz à tona a necessidade de se buscar alternativas sustentáveis de produção. Onde se insere o cultivo orgânico, dentre essas alternativas, para respaldar o meio agrícola e os hábitos de consumo.

No documento EMBRAPA Soja (2020) consta que a cada dia o consumo de produtos orgânicos na sociedade vem crescendo e a soja é um dos produtos que vem conquistando consumidores europeus e, mais recentemente, brasileiros. Consta ainda que, por ser cultivada livre de produtos químicos, como herbicidas, fungicidas e inseticidas, a soja orgânica se torna um bom investimento para pequenos agricultores, uma vez que o custo de produção é menor, quando comparado com o sistema convencional. A soja orgânica, visando o consumo humano, se torna para a agricultura familiar, mais uma alternativa de renda.

A Folio, rede de produtores de grãos orgânicos estima que a safra 2021/2022 foi de 58 mil toneladas (32 mil toneladas de milho e 26 mil toneladas de soja). No mercado, uma saca de soja transgênica, de 60 quilos, custa em média R\$ 150. A saca do grão convencional, em torno de R\$ 170, e a saca da soja orgânica, R\$ 220 (CIORGANICOS, 2021).

Levando em consideração o exposto sobre o modo de produção orgânica, o solo cultivado torna-se o foco do manejo, implementando-se medidas que favoreçam os microrganismos benéficos presentes no meio, assim como os processos de decomposição da matéria orgânica e mineralização, disponibilizando os nutrientes para as plantas e aumentando a produtividade.

O aumento da biodiversidade local favorece a presença de inimigos naturais às pragas e doenças de plantas. Contudo, observando a dinâmica das populações de artrópodes, medidas de controle fitossanitário alternativos, com produtos de origem natural, auxiliam no combate às pragas, como a exemplo da utilização de extratos de plantas.

O uso constante de herbicidas para o manejo de plantas espontâneas no cultivo convencional prejudica o produto agrícola, o ambiente, os agricultores e a população em geral. Portanto, a busca de técnicas alternativas no manejo de plantas espontâneas também se faz necessária. A geração de novos conhecimentos nas temáticas mencionadas auxilia o setor produtivo, independente do modelo de agricultura que venha a ser empregado nas lavouras.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo geral**

Avaliar o desempenho agronômico, o efeito do uso de extratos vegetais no controle do percevejo-marrom-da soja (*Euchistus heros*) e a incidência de plantas espontâneas em soja, sob manejo orgânico.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Avaliar a incidência de plantas espontâneas na cultura da soja orgânica, em consórcio com capins e em sucessão ao cultivo de hortaliças;

- Avaliar o efeito de extratos vegetais no controle do percevejo-marrom da soja (*Euschistus heros*) em condições de laboratório;
- Avaliar o desempenho agronômico da cultura da soja orgânica, em consórcio e sucessão de culturas;
- Avaliar os atributos físicos, químicos e qualidade microbiológica do solo, sob cultivo de soja orgânica, em consórcio com capins e em sucessão ao cultivo de hortaliças.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Caracterização da cultura da soja**

A cultura da soja (*Glycine max L. Merrill*) tem seu centro de origem no continente asiático, mais precisamente, na região da China Antiga, onde, por séculos, permaneceu limitada ao Oriente, por não existir na época o intercâmbio com as civilizações ocidentais (Câmara, 2015).

Câmara (2015) relata sobre essa leguminosa, base da alimentação do povo chinês há mais de 5.000 anos, e após vários experimentos a cultura da soja foi domesticada, foi se difundindo em outras regiões, conforme sua importância aumentava na alimentação humana. As transações comerciais entre os povos orientais foram se intensificando e a soja foi disseminada para outros países, chegando no Brasil em 1882, conforme ilustrado na figura 1.

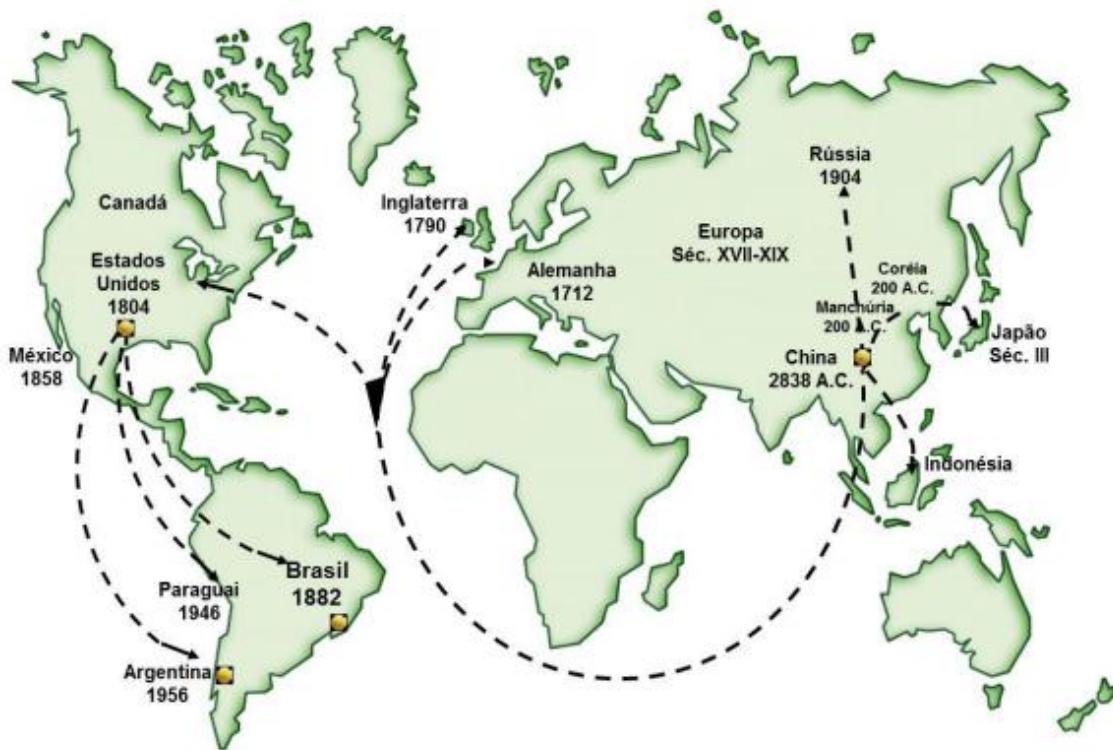


Figura 1: Centro de origem e difusão da cultura da soja

**Fonte:** Bonetti (1977).

No Brasil, a soja (*Glycine max L. Merrill*) cultivada para produzir grãos, é uma planta herbácea, da classe Rosideae, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, tribo Phaseoleae, gênero *Glycine* L., espécie *max* (Nepomuceno et al., 2020).

De acordo com Nepomuceno et al., (2020), as principais variedades comerciais possuem as seguintes características:

- Caule híspido, com poucas ramificações e raiz com eixo principal e muitas ramificações;
- Folhas trifolioladas (exceto o primeiro par de folhas simples, no nó acima do nó cotiledonar);
- Flores de fecundação autógama, típicas da subfamília Papilioideae, de cor branca, roxa ou intermediária;
- Desenvolvem legumes (vagens) levemente arqueadas que, conforme amadurecem, mudam da cor verde para o amarelo-pálido, marrom-claro, marrom ou cinza;
- As vagens podem conter de uma a cinco sementes lisas, elípticas ou globosas, com tegumento amarelo pálido, com hilo preto, marrom ou amarelo-palha;

- Podem ter crescimento indeterminado (sem racemo terminal), determinado (com racemo terminal) ou semideterminado (intermediário).
- Estatura das plantas pode variar, de acordo com as condições ambientais e características intrínsecas da variedade (cultivar). A estatura ideal encontra-se na faixa de 60 a 110 cm, o que facilita a colheita mecânica e evitar o acamamento da cultura em lavouras comerciais.

A floração da cultura da soja também é influenciada por condições ambientais e, consequentemente, seu ciclo, respondendo ao nictoperíodo (duração da noite). Com relação ao fotoperíodo (duração do dia), para facilitar a compreensão, no qual se diz que a soja é uma planta de dias curtos, uma vez que, com dias longos, seu florescimento é atrasado e, consequentemente, seu ciclo será mais longo. Dessa maneira, devido à característica do florescimento tardio em dias curtos, chamado de “período juvenil longo”, o plantio comercial de soja mostra-se sem restrição fotoperiódica, mesmo acima da linha do equador, atribuindo ao Brasil o título de país que “tropicalizou” a cultura (Nepomuceno *et al.*, 2020).

No Brasil, as cultivares de soja classificam-se em grupos de maturação (GM), com base no seu ciclo de desenvolvimento, que varia conforme a região, ou seja, de acordo com a latitude (Nepomuceno *et al.*, 2020), podendo ser citados os seguintes exemplos na Tabela 1:

**Tabela 1: Exemplo de Grupos de Maturação em regiões distintas**

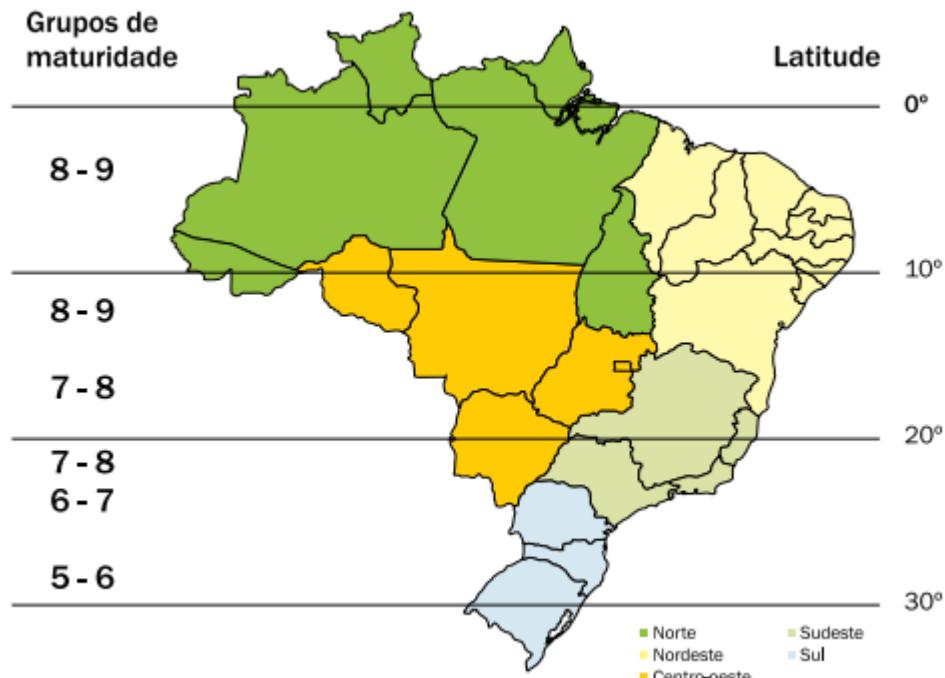
Região	Grupo de Maturação (Ciclo em dias)			
	Precoce	Semiprecoce	Médio	Tardio
Minas Gerais	Até 100	101 - 110	111 - 125	125 - 145
Paraná	Até 115	116 - 125	126 - 137	138 - 145

**Fonte:** Adaptado de Nepomuceno *et al.*, (2020).

Ainda sobre os grupos de maturação da soja, a Embrapa Soja (2012) traz que:

Devido à sensibilidade da soja ao fotoperíodo, a adaptabilidade de cada cultivar varia na medida em que se desloca o seu cultivo em direção ao sul ou ao norte, ou seja, quando varia a latitude. Portanto, cada cultivar tem uma faixa limitada de adaptação em função do seu grupo de maturidade.

Dessa forma, podem ser observados na figura 2 os grupos de maturidade predominantes em cada região brasileira, com maior possibilidade de adaptação.



**Figura 2:** Grupos de maturidade relativa de cultivares de soja no Brasil, em função da latitude

**Fonte:** Embrapa Soja (2012) adaptado de Alliprandini *et al.*, (2009).

## 2.2. A importância da soja para o setor agropecuário brasileiro

Pena (2020) relata que são dois os principais fatores associados ao crescimento da atuação agropecuária do Brasil no mercado externo: o primeiro refere-se à mecanização do campo, vivenciada no país a partir da segunda metade do século XX, mediante o que foi chamado de “Milagre Brasileiro” por Graziano da Silva, e o segundo se trata da expansão das fronteiras agrícolas em direção ao interior do território, ao longo do processo de modernização da agricultura brasileira (Silva, 1999). Assim, foi possível elevar a produção e a produtividade, bem como ampliar as áreas cultivadas.

De acordo com Hirakuri e Lazzarotto (2014), nas últimas décadas, a produção de soja tem sido uma das atividades econômicas com crescimentos mais expressivos, o que pode ser atribuído a diversos fatores: o desenvolvimento e estruturação de um sólido mercado internacional; a consolidação da oleaginosa como uma importante fonte de proteína vegetal; e a geração e oferta de tecnologias, que viabilizaram o aumento da exploração da cultura para diversas regiões do mundo.

Ainda de acordo com Hirakuri e Lazzarotto (2014, p. 9;10), ao compilarem informações sobre o setor da soja brasileiro:

No contexto mundial, o Brasil possui significativa participação na oferta e na demanda de produtos do complexo agroindustrial da soja. Isso tem sido possível pelo estabelecimento e progresso contínuo de uma cadeia produtiva bem estruturada e que desempenha papel fundamental para o desenvolvimento econômico-social de várias regiões do País. Para destacar a importância do referido complexo para a economia nacional, pode-se utilizar algumas estatísticas básicas. Na safra 2013/14, a soja ocupou apenas 3,5% do território nacional e 8,9 % da área dos estabelecimentos agropecuários brasileiros (IBGE, 2014b; CONAB, 2014c). Mesmo assim, as exportações originadas pela cadeia produtiva da commodity alcançaram quase US\$ 31 bilhões e representaram 31,0% e 12,8%, respectivamente, do total exportado pelo agronegócio nacional e pelo País como um todo (BRASIL, 2014b), consolidando o complexo agroindustrial da soja como principal exportador de produtos agropecuários.

Para descrever estratégias de produção de soja orgânica, no caso do presente trabalho, devem ser descritas as técnicas de manejo já existentes para a cultura, caracterizar o conjunto de operações que integram no manejo orgânico, identificar as estratégias que possam contribuir para a criação de inovações, e apresentar as possibilidades de interação com o ecossistema, para que, assim, possam ser elaboradas estratégias de manejo do solo, de pragas e de doenças da leguminosa.

De acordo com o relatório de impactos no agronegócio da consultoria Cogo, do dia 03 de abril de 2020, o cultivo de a soja tem sido pressionado pela queda do custo do petróleo, o que reduz a competitividade do biodiesel, do qual, globalmente, 24% da produção do biocombustível tem como matéria prima o óleo de soja. Outro fator considerado como o principal: é a forte desvalorização do Real, que torna a soja (grão) brasileira menos competitiva no mercado global, além da estimativa anunciada de aumento da área plantada nos Estados Unidos para a safra 2020/2021 em 9,7% (Cogo, 2020). Com isso, o entendimento sobre formas de manejo alternativas e o comportamento do solo, nos quais estão presentes a microbiota e os microrganismos atuantes em diversas reações bioquímicas, na decomposição da matéria orgânica e sua mineralizando, se torna de extrema importância, para implementação de tratos culturais que visem o incremento positivo do meio, favorecendo o desenvolvimento da cultura.

Levando em consideração as colocações feitas no relatório da consultoria Cogo, e entendendo que a população brasileira contemporânea vem se preocupando cada vez mais com ganhos em qualidade de vida, na qual se insere uma alimentação

mais saudável, com alimentos livres de resíduos de agrotóxicos e qualquer outra substância que possa trazer prejuízo à saúde, o tema dessa pesquisa torna-se pertinente e importante, visto o aumento da demanda por produtos orgânicos e a notória importância da cultura da soja para o País.

### **2.3. O cultivo da soja orgânica**

A soja orgânica não é considerada uma commodity, uma vez que sua comercialização não segue as normas da Bolsa de Chicago. No entanto, o cultivo de soja orgânica mostra-se como uma alternativa aos pequenos produtores, pois agrupa valor ao produto final devido a sua organicidade, e, também devido à boa demanda junto no mercado associada aos preços superiores à soja convencional, possibilitando, assim, bons resultados ao agricultor, mesmo diante dos desafios em sua implantação e manejo (Deser, 2008).

Ormond *et al.*, (2002) relatam que a agricultura orgânica se trata de uma tecnologia de produção sustentável, que busca atender às exigências da sociedade e traz alternativas para viabilizar cultivos em pequenas propriedades rurais. Cabe dessa forma trazer que, de acordo com a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, a agricultura orgânica pode ser definida do seguinte modo:

Art. 1º Considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente.

§ 1º A finalidade de um sistema de produção orgânico é:

- I – a oferta de produtos saudáveis isentos de contaminantes intencionais;
- II – a preservação da diversidade biológica dos ecossistemas naturais e a recomposição ou incremento da diversidade biológica dos ecossistemas modificados em que se insere o sistema de produção;
- III – incrementar a atividade biológica do solo;
- IV – promover um uso saudável do solo, da água e do ar, e reduzir ao mínimo todas as formas de contaminação desses elementos que possam resultar das práticas agrícolas;
- V – manter ou incrementar a fertilidade do solo a longo prazo;
- VI – a reciclagem de resíduos de origem orgânica, reduzindo ao mínimo o emprego de recursos não-renováveis;

VII – basear-se em recursos renováveis e em sistemas agrícolas organizados localmente;  
VIII – incentivar a integração entre os diferentes segmentos da cadeia produtiva e de consumo de produtos orgânicos e a regionalização da produção e comércio desses produtos;  
IX – manipular os produtos agrícolas com base no uso de métodos de elaboração cuidadosos, com o propósito de manter a integridade orgânica e as qualidades vitais do produto em todas as etapas (BRASIL, 2003).

Pensando na otimização do uso de recursos e na proteção do meio ambiente através do desenvolvimento de práticas e tecnologias que proporcionem maior sustentabilidade, Domenico *et al.*, (2015) relatam que o crescimento no cultivo de soja orgânica estimulou estudos a desenvolverem novas variedades, com características desejáveis, nas quais incluem-se variedades resistentes e com maior produtividade.

No quadro 1, seguem informações das principais diferenças existentes entre os sistemas de produção de soja convencional e orgânico.

**Quadro 1: Diferenças entre o cultivo de soja orgânica e convencional**

Características	Sistema de Cultivo	
	Convencional	Orgânico
Preparo do Solo	Aração, gradagem subsolagem. Mínimo revolvimento de solo na linha em SPD	Mínimo revolvimento de solo
Adubação	Uso de adubos químicos altamente solúveis (Uréia, Super Simples, Cloreto de K, NPK, dentre outros)	Uso de adubos orgânicos (Estercos, Biofertilizantes, Compostos, Adubos verdes, Pós de Rochas Naturais)
Controle de Pragas e Doenças	Uso de produtos químicos (Inseticidas, fungicidas, nematicidas, dentre outros)	À base de medidas preventivas e produtos naturais pouco tóxicos (Baculovírus, Iscas, Armadilhas)
Controle de Invasoras	Predomina o uso de herbicidas ou Controle Integrado (incluindo químico) em menor proporção	Controle integrado (Mecânico, Cultural, Biológico) e curativo (Capinas e Roçadas)
Possíveis Sintomas ao Meio Ambiente	Contaminação do solo, das águas e ar por agroquímicos	Contaminação das águas por coliformes (em caso de uso excessivo de esterco não compostado)
Particularidades	Não exige certificação	Exige certificação para receber o selo orgânico

**Fonte:** Elaborado pelo autor; Adaptado de Darolt e Skora Neto (2002).

A partir do quadro, podem ser observadas características da produção de soja orgânica relacionadas com sua forma de manejo e interação com o ecossistema.

A correção do pH do solo é feita com uso de farinha de ossos, rochas moídas, semi-solubilizadas ou tratadas termicamente (fosfatos naturais, sulfato de potássio etc.), assim como o uso de calcário que também é estimulado para a correção do pH (Domenico *et al.*, 2015).

São empregadas técnicas conservacionistas de manejo do solo, nas quais podem ser citadas o plantio direto, os plantios em consórcio e, a rotação e a sucessão de culturas. Além da forma de fertilização empregada, a qual se baseia no incremento de matéria orgânica no solo e utilização de fertilizantes minerais naturais pouco solúveis (Domenico *et al.*, 2015), fertilização essa, que favorece o estabelecimento dos microrganismos do solo e biota total, não só em quantidade, mas de maneira estável, auxiliando nos processos de decomposição da matéria orgânica e sua mineralização.

A produção de soja orgânica pode ser rentável para pequenos produtores rurais, pois utiliza técnicas agroecológicas que reduzem os custos com produtos fitossanitários (Inagaki *et al.*, 2018). Segundo Domenico *et al.*, (2015), a rentabilidade líquida da soja orgânica é de R\$ 29.740,25 em 25 ha. No entanto, esse valor representa uma redução de 19,28% em comparação ao cultivo convencional. Apesar disso, a economia com insumos pode compensar a menor lucratividade. Além disso, a demanda por produtos orgânicos está em crescimento. Isso pode gerar melhores preços de mercado. Assim, a soja orgânica pode ser viável financeiramente.

### 3. REFERÊNCIAS

BONETTI, L. P. **Distribuição da soja no mundo**. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. A soja no Brasil. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1977. p. 1-6.

BRASIL. Presidência da República, Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, Art. 1º. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/lei-no-10-831-de-23-de-dezembro-de-2003.pdf/view>. Acesso em 29 de mar. 2020.

CÂMARA, G. M. S. **Introdução ao Agronegócio Soja**. Texto básico da disciplina essencial LPV 0584: Cana-de-açúcar, mandioca e soja, do curso de graduação em Engenharia Agronômica da USP/ESALQ. Departamento de Produção Vegetal – USP/ESALQ - novembro/2015.

**COGO. Especial COVID-19: Preços Agrícolas em Alta.** COGO Inteligência em Agronegócio, 2020. Disponível em: <[https://www.carloscogo.com/cgi-bin/recent\\_rep.pl](https://www.carloscogo.com/cgi-bin/recent_rep.pl)> Acesso em 09 abr. 2020.

**CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: Conab, v.10 – Safra 2022/23, n.12 - Décimo segundo levantamento, p. 1-111, setembro 2023.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. ISSN 2318 6852 Acesso em: 26/01/2023.

**DAROLT, M. R.; SKORA NETO, F. Sistema de Plantio Direto em agricultura orgânica.** Revista Plantio Direto. n. 70, jul/ago, 2002. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora: p. 28-30, 2002.

**DESER. Departamento de Estudos Socio-econômicos Rurais. A cadeia produtiva da soja orgânica.** Ministério do Desenvolvimento Agrário, MDA, Curitiba, 2008.

**DOMENICO, D. D. et al. Viabilidade da cultura da soja orgânica versus soja convencional em uma pequena propriedade rural.** Custos e @gronegócio on line - v. 11, n. 2 – Abr/Jun - 2015.

**EMBRAPA SOJA. Soja Orgânica.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Portal Embrapa (Versão 3.91.0) p04, 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/soja-organica>> Acesso em: 08 de set. 2020.

**FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Safra Mundial de Soja 2022/23 – 9º Levantamento do USDA. Informativo: janeiro de 2023.** Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br>>. Acesso em: 26/01/2023.

**HIRAKURI, M. H. LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro [recurso eletrônico]: / Marcelo Hiroshi Hirakuri, Joelsio José Lazzarotto – Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70p.: il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 349)**

**HIRAKURI, M. H. et al. Avaliação econômica do cultivo orgânico de soja no Estado do Paraná para a safra 2010/11.** Circular Técnica 85. Embrapa Soja, 2011.

**INAGAKI, M. N.; JUNQUEIRA, C. P.; BELLON, P. P.** Desafios da produção de soja orgânica como determinante à implantação de seu cultivo para fins comerciais na região oeste do Paraná. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 682-699, 2018.

**NEPOMUCENO, Alexandre Lima; FARIAS, José Renato Bouças; NEUMAIER, Norman.** Árvore do Conhecimento. **Características da Soja. Agência Embrapa de Informação Tecnológica** – ageitec, Embrapa Soja, 2020. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01\\_24\\_271020069131.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_24_271020069131.html)>. Acesso em: 08 set. 2020.

**ORMOND, J. G. P.; PAULA, S. R. L. de; FAVERET FILHO, P.; ROCHA, L. T. M. da.** **Agricultura orgânica: quando o passado é futuro.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 15, p. 3-34, 2002.

PENA, R. F. A. **Agropecuária no Brasil: principais produtos.** Mundo Educação, BOL, 2020. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/agropecuaria-no-brasil-principais-produtos.htm>> Acesso em: 09 abr. 2020.

SILVA, G. J. **O Novo Rural Brasileiro.** (Coleção Pesquisas 1) Campinas, SP: Instituto de Economia/Unicamp, 1999.

## CAPÍTULO I: EFEITO DA COBERTURA VEGETAL E DA ROTAÇÃO DE CULTURAS NA INCIDÊNCIA DE PLANTAS ESPONTÂNEAS EM SOJA ORGÂNICA

### Effect of vegetable cover and crop rotation on the incidence of spontaneous plants in organic soybean

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica de plantas espontâneas na cultura da soja orgânica consorciada com capins e em rotação com hortaliças. Os experimentos foram realizados na Universidade de Brasília, nas safras 2020/2021 e 2021/2022. O delineamento experimental foi blocos casualizados, com três tratamentos, em dez e nove repetições, conforme a safra. Na safra 2020/2021, foi avaliado o consórcio da soja com os capins *Panicum maximum* (*Syn. Megathyrsus maximus*) cv. *Mombaça* e *Urochloa brizantha* (*Syn. Brachiaria brizantha*) cv. *Marandu* e tratamento controle. Na safra 2021/2022, foi avaliada a rotação da soja com as hortaliças repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) e alface (*Lactuca sativa*), e área em pousio. Foram avaliados a massa fresca e seca de plantas espontâneas, índice de valor de importância (IVI) e análise de similaridade (IS). Houve redução de 33% no número de espécies e de 94% na massa fresca de plantas espontâneas da primeira para a segunda safra. O consórcio da soja com capim Brizantha resultou em redução significativa do IVI para *Urochloa decumbens* cv. *Basilisk* (*Syn. Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk*). Não foi observado efeito positivo do consórcio da soja com capins na supressão de *Cyperus rotundus*, *Oxalis latifolia* e *Richardia brasiliensis*. A cultura do repolho que antecedeu o cultivo da soja na segunda safra contribuiu para a supressão de *Cyperus rotundus*, *Commelina benghalensis* e *Richardia brasiliensis*. Houve efeito positivo da sucessão de culturas na supressão das plantas espontâneas, resultando em dissimilaridade.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L., Índice de valor de importância, Similaridade, Fitossociologia de plantas espontâneas.

#### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the dynamics of spontaneous plants in organic soybean crops intercropped with grasses and in rotation with vegetables. The experiments were carried out at University of Brasília, in the 2020/2021 and 2021/2022 harvests. The experimental design was randomized blocks with three treatments, with ten and nine replicates, according to the harvest. In the 2020/2021 harvest, the intercropping was of soybeans with *Panicum maximum* (*Syn. Megathyrsus maximus*) cv. *Mombaça* and *Urochloa brizantha* (*Syn. Brachiaria brizantha*) cv. *Marandu*, and control treatment. In the 2021/2022 harvest, the rotation was of soybeans with cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) and lettuce (*Lactuca sativa*), and fallow area. Fresh and dry mass of spontaneous plants, importance value index (IVI) and similarity index (SI) were evaluated. There was a 33% reduction in the number of species and a 94% reduction in the fresh mass of spontaneous plants from the first to the second harvest. The intercropping of soybeans with Brizantha grass resulted in

a significant reduction in IVI for *Urochloa decumbens* cv. *Basilisk* (*Syn. Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk*). There was no positive effect of the soybean intercrop with grasses on the suppression of *Cyperus rotundus*, *Oxalis latifolia* and *Richardia brasiliensis*. The cabbage crop that preceded soybean cultivation in the second harvest contributed to the suppression of *Cyperus rotundus*, *Commelina benghalensis* and *Richardia brasiliensis*. There was a positive effect of crop succession on the suppression of spontaneous plants in soybeans, resulting in dissimilarity.

**Keywords:** *Glycine max L.*, Importance value index, Similarity, Phytosociology of spontaneous plants.

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max L. Merrill*) é uma das culturas mais importantes e expressivas do setor agrícola em todo o mundo, tendo sido produzidos 388 milhões de toneladas ao redor do globo na safra 2022/23, de acordo com o 9º levantamento do *United States Department of Agriculture* (USDA), publicado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, em janeiro de 2023 (FIESP, 2023). Do total produzido, cerca de 153 milhões de toneladas referem-se à produção brasileira em 43,5 milhões de hectares (CONAB, 2023).

Observa-se grande representatividade da cultura para o Brasil que foi responsável por quase 40% da produção mundial do grão. Na safra 2019/2020, o Brasil voltou a ser o maior produtor mundial, com uma produção de 124,8 milhões de toneladas (EMBRAPA Soja, 2020), mantendo-se atualmente na liderança.

Não há estatística oficial de produção de soja orgânica ou de outros grãos orgânico (milho, trigo e sorgo) para o Brasil e região Centro-Oeste. Estima-se que o Brasil produziu em 2021 por exemplo, 30 mil toneladas da soja orgânica. Dados mais antigos mostram que a soja orgânica vinha sendo produzida em escala menor que a soja convencional, mas representa importante alternativa de renda para os agricultores. De acordo com dados do Censo do IBGE (2011), relativo a 2006, em mais de 7.500 estabelecimentos rurais do Paraná praticavam-se sistemas orgânicos de produção. Dados referentes à safra 2008/2009 indicam que a área total e o volume produzido no Paraná, ultrapassaram, respectivamente, 12 mil hectares e 138 mil toneladas. Especificamente para o cultivo orgânico de soja, estimou-se uma área de 1.650 hectares, com uma produção de cinco mil toneladas (HIRAKURI *et al.*, (2011)).

A Folio, rede de produtores de grãos orgânicos estima que a safra 2021/2022 foi de 58 mil toneladas (32 mil toneladas de milho e 26 mil toneladas de soja). No mercado, uma saca de soja transgênica, de 60 quilos, custa em média R\$ 150. A saca do grão convencional, em torno de R\$ 170, e a saca da soja orgânica, R\$ 220 (CIORGANICOS, 2021).

O Brasil, em 2015, passou a ser o 3º maior consumidor mundial de agrotóxicos e, em 2016, as lavouras de soja utilizaram cerca de 56% de tais insumos agrícolas (Moraes, 2019), na sua maioria herbicidas. Corroborando esse dado, Tooge (2019) relata que no ranking dos cinco agrotóxicos mais vendidos no Brasil, em 2019, três são herbicidas amplamente utilizados nas lavouras de soja, sendo eles o glifosato, o 2,4-D e a atrazina.

Nota-se que atrelado ao crescimento do cultivo da soja está o aumento do uso de agrotóxicos nas lavouras. De acordo com a FIOCRUZ (2019), ao compilar dados de 2007 a 2015 e, considerando externalidades negativas, foi observado que neste período foram notificados 84.206 casos de intoxicação por herbicidas em seres humanos nas unidades de saúde das redes pública e privada no Brasil.

Lourenço *et al.*, (2018) relata que o surgimento de plantas resistentes ocorre devido as repetidas aplicações de um mesmo herbicida, sucessivamente, ao longo dos ciclos, em uma dada área. Os autores acreditam que a resistência das plantas espontâneas pode favorecer o aumento de suas infestações nas regiões onde os agricultores fazem uso repetido dos herbicidas, sem a devida rotatividade na utilização de diferentes moléculas. Ainda, segundo os autores, devido ao manejo químico feito de forma desenfreada, com diversas aplicações dos mesmos produtos, observou-se que o capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e a buva (*Conyza spp.*) têm infestado vastas áreas de cultivo de soja no Estado do Mato Grosso do Sul.

Considerando o atual manejo da cultura da soja, especificamente tratando-se do controle de plantas espontâneas, e na busca por métodos alternativos de controle, tem-se na agricultura orgânica o uso de processos específicos de manejo, a exemplo da utilização de cobertura viva ou morta do solo somados aos métodos de controle alternativos, como os mecânicos e culturais.

Portanto, existem inúmeras possibilidades para o manejo de plantas espontâneas na cultura da soja e outros grãos. O estímulo ao uso das diferentes estratégias é fundamental para a redução do uso dos herbicidas, e

consequentemente, reduzir os riscos de contaminação dos seres humanos, animais e água. A redução da pressão de seleção exercida pelos herbicidas, por meio do uso de outras estratégias, inclusive não químicas, contribui para retardar a seleção de plantas resistentes. No caso do cultivo orgânico, os métodos culturais de manejo, bem como o uso de produtos de origem biológica passa a ser mandatório, conforme Portaria 52 do MAPA (Brasil, 2021). Podem ser utilizadas duas estratégias: a) a condução do sistema agroflorestal sucessional de cultivo, com soja e outras espécies, em rotação, que para Pasini (2017), imita o funcionamento de um ambiente em sucessão natural; e b) o cultivo da soja consorciada com capins tais como o capim Mombaça e o capim Brizantha, ambos de origem africana, adaptados e disseminados em condições tropicais, conforme Bezerra *et al.*, (2020).

A rotação de culturas pode contribuir para a redução de espécies espontâneas em um determinado ambiente (Wezel *et al.*, 2014; Fukushi, 2016), promovendo a diversificação de cultivos que por sua vez aumenta a biodiversidade de plantas na área (Silva *et al.*, 2023). O aumento da biodiversidade, seja por meio do consórcio ou pela rotação de culturas, aumenta a cobertura do solo podendo impactar de forma positiva no manejo de plantas espontâneas.

Segundo Moraes *et al.*, (2014) e Silva *et al.*, (2023), estudos sobre o efeito da consorciação e rotação na infestação de plantas espontâneas são escassos. Compreender como o consórcio e a rotação de culturas podem contribuir para o manejo de plantas espontâneas é crucial, principalmente nos sistemas orgânicos de cultivo. Portanto, estudos que promovam o incremento da biodiversidade na área e que permitam a análise das interações entre plantas cultivadas no tempo e no espaço e o impacto na presença de espontâneas são necessários.

Segundo Silva e Moore (2017), a vegetação espontânea, quando manejada com práticas agroecológicas, presta valiosos serviços ao ambiente, como a ciclagem de nutrientes que sequestra e armazena nutrientes que antes seriam perdidos por lixiviação ou escoados pela superfície do solo. Além disso, auxilia no aumento do teor de matéria orgânica, por gerar biomassa, tanto superficial e em profundidade, melhorando os atributos físicos e biológicos do solo, como em sua estrutura e aumentando as comunidades de organismos benéficos.

Considerando o contexto apresentado, o objetivo deste trabalho foi avaliar a presença de plantas espontâneas na cultura da soja, sob manejo orgânico,

consorciada com capins e em rotação com hortaliças, por um período de dois anos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos anos agrícolas de 2020/2021 e 2021/2022, em área experimental da Fazenda Água Limpa, na Universidade de Brasília (FAL-UnB), e no CVTUnB, em latossolo vermelho-amarelo, localizada nas coordenadas: Latitude 15°56' a 15°59' S e Longitude 47°55' a 47°58' W, em uma altitude de aproximadamente 1.100 metros acima do nível do mar.

Foram realizados dois ciclos de cultivo da soja cv BRS 6980 (MAPA, 2019) sob manejo orgânico, em sequeiro. Foram semeadas 12 sementes por metro linear, com espaçamento entre linhas de 45 cm, visando a semeadura de capins no espaço das entrelinhas, no primeiro ano de cultivo.

A primeira semeadura da soja, safra 2020/2021, ocorreu no dia 06 de janeiro de 2021 e, a segunda, safra 2021/2022, ocorreu no dia 17 de janeiro de 2022.

Na safra 2020/2021, o delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três tratamentos, em 10 repetições. Os tratamentos foram: (1) capim Mombaça + soja, (2) capim Brizantha + soja e (3) soja solteira.

Os capins Mombaça e Brizantha foram semeados 30 dias após o plantio da soja nas densidades de 5 a 6 kg de SPV ha, respectivamente. A área experimental, de 1.470,0 m<sup>2</sup>, foi dividida em parcelas de 7,0 m x 7,0m (49,0 m<sup>2</sup>), com uma área de 490 m<sup>2</sup> por tratamento.

A cultura da soja foi cultivada em sistema orgânico de produção e adubada com corretivos e adubos em conformidade com a Portaria 52 do Mapa (Brasil, 2021). Foram utilizados 200g de calcário.m<sup>-2</sup>, 200g de Yoorm.m<sup>-2</sup> e 3 kg.m<sup>-2</sup> de esterco bovino curtido.

Na safra de inverno do ano de 2021, as hortaliças alface e repolho foram plantadas no dia 02/09, em sucessão à soja.

Após a colheita da soja, foi realizada análise do solo para verificar necessidade de correção da acidez e adubação, tendo sido aplicados, em 16/07/2021, 100g de calcário.m<sup>-2</sup>, 100g de Yoorm.m<sup>-2</sup>, e no dia 27/08/2021, 3 kg.m<sup>-2</sup> de esterco bovino curtido.

Na safra 2021/2022, a soja foi semeada solteira em toda a área, avaliando-se o efeito do plantio anterior das hortaliças na presença de plantas espontâneas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos em nove repetições. Os tratamentos foram: Sucessão (1): Soja - Alface (*Lactuca sativa*) - Soja, Sucessão (2): Soja - Repolho (*Brassica oleraces* var. *capitata*) - Soja e Testemunha: Soja - Pousio - Soja. A área de cada parcela era de 6 x 6m (36 m<sup>2</sup>), resultando em 324 m<sup>2</sup> por tratamento e um total de 970 m<sup>2</sup> de área experimental.

As amostras das plantas espontâneas foram coletadas 30 dias após a semeadura da soja, no estádio de emergência e formação das primeiras folhas verdadeiras (trifólios), que segundo Vargas e Roman (2006) é a fase crítica para o estabelecimento da lavoura. Foram coletadas amostras de plantas espontâneas das 30 parcelas experimentais na safra 2020/2021 e de 27 parcelas experimentais na safra 2021/2022. A coleta foi feita por meio de um quadrado de madeira, com dimensões de 25 x 25 cm (Fukushi, 2016). Lançou-se uma vez, aleatoriamente, o quadrado de madeira em cada parcela e todas as plantas que estavam dentro do quadrado foram identificadas a nível de família e espécie (Valgas *et al.*, 2011), após foram coletadas para a determinação da massa fresca e massa seca (Barbosa *et al.*, 2011).

A estrutura das comunidades de plantas espontâneas foi calculada a partir dos seguintes fatores: frequência da espécie (FR), que se refere a ocorrência das espécies pelos tratamentos; densidade (D), que é a quantidade de plantas de uma determinada espécie por unidade de área; abundância (Ab) que é a concentração de indivíduos de uma espécie em determinados locais; frequência relativa (FRr), densidade relativa (Dr) e abundância relativa (Abr), que fornecem informações sobre cada espécie, em relação as outras encontradas na área.

Os fatores foram determinados a partir das fórmulas: frequência (FR) = nº. de parcelas que têm a espécie/nº. total de parcelas analisadas; densidade (D) = nº. total de indivíduos da espécie/área total analisada; abundância (Ab) = nº. total de indivíduos da espécie/nº. total de parcelas em que a espécie foi encontrada; frequência relativa (FRr) = nº de ocorrência da espécie x 100/somatório do nº de ocorrência de todas as espécies; densidade relativa (Dr) = densidade da espécie x 100/somatório da densidade de todas as espécies; abundância relativa (Abr) = abundância da espécie x 100/somatório da abundância de todas as espécies.

Após a obtenção dos fatores acima citados, determinou-se o Índice de Valor de Importância (IVI), de acordo com Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), para cada espécie, em cada tratamento, ao longo dos dois anos de amostragem, tendo-se somado o IVI de cada parcela, para cada tratamento e ano avaliados:  $IVI = Frr + Der + Abr$ . Segundo Fernandes *et al.*, (2021), as espécies que apresentam alto IVI devem ser priorizadas no controle de plantas espontâneas, traçando-se estratégias de controle com foco em suas características.

A análise de similaridade florística foi determinada a partir do índice de similaridade de Sorenson (1972), em que: índice de similaridade (IS) =  $2a/b + c$ ; a = número de espécies comuns aos dois anos; b, c = número total de espécies nos dois anos comparados. Avaliou-se o IS entre tratamentos dentro de cada ano, bem como entre os anos. O IS possui valores que variam de 0 a 1, tendo-se mais espécies em comum entre tratamentos ou anos quanto maior for o seu valor.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a safra 2020/2021, foram identificadas 15 famílias botânicas em que Poaceae (32,3%), Oxalidaceae (11,8%) e Commelinaceae (11%) foram as mais encontradas (Quadro 1). Entre as 15 famílias constam 33 espécies, das quais as maiores ocorrências foram *Brachiaria decumbens* (20,47%), *Commelina benghalensis* (11,03%), *Oxalis latifolia* (10,24%) e *Cyperus rotundus* (10,24%).

**Quadro 1:** Plantas espontâneas identificadas na área experimental com soja consorciada com capins e soja solteira no primeiro ano (Safra 2020/2021) CVTUnB, 2024

Família	Espécie	Nome Comum
Poaceae	<i>Brachiaria decumbens</i>	Capim-Braquiária
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeraba
Poaceae	<i>Panicum maximum cv. Mombaça</i>	Capim Mombaça
Poaceae	<i>Braquiaria Brizantha cv. Marandu</i>	Brizantão
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca
Verbenaceae	<i>Lantana câmara</i>	Camará
Lamiaceae	<i>Marsypianthes chamaedrys</i>	Alfavaca
Fabaceae	<i>Calopogonium mucunoides</i>	Calopogônio
Fabaceae	<i>Neonotonia wightii</i>	Soja-perene
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia
Asteraceae	<i>Emilia sonchifolia</i>	Falsa-Serralha
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>	Erva de Touro
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i>	Carrapicho
Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>	Picão-Branco
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	Beldroega

Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i>	Trevo-Azedo
Fabaceae	<i>Medicago polymorpha</i>	Alfafinha
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	Guaxima
Brassicaceae	<i>Coronopus didymus</i>	Mastruço
Fabaceae	<i>Zornia latifolia</i> sp	Zornia
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	Carrapicho
Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i>	Balãozinho
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	Cacália-mentrasto
Poaceae	<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim-colchão
Caryophyllaceae	<i>Cerastium glomeratum</i>	Erva-de-galinha
Fabaceae	<i>Cajanus cajan</i>	Feijão-guandu
Lamiaceae	<i>Hyptis suaveolens</i>	Alfavaca-de-caboclo
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>	Alcanjoeira
Poaceae	<i>Sorghum halepense</i>	Arroz-bravo
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill	Aguaraguá
Fabaceae	<i>Desmodium adscendens</i>	Agarra-agarra
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Nabiça
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.	Trevo-azedo-da-Índia

Fukushi (2016), ao analisar as plantas espontâneas em seu experimento de cultivo de hortaliças, também realizado na Fazenda Água Limpa, encontrou as seguintes espécies: Picão-preto, Picão-branco, Trapoeraba, Trevo-azedo e Trevo-azedo-da-Índia. No presente trabalho, foram encontradas Trapoeraba, Trevo-azedo e Trevo-azedo-da-Índia.

As plantas espontâneas mais comuns nas lavouras de soja são: Buva, Picão-preto, Capim-amargoso (*Digitaria insularis*), Capim-colonião (*Panicum maximum*) e Joá-de-capote (*Nicandra physaloides*). Foram identificadas 23 espécies de plantas espontâneas nas parcelas com o tratamento Soja+Brizanha, 15 espécies na área com Soja+Mombaça e 16 espécies nas parcelas da Soja Solteira. Foi verificada a presença de 52, 35 e 40 indivíduos nas parcelas de Soja com Brizanha, Mombaça e Solteira, respectivamente.

Observa-se maior número de indivíduos das espécies *Cyperus rotundus* e *Commelina benghalensis* no consórcio da soja com capim Brizanha. No consórcio soja com capim Mombaça, as espécies que mais se repetiram foram *Oxalis latifolia* e *Brachiaria decumbens* e, no tratamento testemunha, soja solteira, observou-se maior incidência de *Brachiaria decumbens* e *Commelina benghalensis*. Dias *et al.*, (2010), ao avaliarem a competição entre a cultura da soja e as espécies *Brachiaria plantaginea* e *Commelina benghalensis* constaram ocorrer diferenciação na habilidade competitiva das plantas espontâneas, onde a braquiária demonstrou superioridade.

Constatou-se um total de 127 plantas espontâneas, com uma média geral de 4 plantas por espécie. As espécies que apresentaram maior incidência ao longo de todos os tratamentos foram: *Brachiaria decumbens*, *Commelina benghalensis*, *Oxalis latifolia* e *Cyperus rotundus*. Constantin *et al.*, (2000), ao avaliarem a interação entre sistemas de manejo antecipado e métodos de controle de plantas espontâneas após emergência da soja, sob sistema convencional, em área infestada por *Commelina benghalensis*, *Brachiaria plantaginea* e *Raphanus raphanistrum*, concluíram que o manejo antecipado possibilita a diminuição do uso de herbicidas em pós-emergência e melhor controle populacional das espontâneas.

No presente experimento, não foi observada diferença significativa para massa fresca e seca, em gramas, entre os tratamentos, tendo sido observado na soja solteira, médias de 107,78 e 15,63g, para o tratamento se soja com capim Brizanha, médias de 82,34 e 13,73g e para o tratamento soja com capim Mombaça 75,49 e 11,88g, respectivamente.

Na safra 2021/2022, foram identificadas 13 famílias botânicas, em que as Poaceae (30,05%) e Cyperaceae (13,47%) foram as mais encontradas (Quadro 2). Dentre as 13, constam 22 espécies, das quais as mais frequentes foram: *Brachiaria decumbens* (14,51%), *Cyperus rotundus L.* (13,47%), *Oxalis latifolia* (12,43%) e *Digitaria horizontalis* (11,40%).

**Quadro 2:** Plantas espontâneas identificadas na área experimental com soja plantada em sucessão às hortaliças repolho e alface e em área de pousio no segundo ano (Safra 2021/2022) CVTUnB, 2024

Família	Espécie	Nome Comum
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i>	Carrapicho-de-carneiro
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides L.</i>	Calcália-mentrasto
Amaranthaceae	<i>Amaranthus palmeri</i>	Caruru
Poaceae	<i>Brachiaria decumbens</i>	Capim-braquiária
Poaceae	<i>Braquiária brizantha cv. marandu</i>	Capim-brizanha
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus L.</i>	Tiririca
Caryophyllaceae	<i>Cerastium glomeratum</i>	Erva-de-galinha
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeraba
Fabaceae	<i>Desmodium adscendens</i>	Agarra-agarra
Poaceae	<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim-colchão
Asteraceae	<i>Emilia sonchifolia</i>	Falsa-serralha
Lamiaceae	<i>Hyptis suaveolens</i>	Alfavaca-de-caboclo
Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i>	Trevo-azedo
Fabaceae	<i>Medicago polymorpha</i>	Alfafinha
Fabaceae	<i>Neonotonia wightii</i>	Soja-perene
Poaceae	<i>Panicum Maximum cv. Mombaça</i>	Capim-mombaça
Lamiaceae	<i>Pogostemon cablin</i>	Oriza

Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	Beldroega
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis gomes</i>	Poaia
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>	Erva-de-touro
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	Guaxima
Solanaceae	<i>Solanum americanum Mill.</i>	Aguaraguá

*Brachiaria decumbens* foi a espécie mais frequente nas amostras (14,51%), similar ao relatado por Santos *et al.*, (2020), que em seus estudos sobre plantas espontâneas na cultura da soja sob diferentes espaçamentos, observaram a Poaceae como uma das de maior ocorrência. Cabe destacar sua grande capacidade de adaptação em solos ácidos e pouco férteis (Gazziero *et al.*, 2015).

*Digitaria horizontalis* foi a quarta espécie mais encontrada (11,40%). Albuquerque *et al.*, (2017) e Silva *et al.*, (2018) verificaram que a espontânea se apresentou com valores superiores quanto à quantidade, densidade e índice de valor de importância, comparada às demais plantas amostradas. Ela se propaga por meio de sementes e pelo enraizamento de seus nós inferiores. Apresenta resistência ao efeito de herbicidas que vêm demonstrando baixa eficiência em seu controle (Schedenffeldt *et al.*, 2022). É considerada uma das plantas espontâneas mais agressivas, com elevado potencial de competição e poder de dispersão (Silva *et al.*, 2018).

*Cyperus rotundus* compreendeu 13,47% das amostras. Essa planta é tida como um dos maiores entraves na conversão de sistemas de cultivo convencional para o sistema orgânico, devido possuírem estruturas subterrâneas e alta taxa reprodutiva (Khatounian *et al.*, 2018). Segundo Pereira (1998), as estruturas reprodutivas têm a capacidade de permanecer em estado dormente no solo por longos períodos, que podem variar de três a até cinco anos.

*Oxalis latifolia* correspondeu a 12,43% das espontâneas observadas na safra 2021/2022, considerada uma das mais difíceis de serem eliminadas por possuir bulbilhos que auxiliam sua dispersão, além de ter uma raiz tuberosa contrátil, a qual faz com que o bulbo alcance profundidades maiores no perfil do solo (Costa; Sakuragui e Fiaschi, 2019). Riva *et al.*, (2023), pesquisando sobre períodos de interferência de plantas espontâneas, verificou *Oxalis latifolia* em quantidades superiores às demais, com infestações superiores a 750 plantas.m<sup>-2</sup>, apesar de não notarem nenhuma competição severa com a cultura de interesse pelo pequeno porte.

Observa-se nas parcelas onde a soja foi consorciada com capins, valores similares quanto à presença de espontâneas em todas as variáveis estudadas, onde as plantas espontâneas possuem, predominantemente pequeno porte, variando de 10 a até 60 cm de altura, a citar como exemplo as espécies *Cyperus rotundus* e *Oxalis latifolia*. Cabe destacar que as espécies possuem crescimento rápido, além de desenvolverem estruturas que conferem resistência, como a produção de tubérculos pela Cyperaceae mencionada, ou o desenvolvimento vegetativo através de rizomas, caso da espécie *Oxalis latifolia*, dificultando seu manejo, até mesmo com o emprego de herbicidas (Amorim *et al.*, 2023; Sanfins, 2019; Crispim e Branco, 2002).

Segundo Lange *et al.*, (2019), as espécies de plantas espontâneas são pioneiras em sucessão secundária, sendo as primeiras a colonizarem áreas onde tenha ocorrido algum desequilíbrio ambiental que culminou na eliminação da vegetação anteriormente ali existente.

Antes de analisar as espécies mais representativas nas parcelas da soja solteira, cabe lembrar que foi observado número de ocorrência de plantas espontâneas consideravelmente superior ao observado nos demais tratamentos, com 86 indivíduos, enquanto observou-se 39 e 50, na soja com Brizanha e soja com Mombaça, respectivamente. No total das amostras de plantas espontâneas retiradas da soja solteira, ocorreu a dominância de duas espécies integrantes da família Poaceae, *Brachiaria decumbens* e *Digitaria horizontalis*. Ambas as gramíneas apresentam porte decumbente, com folhas eretas, além de estruturas que lhes conferem resistência ao manejo, principalmente mecânico, como por exemplo a *Digitaria horizontalis*, que possui caule em forma de rizoma (Canto-Dorow, 2020; Crispim e Branco, 2002).

As principais espécies encontradas ao longo do experimento podem ser observadas na Tabela 1, descritas de acordo com a sequência de manejo orgânico original empregado, levando em consideração a primeira e a segunda safra de cultivo sucessional.

**Tabela 1:** Plantas espontâneas mais observadas por tratamento nas safras de de soja orgânica em cultivo sucessional. CVTUnB.

	Plantas espontâneas	Ano 1 - 2020/21		Ano 2 – 2021/22	
		Nº de ocorrência	%*	Nº de ocorrência	%
	<i>Cyperus rotundus</i>	8,00	6,30	9,00	5,14

<b>Soja + Brizantha</b>	<i>Commelina benghalensis</i>	5,00	3,94	3,00	1,71
	<i>Oxalis latifolia</i>	5,00	3,94	6,00	3,43
	<i>Brachiaria decumbens</i>	4,00	3,15	7,00	4,00
	Outras	30,00	23,62	14,00	8,00
<b>Soja + Mombaça</b>	<i>Cyperus rotundus</i>	3,00	2,36	8,00	4,57
	<i>Commelina benghalensis</i>	4,00	3,15	4,00	2,29
	<i>Oxalis latifolia</i>	7,00	5,51	6,00	3,43
	<i>Brachiaria decumbens</i>	6,00	4,72	7,00	4,00
	Outras	15,00	11,81	25,00	14,29
<b>Soja solteira</b>	<i>Cyperus rotundus</i>	2,00	1,57	7,00	4,00
	<i>Commelina benghalensis</i>	5,00	3,94	7,00	4,00
	<i>Oxalis latifolia</i>	1,00	0,79	11,00	6,29
	<i>Brachiaria decumbens</i>	16,00	12,60	13,00	7,43
	Outras	16,00	12,60	48,00	27,43
<b>Total:</b>		127,00	100	175,00	100

\*Valores percentuais foram arredondados para a casa decimal superior.

Ao comparar o número de ocorrência das plantas espontâneas em cada tratamento inicial, referente ao consórcio com capins, é possível perceber a diferença entre o número total de espontâneas, de um ano para o outro, onde houve acréscimo nas médias observadas no consórcio da soja com Mombaça e na soja solteira, no segundo ano de plantio, demonstrando a não diminuição do número de plantas espontâneas sob manejo agroecológico. As espécies *Brachiaria decumbens*, *Commelina benghalensis* e *Oxalis latifolia* foram as mais frequentes no primeiro ano de cultivo da soja, enquanto no 2º ano as mais frequentes foram *Brachiaria decumbens*, *Cyperus rotundus* e *Oxalis latifolia*.

No entanto, ao analisar a geração de biomassa, percebe-se a supressão no desenvolvimento das plantas espontâneas, com diferença na massa fresca, seca e variação de massa de um ano para o outro, com diminuição da massa fresca. Ao contrário do observado para número de indivíduos, a produção de biomassa (Tabela 2) foi positivamente influenciada pelo sistema de manejo proposto. Houve redução significativa da massa fresca e seca das espontâneas presentes nos diferentes tratamentos, quando consideradas as duas safras de cultivo. Embora, analisando dentro da mesma safra, não tenha ocorrido diferença entre os tratamentos com capins e o tratamento controle, o arranjo experimental biodiverso reduziu a infestação de espontâneas de maneira global e de forma significativa. Em ambos os anos, a massa fresca foi 30% inferior ao observado no tratamento controle.

**Tabela 2:** Biomassa média de plantas espontâneas em soja orgânica, nas safras 2020/2021 e 2021/2022, em função das práticas de consórcio e sucessão cultural. CVTUnB, 2024.

Tratamento	Massa fresca	Massa Seca	Variação de Massa Grama (g)
<i>Safra 2020/2021</i>			
Soja + Brizanha	88,88 a	14,79 a	74,09 a
Soja + Mombaça	81,85 a	12,78 a	69,06 a
Soja solteira	118,17a	17,13 a	101,07a
<i>Safra 2021/2022</i>			
Repolho+ soja em sucessão	5,52 b	0,88 b	4,63 b
Alface + soja em sucessão	5,41 b	0,67 b	4,74 b
Pousio + soja	7,65 b	0,91 b	6,76 b
CV (%)	38,71	35,52	38,49

Valores seguidos de letras distintas diferem entre si pelo Teste Tukey ( $p<0,05$ ). Médias transformadas em SQRT ( $X + 1,0$ ). Safra 2020/2021 consórcio da soja com capins. Safra 2021/2022 soja plantada em sucessão às hortaliças cultivadas no inverno.

Karam *et al.*, (1994) verificaram o efeito de diferentes densidades de plantas espontâneas sobre a cultura da soja, onde houve redução no rendimento da cultivar BR-29, na população de 50 plantas.m<sup>-2</sup>, em 15,4%, quando em convivência com pelo menos três plantas de *Acanthospermum hispidum* a cada metro quadrado. Além disso, os autores observaram efeito negativo de *Ipomoea grandifolia*, com redução de cerca 6,6 kg.ha<sup>-1</sup> a cada 1,0g de biomassa seca acumulada dessa espécie por metro quadrado.

Assim como no presente trabalho, Pereira (1990) verificou o efeito da utilização de plantas de cobertura sobre o estabelecimento das plantas espontâneas, onde constatou que coberturas do solo foram eficazes na redução de 70% da biomassa verde das plantas espontâneas na soja plantada após o cultivo das plantas de cobertura. Ferreira *et al.*, (2015) indicam que o estresse gerado na cultura da soja pela competição afeta negativamente as características fisiológicas da cultura, assim como interfere na produção de matéria seca, tendo observado o exposto em seus estudos com soja na presença de capim-braquierão e picão-preto. Cabe ainda mencionar, segundo Far *et al.*, (2017), que o déficit hídrico, causado pela competição, interfere na fotossíntese, aumentando a exigência de açúcares para promover o ajuste osmótico das células, o que reduz o acúmulo de fotoassimilados e o crescimento das raízes de plantas de interesse.

No presente experimento, o manejo sucessional proporcionou efeito positivo na supressão do crescimento vegetativo das plantas espontâneas, reduzindo a competição com a soja. A variação de massa se refere ao volume de água absorvido

pelas plantas espontâneas, o que em um cultivo de soja de sequeiro, pode ser determinante para o estabelecimento e desenvolvimento da cultura principal. Portanto, o manejo orgânico proposto resultou na presença reduzida de espontâneas que serviram de cobertura viva, protegendo o solo, regulando temperatura e umidade, resultado em menos competição com a cultura da soja, e promovendo o incremento na produtividade da cultura de 3,5 vezes da primeira para segunda safra.

Com o objetivo de auxiliar na análise da importância das plantas espontâneas observadas no sistema e as modificações observadas nas duas safras, foi realizado o cálculo da Frequência Relativa (FRr), Densidade Relativa (Dr), Abundância Relativa (ABr) e Índice de Valor de Importância (IVI) (Tabela 3).

**Tabela 3:** Frequência Relativa (FRr), Densidade Relativa (Dr), Abundância Relativa (ABr) e Índice de Valor de Importância (IVI) das plantas espontâneas de maior ocorrência em área com plantio de soja orgânica nas safras 2020/2021 e 2021/2022 CVTUnB, 2024

Espécie	Fator	Ano 1 - Safra 20/21			Ano 2 - Safra 21/22		
		Brizanha	Mombaça	Soja Solteira	Repolho	Alface	Pousio
<i>Cyperus rotundus</i>	FRr	16,33	6,90	6,67	12,96	15,00	18,37
	Dr	15,38	8,11	5,00	8,97	16,67	18,52
	ABr	4,71	8,07	5,66	4,02	8,54	6,85
	IVI	36,42	23,08	17,33	25,96	40,20	43,73
<i>Commelia benghalensis</i>	FRr	10,20	13,79	16,67	9,26	10,00	4,08
	Dr	9,62	10,81	12,50	7,69	9,52	5,56
	ABr	4,71	5,38	5,66	4,83	7,32	9,24
	IVI	24,53	29,99	34,83	21,78	26,84	18,88
<i>Oxalis latifolia</i>	FRr	8,16	13,79	3,33	14,81	12,50	16,33
	Dr	9,62	18,92	2,50	12,82	11,90	14,81
	ABr	5,88	9,42	5,66	5,03	7,32	6,16
	IVI	23,66	42,13	11,49	32,66	31,72	37,30
<i>Brachiaria decumbens</i>	FRr	8,16	20,69	20,00	14,81	10,00	14,29
	Dr	7,69	16,22	40,00	17,95	9,52	16,67
	ABr	4,71	5,38	15,09	7,04	7,32	7,92
	IVI	20,56	42,29	75,09	39,80	26,84	38,87
<i>Richardia brasiliensis</i>	FRr	8,16	3,45	3,33	3,70	2,50	8,16
	Dr	7,69	2,70	2,50	3,85	2,38	7,41
	ABr	4,71	5,38	5,66	6,03	7,32	6,16
	IVI	20,56	11,53	11,49	13,58	12,20	21,73

**Legenda:** Frequência Relativa (FRr), Densidade Relativa (Dr), Abundância Relativa (ABr) e Índice de Valor de Importância (IVI).

Na safra 2020/2021, na soja solteira, o Índice de Valor de Importância (IVI) da espécie *Brachiaria decumbens* foi de 75, o maior dentre as espécies espontâneas observadas. O potencial de supressão desta espécie foi observado no tratamento soja consorciada com capim Brizantha, para o qual o IVI foi de 20,56 (3,6 vezes menor), reduzindo a importância da espécie no sistema. A mesma tendência de supressão foi observada para a espécie *Commelina benghalensis*, com IVI=24,53, quando consorciada com Brizantha, e IVI=34,83, na soja solteira. No entanto, para as espontâneas *Cyperus rotundus*, *Oxalis latifolia* e *Richardia brasiliensis* não foi observado efeito de supressão do consórcio da soja com capim Brizantha.

No tratamento soja consorciada com capim Mombaça, embora em menor intensidade, foi observada supressão das espontâneas *Commelina benghalensis* (IVI=29,99) e *Brachiaria decumbens* (IVI=42,29), não sendo observado efeito positivo na supressão de *Cyperus rotundus*, *Oxalis latifolia* e *Richardia brasilienses* que apresentaram IVI superior ou igual à soja solteira.

Na safra 2021/2022, a soja foi cultivada em sucessão às hortaliças. A cultura do repolho contribuiu para a supressão de *Cyperus rotundus*, *Commelina benghalensis* e *Richardia brasiliensis*, duas delas não suprimidas pelo consórcio soja e capim na safra anterior. Enquanto no pousio verificou-se IVI de 43,73, em sucessão ao repolho o IVI foi de 25,96, para a espontânea *Cyperus rotundus*, a Tiririca, que é uma planta espontânea de difícil manejo e provoca prejuízos em várias culturas de interesse comercial (Silveira *et al.*, 2010).

*Commelina benghalensis* (trapoeraba), de acordo com Kissmann e Groth (1997), é uma das principais plantas espontâneas infestantes nas lavouras de soja, com alta frequência e de difícil controle. Segundo Nogueira (2023), isso ocorre devido à dificuldade enfrentada com o manejo químico da espécie, por ter adquirido tolerância ao herbicida glifosato.

Considerando o cultivo de soja em sucessão à cultura de alface, verificou-se supressão de *Brachiaria decumbens* e *Richardia brasiliensis*, com IVI de 26,84 e de 38,87; IVI de 12,20 e de 21,73 para as espontâneas mencionadas em área com plantio de soja em sucessão à alface e área de pousio, respectivamente. De maneira semelhante, Fernandes *et al.*, (2021) observaram frequência relativa igual a 25,81 para a espécie *Richardia brasiliensis*, que segundo Silva *et al.*, (2017) possui alta capacidade de multiplicação e dispersão, tornando-se necessário cuidado no controle

da espécie em áreas agrícolas, evitando-se a competição, além da espécie ser capaz de produzir substâncias alelopáticas nocivas à cultura de interesse.

Para Pitelli (1985), os fatores que determinam o grau de interferência das plantas espontâneas sobre as culturas de interesse podem ter relação com o tamanho da comunidade de espontâneas, sua composição específica, densidade e distribuição, além do espaçamento, densidade e características intrínsecas da cultura e as características do ambiente, como condições de solo, clima e as práticas de manejo empregadas.

De acordo com Mello *et al.*, (2001), os fatores mais facilmente controláveis no período de interação são a época e a duração do período de convivência entre as plantas espontâneas e a cultura. Segundo Kasasian e Seeyave (1969), o período inicial de competição mais importante ocorre entre os primeiros 25 a 33% do estádio vegetativo das culturas, pelo fato de até esta fase não ter havido uma boa cobertura do solo pelas plantas de interesse.

Considerando o índice de Similaridade (IS) de plantas espontâneas, observou-se que na safra 2020/2021 os índices encontrados foram médios entre os capins e o tratamento testemunha, e baixo entre os capins, evidenciando que os capins apresentaram efeito diferente sobre as espécies de espontâneas presentes na área (Tabela 4).

Na safra 2021/2022, os índices de similaridades foram considerados altos, indicando maior homogeneidade na presença das espécies espontâneas, tanto nas parcelas de soja em sucessão ao repolho e alface, quanto nas parcelas em pousio, reflexo da redução no número de espécies da primeira para a segunda safra.

Cabe ressaltar, que em ambas as safras, as espécies *Cyperus rotundus*, *Commelina benghalensis*, *Oxalis latifolia*, *Brachiaria decumbens* e *Richardia brasiliensis* foram as mais presentes.

Fernandes *et al.*, (2021), assim como no presente trabalho, encontraram como de maior relevância as espécies *Richardia brasiliensis* e *Brachiaria decumbens*, onde ambas se destacaram com elevados índices fitossociológicos, em que a *Richardia brasiliensis* foi a espécie com maior densidade e frequência. *Richardia brasiliensis* é uma Rubiaceae bastante frequente em quase todo o território brasileiro, considerada uma das principais espécies de plantas espontâneas em áreas agrícolas de soja e

milho na região Centro-Oeste, principalmente no Cerrado, por possuir alto vigor vegetativo (Lorenzi, 2014; Kaneko *et al.*, 2018).

Na presente pesquisa, o baixo Índice de Similaridade entre as safras, IS igual a 0,36, evidencia o efeito positivo da sucessão de culturas na supressão das plantas espontâneas (Tabela 4). Estas alterações com a diminuição do IS da primeira para a segunda safra podem ser resultado tanto da diminuição da germinação como do desenvolvimento das espécies de plantas espontâneas (Oliveira e Freitas, 2008), com a redução da competição.

**Tabela 4:** Índice de Similaridade (IS) entre os tratamentos dentro das safras e entre as safras

Safra	Tratamentos	IS	Safra	Tratamentos	IS
2020/2021	Soja Solteira e Capim Brizanha	0,54	2021/2022	Pousio e Repolho	0,69
	Soja Solteira e Capim Mombaça	0,58		Pousio e Alface	0,79
	C. Brizanha e C. Mombaça	0,39		Repolho e Alface	0,73
<b>Índice de Similaridade entre as safras</b>					0,36

#### 4. CONCLUSÕES

1. O cultivo da soja orgânica em sucessão com hortaliças proporcionou redução significativa no número de espécies e na massa fresca de plantas espontâneas.
2. O potencial de supressão de *Brachiaria decumbens* foi observado no tratamento soja consorciada com capim Brizanha, com Índice de Valor de Importância (IVI) de 20,56, ou seja, 3,6 vezes menor do que o IVI observado no tratamento controle.
3. Não foi observado efeito do consórcio da soja com capins na supressão de *Cyperus rotundus*, *Oxalis latifolia* e *Richardia brasilienses*.
4. A cultura do repolho, que antecedeu a segunda safra da soja, contribuiu com a supressão de *Cyperus rotundus*, *Commelina benghalensis* e *Richardia brasilienses*.
5. Considerando o cultivo de soja, em sucessão à cultura de alface, verificou-se supressão de *Brachiaria decumbens* e *Richardia brasiliienes*.

6. Considerando o índice de similaridade de plantas espontâneas, os capins apresentaram efeitos diferentes sobre as referidas espécies presentes na área.  
QUE DIFERENÇA? QUAL FOI O MELHOR?
7. Conclui-se que houve efeito positivo do cultivo da soja orgânica, em sucessão de culturas, na supressão das plantas espontâneas presentes na soja.

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao Decanato de Pós-Graduação, Universidade de Brasília, pelo apporte financeiro (Edital DPG 001/2022); ao Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia e Agricultura Orgânica da Universidade de Brasília (CVTUnB) e Fazenda Água Limpa, pelo apoio logístico; ao Centro de Inovação em Genética Vegetal (CIGV) da Embrapa Cerrados, pela doação das sementes da soja convencional BRS 6980 utilizada nos experimentos; e aos estagiários do PET Agronomia e CVTUnB, pelo suporte nas atividades de campo e laboratório.

## 6. REFERÊNCIA

- ALBUQUERQUE, J. A. A.; SANTOS, T. S.; CASTRO, T. S.; MELO, V. F.; ROCHA, P. R. R. Weed Incidence After Soybean Harvest in No-Till and Conventional Tillage Crop rotation Systems In Roraima Cerrado. **Planta Daninha**, v. 35, p. 1, 2017.
- AMORIM, C. S.; PENHA, J. C. A.; NUNES, M. S.; AROUCHA-NETO, J. D.; SOUZA, R. C.; SARAIVA, R. V. C. Plantas Espontâneas da Baixada Maranhense e Práticas Agroecológicas para Controle. **Revista Foco**: Curitiba, 2023. v.16. n.2. p.01-21.
- BARBOSA, C. E. M.; LAZARINI, E.; PICOLI, P. R. F.; FERRARI, S. Determinação da massa seca, teor de nutrientes e cobertura do solo de espécies semeadas no outono-inverno. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 265-272, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/72366/2-s2.0-80052418494.pdf;jsessionid=CB6A49437A3A87B0FA9773981F288CC2?sequence=1>>. Acesso em: 06/09/2023.
- BEZERRA, J. D. V.; EMERENCIANO NETO, J. V.; ALVES, D. J. S.; BATISTA NETA, I. E.; GALDINO NETO, L. C.; SANTOS, R. S.; DIFANTE, G. S. Características produtivas, morfogênicas e estruturais de cultivares de Brachiaria Brizantha cultivadas em dois tipos de solo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e129972947-e129972947, 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Portaria Mapa nº 52 de 15 de março de 2021**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/arquivos->>

organicos/PORTARIA\_MAPA\_N\_52.2021\_ALTERADA\_PELA\_PORTARIA\_MAPA\_N\_404.pdf>. Acesso em: 09/11/2023.

CANTO-DOROW, T. S. Digitaria in Flora do Brasil 2020. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2020. Disponível em:<<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB13179>>. Acesso em: 23/06/2023.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: **Companhia Nacional de Abastecimento - Conab**, v.10 – Safra 2022/23, n.12 - Décimo segundo levantamento, p. 1-111, setembro 2023. ISSN 2318 6852. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 26/01/2023.

CONSTANTIN, J.; MACIEL, C. D. G.; OLIVEIRA JR., R. S. Sistemas de manejo em plantio direto e sua influência sobre herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 3, p. 233-242, 2000.

COSTA, T. S.; SAKURAGUI, C. M.; FIASCHI, P. Flora do Rio de Janeiro: Oxalidaceae. **Rodriguésia**. v. 70, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rod/a/VQ9hspDVRcQGYkXmYJRd6cz/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 14/06/2023.

CRISPIM, S. M. A.; BRANCO, O. D. Aspectos gerais das Braquiárias e suas características na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS / Sandra Mara Araújo Crispim, Oslain Domingos Branco – **Corumbá: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Pantanal**, 2002. 25p. – (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 33).

DIAS, A. C. R.; CARVALHO, S. J. P.; MARCOLINI, L. W.; MELO, M. S. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Competitiveness of alexandergrass or bengal dayflower with soybean. **Planta Daninha**, v.28, n.3, p.515-522, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000300008>

MAPA. Portaria nº 61, de 11 de julho de 2019. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Política Agrícola**. 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/distrito-federal/word/PORTN61SOJADF.pdf>>. Acesso em: 20/10/2020.

EMBRAPA SOJA. Soja em números (safra 2019/20). **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Portal Embrapa** (Versão 3.96.0) p03, 2020. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 02/12/2020.

FAR, F. G.; MAHMOODI, S.; ZAMANI, G. R.; ZAHAN, M. H. S. Effect of drought stress on water use efficiency and root dry weight of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.) in competition conditions. **Iranian Journal of Field Crops Research**, v.15, p.438-450, 2017.

FERNANDES, T. et al. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em cultivos de abacaxi em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 322-335, 2021.

FERREIRA, E. A.; MATOS, C. C.; BARBOSA, E. A.; DINIZ MELO, C. A.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. **Revista Ciências Agrárias**, v.58, p.115-121, 2015.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Safra Mundial de Soja 2022/23 – 9º Levantamento do USDA. **Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USAD**. Informativo: janeiro de 2023. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br>>. Acesso em: 26/01/2023.

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz. Afinal, o Brasil é o maior consumidor de agrotóxico do mundo? **Centro de Estudos Estratégicos Fiocruz**, 2019. Disponível em: <<https://cee.fiocruz.br/?q=node/1002>>. Acesso em: 20/10/2022.

KANEKO, J. A.; LIMA, S. F.; LIMA, A. P. L.; MARTINS, S. M. SANTOS, D. M. C. L. Fitossociologia de plantas daninhas em eucalipto clonal com diferentes espaçamentos. **Brazilian Applied Science Review**, v.2, n.6, p.2021-2036, 2018. <https://doi.org/10.35587/brj.ed.000027>

LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. 7.ed. **Nova Odessa**: Instituto Plantarum. 2014. 379p.

LOURENÇO, A. L. F. et al. Tecnologia e Produção: Soja 2017/2018. **Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias**. Curitiba - PR, 2018. 209 p. Disponível em:<[https://www.fundacaoms.org.br/wp-content/uploads/2021/02/httpswww.fundacaoms.org\\_.brpublicacoestecnologia-e-producao-safratecnologia-producao-soja-2017-2018.pdf](https://www.fundacaoms.org.br/wp-content/uploads/2021/02/httpswww.fundacaoms.org_.brpublicacoestecnologia-e-producao-safratecnologia-producao-soja-2017-2018.pdf)>. Acesso em: 09/11/2023.

FUKUSHI, Y. K. M. Consorciação de Abobrinha Italiana e Repolho: Plantas Espontâneas, Artrópodes Associados e Viabilidade Econômica do Sistema. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, **Universidade de Brasília**, 2016, 100p. Dissertação de Mestrado.

GAZZIERO, D. L. P.; LOLATO, R. P.; BRIGHENTI, A. M.; PITELLI, R. A.; VOLL, E. Manual de identificação de plantas daninhas da cultura da soja. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126196/1/manual-de-identificacao-de-plantas-daninhas.pdf>>. Acesso em: 18/10/2023.

KARAM, D.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; ARCHANGELO, E. R. Efeito de densidades de plantas daninhas na cultura da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 22., 1994, Cruz Alta, RS. **Resumos**. Cruz Alta: 1994. 80p.

KASASIAN, L.; SEEYAVE, J. Critical periods for weed competition. **PANS**, v.15, n.2, p.208-212, 1969.

KHATOUNIAN, C. A.; OLIVEIRA, D. A. M.; FERREIRA, T. M.; DUPRE, M.; MERIANNE, H. Distribuição dos tubérculos de Tiririca (*Cyperus rotundus L.*) no perfil do solo e suas implicações para a conversão para agricultura orgânica de hortas urbanas. **Scientia Plena**. v. 14, n. 09, 2018.

LANGE, A. G. T; KRAEMER, L.; BIANCHI, V. Plantas espontâneas com propriedades medicinais identificadas em um levantamento fitossociológico numa área alterada no

campus da Unijuí-ijuí, RS. 6º Congresso internacional em saúde: promoção, prevenção, diagnóstico e tratamento. **Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI)**. Rio Grande do Sul, 2019. 10 p.

MELLO, H. B.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; MIRANDA, G. V.; ROCHA, V. S.; SILVA, C. M. M. Interferência das plantas daninhas na cultura da soja cultivada em dois espaçamentos entre linhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.19, n.2, p.187-191, 2001.

MORAES, A. de; CARVALHO, P. C. de F.; LUSTOSA, S. B. C.; LANG, C. R.; DEISS, L. Research on integrated crop-livestock systems in Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 1024-1031, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000500018>

MORAES, R. F. de. Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA**: Brasília, 2019. Disponível em: <[https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9371/1/td\\_2506.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9371/1/td_2506.pdf)>. Acesso em: 08/07/2023.

MUELLER-DOMBOIS, D; ELLENBERG, H. A. Aims and methods of vegetation ecology. New York: J. Wiley, 1974. 547 p.

NOGUEIRA, M. M. Controle químico de trapoeraba (*Commelina Benghalensis*) em dessecação pré-plantio da cultura da soja. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos) – **Instituto Federal Goiano**. Campus Rio Verde, 2023.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. de P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v. 26, n.1, p. 33-46, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000100004>

PASINI, F. S. A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) – **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2017.

PEREIRA, W. Prevenção e controle da tiririca em áreas cultivadas com hortaliças. Brasília/DF: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Hortaliças**; 1998 (Circular técnica, 15).

PEREIRA, F. A. R. Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja (*Glycine max* L. Merrill) no cerrado. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - **FCA/Universidade Estadual Paulista**, Botucatu, 1990. 83 p.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.129, p.16-27, 1985.

RIVA, N. B.; BIFFE, D. F.; NALIN, D.; MENDES, R. R.; FERREIRA, L. A. I.; SILVA, V. F. V.; CONSTANTIN, J. Weed interference periods in lettuce crop. **Horticultura Brasileira**. v.41, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-2023-e2566>

SANFINS, D. S. "Matos de Comer": Estudo de Espécies Espontâneas Alimentícias em Quintal Urbano no Município de Paraty-RJ. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Agricultura Orgânica. Rio de Janeiro, 2019.

SANTOS, T. S.; LIRA, A. A.; ALBUQUERQUE, J. A.; SILVA, E. S.; MEDEIROS, R. D.; MONTEIRO NETO, J. L. L. Levantamento de Plantas Daninhas em Soja Cultivada sob Diferentes Espaçamentos em Savana Amazônica. Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences / **Revista de Ciências Agrárias**, v. 63, p. 1-10-10, 2020.

SCHEDENFFELDT, B F.; SANTOS, P. H. V.; HIRATA, A. C. S.; SOARES, M. R.; MONQUERO, P. A. Influência da Densidade e Distância de Digitaria Horizontalis Willd nos Parâmetros Biométricos e Nutricionais de Mudas Pré-Brotadas de Cana-De-Açúcar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 35, n. 3, p. 528 –536, jul. –set., 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252022v35n303rc>

SILVA, A.F. et al. Efeitos da rotação de culturas na dinâmica de plantas daninhas: um estudo em sistemas agrícolas. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo**, ISSN 1679-0154; 254, 2023.

SILVA, D. A.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; ALVES, J. M.A.; ROCHA, P. R. R.; MEDEIROS, R. D.; FINOTO, E.L.; MENEZES, P. H. S. Caracterização de plantas daninhas em área rotacionada de milho e feijão-caupi em plantio direto. **Scientia Agropecuaria**, v. 9, n. 1, p.7-15, 2018.

SILVA, J.; CUNHA, J. L. X. L.; TEIXEIRA, J. S.; CARVALHO, A. P. V.; SILVA JR., A. B.; SILVA, C. A. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em cultivo de batata-doce. **Revista Ciência Agrícola**, v.15, n.2, p.45-52, 2017. <https://doi.org/10.28998/rca.v15i2.3164>

SILVA, E. M.; MOORE, V. M. Cover Crops as an Agroecological Practice on Organic Vegetable Farms in Wisconsin, USA. **Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 55, 2017.

SILVEIRA, H. R. O.; FERRAZ, E. O.; MATOS, C. C.; ALVARENGA, I. C. A.; GUILHERME, D. O.; TUFFI SANTOS, L. D.; MARTINS, E. R. Alelopatia e homeopatia no manejo da tiririca (*Cyperus rotundus*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 499-506, 2010.

TOOGE, R. Lista: quais são e para que servem os ingredientes dos agrotóxicos mais vendidos. G1 mostra os princípios ativos campeões de venda no Brasil, nos Estados Unidos e na União Europeia. Todos são voltados às grandes culturas, como soja, milho e trigo. **G1 AGRO**, [S. I.], p. 1 - 16, 7 out. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/10/07/quais-sao-e-para-que-servem-os-principais-ingredientes-dos-agrotoxicos-mais-vendidos.ghtml>. Acesso em: 01/06/2021.

VALGAS, R. A.; MARTINAZZO, R.; EMYGDIO, B. M.; BARBIER, R. L. Análise de dados experimentais e verificação dos pressupostos da ANOVA: abordagem prática com o software R. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2019. 35 p. (Documentos / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1678-2518; 504)

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manejo e Controle de Plantas Daninhas na Cultura da Soja. Passo Fundo: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Trigo**, 2006. 23p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 62). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do62.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do62.pdf)>. Acesso em: 16/10/2023.

WEZEL, A.; CASAGRANDE, M.; CELETTE, F.; VIAN, J. F.; FERRER, A.; PEIGNÉ, J. Agroecological practices for sustainable agriculture: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p. 1-20, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0180-7>.

## CAPÍTULO II: EXTRATOS VEGETAIS E MANEJO DO PERCEVEJO-MARROM-DA-SOJA (*Euschistus heros*) EM CONDIÇÕES CONTROLADAS

### PLANT EXTRACTS AND MANAGEMENT OF THE NEOTROPICAL BROWN STINK BUG (*Euschistus heros*) UNDER CONTROLLED CONDITIONS

#### RESUMO

O percevejo-marrom-da-soja (*Euschistus heros*) é um dos principais insetos-praga que ataca, dentre outras, a cultura da soja. A crescente preocupação com impactos ambientais e à saúde humana, associados aos pesticidas químicos tradicionais, a busca por alternativas sustentáveis tem levado ao aumento do interesse no uso de extratos vegetais no controle de insetos na agricultura. Portanto, esse trabalho teve como objetivo avaliar o uso de extratos vegetais como uma alternativa sustentável ao controle do percevejo-marrom-da-soja. Os ensaios de laboratório foram conduzidos na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Parque Estação Biológica da Embrapa, Distrito Federal. Foram testados onze extratos vegetais quanto à mortalidade e repelência em adultos e ninfas do percevejo, sendo eles: folhas e frutos de pimenta malagueta; folhas de manjericão; folhas de camomila; folhas de citronela; tubérculo de gengibre; folhas de cebolinha; bulbilhos de alho; bulbo de cebola; folhas e vagens de feijão-guarda. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com trinta repetições, no caso dos testes de repelência, e dez repetições no teste de mortalidade. Os extratos de plantas compostos por folhas e vagens de feijão-guarda e camomila apresentaram maior eficácia na morte de fêmeas adultas de *E. heros*, enquanto os extratos de folhas e vagens de feijão-guarda e folhas de cebolinha apresentaram maior eficácia na repelência em fêmeas adultas. São necessários mais estudos com extratos de plantas em uso isolado ou associado a outras substâncias para o manejo do *E. heros* na cultura da soja.

**Palavras-chave:** Extratos naturais, Controle alternativo, Mortalidade, Repelência.

#### ABSTRACT

The brown soybean stink bug is one of the main insect pests that attack, among others, soybean crops. Growing concerns about environmental and human health impacts associated with traditional chemical pesticides have driven interest in sustainable alternatives, increasing the focus on plant extracts for insect control in agriculture. Therefore, this study aims to evaluate the use of plant extracts as a sustainable alternative for controlling the brown soybean stink bug. The experiment was conducted at Embrapa Genetic Resources and Biotechnology, Embrapa Biological Station Park, Federal District, Brazil. Eleven plant extracts were tested for their effects on mortality and repellence in adult and nymph of *E. heros* individuals. The tested extracts were obtained from the following plant parts: leaves and fruits of chili pepper (*Capsicum frutescens*), basil leaves (*Ocimum basilicum*), chamomile leaves (*Matricaria chamomilla*), citronella leaves (*Cymbopogon winterianus*), ginger tuber (*Zingiber officinale*), chives leaves (*Allium schoenoprasum*), garlic bulbils (*Allium sativum*), onion bulb (*Allium cepa*), and leaves and pods of pigeon pea (*Cajanus cajan*). The experiment followed a randomized block design with thirty replications for the

repellence tests and ten replications for the mortality test. The plant extracts derived from pigeon pea leaves and pods, as well as chamomile leaves, were the most effective in causing mortality in adult females of *Euschistus heros*. Similarly, the extracts from pigeon pea leaves and pods, along with chives leaves, showed the highest efficacy on the nymph of adult females of the insect. Further studies are needed to evaluate plant extracts in isolation or in combination with other substances for managing *E. heros* in soybean crops.

**Keywords:** Natural extracts, Alternative control, Mortality, Repellence.

## 1 INTRODUÇÃO

O percevejo-marrom-da-soja, artrópode pertencente à família Coreidae, ordem Hemiptera, subordem Heteroptera, espécie *Euschistus heros*, é um dos principais insetos-praga que ataca, dentre outras, a cultura da soja, da qual carrega consigo o nome. A oleaginosa, mencionada por Lopes (2023) como sendo o motor do crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil no primeiro trimestre de 2023, vem ampliando sua liderança no mercado global do grão. Com a colheita finalizada, a soja tem uma produção estimada em 147,35 milhões de toneladas na safra 2023/24 (CONAB, 2024).

A agricultura desempenha papel crucial na subsistência da humanidade, fornecendo alimentos essenciais para bilhões de pessoas em todo o mundo. No entanto, um dos desafios persistentes enfrentados pelos agricultores é o controle de insetos que causam danos significativos às colheitas. A crescente preocupação com impactos ambientais e à saúde humana, associados aos pesticidas químicos tradicionais, a busca por alternativas sustentáveis tem levado ao aumento do interesse no uso de extratos vegetais no controle de insetos na agricultura (Costa *et al.*, 2022).

Deve-se levar em consideração a imensa diversidade vegetal que compõe a flora brasileira. De um total estimado entre 350 e 550 mil espécies, pesquisas têm sido realizadas na expectativa de se encontrarem substâncias com propriedades inseticidas, e assim, mudar o enfoque da fitoquímica tradicional, em que, as plantas são amplamente estudadas para serem usadas nas indústrias farmacêuticas e nas indústrias de perfumes e cosméticos (Tripathi *et al.*, 2009).

Marangoni *et al.*, (2012) ressaltam que a diversidade de plantas encontrada na flora brasileira apresenta um imenso potencial para a produção de compostos secundários, que podem possuir atividades sobre os insetos, tais como os alcalóides, flavonóides, taninos, quinonas, óleos essenciais, saponinas e heterosídeos

cardioativos. O conhecimento acerca dos efeitos de extratos vegetais sobre insetos-praga é escasso, sobretudo no que diz respeito à identificação de compostos com potencial de controle, bem como os efeitos sobre as diferentes fases de desenvolvimento dos insetos.

Os extratos vegetais têm se destacado como uma alternativa promissora aos pesticidas químicos tradicionais devido à sua origem natural e à menor toxicidade ambiental. Esses extratos são obtidos de diversas plantas, cada uma com propriedades únicas que podem interferir nos sistemas biológicos dos insetos. A busca por soluções mais sustentáveis na agricultura tem impulsionado a pesquisa nessa área, visando a redução do impacto ambiental e a promoção de práticas agrícolas mais ecológicas (Fonseca et al., 2020).

Estudos têm demonstrado que extratos vegetais possuem propriedades inseticidas que podem ser eficazes contra o *Euschistus heros*. O uso desses extratos não apenas visa controlar a praga, mas também promover práticas agrícolas mais sustentáveis. Segundo Isman (2006), o neem tem sido amplamente estudado devido à presença da azadiractina, um composto bioativo com propriedades inseticidas, a qual atua interferindo no crescimento e desenvolvimento de insetos, proporcionando uma alternativa eficaz no controle de pragas.

Os extratos vegetais apresentam uma variedade de mecanismos de ação que afetam os insetos de maneiras distintas. Alguns compostos ativos podem interferir no sistema nervoso, enquanto outros afetam o desenvolvimento larval. A citronela, por exemplo, é reconhecida por suas propriedades repelentes e pode ser eficaz no controle de mosquitos e outros insetos voadores (Eller e Palmquist, 2014).

A eficácia dos extratos vegetais no controle do *Euschistus heros* está relacionada aos seus mecanismos de ação. Estes extratos podem interferir nos sistemas fisiológicos dos insetos, comprometendo seu desenvolvimento, reprodução ou causando efeitos tóxicos. A exemplo disso, o extrato de alho (*Allium sativum*) pode agir como um inseticida, afetando a alimentação e o desenvolvimento de percevejos (Eller e Palmquist, 2014).

Degrande (2016) entende que, embora os extratos vegetais apresentem potencial promissor, diversos desafios precisam ser abordados para garantir sua aplicação efetiva na agricultura. A estabilidade dos compostos ativos, a formulação de produtos comerciais, a resistência dos insetos e a adaptação às condições climáticas

são aspectos críticos a serem considerados. Além disso, é fundamental educar e capacitar os agricultores sobre as práticas adequadas para otimizar o uso desses extratos.

Dessa forma, a busca por medidas de controle do percevejo-marrom-da-soja mostra-se de extrema importância, visto que o inseto é conhecido por ser uma das mais agressivas pragas da cultura da soja, causando prejuízos à produção, com a sucção de seiva dos ramos da planta, suas hastes e principalmente suas vagens (Melo, 2019), impedindo o enchimento dos grãos e afetando diretamente a produtividade.

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de extratos vegetais como alternativa sustentável no controle do percevejo-marrom-da-soja.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, localizada nas coordenadas: Latitude 15°43'47,991" S e Longitude 47°54'1,259" W, em uma altitude de aproximadamente 1.011,93 metros acima do nível do mar, integrando-se ao Parque Estação Biológica da Embrapa, próxima à sua Sede no Distrito Federal.

### 2.2 Implantação e condução do experimento

#### 2.2.1 Criação dos insetos

Inicialmente foi realizada a formação das colônias de *Euschistus heros*, com início dia 12 de junho de 2023, por meio da reprodução dos insetos, que foram mantidos em gaiolas e alimentados com grãos, vagens e folhas de boldo (*Plectranthus barbatus Andrews*) A manutenção das gaiolas foi feita às segundas, quartas e sextas, quando a alimentação e água eram renovadas. A partir do alcance da maturidade sexual, ovos foram coletados e acondicionados em placas de petri contendo uma vagem, para a alimentação das ninfas recém eclodidas, conforme recomendado por conforme recomendado por Borges *et al.*, (2006).

Novas gaiolas foram formadas, conforme as ninfas atingiam o terceiro instar, onde permaneceram até ecdise para a fase adulta. Neste momento realizou-se a sexagem dos percevejos e separação de gaiolas por sexo, pois todas as análises foram feitas em indivíduos não acasalados. As gaiolas receberam placas de identificação, constando datas, identificação de instar e, no caso de insetos adultos, sexo e data da sexagem (Borges *et al.*, 2006).

### **2.2.2 Preparo dos extratos**

Foram preparados onze extratos vegetais, sendo eles: folhas de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*); fruto de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*); folhas de manjericão (*Ocimum basilicum*); folhas de camomila (*Matricaria chamomilla*); folhas de citronela (*Cymbopogon winterianus*); tubérculo de gengibre (*Zingiber officinale*); folhas de cebolinha (*Allium schoenoprasum*); bulbilhos de alho (*Allium sativum*), sem túnica; bulbo de cebola (*Allium cepa*), sem túnica; folhas de feijão guandú (*Cajanus cajan*); vagens de feijão guandú (*Cajanus cajan*).

Após coletadas, as plantas seguiram o seguinte protocolo de extração: foram secas em estufa a 40°C por, no mínimo, 48 horas ou até encontrarem-se quebradiças; trituradas com blender, até obtenção da menor granulometria possível; diluídas em etanol [100%], na proporção de 100g de material vegetal para cada 1000ml do solvente, no qual permaneceram por 24 horas; filtradas com filtro Whatman nº1; feita concentração em rotervaporizador; realizada a diluição a [10%]; sendo armazenados os extratos vegetais em câmara fria a -20°C, para posterior utilização (Polez *et al.*, 2021).

### **2.2.3 Aplicação e Avaliação dos extratos**

#### **2.2.3.1 Mortalidade**

Para o teste de mortalidade foram utilizados insetos adultos fêmeas não acasaladas, com idade entre 10 e 13 dias, após alcançarem fase adulta, nos quais foi aplicado 1 microlitro ( $\mu\text{l}$ ) na face inferior do abdômen. Após aplicação, a ocorrência de mortalidade foi observada em quatro períodos, sendo estes: 1; 24; 48; 72 horas, similar as avaliações de González *et al.*, (2010). Através das observações foram registradas as mortes de insetos a cada período.

### **2.2.3.2 Repelência em placas de Petri**

Para o teste de repelência em placas de petri foram utilizadas ninfas de terceiro instar. Foi aplicado 30 µl em metade da área da placa, com a utilização de papel filtro Whatman. Uma hora após a aplicação foi observado o lado de escolha dos indivíduos, sendo área tratada ou não tratada com extrato vegetal, semelhante aos procedimentos adotados por Conte e Favero (2001) e Gerral *et al.*, (2019).

### **2.2.3.3 Repelência em Olfatômetro**

Para o teste de repelência em Olfatômetro foram utilizados insetos adultos fêmeas não acasaladas, com idade entre 10 e 13 dias, após alcançarem fase adulta, cada qual foi observado em olfatômetro de quatro escolhas, assim como durante cinco minutos, e registradas as escolhas e tempos de permanência, em cada escolha, no período mencionado, conforme Moraes *et al.*, (2003).

### **2.2.4 Composição química dos extratos**

A análise fitoquímica de *C. frutescens* possui alcaloides capsaicinoides, capsaicina (32-38%) e a diidrocapsaicina, além dos carotenoides capsantina, α-caroteno, violaxantina, ácidos graxos, os flavonoides apiina e luteolina glicosilada, saponina esteroidal e óleo volátil com capsiamida (Lorenzi e Matos, 2008).

As folhas de camomila (*Matricaria chamomilla*) apresentam em sua constituição terpenoides, flavonoides, aminoácidos, polissacarídeos e ácidos orgânicos (Buono-Core *et al.*, 2011). As folhas de citronela (*Cymbopogon winterianus*) são constituídas de compostos como canfeno, sabineno, linalol, cânfora, mirtenol, mirtenal, eugenol, óxido de cariofileno, germacreno D e outros (Silveira *et al.*, 2012).

O tubérculo de gengibre (*Zingiber officinale*) possui monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, vaniloides, flavonoides, aminoácidos, vitaminas e oligoelementos (ferro, cobre, manganês, zinco, cromo, níquel, estrôncio, etc) (MohdDuran *et al.*, 2017). As folhas de cebolinha (*Allium schoenoprasum*) são compostas de carotenoides, clorofilas, ácidos orgânicos, sólidos solúveis, flavonoides, taninos, saponinas e compostos orgânicos organossulfurados (Silva *et al.*, 2015).

Já os bulbilhos de alho (*Allium sativum*) possuem lipídios, proteínas, carboidratos, cálcio, magnésio e outros minerais, além de aliina, ajoene, alicina e

tiossulfatos, e alil mercaptano (Neves, 2013). Os bulbos de cebola (*Allium cepa*) apresentam carboidratos, compostos fenólicos, ácido urônico, glicose, arabinose, galactose e xilose (Ng *et al.*, 2000). Por fim, as folhas e vagens de feijão guandú (*Cajanus cajan*) possuem proteínas, taninos, fenóis e fibras (Pinedo *et al.*, 2008), além de minerais (cálcio, ferro, magnésio, manganês etc.), flavonoides, cumarina, saponina e taninos (Teixeira e Silva-López, 2022).

## **2.3 Delineamento experimental**

O experimento foi composto por onze tratamentos, sendo estes cada um dos extratos vegetais mencionados anteriormente. Cada repetição se trata de um inseto observado nas análises, onde, a cada tratamento: o teste de mortalidade constou com 10 gerbox, com 10 insetos cada, totalizando 100 insetos; o teste de repelência em placa de Petri foi realizado com 30 placas, com 10 ninfas cada, totalizando 300 ninfas; e o teste de repelência no olfatômetro constou com 30 insetos.

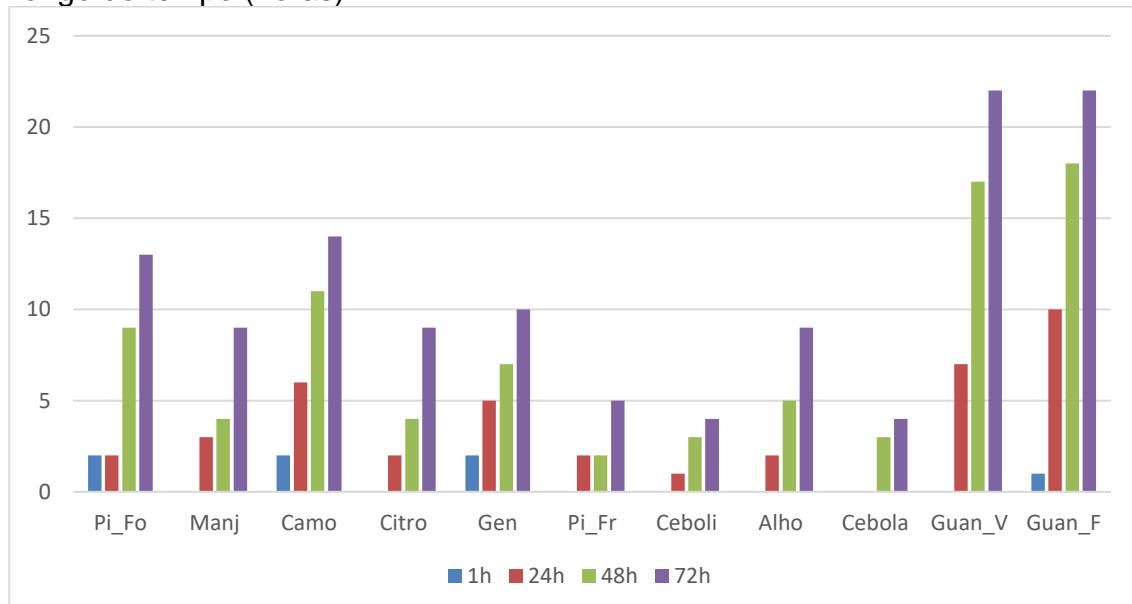
O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com trinta repetições, no caso dos testes de repelência, e dez repetições no teste de mortalidade. Os dados foram submetidos à análise de comparação de médias, através do Teste t, ao nível de 5% de probabilidade.

# **3 Resultados e Discussão**

## **3.1 Teste de Mortalidade**

Quanto ao percentual de mortalidade geral, considerando o cumulativo ao longo do tempo, em observações após a aplicação dos extratos na face inferior do abdômen, em 1h, 24h, 48h e 72h (horas), verifica-se maior potencial dos extratos feitos a partir das folhas e vagens de feijão-guandú (ambos com mortalidade de 22% dos insetos). No entanto, considerando que para a legislação brasileira um produto adequado para controle de pragas deve apresentar eficácia  $\geq 80\%$  (Filomeno, 2016), nenhum dos preparados testados alcançaram a eficácia descrita nas normas e exigências do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 1995) (Gráfico 1).

**Gráfico 1:** Verificação do percentual de mortalidade acumulada de percevejos adultos ao longo do tempo (horas)



Legenda: Pi\_FO = Folha de pimenta; Manj = Folha de manjericão; Camo = Folha de Camomila; Citro = Folha de citronela; Bulbo de gengibre; Pi\_Fr = Fruto de pimenta; Ceboli = Folha de cebolinha; Guan\_V = Vagem de feijão guandú; Guan\_F = Folha de feijão guandú.

Corroborando com o resultado apresentado, observa-se que os tratamentos com feijão guandu, utilizando tanto a folha quanto a vagem para confecção do extrato, foram os tratamentos que causaram maiores valores médios de mortalidade dos percevejos. Os tratamentos feijão guandu (folha) e feijão guandu (vagem) apresentaram os maiores valores médios de mortalidade não diferindo entre si pelo Teste t e diferindo dos demais tratamentos utilizados na forma de extratos vegetais no presente estudo (Tabela 1).

**Tabela 1:** Comparação da mortalidade média de percevejos adultos sob ação dos diferentes extratos vegetais

Tratamento	Mortalidade Média
Feijão Guandu (Folha)	1,43 a
Feijão Guandu (Vagem)	1,40 ab
Camomila (Folha)	1,31 bc
Pimenta Malagueta (Folha)	1,26 cd
Gengibre (Rizoma)	1,24 cd
Controle	1,18 de
Citronela (Folha)	1,15 de
Alho (Bulbilho)	1,15 de
Manjericão (Folha)	1,15 de
Pimenta Malagueta (Fruto)	1,10 e
Cebolinha (Folha)	1,08 e
Cebola (Bulbo)	1,07 e
<b>CV (%)</b>	<b>21,66</b>

Valores seguidos de letras distintas diferem entre si pelo Teste t ( $p<0,05$ ). Variáveis com transformação raiz quadrada de  $X + 1,0 - \text{SQRT}(X + 1,0)$ .

Na literatura, ainda hoje, existe um número reduzido de estudos publicados que investigam a atividade inseticida de produtos naturais, extratos vegetais, sobre o percevejo-marrom-da-soja, *E. heros*. Dentre as poucas publicações encontra-se o trabalho de Cossolin *et al.*, (2019). Na referida pesquisa, o *E. heros* foi exposto a diferentes concentrações de óleo essencial de *Piper aduncum* L., apresentando toxicidade CL50 = 36,23 mg por inseto e CL90 = 50,42 mg por inseto. Souza e Fávero (2015) submeteram o *E. heros* a concentrações distintas do óleo essencial de *Eucalyptus urograndis*, obtendo CL50 = 0,42 µL por inseto e CL99 = 2,34 µL por inseto.

Assim como no presente estudo, em condições de laboratório, Peres e Corrêa-Ferreira (2006), avaliando a eficiência de produtos à base nim, sobre ninfas de 3º instar do percevejo *E. heros*, verificaram a mortalidade de até 94,2% dos insetos em concentração de 5,0%. Os autores ressaltaram a presença de uma cutícula espessa nos insetos adultos que confere um aumento na dificuldade de controle dos insetos. Nesse sentido, Engel *et al.*, (2018) relataram que os percevejos têm como característica a rusticidade na espessura da cutícula, o que pode comprometer a área penetrável para os ativos e afirmam que quanto mais velho é o percevejo, maior a espessura de sua cutícula.

Ainda no tocante a questão das características do exoesqueleto dos percevejos, que lhes confere uma estrutura mais rígida, especialmente quanto a cutícula, vale salientar que alguns pesquisadores desenvolvem estudos quanto ao controle com extratos naturais sobre os ovos de *E. heros*, a exemplo disso, Sanagiotto *et al.*, (2013), no estado do Paraná, trabalhando com extrato vegetais não verificaram ação ovicida dos extratos sobre os de *E. heros* sob a ação de nenhum dos extratos testados, a saber: folhas de Romã, *Punica granatum* L. (Punicaceae), Camomila, *Matricaria recutita* (Asteraceae), Manjerona, *Origanum majorana* L. (Lamiaceae), Espinheira Santa (Mart), *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae), Chapéu de couro (kunth), *Echinodorus macrophyllus* (Alismataceae).

As pesquisas com os extratos vegetais devem evoluir para garantir que os produtores tenham acesso a uma variedade maior de produtos com composição estável e segura. Que possam ser adquiridos no comércio, a exemplo dos produtos convencionais e alguns produtos naturais com eficácia comprovada. Produtos

comerciais à base de óleos emulsionáveis de nim já apresentaram eficiência no controle de percevejos *E. heros* em condições de laboratório. Peres e Corrêa-Ferreira (2006) obtiveram mortalidade de 77% de ninfas de 5º ínstar do percevejo submetidas ao óleo de nim na concentração de 5%.

Dentre as plantas com ação inseticida, *Azadirachta indica* (A. Juss) da família Meliaceae, popularmente conhecida como nim, tem mostrado resultados promissores no controle de percevejos pragas da soja. Porém, plantas como o feijão-guardu podem ser mais interessantes, porque já tem um duplo propósito comprovado, e podendo ter uma nova função como planta inseticida. O feijão guardu é utilizado como planta de cobertura, tanto como adubo verde quanto em rotação de cultura, visto que é uma planta fornecedora de nitrogênio no solo; e em algumas regiões é utilizada tanto na alimentação humana quanto animal (Pereira, 1985).

No presente estudo, nota-se que o extrato do fruto de pimenta malagueta não diferiu do controle e dos demais extratos que proporcionaram os menores valores médios de mortalidade do percevejo-marrom-da-soja, sendo eles os extratos de cebolinha (folha), cebola (bulbo), manjericão (folha), alho (bulbilho) e citronela (folha) (Tabela 1). No entanto, Guimarães *et al.*, (2013), objetivando avaliar o efeito repelente, inseticida e fagoinibidor de extratos de pimenta dedo-de-moça *Capsicum baccatum* sobre o gorgulho do milho *S. zeamais*, relataram que o extrato das sementes em meio aquoso proporcionou efeito inseticida em *Sitophilus zeamais*, o que foi atribuído à ocorrência dos componentes principais das pimentas de modo geral, responsáveis pelas atividades biológicas, que são os capsaicinoides (até 1% na matéria seca do fruto), sendo a capsaicina e a dihidrocapsaicina os mais consideráveis.

O extrato de pimenta malagueta (folha) apresentou valor médio de mortalidade do percevejo-marrom-da-soja superior e diferindo estatisticamente pelo Teste t do valor de mortalidade médio proporcionado pelo extrato de pimenta malagueta (fruto) (Tabela 1). Resultado divergente do aqui encontrado foi relatado na pesquisa de Sampaio *et al.*, (2017), que objetivando analisar os efeitos de extratos aquosos de folha de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) sobre o caruncho (*Z. subfasciatus*) em grãos de fava, em bioensaios no laboratório, observaram que o extrato aquoso de folhas da pimenta malagueta (*C. frutescens*) não apresentou eficácia na mortalidade, ocorrendo a mortalidade de apenas 20% dos insetos sob

concentrações de 80 e 100% dos extratos, onde foi observado ainda que com o aumento da concentração houve estímulo na oviposição e emergência.

Nas pimentas, os compostos denominados capsaicinoides, que são relacionados com o efeito inseticida das pimentas, são produzidos em um tecido interno denominado placenta, ao longo do qual são dispostas as sementes (Luz, 2007), estando, possivelmente, presente nos extratos dos frutos de pimenta. Porém, neste estudo, se mostrou inferior aos extratos de feijão guandu (folha), feijão guandu (vagem), camomila (folha), pimenta malagueta (folha) e gengibre (rizoma) quanto ao efeito inseticida em relação ao percevejo-marrom-da-soja.

Cabe aqui, considerar que na literatura encontram-se muitos resultados que divergem quanto ao efeito inseticida das diferentes espécies de *Capsicum* spp. sobre as diferentes espécies de insetos que atacam as culturas agrícolas. Essas divergências podem estar relacionadas ao teor de capsaicinoides. Esse teor é avaliado pela escala de unidade de calor *Scoville* (*Scoville Heat Unit – SHU*), cujos valores variam de 0 a 300 mil SHU (Reifschneider, 2000).

O extrato de folhas de citronela não apresentou efeito na mortalidade dos insetos que diferisse significativamente dos valores médios de mortalidade apresentados pelos demais extratos testados, bem como não diferiu do tratamento controle pelo Teste t ( $p>0,05$ ) (Tabela 1). A pesquisa de Pimenta Neto *et al.*, (2020), por outro lado, investigou a bioatividade de óleos essenciais e extratos vegetais no controle de doenças causadas por *Phytophthora nicotianae* em solanáceas. Os referidos autores observaram que o uso do extrato de citronela (*Cybopongon nardus*), foi o tratamento que mais apresentou potencial controlador e menor Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), uma vez que 64% das plântulas de berinjelas inoculadas permaneceram assintomáticas. O que sinaliza a necessidade de aprofundamento de estudos sobre a citronela como uma opção sustentável e mais segura para a prevenção e/ou controle do fungo causados doença conhecida popularmente como “podridão-do-fruto” ou “gomose” (Silva, 2024).

O extrato de alho (bulbilho) ficou entre os extratos que apresentaram os menores resultados, valores médios de mortalidade do percevejo-marrom-da-soja, não diferindo estatisticamente do controle pelo Teste t ( $p>0,05$ ) (Tabela 1). De forma similar ao resultado encontrado na presente pesquisa, Vilarinho *et al.*, (2016) avaliando o efeito de extratos aquosos vegetais no controle de *Sitophilus zeamais*,

também, observou que *Allium sativum* L em formulação aquosa, utilizando água destilada, na proporção de 5 g de alho por 100 mL de água não foram eficientes no controle de *S. zeamais*. Embora, o pesquisador não estivesse estudando o efeito inseticida do alho sobre a mesma praga do presente estudo, observou que o alho não apresentou efeito inseticida.

Extratos naturais de alho (*Allium sativum* L.), em pesquisa realizada por Thakur e Grupta (2013), se mostraram capazes de reduzir a oviposição de *Bactrocera tau* (Walker) e *Bactrocera cucurbitae*. Além de efeito inseticida, Coimbra *et al.*, (2006), em pesquisa desenvolvida na Universidade do Estado da Bahia e objetivando estudar o efeito *in vitro* de alguns extratos de plantas sobre a mobilidade e a mortalidade de *Scutellonema bradys*, relataram que quando utilizaram extratos de bulbos de alho, observaram que quando aplicado sobre o fitonematoide *S. bradys*, nas fases juvenil e de adulto, inibiu a mobilidade (95%) e posteriormente causou mortalidade (63,8%).

O extrato de manjericão (folha) confeccionado e utilizado no presente experimento não apresentou efeito com diferença estatística significativa pelo Teste t ( $p>0,05$ ) do tratamento controle e dos demais tratamentos que apresentaram os menores valores médios de mortalidade dos insetos (Tabela 1). No entanto, Chang *et al.*, (2009) avaliaram o potencial tóxico do óleo de manjericão (*Ocimum basilicum* L.) e seus principais constituintes (trans-anetol, estragol e linalol), em três espécies de moscas-das-frutas: *C. capitata*, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) e *B. cucurbitae*. Estragol e linalol e observaram que tiveram ação inseticida mais rápida para *B. dorsalis*, sendo que, no geral, *C. capitata* e *B. dorsalis* foram mais suscetíveis ao trans-anethol, estragol, linalol e óleo de manjericão do que *B. cucurbitae*.

Os valores médios de mortalidade de insetos adultos de percevejo-marrom-da-soja, sendo fêmeas não acasaladas, com idade entre 10 e 13 dias, nos quais foi aplicado 1 microlitro ( $\mu\text{l}$ ) dos extratos vegetais aqui estudados (Tabela 1), na face inferior do abdômen dos insetos, são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Mortalidade média de percevejos adultos ao longo do tempo (horas)

Intervalo de Tempo (Hora)	Mortalidade Média
1	1,02 d
24	1,14 c
48	1,30 b
72	1,40 a
CV (%)	<b>21,66</b>

Valores seguidos de letras distintas diferem entre si pelo Teste t ( $p<0,05$ ). Variáveis com transformação raiz quadrada de  $X + 1,0 - \text{SQRT}(X + 1,0)$ .

Observa-se (Tabela 2), que o tempo de 72 horas proporcionou o maior valor médio de mortalidade dos insetos de percevejo-marrom-da-soja, diferindo estatisticamente pelo Teste t ( $p<0,05$ ) dos demais tempos testados. Segundo Kathrina e Antonio (2004), os inseticidas botânicos têm ação rápida, mas embora a morte não ocorra em poucas horas ou dias, os insetos podem parar de se alimentar quase que imediatamente após a aplicação, além de poder afetar a biologia dos insetos.

No presente estudo, o tempo requerido para a mortalidade dos insetos de *E. heros* foi avaliado utilizando-se insetos adultos. Porém, Govindarajan (2010) relatou que os primeiros estádios larvais e ninfas dos insetos afetados por extratos vegetais perduram, às vezes, por três semanas em um mesmo estádio, até que morram, enquanto indivíduos no quarto e no quinto estádios larvais podem conseguir empupar, mas os adultos emergem com as asas deformadas ou outras deficiências. No presente estudo, foram realizadas avaliações da mortalidade média dos insetos até 72 horas. Na literatura, observa-se que os autores sugerem que os extratos vegetais podem ter um tempo maior de ação.

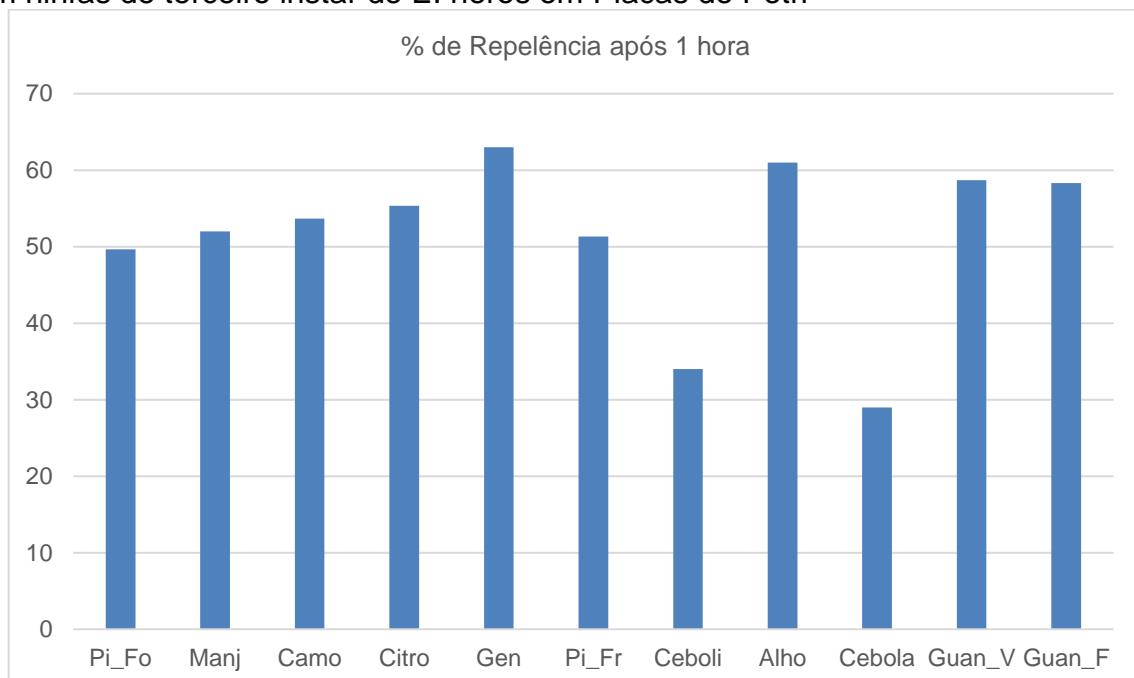
Além da mortalidade, os extratos vegetais ou produtos botânicos podem ter diferentes efeitos sobre os insetos, como a inibição da alimentação ou deterrência, redução do consumo alimentar, atraso no desenvolvimento, deformações e esterilidade (DEQUECH *et al.*, 2008; SAAD *et al.*, 2017). Esses efeitos diversos devem ser considerados em trabalhos que tenham por objetivo o estudo de extratos vegetais no controle de insetos na agricultura. Pois, em alguns casos, o efeito da substância orgânica sobre a redução do consumo alimentar da praga pode ser crucial para que a cultura de interesse agrícola consiga chegar ao final do seu ciclo produtivo.

Silva (2013), realizando pesquisa em Tangará da Serra - MT, com o objetivo de avaliar a eficiência de *Annona coriacea*, *Annona crassiflora* e do produto comercial à base de nim “Pironim Super®”, sobre o percevejo *E. heros* em lavoura de soja, relatou que os extratos das anonáceas, quando testados em laboratório apresentaram maior eficiência de controle do que em campo. No entanto, para se aumentar a eficiência dos extratos naturais no campo são necessárias pesquisas complementares, com aplicações destes produtos durante a fase crítica da soja (R1 até R5), considerando períodos mais longos de ação das substâncias.

### 3.2 Teste de Repelência em Placa de Petri

No quantitativo em percentagem do efeito de repelência sob ninfas de 3º instar de *E. heros*, os extratos que demonstraram maior potencial foram: gengibre (63%), alho (61%), vagens de feijão-guandú (58,67%) e folhas de feijão-guandú (58,33%) (Gráfico 2).

**Gráfico 2:** Percentual de repelência após 1 hora de aplicação dos extratos vegetais em ninfas de terceiro instar de *E. heros* em Placas de Petri



Legenda: Pi\_Fo = Folha de pimenta; Manj = Folha de manjericão; Camo = Folha de Camomila; Citro = Folha de citronela; Bulbo de gengibre; Pi\_Fr = Fruto de pimenta; Ceboli = Folha de cebolinha; Guan\_V = Vagem de feijão guandú; Guan\_F = Folha de feijão guandú.

Observa-se os valores médios de repelência dos extratos vegetais estudados em relação às ninfas de 3º instar de percevejo-marrom-da-soja (Tabela 3). O maior valor médio de repelência foi apresentado pelo extrato de gengibre (rizoma), porém esse tratamento não diferiu estatisticamente dos tratamentos com extrato de alho (bulbilho), feijão-guandú (vagem), feijão-guandú (folha), citronela (folha) e pimenta malagueta (folha).

Em consonância com os resultados obtidos no presente estudo, Nonino *et al.*, (2006) relataram que produtos orgânicos (Bioalho (120m1/ha), Protesyl (5%), Nim (5%) e Protesyl + Nim (5%)) utilizados também se mostraram eficientes na repelência de *E. heros*. Os referidos autores obtiveram diferença significativa entre os produtos testados, onde Protesyl + Nim, Nim e Bioalho foram os produtos que demonstraram

efeito repelente sobre os percevejos, porém reconhecem a necessidade da realização de mais testes dessa natureza em diferentes condições. Os autores recomendam pesquisas cujo foco seja a busca por substâncias e produtos que se mostrem eficientes, por exemplo como repelentes para os percevejos.

**Tabela 3:** Efeito de repelência dos extratos vegetais sobre ninfas de 3º instar em Placa de Petri

Tratamento	Média
Gengibre (Rizoma)	2,67 a
Alho (Bulbilho)	2,61 ab
Feijão Guandu (Vagem)	2,57 ab
Feijão Guandu (Folha)	2,53 ab
Citronela (Folha)	2,53 ab
Pimenta Malagueta (Folha)	2,44 ab
Camomila (Folha)	2,39 ab
Pimenta Malagueta (Fruto)	2,37 ab
Manjericão (Folha)	2,33 bc
Controle	2,03 cd
Cebolinha (Folha)	1,98 d
Cebola (Bulbo)	1,89 d
CV (%)	25,66

Valores seguidos de letras distintas diferem entre si pelo Teste t ( $p<0,05$ ). Variáveis com transformação raiz quadrada de  $X + 1,0 - \text{SQRT}(X + 1,0)$ . Teste realizado em 10 ninfas por repetição.

**Fonte:** Autor (2023).

Os menores valores médios de repelência para as ninfas de 3º instar de *E. heros* em placa de petri foram observados nos tratamentos utilizando extrato de cebolinha (folha) e extrato de cebola (bulbo), não diferindo entre si e nem do tratamento controle.

Uma alternativa para o controle do percevejo-marrom-da-soja, *E. heros*, de acordo com Vitoriano (2024) seria a utilização de extratos de plantas que apresentem uma ação de repelência e fagoinibição, podendo estes serem utilizados em conjunto com os produtos químicos, uma vez que seriam aplicados no estágio vegetativo da planta ou antes do estágio reprodutivo R3, gerando menores possibilidades de resistência dos insetos aos produtos sintéticos, uma vez que o uso destas substâncias poderiam ser assim protelado ou até mesmo reduzido. Esta poderia ser uma alternativa extremamente vantajosa, levando em consideração as características dos extratos de compostos naturais que geralmente apresentam baixa agressividade ambiental e não são tóxicos aos seres humanos, além de serem degradados mais rapidamente na natureza.

### **3.3 Teste de Repelência em Olfatômetro**

Tendo em vista, que ainda hoje, uma das formas utilizadas para o controle do percevejo- marrom-da-soja é o uso de inseticidas registrados, no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT) existem atualmente 100 produtos comerciais registrados para o controle de *E. heros* na cultura da soja, sendo que tais produtos contém de um a três ingredientes ativos pertencentes a diferentes grupos químicos: piretróides (41), organofosforados (38), neonicotinóides (30), triazóis (02), estrubilurina (01) (AGROFIT, 2024). Porém, existe uma grande preocupação com a utilização inadequada desses produtos, pois eles podem provocar alguns efeitos indesejáveis, especialmente para o manipulador (aplicador) e para o meio ambiente. Certamente, prática como essa pode contribuir para o desequilíbrio populacional dos insetos benéficos na lavoura, integrando-se ao manejo integrado de pragas (Ávila e Santos, 2018).

Devido a toda essa problemática da utilização de agrotóxicos, a utilização de métodos de controle biológico ou de métodos de controle alternativo contempla, nesse sentido, a cobrança exercida pela sociedade por alternativas que viabilizem práticas agrícolas sem impactos negativos sobre a saúde humana, ambiente e recursos naturais (EPAMIG, 2021). Nesse sentido, uma alternativa sustentável e promissora pode ser a utilização de extratos de plantas inseticidas. Estas plantas inseticidas são relativamente específicas no seu modo de ação e geralmente mais seguras para animais superiores e para o ambiente, e podem ser facilmente produzidas por agricultores e pequenas indústrias (Rosa, 2022; Conceição *et al.*, 2024).

Além desses métodos de controle alternativos apresentarem seletividade e baixa toxicidade quando comparados ao controle químico, podem apresentar efeito repelente, quimioesterilizante, fagoinibidor e inseticida, podendo a aplicação ser na forma de pó, extrato ou óleo (Pedotti-Striquer *et al.*, 2006). Os extratos vegetais são preferencialmente utilizados em práticas agrícolas alternativas, como práticas orgânicas, agricultura biodinâmica, agricultura sintrópica, permacultura e agricultura familiar de modo geral, devido à diversidade de compostos encontrados nas plantas, que são facilmente dispersos em meio líquido.

De acordo com Gallo *et al.*, (2002), a bioatividade de produtos vegetais pode produzir vários efeitos nos insetos como repelência, inibição da oviposição,

alimentação e crescimento, e mortalidade na fase imatura ou adulta. Esses efeitos podem ser aproveitados na agricultura de alguma forma, especialmente, pela grande expressão que tem a produção de alimentos em países de clima tropical, especialmente no Brasil. Embrapa (2020), afirma que esse clima favorece muito o cultivo de espécies vegetais diferentes, mas também favorece a coevolução de diversas pragas, entre elas os insetos que tanto interferem na produção agrícola brasileira.

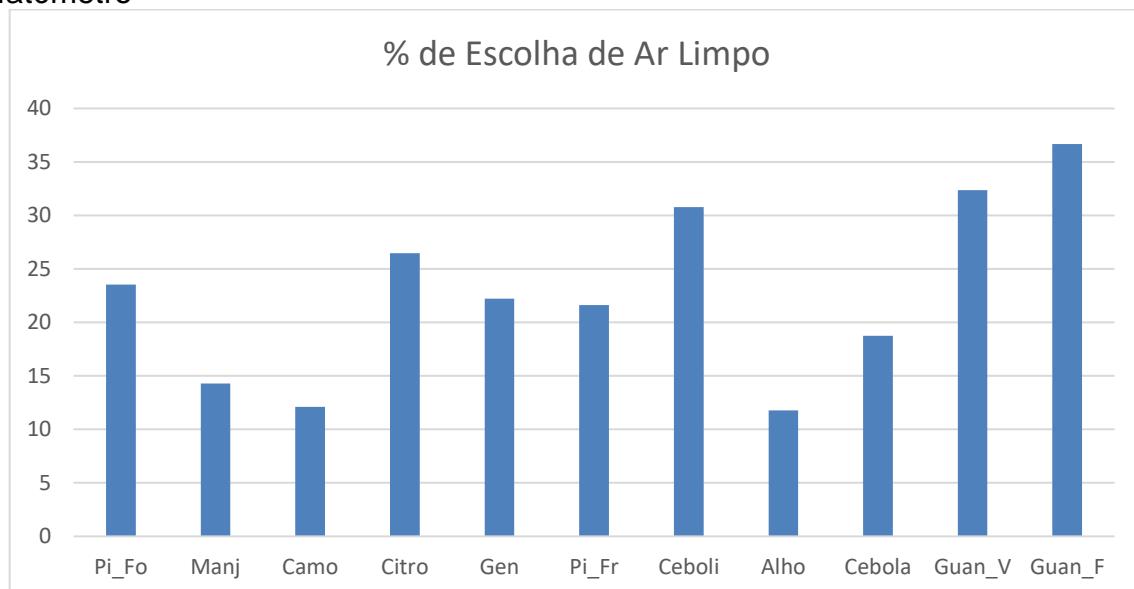
Os extratos vegetais apresentam baixa toxicidade, pouca persistência no ambiente, e podem ainda ser associados às demais estratégias de controle (Cavalcante *et al.*, 2006), podendo reduzir os custos de produção, sendo esse um requisito muito almejado. Com isso, trabalhos que buscam a identificação de substâncias inseticidas dentre as plantas são de extrema importância.

As etapas de isolamento e identificação das substâncias são tão importantes quanto os trabalhos de identificação das plantas que possuam os compostos inseticidas. Esses trabalhos devem ser realizados logo em seguida dos trabalhos de identificação das plantas inseticidas, assim, como a identificação das melhores e mais viáveis formas de aplicação desses compostos nas lavouras. Trabalhos dessa natureza viabilizarão, e validarão com maior interesse científico e acadêmico estudos que apresentam esse propósito.

Em vista desse panorama apresentado e discutido no presente estudo, de modo geral os extratos de folhas e vagens de feijão-guandú podem representar fonte alternativa de controle para o percevejo-marrom-da-soja, provocando repelência de 36,67% e 32,35% respectivamente, tendo o extrato feito com as vagens de feijão-guandú sido mais eficiente que o obtido a partir de folhas de cebolinha, que proporcionou repelência de 30,77% (Gráfico 3).

Mesmo não havendo atualmente registros específicos de estudos que tenham avaliado o potencial repelente de extratos de feijão-guandú, Vitoriano (2024) avaliou o efeito anti-alimentar de extratos aquosos de nim (*Azadirachta indica*), juá-bravo (*Ziziphus joazeiro*), mentrasto (*Ageratum conyzoides*) e cataia (*Drimys brasiliensis*) sobre o percevejo-marrom-da-soja. Os testes de múltipla e dupla escolha indicaram que esses extratos possuem efeito anti-alimentar sobre *E. heros*, sugerindo um potencial repelente.

**Gráfico 3:** Percentual de escolha por ar limpo (Repelência) de percevejos adultos em olfatômetro

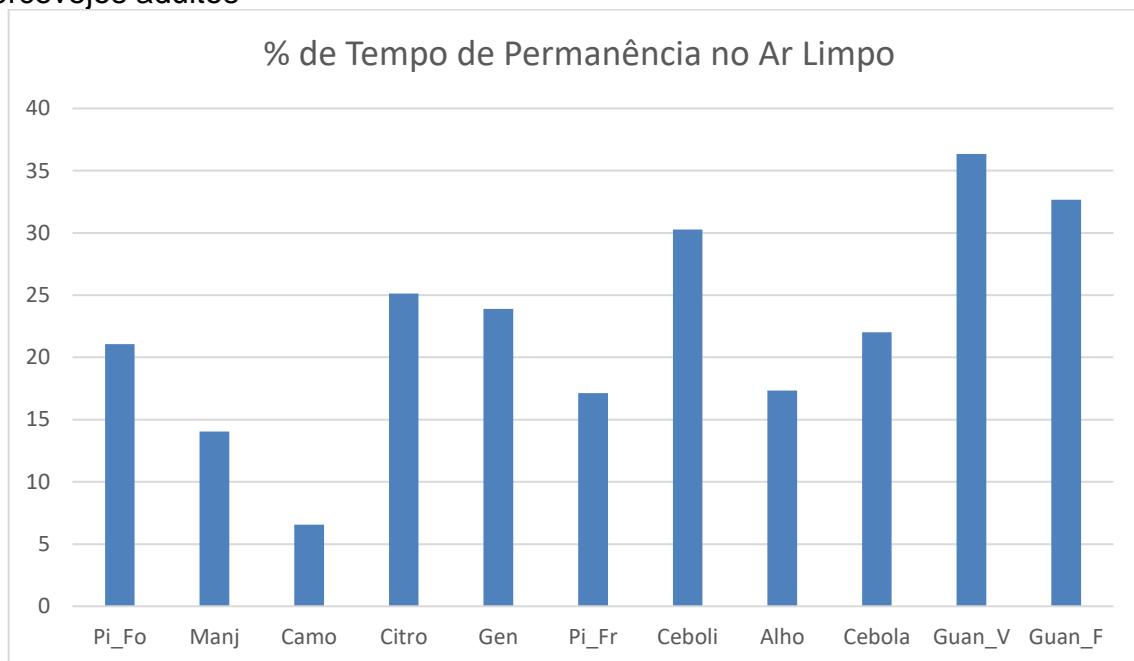


Legenda: Pi\_FO = Folha de pimenta; Manj = Folha de manjericão; Camo = Folha de Camomila; Citro = Folha de citronela; Bulbo de gengibre; Pi\_Fr = Fruto de pimenta; Ceboli = Folha de cebolinha; Guan\_V = Vagem de feijão guardú; Guan\_F = Folha de feijão guardú.

Atualmente, não há registros específicos de estudos que tenham avaliado o potencial repelente de extratos de cebolinha (*Allium fistulosum*) contra percevejos. No entanto, pesquisas indicam que extratos de cebolinha possuem propriedades antimicrobianas, antioxidantes e anti-inflamatórias, sugerindo a presença de compostos bioativos que poderiam ter efeitos repelentes (Melo, 2016).

A citronela é amplamente reconhecida por suas propriedades repelentes contra diversos insetos. Por exemplo, estudos indicam que o óleo essencial de citronela é eficaz contra o mosquito *Aedes aegypti*, devido à presença de compostos como o citronelal e o geraniol (Higuchi, 2022). No entanto, no presente trabalho não se apresentou entre os três extratos mais expressivos quanto ao efeito de repelência do percevejo marrom, onde a testagem apresentou 26,47% de escolha dos insetos pela opção de ar limpo no olfatômetro, assim como foi o quarto extrato com maior tempo de permanência dos insetos em ar limpo (Gráfico 4).

**Gráfico 4:** Percentual de tempo de permanência em ar limpo no olfatômetro por percevejos adultos



Legenda: Pi\_Fo = Folha de pimenta; Manj = Folha de manjericão; Camo = Folha de Camomila; Citro = Folha de citronela; Bulbo de gengibre; Pi\_Fr = Fruto de pimenta; Ceboli = Folha de cebolinha; Guan\_V = Vagem de feijão guandú; Guan\_F = Folha de feijão guandú.

Os extratos de vagens e folhas de feijão-guandú, seguidos do extrato de folhas de cebolinha também apresentaram maiores percentuais em tempo de permanência dos insetos em opção do olfatômetro com ar limpo, que seguindo a mesma ordem apresentaram 36,34%, 32,67% e 30,27% necessitando mais estudos, sobretudo estudos de isolamento, purificação e testes de controle do inseto (percevejo-marrom-da-soja) em condições naturais da cultura da soja em campo, cabendo ainda frisar que, atualmente, não há registros específicos de estudos que tenham avaliado o potencial repelente de extratos de feijão-guandú (*Cajanus cajan*) contra percevejos.

#### 4. CONCLUSÕES

1. Os extratos de plantas compostos por folhas de feijão-guandú, vagens de feijão-guandú e camomila, isoladamente, apresentaram maior eficácia na morte de fêmeas adultas de *Euschistus heros*.
2. A mortalidade dos insetos foi maior 72 horas após exposição aos extratos.
3. Gengibre, feijão-guandú, alho, pimenta malagueta e camomila, nessa ordem, apresentaram efeito de repelência em placa de petri para ninhas de *Euschistus heros*.

4. Todos os extratos afetaram as fêmeas de *Euschistus heros* que, no teste do olfatômetro, buscaram ar limpo e permanecer no ar limpo, com destaque para os extratos à base de feijão-guandú e cebolinha.
5. São necessários mais estudos com extratos de plantas em uso isolado ou associado a outras substâncias para o manejo do *Euschistus heros* na cultura da soja, em especial sobre o feijão-guandú, pois embora não haja evidências diretas sobre sua repelência contra percevejos, suas propriedades bioativas indicam um potencial que demanda investigação futura.

## 5. AGRADECIMENTOS

À Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de desenvolver o trabalho; ao Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia e Agricultura Orgânica da Universidade de Brasília (CVTUnB) e Fazenda Água Limpa, pelo apoio logístico; à Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, pela disponibilidade e apoio na condução dos ensaios de laboratório, em especial aos pesquisadores Maria Carolina Bassioli Moraes e Raúl Alberto Laumann.

## 6. REFERÊNCIA

AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos fitossanitários. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** 2024. Disponível em: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 03 set. 2024.

ÁVILA, C. J.; SANTOS, V. Manejo Integrado de Pragas (MIP) na Cultura da Soja: Um estudo de caso com benefícios econômicos e ambientais. **Embrapa Agropecuária Oeste**, Dourados-MS, 2018.

BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; SILVA, C. C. A.; MORAES, M. C. B.; SANTOS, H. M.; RIBEIRO, D. T. Metodologias de criação e manejo de colônias de percevejos da soja (Hemíptera – Pentatomidae) para estudos de comportamento e ecologia química. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, Brasília, 2006.

BUONO-CORE, G. E.; NUÑEZ, M. V.; LUCERO, A.; VARGAS, R. M.; JULLIAN, C. Structural Elucidation of bioactive principles in floral extracts of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.). **Journal of the Chilean Chemical Society**, v. 56, p. 549-553, 2011.

CAVALCANTE, G. M.; MOREIRA, A. F. C.; VASCONCELOS, S. D. Potencialidade inseticida de extratos aquosos de essências florestais sobre mosca-branca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p.9-14, jan. 2006.

CHANG, C.L.; CHO, I.K.; LI, Q.X. Insecticidal activity of basil oil, trans-anethole, estragole, and linalool to adult fruit flies of *Ceratitis capitata*, *Bactrocera dorsalis* and *Bactrocera cucurbitae*. **Journal of Economic Entomology**, Reino Unido, v.102, n.1, p.203-209, fev. 2009.

COIMBRA, J. L.; SOARES, A. C. F.; GARRIDO, M. S.; SOUSA, C. S.; BORGES RIBEIRO, F. L. B. Toxicidade de extratos vegetais a *Scutellonema bradys*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1209-1211, jul. 2006.

CONAB. Nova estimativa para a produção de grãos na safra 2023/2024 está em 297,54 milhões de toneladas. **Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB)**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5579-nova-estimativa-para-a-producao-de-graos-na-safra-2023-2024-esta-em-297-54-milhoes-de-toneladas#:~:text=e%20Promo%C3%A7%C3%A3o%20Institucional-,Nova%20estimativa%20para%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20gr%C3%A3os%20na%20safra%202023,297%2C54%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas&text=A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20gr%C3%A3os%20no,de%20toneladas%20a%20serem%20colhidas..> Acessado em: 03 set. 2024.

CONTE, C. O.; FAVERO, S. Toxidade e repelência de óleos essenciais de menta e capim limão para o gorgulho do milho. **Horticultura Brasileira**, v. 19. (suplemento). 2001.

COSSOLIN, J. F. S.; PEREIRA, M. J. B.; MARTÍNEZ, L. C.; TURCHEN, L. M.; FIAZ, M.; BOZDOGAN, H.; SERRÃO, J. E. Cytotoxicity of *Piper aduncum* (Piperaceae) essential oil in brown stink bug *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). **Ecotoxicology**, Reino Unido, v. 28, n. 7, p. 763-770, jun. 2019.

COSTA, A. F.; LOPES, R. S.; DINIZ, A. G.; RIBEIRO, T. K. O.; SANTOS, A. C. S.; TIAGO, P. V.; OLIVEIRA, L. G. Controle alternativo e biológico de pragas e fitopatógenos: uma década de contribuição. **Revista Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 27, n. 2, p.1-7, 2022. <https://doi.org/10.12661/pap.2022.007>

DEQUECH, S. T. B.; SAUSEN, C. D.; LIMA, C. G.; EGEWARTH, R. Efeito de extratos de plantas com atividade inseticida no controle de *Microtheca ochroloma* Stal (Col.: Chrysomelidae), em laboratório. **Revista Biotemas**, Santa Maria, p.22-31, jan. 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Controle biológico de pragas da agricultura. Editoras técnicas: Eliana Maria Gouveia Fontes, Maria Cleria Valadares-Inglis. **Embrapa**, Brasília, 2020.

ENGEL, E. et al. Eficiência econômica de inseticidas sobre *Euschistus heros* na cultura da soja. **Revint: Revista interdisciplinar de ensino, pesquisa e extensão**, Cruz Alta, v. 6, n. 1, p. 350-357, 2018.

EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Controle alternativo de pragas e doenças: opção ou necessidade. Editores técnicos: Madelaine Venzon; Wânia dos Santos Neves; Trazilbo José de Paula Júnior; Angelo Pallini. **EPAMIG**, Belo Horizonte, 2021.

FILOMENO, C. A. Composição química e atividade inseticida de óleos essenciais de espécies de myrtaceae contra *Plutella xylostella* e *Rhyzopertha dominica*. Orientador: Luiz Cláudio de Almeida Barbosa. 2016. Tese (Doutorado em Agroquímica) - **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, 2016.

FONSECA A. S. et al. Extratos vegetais do gênero capsicum com potencial atividade antifúngica contra Rhizoctonia solani e Sclerotium rolfsii. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 88-98, 2020.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA, N. S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI, F. E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. 1<sup>a</sup> Ed. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GONZÁLEZ, J. O. W.; GUTIÉRREZ, M. M.; MURRAY, A. P.; Adriana A. FERRERO, A. A. Biological Activity of Essential Oils from *Aloysia polystachya* and *Aloysia citriodora* (Verbenaceae) against the Soybean Pest *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). **Natural Product Communications**. v.5, n.2, 2010.

GOVINDARAJAN, M. Larvicidal and repellent activities of *Sida acuta* Burm. F. (Family: Malvaceae) against three important vector mosquitoes. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, Annamalai Nagar, v.3, n.9, p.691-695, set. 2010.

GUERRA, A. M. N. M.; SILVA, D. S.; Priscila Silva SANTOS, P. S.; SANTOSL. B. Teste de repelência de óleos essenciais sobre *Callosobruchus Maculatus*. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.9, n.3, p.110-117, Setembro, 2019.

GUIMARÃES, S. S.; POTRICH, M.; DA SILVA, E. R. L.; WOLF, J.; PEGORINI, C. S.; DE OLIVEIRA, T. M. Ação repelente, inseticida e fagoinibidora de extratos de pimenta dedo-de-moça sobre o gorgulho do milho. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.81, n.4, p. 322-328, dez. 2014.

HIGUCHI, C. T. Desenvolvimento de repelente com óleo de citronela em matriz nanotecnológica e sua avaliação de segurança e eficácia. Orientador: Vânia Rodrigues Leite e Silva. Tese (Doutorado em Química) - **Universidade Federal de São Paulo**, Diadema, 2022.

KATHRINA, G. A.; ANTONIO, L. P. J. Controle biológico de insectos mediante extractos botánicos. In: CARBALL, M.; GUAHARAY, F. (Eds.). **Control biológico de plagas agrícolas**. Managua: CATIE, 2004. cap. 9, p. 137-160.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil – nativas e exóticas**. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Instituto Plantarum de estudos da flora. 544 p., 2008.

LUZ, F. J. F. Caracterização morfológica e molecular de acessos de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.). Orientador: Leila Trevizan Braz. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – **Universidade Estadual Paulista**, Jaboticabal, 2007.

MAPA. Normas e exigências para execução de testes de produtos químicos para fins de registro no MAPA. **Ministério da Agricultura e Reforma Agraria (MAPA)**, Brasília, 1995.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.6, n.2, p.95-112, 2012.

MELO, I. Avaliação do potencial anti-inflamatório, antioxidante e antimicrobiano de extratos de sálvia, poejo e cebolinho. Orientadora: Maria Paula Amaro de Castilho Duarte. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar) - **Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa**, Lisboa, 2016.

MOHDDURAN, A.; RASHID, K.; IBRAHIM, H.; JALIL, M.; MOHD YUSOF, Y.; SHAMZIR KAMAL, S.; EFZUENI, S.; FARZINEBRAHIMI, R. Toxic trace elements in selected edible rhizomes of medicinal plants using INAA and ICP-MS techniques. **Int. J. Complement. Altern. Med.**, v. 6, p. 1–4, 2017.

MORAES, M. C. B.; SOUSA, L. M. P.; LAUMANN, R.; BORGES, M. Metodologia para estudos semioquímicos e a sua aplicação no manejo de pragas. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia** (Circular Técnica 24), 1<sup>a</sup> edição, Brasília-DF, 2003. ISSN 1516-4349.

NEVES, K. S. P. **Aspectos químicos e farmacológicos do *Allium sativum Linnaeus* (alho): uma breve revisão**. 2013. 29 p. Monografia (Graduação em Farmácia), Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes, 2013.

NG, A.; PARKER, M. L.; PARR, A. J.; SAUNDERS, P. K.; SMITH, A. C., WALDRON, K. W. Physicochemical characteristics of onion (*Allium cepa* L.) tissues, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 11, p. p. 5612-7, 2000.

NONINO, M. C.; CORRÊA-FERREIRA, B. Efeito de produtos orgânicos na atividade alimentar de *Euschistus heros* (F.) e *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae), em vagens de soja. In: II Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, p. 53, 2006. Londrina. Anais. Londrina, **Embrapa Soja**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88175/1/ID-27015.pdf>. Acesso em: 02 set. 2024.

PEDOTTI-STRIQUER, L.; BERVIAN, C.I.; BAUNQAERTNER, F.S. Ação repelente de plantas medicinais e aromáticas sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Ensaios e Ciência**, Campo Grande, v.10, n.1, p.55-62, abril 2006.

PEREIRA, J. O feijão guandu: uma opção para a agropecuária brasileira. Dezembro de 1985, Planaltina, **Embrapa-Cpac** (Embrapa-Cpac, Circular técnica nº 20.), 27 p.

PERES, W. A. A.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Potencial do óleo de Nim como inseticida vegetal no controle dos percevejos-pragas da soja (Hemiptera: Pentatomidae), **Revista Brasileira de Agroecologia**, Brasília, v.1, n.1, p.1651-1655, 2006.

PIMENTA NETO, A. A.; GONÇALVES, G. D.; BENJAMIN, C. S.; COSTA, L. C. B.; OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, S. M. A.; LUZ, E. D. M. N. Bioatividade de óleos essenciais e extratos vegetais no controle de doenças causadas por *Phytophthora nicotianae* em solanáceas. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 43, n. 3, p. 267-272, set-dez. 2020.

PINEDO, L. A., CAMPOS, F. C., PEÇANHA, M. R. S. R.; CASTILHO, L. A.; ABDALLA, A. L. Composição química e compostos fenólicos em diferentes frações da planta de feijão guardu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). **PUBVET**, v. 2, n. 20, e233, 2008.

POLEZ, V. L. P.; MAGARELLI, G.; DE SOUZA, M. L.; SANCHES, M. M.; RODRIGUES, A. F. O.; ROCHA, T. L. Controle de qualidade: obtenção e caracterização de produtos vegetais naturais para o controle de pragas. Brasília, DF: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 2021. 34 p. - (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 378).

REIFSCHEIDER, F. J. B. (org.). Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil. **Brasília**. Embrapa comunicação para transferência de tecnologia. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 2000. 113p.

ROSA, M. Utilização de extratos como estratégia para o manejo de insetos: uma breve revisão da literatura. In: Open Science Research V, v. 05, cap. 02, **Editora Científica Digital**, 2022. Doi: 10.37885/220809682

SAAD, K.A.; IDRIS, A.B.; MOHAMAD-ROFF, M.N. Toxic, repellent, and deterrent effects of citronella essential oil on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on chili plants. **Journal of Entomological Science**, Kansas, v.52, n.2, p.16-52, abril 2017.

SAMPAIO, A. A.; FONTES, L. S.; BARBOSA, D. R. S.; LIMA, V. M. G. C. Bioatividade dos extratos aquosos de folhas de pimenta malagueta e eucalipto sobre *Zabrotes subfasciatus* em grãos de fava. **Revista Verde**, Pombal, v. 12, n.2, p.198-203, jun. 2017.

SANAGIOTTO, F.; LUCKMANN, D.; SILVA, E. R. L.; POTRICH, M., PADILHA, M. L. Efeito de extratos vegetais aquosos sobre ovos de percevejo-marrom-da-soja *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae). **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, RS, v. 8, n. 2, p. 1–5, nov. 2013.

SILVA, A. R. da; PINTO, K. N. dos S.; SANTOS FILHO, H. P.; COELHO FILHO, M. A.; GESTEIRA, A. da S. *Phytophthora* gummosis in citrus scion/rootstock combinations with seedlings from buds challenged by this pathogen. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.59, e03405, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2024.v59.03405>.

SILVA, V. P. Perspectivas Para o Manejo do Percevejo *Euschistus Heros* (Hemiptera: Pentatomidae) Visando uma Agricultura Sustentável. Orientador: Mônica Joseane Barbosa Pereira. 2013. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Tangará da Serra, 2013.

SOUZA, T. F.; FÁVERO, S. Avaliação de óleo essencial de *Eucalyptus urograndis* (Myrtaceae) no controle de Pentatomidae. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 46, n. 1, p. 216-222, jan-mar. 2015.

TEIXEIRA, E. M. G. F.; SILVA-LÓPEZ, R. E. (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) Fabaceae: uma revisão dos principais constituintes químicos e atividades farmacológicas. **Revista Fitos**, v. 6, n. 2, p. 215-230, 2022.

THAKUR, M.; GUPTA, D. Plant extracts as oviposition deterrents against fruit flies, *Bactrocera* spp. infesting vegetable crops. **Pesticide Research Journal**, India, v. 25, n.1, p.24-28, jul. 2013.

TRIPATHI, A. K.; SINGH, A. K.; UPADHYAY, S. Contact and fumigant toxicity of some common spices against the storage insects *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, Reino Unido, v.29, n. 3, p. 151-157, set. 2009.

VILARINHO, M. K. C.; DA SILVA, T. J. A.; CANEPPELE, C.; ROZADO, A. F. Inseticidas químicos e extratos vegetais no controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho armazenados. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, n. 2, p. 288-297, mar-abril 2016.

VITORIANO, M. R. B. S. Efeito anti-alimentar de extratos vegetais no percevejo-marrom-da-soja *Euschistus heros* (FABRICIUS, 1789) (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE). Orientador: Ronaldo Pavarini. 2024. Monografia (Bacharelado em Engenharia Agronômica), **Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira (UNESP)**, Registro, 2024.

DEGRANDE, P. E., et al. Prospects for the use of botanicals to control the brown stink bug, *Euschistus heros* (F.), a soybean pest. **Crop Protection**, 2016.

ELLER, F. J.; PALMQUIST, D. E. Efficacy of garlic oil and *Allium sativum* extracts to control *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) and their selectivity to soybean arthropod pests. **Journal of Economic Entomology**, 2014.

Isman, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, 2006.

LOPES, F. USDA confirma Brasil como ‘campeão mundial’ no mercado de soja: Departamento americano destacou ainda o crescimento das exportações brasileira de milho no cenário global. **InfoMoney: Agronegócio**, 2023. Disponível em: <<https://www.infomoney.com.br/negocios/usda-confirma-brasil-como-campeao-mundial-no-mercado-de-soja/>>. Acesso em: 04/07/2023.

MELO, C. B. Percevejo marrom da soja. Multimídia: Banco de Imagens. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa**. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/4795001/percervejo-marrom-da-soja>>. Acesso em: 04/07/2023.

SILVA, A. P. G.; BORGES, C. D.; MIGUEL, A. C. A.; JACOMINO, A. P.; MENDONÇA, C. R. B. Características físico-químicas de cebolinhas comum e europeia. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 4, p. 293-298, 2015.

SILVEIRA, S. M. da; CUNHA JR, A.; SCHEUERMANN, G. N.; SECCHI, F. L.; VERRUCK, S.; KROHN, M.; VIEIRA, C. R. W. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Cymbopogon winterianus* (citronela), *Eucalyptus paniculata* (eucalipto) e *Lavandula angustifolia* (lavanda). **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 3, p. 471-80, 2012.

VITORIANO, M. R. B. S. Efeito anti-alimentar de extratos vegetais no percevejo-marrom-da-soja *euschistus heros* (Fabricius, 1789) (hemiptera: pentatomidae). Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agronômica) - **Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira**, Registro, 2024.

## CAPÍTULO III: PRODUTIVIDADE DA SOJA E QUALIDADE DO SOLO EM CULTIVO ROTACIONADO ORGÂNICO

### SOYBEAN PRODUCTIVITY AND SOIL QUALITY IN ORGANIC ROTATIONAL CULTIVATION

#### RESUMO

Grande parte da produção mundial de alimentos ainda é alicerçada nas bases da agricultura convencional, sobretudo, na utilização de insumos químicos. O cultivo em monocultura contribui para o empobrecimento do solo, com reflexos nos rendimentos das culturas. Uma das alternativas para mitigar os efeitos causados pela produção convencional de alimentos é a sucessão de culturas que resulta no aumento da matéria orgânica, melhora a fertilidade do solo e eleva a eficiência no uso de água e nutrientes, contribuindo para maiores produtividades. O objetivo do trabalho foi analisar os efeitos da sucessão soja-hortaliças-soja nos atributos de fertilidade e qualidade do solo, bem como na produtividade da soja. Os tratamentos foram rotação da soja com repolho, alface e pousio. Os parâmetros avaliados foram: qualidade físico-química do solo, número médio de vagens e grãos viáveis de soja por planta, peso de mil grãos, produtividade e qualidade após dois anos de cultivo por meio da tecnologia BioAS. Os resultados mostram que, com exceção da matéria orgânica que permaneceu inalterada, os parâmetros físico-químicos do solo foram aumentados após a sucessão com hortaliças. No rendimento da soja, o número médio de vagens e grãos viáveis por planta e a produtividade tiveram incrementos significativos após a prática da sucessão. Não foram observadas diferenças no peso de mil grãos. Na qualidade biológica do solo, foram observados níveis ótimos das enzimas aril e beta. Conclui-se que a rotação de soja com hortaliças é benéfica para a qualidade física, química e biológica do solo, refletindo positivamente no rendimento do grão. A rotação de cultivo de grãos com hortaliças, culturas que possuem alta demanda nutricional, e sob sistema de produção orgânico, se apresenta como alternativa aos pequenos agricultores familiares que cultivam a soja.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, fitotecnia, práticas conservacionistas, análise BioAS

#### ABSTRACT

Much of the world's food production is still based on conventional agriculture, mainly on the use of chemical inputs. Monoculture cultivation contributes to soil impoverishment, with repercussions on crop yields. One of the alternatives to mitigate the effects caused by conventional food production is crop succession, which results in increased organic matter, improves soil fertility and increases the efficiency in the use of water and nutrients, contributing to higher productivity. The objective of this study was to analyze the effects of soybean-vegetable-soybean succession on soil fertility and quality attributes, as well as on soybean productivity. The treatments were soybean rotation with cabbage, lettuce and fallow. The parameters evaluated were: soil physical-chemical quality, average number of pods and viable soybean grains per plant, thousand-grain weight, productivity and quality after two years of cultivation using BioAS technology. The results show that, with the exception of organic matter,

which remained unchanged, soil physical-chemical parameters increased after succession with vegetables. In soybean yield, the average number of viable pods and grains per plant and productivity showed significant increases after the succession practice. No differences were observed in the weight of a thousand grains. In the biological quality of the soil, optimal levels of aryl and beta enzymes were observed. It is concluded that the rotation of soybean with vegetables is beneficial for the physical, chemical and biological quality of the soil, positively reflecting on grain yield. The rotation of grain crops with vegetables, crops that have high nutritional demand, and under an organic production system, presents an alternative for small family farmers who grow soybean.

**Keywords:** *Glycine max*, plant science, conservation practices, BioAS analysis

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura moderna, especialmente a partir da Revolução Verde, tem se caracterizado por práticas voltadas ao aumento da produtividade, muitas vezes associadas ao uso intensivo de agrotóxicos e/ou à monocultura. No entanto, essa abordagem apresenta sérios riscos tanto ao meio ambiente quanto à saúde dos consumidores (Rezende *et al.*, 2021). De acordo com Yu *et al.*, (2022), o cultivo de apenas uma espécie gera desequilíbrios ambientais como a degradação da qualidade do solo e desequilíbrio ecológico impactando no rendimento e qualidade das culturas.

Diante desse desafio, práticas conservacionistas vêm sendo adotadas com o objetivo de mitigar os impactos ambientais causados pelo uso indiscriminado de práticas de agricultura convencionais, enquanto buscam manter ou ampliar os níveis de produtividade agrícola (Antoszewski *et al.*, 2022).

A rotação de culturas é uma prática conservacionista definida como plantio com alternância de espécies consecutivas na mesma área (Reis *et al.*, 2011). Esta prática traz benefícios à qualidade físico-química do solo a curto, médio e longo prazo, além de estimular a fauna edáfica. Esse sistema reduz a erosão, aumenta a matéria orgânica, melhora a fertilidade do solo e eleva a eficiência no uso de água e nutrientes, contribuindo para maior produtividade (Jalli *et al.*, 2021; Shah *et al.*, 2021). Desta forma, entende-se que as práticas conservacionistas são essenciais para a conservação do solo e o aumento do rendimento agrícola (Chaveiro *et al.*, 2022).

Além dos benefícios providos ao solo, a rotação de culturas é importante na diminuição da ocorrência de pragas (Sexson; Wyman, 2005; Rusch *et al.*, 2013; Skellern; Cook, 2018; Silveira; Rodrigues, 2020), doenças (Reis *et al.*, 2011; Jalli *et al.*, 2021; Yuan *et al.*, 2021; Degani *et al.*, 2022; Zhou *et al.*, 2023) e plantas

espontâneas (Brankov *et al.*, 2021; Fachinelli *et al.*, 2021; Maclaren *et al.*, 2021; Yu *et al.*, 2022; Simic *et al.*, 2025).

Um dos principais desafios na prática da rotação de culturas é a escolha de espécies compatíveis que promovam condições físico-químicas favoráveis no solo, assegurando a eficiência da técnica e a produtividade agrícola. Pesquisas com leguminosas, gramíneas e forrageiras em sucessão ao cultivo de cebola têm demonstrado efeitos positivos na qualidade do solo, refletindo diretamente no desempenho da hortaliça (Loss *et al.*, 2020). Rotações de milho e soja e suas monoculturas rotacionadas com espécies de cobertura, plantas perenes e cereais de grãos melhoram a fertilidade do solo e a produtividade das culturas subsequentes (Chahal *et al.*, 2021).

O aumento de rendimento das culturas está associado, principalmente, à maior disponibilidade de nutrientes no solo, como ocorre, por exemplo, com as leguminosas. Essas plantas contribuem para o enriquecimento do solo com nitrogênio por meio da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos (Zou *et al.*, 2024).

A soja (*Glycine max* L.) ocupa uma posição de destaque na economia global, sendo uma das culturas mais importantes. O Brasil lidera a produção e exportação mundial de soja, alcançando cerca de 152 milhões de toneladas em 2023 (IBGE, 2023). Apesar de seu alto potencial produtivo, a cultura exige significativas quantidades de fertilizantes, o que eleva os custos de produção e causa impactos ambientais negativos (Junior *et al.*, 2022).

Por outro lado, o cultivo da soja orgânica pelo manejo conservacionista e redução do uso de agrotóxicos contribui para preservação do meio ambiente, a melhoria da qualidade do solo. Além de benefícios econômicos para o produtor no mercado, uma saca de soja transgênica, de 60 quilos, custa em média R\$ 150. A saca do grão convencional, em torno de R\$ 170, e a saca da soja orgânica, R\$ 220. (CIORGANICOS, 2021).

A hipótese deste estudo é que o sistema sucessional com a rotação de culturas envolvendo soja e hortaliças sob manejo orgânico contribuirá para melhorias na qualidade do solo e no rendimento da soja.

Assim, o objetivo do trabalho foi analisar os efeitos da rotação de culturas soja-hortaliças-soja sob cultivo orgânico nos atributos de fertilidade e qualidade do solo, bem como na produtividade da soja.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área de produção agroecológica da Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília – UnB ( $15^{\circ}56'$  a  $15^{\circ}59'$  S e Longitude  $47^{\circ}55'$  a  $47^{\circ}58'$  W, em uma altitude de, aproximadamente, 1100 metros) no período de setembro de 2020 a maio de 2022. De acordo com a classificação Köppen, o clima da região é tropical e temperado chuvoso.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com três ciclos de cultivo (Soja – Hortaliças – Soja). Durante dois anos agrícolas, as parcelas foram mantidas no local situadas em uma área experimental de 210 m x 10 m, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, de textura argilosa (EMBRAPA, 2013). Esta área estava em pousio há mais de cinco anos, com histórico de cultivo de pinhão manso sob o sistema de produção agrícola convencional.

Após as operações de limpeza, foi realizada aração e gradagem para descompactar o solo e preparar para o plantio. Em seguida, amostras de solo foram retiradas e levadas ao laboratório para análise, a fim de verificar a necessidade de correção do pH e adubação.

Cada parcela experimental possuía as dimensões de 5 m x 10m ( $150\text{m}^2$ ). Previamente, foi realizada a aplicação de calcário e aplicado Yoorin na área experimental de  $150\text{ m}^2$  cultivada de  $100\text{ g/m}^2$  como fonte fósforo, cálcio, magnésio e silício. Na mesma área houve a aplicação à lanço de esterco curtido ( $3\text{ kg/m}^2$ ). Houve fornecimento de água via sistema de irrigação por aspersão em toda a área, com turno de rega de intervalo de três dias.

O plantio das hortaliças sucedeu ao primeiro plantio de soja (safra 2020/2021). Para a soja utilizou-se a variedade BRS 6980 na densidade de 12 sementes/m linear em 10 linhas de 210 m e espaço entre linhas de 0,7 m, com o ciclo entre 80-85 dias.

No cultivo de repolho foi utilizado a cultivar Cerox com um ciclo de, aproximadamente, 80 dias. A hortaliça foi plantada em um espaçamento de  $0,7 \times 0,3$

m. Já a alface, foi utilizada a variedade crespa e a cultivar foi a Vanda, com um ciclo de 45 dias em um espaçamento de 0,3 x 0,3 m.

A análise físico-química do solo seguiu a metodologia da Embrapa (2009) própria para cada elemento: nutrientes (P, K, Ca, Mg, Al) matéria orgânica, pH (em H<sub>2</sub>O e total: H+Al) e textura. O fósforo determinado pelo método do azul de molibdato com ácido ascórbico e determinado por espectofotômetro UV/Vis. O potássio foi extraído com solução diluída de ácido clorídrico e ácido sulfúrico com posterior determinação por espectrofotometria de chama. Os macronutrientes cálcio e magnésio foram extraídos com KCl 1M e determinado por espectrofotometria de absorção atômica.

Para a análise de Al, a determinação foi conforme a extração com solução de KCl 1M e determinado volumetricamente com solução diluída de NaOH. A matéria orgânica foi avaliada por via úmida com dicromato de sódio em meio sulfúrico. O pH em H<sub>2</sub>O foi medido eletronicamente por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo: líquido (água) 1:2,5, enquanto o total (H+Al) por meio de extração com acetato de cálcio tamponado e determinado por meio de eletrodo. A textura (areia, silte e argila) foi determinada com hidróxido de sódio em agitador vertical e medida da densidade da suspensão, pelo método do densímetro.

Foram avaliados os seguintes parâmetros na cultura da soja: número de vagens e número de grãos por planta, peso de 1000 grãos, produtividade e qualidade do solo. A análise do número médio de vagens de soja viáveis por planta e o número médio de grãos viáveis por planta foi determinado por contagem direta em dez plantas colhidas em sequência na linha central da parcela partir do início da parcela, conforme Scheeren *et al.*, (2010). A determinação do peso de mil grãos seguiu as recomendações de Brasil (2009). Foram utilizadas oito repetições de 100 sementes e o peso corrigido para 13% de umidade em base úmida. Os resultados foram expressos em gramas (g). A produtividade foi baseada na colheita das plantas das três linhas centrais em cada parcela e os resultados expressos em quilos por hectare (kg.ha<sup>-1</sup>), seguindo metodologia proposta por Bertolin *et al.*, (2010).

Para a avaliação da qualidade do solo pelo método BioAS, as amostras de solo foram retiradas na camada de 0-10 cm e levadas para o laboratório da rede Embrapa BioAS, conforme metodologia proposta por Mendes *et al.*, (2021).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ). Para esta análise, foi utilizado o software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2014).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à qualidade do solo, antes e depois da sucessão, nota-se que na textura do solo, o teor de silte permaneceu o mesmo antes e após a sucessão com hortaliças, enquanto o teor de areia aumentou na sucessão e o de argila diminuiu (Tabela 1). A mudança na fração de areia tornou o solo mais friável melhorando a porosidade do solo, característica que facilita o desenvolvimento radicular das plantas, além de melhorar a absorção de água e nutrientes (Tormena *et al.*, 2008). Essa mudança na textura do solo é dependente de fatores físicos, químicos, biológicos e do tipo de sucessão de culturas (Wohlenberg *et al.*, 2004). Ainda, é ligada principalmente à matéria orgânica do solo e à fração de carbono que interage com a argila, sendo crucial na modificação física do solo (Notaris *et al.*, 2021).

Para a matéria orgânica, o resultado mostra que não houve diferença significativa no teor antes e após a sucessão das culturas, com uma diferença de  $0,0034 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$  entre as duas condições (Tabela 1), corroborando com os resultados de Alves *et al.*, (2024). A pequena variação no teor de matéria orgânica pode ser reflexo da baixa quantidade de resíduos nos dois anos em que o sistema foi implantado, estando ainda na fase de reestruturação do solo. Nesse sentido, à medida que o sistema é adotado, os benefícios são observados (Biassi *et al.*, 2024).

A capacidade de troca catiônica (CTC) do solo apresentou aumento expressivo após a sucessão, alcançando  $13,1 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ , o que corresponde a um acréscimo de 138,18% em relação ao início do experimento. A soma de bases (SB) também registrou uma elevação significativa, passando de  $3,1 \text{ cmol}.\text{dm}^{-3}$  para  $11,1 \text{ cmol}.\text{dm}^{-3}$ . Da mesma forma, é observado um aumento na saturação por bases (V%), conforme indicado na Tabela 1.

**Tabela 1:** Análise físico-química do solo antes e depois do Sistema de Sucessão soja-hortaliças-soja em dois anos agrícolas. Fazenda Água Limpa, Brasília, DF

Componente no solo	Época das análises de solo	
	Outubro/2020	Abril/2022
Teor de silte (%)	22,5	22,5
Teor de areia (%)	27,5	45
Teor de argila (%)	50	32,5
MOS (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,0655	0,0621
CTC (cmol.dm <sup>-3</sup> )	5,5	13,1
H+Al (cmol.dm <sup>-3</sup> )	2,4	2
Al (cmol.dm <sup>-3</sup> )	0,1	0
K (mg.dm <sup>-3</sup> )	82,11	187,68
Ca (cmol.dm <sup>-3</sup> )	2,2	7,1
Mg (cmol.dm <sup>-3</sup> )	0,6	3,5
V (%)	56	84
m (%)	3	0
pH (em H <sub>2</sub> O)	5,7	6,3
SB (cmol.dm <sup>-3</sup> )	3,1	11,1
P (Mehlich) (mg.dm <sup>-3</sup> )	5,5	46,3

MOS: Matéria orgânica do solo; CTC: capacidade de troca catiônica; H+Al: acidez total; Al: alumínio; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; V: saturação de bases; m: saturação por alumínio; SB: soma de bases; P: fósforo.

Na sucessão das culturas, observa-se uma diminuição nos valores de acidez total (H+Al), alumínio (Al) e saturação por alumínio (m%), enquanto o pH apresentou um aumento de 5,7 para 6,3 (Tabela 1). Esse comportamento também foi observado na sucessão de culturas de soja-milheto, conforme relatado por Alves *et al.*, (2024), com elevação dos níveis de pH e diminuição da acidez total. A redução nos níveis de Al e H+Al está associada ao aumento na saturação por bases e nas bases trocáveis, além da redução da saturação por alumínio, conforme destacado por Loss *et al.*, (2020).

A CTC, V% e pH são um dos indicadores de degradação química nos solos, refletindo no estabelecimento e produtividade das culturas. Valores de CTC abaixo de 10 cmol.dm<sup>-3</sup>, V% abaixo de 50 e pH abaixo de 5,7 comprometem o desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas (Fageria; Stone, 2006), como encontrado nos solos antes da sucessão das culturas. Esses dados refletem uma melhoria substancial na qualidade do solo, evidenciando a relevância da sucessão para a otimização das características químicas. Estudo com rotação de cultura sorgo-ervilhaça mostra que essa prática eleva os atributos químicos do solo (Malobane *et al.*, 2020).

A sucessão das culturas proporciona uma melhoria nas condições químicas do solo, favorecendo maior disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento das

culturas, conforme descrito na Tabela 1. Segundo Maia *et al.*, (2022), a utilização de plantas de cobertura como o milho, milheto e crotalária induz o acúmulo de compostos orgânicos no solo, liberando ácidos orgânicos aumentando a CTC e o pH.

Para os elementos K, Ca, Mg e P observou-se aumento de 128,57, 222,73, 483,33 e 741,82%, respectivamente, após a sucessão com hortaliças em relação ao início do experimento (Tabela 1), indicando que a rotação de culturas incrementou os teores desses elementos essenciais ao solo. O fornecimento de nutrientes oriundos de resíduos da planta é dependente da espécie cultivada, massa de resíduos acima do solo após a colheita, conteúdo de nutrientes da cultura estabelecida e da fertilização (Torma *et al.*, 2017).

No segundo ano, a sucessão com alface e a área em pousio resultaram em um aumento no número médio de grãos viáveis de soja por planta, com médias de 40,52 e 24,42, respectivamente. O número de grãos viáveis por planta também proporcionou maiores rendimentos no segundo ano, favorecidos pela prática da sucessão de culturas (Tabela 2). Esses resultados indicam que a sucessão contribuiu para a deposição de nutrientes e para a melhoria das condições físico-químicas do solo, conforme confirmado pela análise de solo (Tabela 1). Entretanto, o peso de mil sementes não apresentou variação significativa entre os anos, independentemente da adoção da sucessão (Tabela 2).

**Tabela 2:** Variáveis de produção da soja antes e após a sucessão com hortaliças em dois anos agrícolas. Fazenda Água Limpa, Brasília, DF

Safras	Tratamento	Variável			
		nº MVV/P	nº MGV/P	PMG (g)	Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> )
20/21	Futura Sucessão Repolho	13,39 b	24,36 b	144,60 a	428,68 b
	Futura Sucessão Alface	15,15 b	29,66 ab	142,68 a	502,05 b
	Futura Sucessão Pousio	15,49 b	26,23 b	144,86 a	459,47 b
21/22	Sucessão Repolho	17,04 b	60,19 b	157,37 a	1532,31 b
	Sucessão Alface	40,52 a	82,81 a	157,27 a	2183,14 a
	Sucessão Pousio	24,43 ab	66,95 ab	144,43 a	1760,65 ab
	CV (%)	17,54	19,91	4,37	21,27

**Legenda:** Nº MVV/P = número médio de vagens viáveis por planta; nº MGV/P = número médio de grãos viáveis por planta; PMG = peso de mil grãos. Valores seguidos de letras distintas na coluna diferem entre si pelo Teste Tukey ( $p<0,05$ ). Valores médios de produtividade, número de vagens e grãos viáveis transformados em SQRT ( $X + 1,0$ ).

A produtividade foi superior no segundo ano nos três tipos de sucessão, com repolho, alface e pousio. Dessas, as menores médias foram observadas nas áreas

com repolho ( $1532,31 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) e pousio ( $1760,65 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), sendo que a segunda não diferiu da produtividade da soja em sucessão à alface ( $2183,14 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) (Tabela 2).

A alternância no cultivo de cereais e alface, combinada com áreas em pousio, demonstrou melhorar a produtividade e o número de grãos da soja, conforme apresentado em pesquisas com trigo (Jalli *et al.*, 2021). Nesse estudo, foi identificado um aumento na produtividade do trigo ao envolver uma rotação de culturas mais variadas (trigo-colza-cevada-ervilha). Esse incremento foi atribuído à diversidade de culturas (cereais, oleaginosas e leguminosas), que elevam a complexidade agroecológica ao promover maior variação nas características da parte aérea e das raízes, além de influências nos aspectos biológicos e químicos do solo, e o manejo da cultura. Além disso, o incremento na produtividade ocorre devido a disponibilidade equilibrada de nutrientes no solo, refletindo em maiores níveis de rendimento (Shah *et al.*, 2021).

A mineralização da matéria orgânica do solo (MOS), independente da presença ou ausência de culturas sobre o solo, pode ter contribuído para a maior disponibilidade de nutrientes essenciais na solução do solo, favorecendo o desenvolvimento e o rendimento das culturas (Júnior *et al.*, 2019). Além disso, o aumento da soma de bases (SB) está diretamente relacionado ao aumento das bases disponíveis, o que resulta em maior produtividade, segundo Favarato *et al.*, (2015). Por fim, a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo desempenha papel crucial no ganho das culturas, uma vez que seu aumento após o plantio da soja em sucessão às hortaliças reduziu a perda de nutrientes por lixiviação, promovendo melhor desempenho das plantas cultivadas, conforme observado por Loss *et al.*, (2020), que observaram maiores valores de CTC do solo na rotação gramíneas de verão/inverno e cebola anual em Sistema de Plantio Direto.

Em estudo em que se avaliou o efeito da técnica de sucessão de culturas na batata-doce, verificou-se que a produtividade da hortaliça foi correlacionada positivamente com o incremento dos teores de Ca, K e Mg após o consórcio de crotalária e milho (Goulart *et al.*, 2021). Assim, a sucessão das hortaliças no presente estudo também contribuiu para o aumento da produtividade da soja, pois os teores dos macronutrientes foram maiores nessas condições (Tabela 1).

A tecnologia desenvolvida pela Embrapa de Bioanálise de Solo ou BioAS é uma importante ferramenta que avalia a saúde do solo mediante a atividade de enzimas

como a arilsulfatase e  $\beta$ -glicosidase que se correlacionam com os atributos de fertilidade química do solo (pH, H+Al, Ca, K, P, Mg e MOS), dando origem ao Índices de Qualidade do Solo (IQS), que estão, direta ou indiretamente, relacionadas ao potencial produtivo e à sustentabilidade dos solos (Mendes *et al.*, 2021). De acordo com os autores, a escala de avaliação do IQS varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, o solo possui melhor qualidade (Tabela 3).

**Tabela 3:** Escala de qualidade usada na classificação dos índices apresentados no laudo BioAS

Classe	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Faixa	0 a 0,20	0,21 a 0,40	0,41 a 0,60	0,61 a 0,80	0,81 a 1,00

**Fonte:** Adaptado de Mendes *et al.*, (2021).

Dos parâmetros avaliados pelo BioAS, o IQS<sub>FERTBIO</sub> abrange a qualidade química e biológica do solo sendo, portanto, um dos principais indicadores da qualidade do solo. Os valores encontrados após a sucessão das culturas, além da área em pousio, estão na categoria de “muito altos” e dentro da escala de 0,81-1,00, proposta por Mendes *et al.*, (2021). Assim, é possível observar que o solo após a sucessão soja-hortaliças-soja apresentou ótima qualidade (Tabela 4). Os resultados do IQS obtidos neste estudo são semelhantes aos observados por Pereira *et al.*, (2021). Ao analisar os corredores agroecológicos de propriedades na região do Cerrado, os autores verificaram que uma propriedade composta por um corredor agroecológico diversificado com faixas de girassol, *Crotalaria juncea*, gergelim amarelo, guandu comum, feijão, milho e abóboras, apresentaram um IQS acima de 0,80, considerado um solo saudável e de alta qualidade.

**Tabela 4:** Análise BioAS após a sucessão soja-hortaliças-soja em dois anos agrícolas na profundidade de 0 – 10 cm. Fazenda Água Limpa, Brasília, DF

Ordem de Sucessão (0-10cm)	Aril	Beta	MOS	Argila	IQS Fertbio	IQS Biológico	IQS Químico	Ciclagem Nutrientes	Armazenam. Nutrientes	Suprimento Nutrientes
Soja-repolho-soja	203	162	50	35	0,94	0,99	0,91	0,99	1,00	0,83
Soja-alface-soja	210	118	42	35	0,93	0,96	0,91	0,96	1,00	0,83
Soja-pousio-soja	250	220	49	33	0,94	1,00	0,91	1,00	1,00	0,82
Soja-repolho-soja	228	143	45	33	0,94	0,99	0,92	0,99	1,00	0,83
Soja-alface-soja	238	148	45	30	0,94	0,99	0,92	0,99	1,00	0,83
Soja-pousio-soja	273	252	45	33	0,94	1,00	0,92	1,00	1,00	0,83
Soja-repolho-soja	267	175	49	30	0,94	1,00	0,91	1,00	1,00	0,83
Soja-alface-soja	266	146	46	30	0,94	0,99	0,91	0,99	1,00	0,83
Soja-pousio-soja	245	157	43	33	0,94	0,99	0,91	0,99	1,00	0,83

**Legenda:** Aril: enzima arilsulfatase; Beta: enzima  $\beta$ -glicosidase; MOS: matéria orgânica do solo; IQS Fertbio: índice de qualidade química e biológica do solo; Armazenam. Nutrientes: armazenamento de nutrientes. Resultados expressos como média  $\pm$  desvio padrão (n = 3, triplicata).

Os atributos biológicos do solo podem ser usados como indicadores de processos que vão além das respostas às perturbações causadas pelas atividades humanas, sendo variáveis importantes para avaliar a qualidade dos ecossistemas agrícolas. Os microrganismos presentes no solo desempenham papel essencial na conservação da matéria orgânica, na formação e estabilização de agregados e na ciclagem biogeoquímica de nutrientes. Além disso, sua biomassa constitui uma fração significativa de carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) do solo (Nannipieri *et al.*, 2003; Pôrto *et al.*, 2009).

As enzimas arilsulfatase e  $\beta$ -glicosidase estão diretamente relacionadas à matéria orgânica do solo (MOS), desempenhando papéis importantes na ciclagem de enxofre e carbono, respectivamente (Rodrigues *et al.*, 2022). Esses autores relataram menor atividade dessas enzimas em sistemas de cultivo de café consorciados com Brachiaria. Os valores de arilsulfatase observados no presente estudo na sucessão hortaliças-soja são superiores aos registrados em fazendas do bioma Cerrado, enquanto os valores de  $\beta$ -glicosidase são semelhantes, considerando as observações de Mendes *et al.*, (2023).

Estudo avaliando a sucessão de algodão, *Brachiaria*, crotalária à soja e a crotalária em consórcio com o milho, sorgo e milheto, além da adoção do plantio direto, também foram associadas ao aumento na atividade enzimática de arilsulfatase e  $\beta$ -glicosidase (Lopes *et al.*, 2021). Dick e Burns (2011) corroboram, relatando que a sucessão de culturas favorece uma maior atividade enzimática, promovendo melhorias na qualidade do solo.

Considerando os resultados, a sucessão de culturas se apresenta como uma alternativa viável para a sustentabilidade do ecossistema agrícola. No caso específico da sucessão de soja e hortaliças, os resultados são promissores. Embora pareça não haver compatibilidade entre as culturas na prática, o intuito foi mostrar a viabilidade da sucessão de leguminosas com culturas que possuem alta demanda nutricional, caso das hortaliças, em sistemas orgânicos. Importante ressaltar que mais de 73% dos estabelecimentos de soja no Brasil possuem menos de 50ha (IBGE, 2019). Portanto, em pequenas propriedades também se cultiva a soja. A possibilidade de cultivar hortaliças na safra de inverno em sucessão à soja e vice-versa, se apresenta como alternativa de cobertura do solo, de produção de alimentos e geração de renda.

#### **4. CONCLUSÕES**

1. O cultivo sucessional de soja e hortaliças proporcionou incremento na fertilidade do solo após dois anos de cultivo.
2. Após dois anos de cultivo sucessional foram observados níveis ótimos das enzimas arilsulfatase (Aril) e  $\beta$ -glicosidase (Beta), indicadoras da qualidade biológica do solo.
3. Houve incremento significativo na produtividade da soja em cultivo sucessional.
4. A rotação de soja com hortaliças, culturas que possuem alta demanda nutricional, e sob sistema de produção orgânico, se apresenta como alternativa aos pequenos agricultores familiares que cultivam a soja.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

À Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de desenvolver o trabalho; ao Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia e Agricultura Orgânica da Universidade de Brasília (CVTUnB) e Fazenda Água Limpa, pelo apoio logístico; ao Centro de Inovação em Genética Vegetal (CIGV) da Embrapa Cerrados, pela doação das sementes da soja convencional BRS 6980 utilizada nos experimentos; à Embrapa Cerrados, pela disponibilidade e apoio nas análises de solo BioAS

#### **6. REFERÊNCIA**

- ALVES, M. S. S.; NASCIMENTO, N. M.; PEREIRA, L. A. F. M.; BARBOSA, T. A.; COSTA, C. H. M.; GUIMARÃES, T. M.; BEZERRA, A. C. T. P.; MACHADO, D. L. Long-Term Effect of Crop Succession Systems on Soil Chemical and Physical Attributes and Soybean Yield. **Plants**, v. 13, n. 16, e2217, 2024.
- ANTOSZEWSKI, M.; MIEREK-ADAMSKA, A.; DABROWSKA, G. B. The importance of microorganisms for sustainable agriculture - a review. **Metabolites**, v. 12, e1100, 2022.
- BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E. D.; ARF, O.; JUNIOR, E. F.; COLOMBO, A. S.; CARVALHO, F. L. B. M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010.
- BIASSI, D.; MATOS, P. S.; ROCHA, F. I.; ALVES, T. C.; GABETTO, F. P.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ZONTA, E. Short term effects in soil quality under different cover crops of no tillage vegetables organic production in fragile soils in Southeastern Brazil.

**Organic Agriculture**, 2024.

BRANKOV, M.; SIMIC, M.; DRAGICEVIC, V. The influence of maize – winter wheat rotation and pre-emergence herbicides on weeds and maize productivity. **Crop Protection**, v. 143, e105558, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

CARVALHO, M. A. C. de; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; ARF, O.; SÁ, M. E. de. Plantas de cobertura, sucessão de culturas e manejo do solo em feijoeiro. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 659-668, 2007.

CHAHAL, I.; HOOKER, D. C.; DEEN, B.; JANOVICEK, K.; EERD, L. L. V. Long-term effects of crop rotation, tillage, and fertilizer nitrogen on soil health indicators and crop productivity in a temperate climate. **Soil and Tillage Research**, v. 213, e105121, 2021.

CHAVEIRO, A. C.; BONINI, C. dos S. B.; FREITAS, P. G. N.; REIS, D. C. de S.; OLIVEIRA, J. M. K.; SOUZA, J. A. L.; HIDALGO, G. F.; OLIVEIRA, A. B. Qualidade física e química do solo em sistema de plantio direto cultivado com hortaliças – Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, e32711931564, 2022.

DEGANI, O.; GORDANI, A.; BECHER, P.; CHEN, A.; RABINOVITZ, O. Crop Rotation and Minimal Tillage Selectively Affect Maize Growth Promotion under Late Wilt Disease Stress. **Journal of Fungi**, v. 8, n. 6, e586, 2022.

DICK, R. P.; BURNS, R. G. A brief history of soil enzymology research. In: DICK, R. P. (Ed) **Methods of soil enzymology**. Madison: SSSA, 2011. p 1–19

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. Ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

FACHINELLI, R.; MELO, T. S.; CAPRISTO, D. P.; ABREU, H. K. A.; CECCON, G. Weeds in soybean crop after annualcrops and pasture. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 8, n. 1, e5563, 2021.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Qualidade do solo e meio ambiente**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 35 p.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, C. M.; GUARÇONI, R. C. Attributes chemical soil on different cover crops in no-tillage organic system. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 19-28, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2014.

GOULART, J. M.; ROCHA, A. A.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S.; GUERRA, J. G. M. Agronomic performance of sweet potato crop in succession to leguminous plants

in monocropping and intercropped with corn. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 186-191, 2021.

IBGE. **Censo Agropecuário de 2017**: resultados definitivos. 2019. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro\\_2017\\_resultados\\_definitivos.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf) Acesso em: 15 nov. 2024

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de soja**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/soja/br> Acesso em: 30 dez. 2024

JALLI, M.; HUUSELA, E.; JALLI, H.; KAUPPI, K.; NIEMI, M.; HIMANEN, S.; JAUVIAINEN, L. Effects of Crop Rotation on Spring Wheat Yield and Pest Occurrence in Different Tillage Systems: A Multi-Year Experiment in Finnish Growing Conditions. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, e647335, 2021.

JUNIOR, A. F. C.; JUNIOR, G. M. B.; LIMA, C. A.; MARTINS, A. L. L.; SOUZA, M. C.; CHAGAS, L. F. B. *Bacillus subtilis* as a vegetable growth promoter inoculant in soybean. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 1, p. 1-16, 2022.

JÚNIOR, J. C. M.; TORRES, J. L. R.; COSTA, D. D. A.; SILVA, V. R.; SOUZA, Z. M.; LEMES, E. M. Production and decomposition of cover crop residues and associations with soil organic fractions. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 5, p. 58-69, 2019.

LOPES, A. A. de C.; BOGIANI, J. C.; FIGUEIREDO, C. C. de; JUNIOR, F. B. dos R.; SOUSA, D. M. G. de; MALAQUIAS, J. V.; MENDES, I. de C. Enzyme activities in a sandy soil of Western Bahia under cotton production systems: short-term effects, temporal variability, and the FERTBIO sample concept. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 52, n. 4, p. 2193-2204, 2021.

LOSS, A.; FERREIRA, L. B.; GONZATTO, R.; GIUMBELLI, L. D.; MAFRA, A. L.; GOEDEL, A.; KURTZ, C. Efeito da sucessão ou rotação de culturas sobre a fertilidade do solo após sete anos de cultivo com cebola. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p.16587-16606, 2020.

MACLAREN, C.; LABUSCHAGNE, J.; SWANEPOEL, P. A. Tillage practices affect weeds differently in monoculture vs. crop rotation. **Soil and Tillage Research**, v. 205, e104795, 2021.

MAIA, J. C. S.; FERREIRA, P. A.; BASÍLIO, J. P.; MARTINS, L. A.; CECCHIN, L. Efeitos de diferentes plantas de cobertura e extrato orgânico sobre atributos químicos de um solo franco argilo arenoso. **Research, Society and Development**, v. 11, n.14, e158111435994, 2022.

MALOBANE, M. E.; NCIIZAH, A. D.; MUDAU, F. N.; WAKINDIKI, I. I. C. Tillage, Crop Rotation and Crop Residue Management Effects on Nutrient Availability in a Sweet Sorghum-Based Cropping System in Marginal Soils of South Africa. **Agronomy**, v. 10, n. 6, e776, 2020.

MENDES, I. de C.; CHAER, G. M.; JUNIOR, F. B. dos R.; SOUSA, D. M. G. de; DANTAS, O. D.; OLIVEIRA, M. I. L. de; MALAQUIAS, J. V. **Tecnologia BioAS**: uma maneira simples e eficiente de avaliar a saúde do solo. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2021. 50 p

MENDES, I. de C.; CHAER, G. M.; JUNIOR, F. B. dos R.; OLIVEIRA, M. I. L. de; DANTAS, O. D.; MALAQUIAS, J. V. **Fazendas de referência para a implementação do modelo de quatro quadrantes na avaliação de tendências do carbono do solo pela tecnologia BioAS**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2023. 41 p

NANNIPIERI, P.; ASCHER, J.; CECCHERINI, M. T.; LANDI, L.; PIETRAMELLARA, G.; RENELLA, G. Microbial diversity and soil functions. **European Journal Soil Science**, v. 54, n. 4, p. 655-670, 2003.

NOTARIS, C. D.; JENSEN, J. L.; OLESEN, J. E.; SILVA, T. S.; RASMUSSEN, J.; PANAGEA, I.; RUBAEK, G. H. Long-term soil quality effects of soil and crop management in organic and conventional arable cropping systems. **Geoderma**, v. 403, e115383, 2021.

PEREIRA, C. D.; NIVA, C. C.; JUNIOR, F. B. dos R.; ALCÂNTARA, F. A. de; CHAER, G. M.; MALAQUIAS, J. V.; MENDES, I. de C.; MACHADO, C. T. de T. **Dinâmica da Fertilidade dos Solos nas Áreas dos Corredores Agroecológicos dentro de uma Abordagem Integral**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2021. 68 p

PÔRTO, M. L.; ALVES, J. do C.; DINIZ, A. A.; SOUZA, A. P. de; SANTOS, D. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no brejo paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1011-1017, 2009.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 3, p. 85-91, 2011.

REZENDE, C. C.; SILVA, M. A.; FRASCA, L. L. M.; FARIA, D. R.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; NASCENTE, A. S. Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e50810212725, 2021.

RODRIGUES, R. N.; JUNIOR, F. B. dos R.; LOPES, A. A. de C.; ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; VEIGA, A. D.; MENDES, I. de C. Soil enzymatic activity under coffee cultivation with different water regimes associated to liming and intercropped brachiaria. **Ciência Rural**, v. 52, n. 3, e20200532, 2022

RUSCH, A.; BOMMARCO, R.; JONSSON, M.; SMITH, H. G.; EKBOM, B. Flow and stability of natural pest control services depend on complexity and crop rotation at the landscape scale. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, n. 2, p. 345-354, 2013.

SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 035-041, 2010.

SEXSON, D. L.; WYMAN, J. A. Effect of Crop Rotation Distance on Populations of Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): Development of Areawide

Colorado Potato Beetle Pest Management Strategies. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, n. 3, p. 716–724, 2005.

SHAH, K. K.; MODI, B.; PANDEY, H. P.; SUBEDI, A.; ARYAL, G.; PANDEY, M.; SHRESTHA, J. Diversified Crop Rotation: An Approach for Sustainable Agriculture Production. **Advances in Agriculture**, v. 2021, n. 1, p. 1-9, 2021.

SILVEIRA, F. M.; RODRIGUES, S. R. Larval density of Melolonthidae (Coleoptera) in succession cropping systems in Chapadão do Sul, MS, Brazil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 2, p.522-532, 2020.

SIMIC, M.; DRAGICEVIC, V.; TATARIDAS, A.; KRACHUNOVA, T.; SRDIC, J.; GAZOULIS, I.; BRANKOV, M. Integrated effects of crop rotation and different herbicide rates in maize (*Zea mays L.*) production in central Serbia. **Crop Protection**, v. 187, e106913, 2025.

SKELLERN, M. P.; AND COOK, S. M. The potential of crop management practices to reduce pollen beetle damage in oilseed rape. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 12, p. 867–879, 2018.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.1, p.83-91, 1999.

TORMA, S.; VILČEK, J.; LOŠÁK, T.; KUŽEL, S.; MARTENSSON, A. Residual plant nutrients in crop residues – an important resource. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science**, v. 68, n. 4, p. 358-366, 2017.

TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FIDALSKI, J.; IMHOFF, S.; SILVA, A. P. Quantificação da resistência tênsil e da friabilidade de um latossolo vermelho distroférrico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 943-952, 2008.

UWAMAHORO, H.; KPOMBLEKOU, K.; MORTLEY, D.; QUARCOO, F. Organic vegetable crop residue decomposition in soils. **Heliyon**, v. 9, n. 3, e14529, 2023.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 891-900, 2004.

YU, T.; MAHE, L.; LI, Y.; WEI, X.; DENG, X.; ZHANG, D. Benefits of Crop Rotation on Climate Resilience and Its Prospects in China. **Agronomy**, v. 12, n. 2, e436, 2022.

YUAN, X.; WANG, B.; HONG, S.; XIONG, W.; SHEN, Z.; RUAN, Y.; LI, R.; SHEN, Q.; ANDREOTE, F. D. Promoting soil microbial-mediated suppressiveness against *Fusarium* wilt disease by the enrichment of specific fungal taxa via crop rotation. **Biology and Fertility of Soils**, v. 57, p. 1137-1153, 2021.

ZHOU, Y.; YANG, Z.; LIU, J.; LI, X.; WANG, X.; DAI, C.; ZHANG, T.; CARRIÓN, V. J.; WEI, Z.; CAO, F.; BAQUERIZO, M. D.; LI, X. Crop rotation and native microbiome inoculation restore soil capacity to suppress a root disease. **Nature Communications**, v. 14, e8126, 2023.

ZOU, Y.; ZHENSHAN, L.; CHEN, Y.; WANG, Y.; SHIJING, F. Crop Rotation and Diversification in China: Enhancing Sustainable Agriculture and Resilience. **Agriculture**, v. 14, n. 9, e1465, 2024.

## CONCLUSÃO GERAL

A pesquisa em questão teve o objetivo de avaliar o efeito da sucessão e rotação de culturas, soja e hortaliças, em parâmetros agronômicos e fitossanitários no manejo da cultura da soja.

No primeiro ano, foi realizado consórcio da soja com capins, objetivando a supressão de espontâneas. Houve redução de 33% no número de espécies espontâneas e de 94% na massa fresca dessas espécies da primeira para a segunda safra. O consórcio de soja com capim Brizantha demonstrou potencial de supressão da *Brachiaria decumbens*, mas não teve efeito significativo sobre *Cyperus rotundus*, *Oxalis latifolia* e *Richardia brasilienses*. A cultura do repolho e a sucessão com alface contribuíram para a redução de algumas espécies espontâneas. O índice de similaridade entre safras (0,36) confirmou o efeito positivo da rotação de culturas na supressão de plantas espontâneas.

Extratos vegetais à base de feijão-guandú, alho e camomila demonstraram eficácia na mortalidade e repelência de fêmeas adultas de *Euschistus heros*, sendo mais efetivos após 72 horas, em laboratório. Estudos adicionais são necessários para avaliar o uso desses extratos no manejo da praga a campo.

O cultivo sucessional de soja e hortaliças resultou em melhoria da fertilidade e qualidade microbiológica do solo e aumento da produtividade da soja após dois anos de cultivo.

A rotação da soja com hortaliças ou outras culturas com alta demanda nutricional, sob sistema orgânico, se apresenta como alternativa viável para a agricultura familiar, uma vez que mais de 73% dos estabelecimentos de soja no Brasil possuem menos de 50ha, segundo relatório IBGE (2019).

A soja orgânica vem sendo utilizada na alimentação humana, principalmente em países asiáticos, e sua exportação para essa região é uma realidade há anos. A rotação com hortaliças na safra de inverno promove a produção de alimentos frescos e mais uma alternativa de geração de renda com o foco no mercado interno e regional.