

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS (CCA)  
GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Julia Gomes Torquesi

**Proteção de plantas contra o ataque de insetos: barreiras visíveis e  
invisíveis**

ARARAS - SP

2024

JULIA GOMES TORQUESI

**Proteção de plantas contra o ataque de insetos: barreiras visíveis e invisíveis**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento Ciências da Natureza, Matemática e Educação da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do Título de Licenciado em Ciências Biológicas

Orientadora: Profa. Ane Hackbart de Medeiros

Araras - SP  
2024

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço minha família, meus amigos e colegas de trabalho que me motivaram e auxiliaram a escrever este trabalho com este tema. Em especial a empresa Cimoagro, que me ajudou a ter ideias sobre o tema.

## RESUMO

Aos olhos de um observador não informado, as plantas aparentam serem presas fáceis aos herbívoros. Claro, elas não podem se esconder ou correr para outro lugar, mas não são presas fáceis. As plantas têm um sistema de vigilância, capaz de perceber o dano em uma folha ou caule e inicia uma cascata de sinalização, que culmina com a indução de proteínas de defesa. Essas defesas “invisíveis” só são ativadas quando acontece o dano por um herbívoro, e representam uma economia de recursos da planta. Existem também as defesas “visíveis”: os espinhos, tricomas, cutícula mais espessa, que já estão presentes na planta. Essa monografia procura fazer uma síntese da bibliografia sobre as respostas de plantas quanto ao ataque de insetos. Foi feito um levantamento bibliográfico usando a ferramenta Google Acadêmico, usando palavras chaves que englobam o tema, e dando prioridade para artigos dos anos 2000 até 2025. Objetivou-se criar um panorama geral sobre como as plantas respondem ao ataque de insetos e como essas estratégias podem ser incorporadas ao manejo integrado de pragas. O levantamento bibliográfico pode ser usado por pessoas leigas que queiram saber mais sobre o assunto e também por pessoas que trabalham com produção rural, na tentativa de desmistificar que as plantas são seres incapazes de se defender. Atualmente, vivencia-se o aumento da população de insetos resistentes aos inseticidas mais usados no agronegócio e o uso de agroquímicos podem levar ao aumento do risco de contaminação ao ambiente e às pessoas que os manuseiam. Espera-se que esse levantamento bibliográfico possa servir como fonte de informação na busca por estratégias de resistência da própria planta em programas de manejo integrado de pragas.

Palavras chaves: interação planta-inseto, defesas induzidas, manejo integrado de pragas, alternativas aos defensivos, metabólitos secundários

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. JUSTIFICATIVA	7
3. OBJETIVO	7
4. MATERIAIS E MÉTODOS	7
5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
5.1. Estruturas morfológicas: barreira visível contra herbívoros	8
5.2. Resposta induzida: estratégia invisível contra herbívoros	12
5.3. Metabólitos secundários de plantas	13
5.4. Comunicação e sinalização entre as plantas e seus invasores	15
5.5. Interação entre inseto e planta e suas adaptações	17
5.6. Uso de defensivos agrícolas no manejo integrado de pragas	19
6. CONCLUSÃO	22
7. REFERÊNCIAS	22

## 1. INTRODUÇÃO

Parecem inofensivas, mas as plantas são capazes de perceber os sinais à sua volta e montar uma estratégia de defesa. As plantas podem desenvolver diferentes estratégias para se defender: alguns mecanismos de defesa já existem: estruturas morfológicas, como por exemplo os pelos, tricomas, espinhos e as folhas que podem ser mais grossas ou endurecidas, essas estruturas acabam formando uma barreira física que minimiza os ataques das pragas. Os compostos fenólicos atuam como um mecanismo de defesa contra herbívoros e microrganismos. A lignina, possui uma função de defesa das plantas contra patógenos e insetos, pois forma uma barreira onde limita a entrada desses inimigos e assim aumenta a resistência das folhas (RASHID et al., 2012). Outra linha de defesa só aparece quando a planta é atacada: pode ser a liberação de misturas de voláteis que atraem os inimigos naturais das pragas, e a síntese de compostos tóxicos para as pragas (RASHID et al., 2012).

Para poder se defender, as plantas são equipadas com um sistema sensorial, capaz de perceber os sinais, como físicos, onde o inseto causa um dano na superfície da planta, estresse bióticos e abióticos, além do ataque de insetos, a seca, irradiação UV, salinidade, temperaturas, podem causar algum dano na planta também (DIVERKAR et al., 2022). É uma maneira rápida para detectar os inimigos, como os insetos, sendo assim traduzir e interagir, para gerar uma resposta adequada como defesa, tanto de forma bioquímica quanto de forma fisiológica mais apropriada (MITHOFER, BOLAND, 2008). Sendo assim, o vegetal possui estratégias para induzir essas respostas contra os insetos e ataques, uma delas são os metabólitos secundários das plantas (MSPs), e os fitohormônios, que podem desencadear reações que levam à síntese e o acúmulo MSPs por exemplo.

Insetos e plantas co-existem por milhares de anos. Ao longo do tempo, como postulou Charles Darwin, na sua famosa teoria da Evolução por seleção natural, ocorre que alguns genótipos, tanto de plantas quanto de insetos, tem as características necessárias para sobrevivência. Se de um lado as plantas, montam uma estratégia de defesa contra os insetos, do outro lado, ocorre a seleção de alguns insetos que têm as características necessárias para sobreviver, apesar dessa resistência das plantas. Na agricultura, essa dinâmica ocorre a todo o momento, e hoje vivenciamos populações de insetos que são resistentes aos maiores grupos de inseticidas (DIVERKAR et al., 2022).

Pensando em estratégias de manejo integrado de pragas, esses mecanismos de defesa vegetal citados podem ser usados como uma forma alternativa ao controle químico na agricultura. É uma forma mais sustentável e não geram efeitos não desejados para o meio ambiente, nem para as pessoas que aplicam o produto (MRID et al., 2021).

## **2. JUSTIFICATIVA**

Faz-se necessário reestruturar a forma de manejo das culturas, utilizando propriedades da própria planta, ao invés de focar no uso de aplicações de defensivos agrícolas.

## **3. OBJETIVO**

Fazer um levantamento bibliográfico sobre as estratégias de defesa de plantas aos insetos, na tentativa de servir como uma estratégia de proteção de plantas, aliada ao manejo integrado de pragas.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

A monografia consiste em uma procura bibliográfica. A metodologia usada foi uma pesquisa documental nas bases de dados Google Acadêmico. Foram selecionados estudos e/ou documentos publicados preferencialmente em datas mais recentes, porém não houve restrição quanto ao ano. Primeiramente, foi feita a leitura dos títulos e dos resumos, para depois ler o artigo completo, daqueles que estavam dentro do tema buscado. Não houve restrição quanto ao idioma dos artigos escolhidos. Foram utilizados os seguintes termos para realização das pesquisas nas bases de dados: *plant resistance to insects*, resistência de plantas a insetos, *induced defense*, *plant perception to insect attack*, *secondary metabolites*

Após a busca por artigos, a segunda etapa foi organizar essas informações, primeiro organizar as estratégias de defesa das plantas, as físicas e visíveis e as induzidas que seriam as invisíveis. Depois de formular como esses mecanismos funcionam contra o ataque de pragas e quais são os mecanismos dos insetos e a co-adaptação deles contra as estratégias, além de trazer as informações sobre os insetos resistentes no meio agrícola, trazendo pesquisas sobre o assunto que mostram que o uso em excesso traz malefícios.

## **5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O Brasil é, essencialmente, um país com vocação agrícola. De acordo com a Embrapa, o Brasil ocupa o quarto lugar em produção de grãos depois da China, Estados Unidos e Índia, em 2020 foi exportado em média 123 milhões de toneladas de grãos, já no caso da cana de açúcar (ARAGÃO et al., 2020), o Brasil está em primeiro lugar, com cerca de 768 milhões de toneladas produzidas anualmente. Com relação ao ataque de insetos, a perda anual no Brasil é em média de 25 milhões de toneladas de produtos agrícolas (LEVIN, G. 2022).

Visando o aumento da produtividade e tentando minimizar os impactos de agroquímicos no ambiente, há uma busca por alternativas mais sustentáveis, na tentativa de conservar os recursos naturais (MRID et al., 2021). O uso de pesticidas sem regulamentação e sem equilíbrio com outras técnicas de combate aos insetos, ou seja, sem usar o manejo integrado de pragas, pode causar problemas ambientais, poluindo solos, águas e os recursos naturais (SCHANAR et al., 2022).

As plantas conseguem detectar os ataques e assim gerar uma resposta e podem ser vistos como um meio econômico e sustentável para a agricultura. A partir de agora, discorreremos sobre alguns mecanismos de defesa que as plantas usam para se defender dos insetos.

### **5.1 Estruturas morfológicas: barreira visível contra herbívoros**

As plantas possuem certas estruturas morfológicas que ajudam a prevenir danos causados pelos ataques de insetos. Essas estruturas, funcionam como barreiras físicas, e que já estão existentes nas plantas, exemplo, os espinhos (espinescência) e tricomas (pelos), a espessura da parede celular, folhas endurecidas (esclerofilia). Essas estruturas, são formas de defesa constitutiva que as plantas possuem, são vantagens de aptidão à planta que ajudam a impedir diretamente os herbívoros e patógenos se alimentarem e atacarem elas (WAR et al., 2012).

Os tricomas estão em caules, folhas e até mesmo nos frutos, dependendo da densidade, podem afetar negativamente o comportamento de oviposição, alimentação e nutrição larval e adulta de insetos, afetam também o movimento de insetos na superfície das plantas e assim reduzem o acesso aos tecidos das plantas

(RASHID et al., 2012). Essas estruturas possuem algumas formas, podem ser retos, espirais, ramificados ou não, glandulares ou não e podem ter forma de gancho. De acordo com Rashid e colaboradores (2012), os tricomas glandulares podem secretar os metabólitos secundários, como flavonóides, terpenos e alcalóides, que são tóxicos aos insetos.

Além disso, os tricomas formam uma barreira fisiológica, contra a perda de água por exemplo, assim como podem proteger contra a radiação UV, além de afetarem os movimentos, os tricomas em forma de gancho, prendem os insetos ou podem perfurá-los (HANLEY et al., 2007). Foi feita uma pesquisa onde foi retirado os pelos das folhas de *Silene dioica*, raspando da superfície das plantas, e foi visto que o vegetal ficou mais suscetível ao ataque de caracóis terrestres, além de diminuir em 70% a movimentação da lagarta *Battus philenor* por isso é importante ter essa estrutura morfológica das plantas (WESTERBERG e NYBERG, 1995).

Imagem 1: tricomas na superfície de uma folha



Fonte: OLIVEIRA (2020)

Os espinhos são galhos lenhosos e pontiagudos da epiderme, e podem servir como uma defesa contra o ataque de herbívoros (RASHID et al., 2012). Aquelas plantas que possuem folhas com mais espinhos, são menos propensas a sofrer herbivoria do que aquelas que têm menos espinhos, como o exemplo dos tricomas.

Imagem 2: Espinhos



Fonte: SANTOS (2025)

As folhas endurecidas, podem ser conhecidas também como esclerofilia, são importantes para criar uma resistência ao murchamento ou conservação da água e nutrientes. As folhas e os brotos que são mais endurecidos, tornam a planta menos palatável e os insetos que a comem tem dificuldade de digestão (HANLEY et al., 2007).

Imagem 3: Ramo de uma planta com folhas duras



Fonte: MACHADO (2020)

## **5.2 Resposta induzida: estratégia invisível contra herbívoros**

Os ferimentos podem influenciar no mecanismo de defesa de plantas, os insetos se alimentam de folhas cortando os tecidos em pedaços, gerando várias lesões na superfície da folha, e assim as plantas conseguem discernir os ferimentos, pois o impacto gera sinais para que a planta ative seu sistema de defesa (MITHOFER, BOLAND, 2008).

Imagem 4: Ferimentos nas plantas causado por insetos.



Fonte: SANTOS (2013)

As plantas são capazes de reconhecer os elicitores, que como já foi citado, são moléculas que são capazes de induzir uma resposta de defesa, eles ficam na parte oral do inseto, e após o inseto se alimentar das folhas ou do vegetal, desencadeia uma série de vias de sinalização que estão diretamente ligadas a produção de metabólitos de defesa (MAFFEI et al., 2004).

Além das barreiras físicas, que foram mencionadas, existem as defesas induzidas, que não estão presentes a todo o momento na planta, e só são produzidas no caso de um ferimento, tanto provocado por estresse abióticos como bióticos. Os ferimentos podem ocorrer em decorrência de fatores como vento, chuva, estresse hídricos e solar, e podem também ser causados pela alimentação de artrópodes; essas lesões afetam fisicamente os tecidos vegetais e podem ser um caminho para entrada de patógenos oportunistas (CHEONG et al., 2002). As respostas induzidas por ferimentos acontecem em um período de tempo de minutos ou até mesmo horas após o dano. Sinais específicos são enviados, tanto no local que foi afetado, quanto na planta toda (LEON, ROJO E SANCHEZ - SERRANO,

2001), ativando uma resposta de defesa sistêmica. Existem moléculas que possuem estruturas diferentes que possuem o papel de sinalização, como o jasmonatos, etileno e o ácido abscísico, que são moléculas de atividades hormonais

Frost (2008), relata que as informações são transportadas por moléculas de sinalização, e assim transportadas pelos vasos condutores, como xilema e floema. O reconhecimento do dano provoca uma sinalização sistêmica, induzida por alguns hormônios vegetais como o etileno, ácido jasmônico (AJ) e o ácido salicílico (AS) (CHEONG et al., 2002).

Algo interessante é que as proteínas induzidas após o ferimento possuem algumas funções como reparar o tecido vegetal que foi danificado, e após o dano, podem produzir substâncias específicas, como o etileno que potencializa a sinalização após a ferida, e assim q inibir o crescimento do inseto predador, além de poder também participar da ativação de sinalização e ajustar o metabolismo das plantas (LEON, ROJO E SANCHEZ - SERRANO, 2001).

### **5.3 Metabólitos Secundários de Plantas**

Os Metabólitos Secundários de Plantas (MSPs), recebem esse nome para diferenciar dos metabólitos primários. Os metabólitos primários estão relacionados com a regulação do crescimento e desenvolvimento normais das plantas, essenciais para a sobrevivência. Os metabólitos secundários estão envolvidos na defesa das plantas contra os herbívoros (MENEZES, 2020).

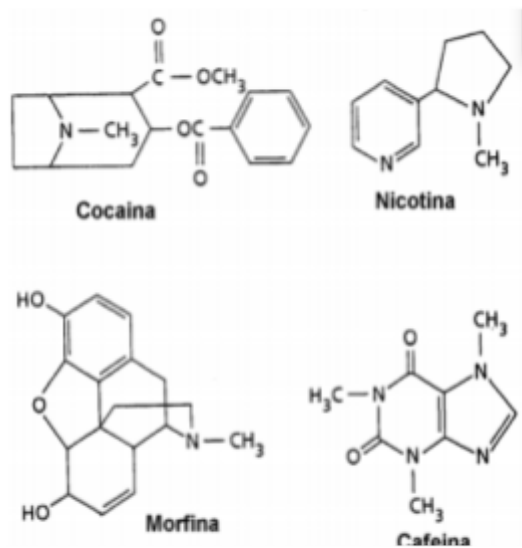
Imagem 5: Metabólitos secundários das plantas



Fonte: MRID et al., (2021)

Os MSPs são moléculas pequenas que se formam a partir dos metabólitos primários (NARANG et al., 2024). Os MSPs podem ser ativados por uma lesão, e funcionam como um escudo defensivo para se proteger de herbívoros. Além de que a biossíntese deles, é um processo complexo, porém eles atuam como combinação contra estresses específicos, de formas diferentes, a síntese é específica em tecidos, células e órgão com estágio em desenvolvimento. Existem 4 grupos de metabólitos, os terpenos como os composto voláteis, os compostos fenólicos como os taninos, os metabólitos secundários que contêm enxofre que seriam os glicosídeos, e por último os os metabólitos secundários que contêm nitrogênio, que incluem os alcalóides (DIVERKAR et al., 2022).

Imagem 6: Exemplos de Alcalóides



Fonte: MENEZES (2020)

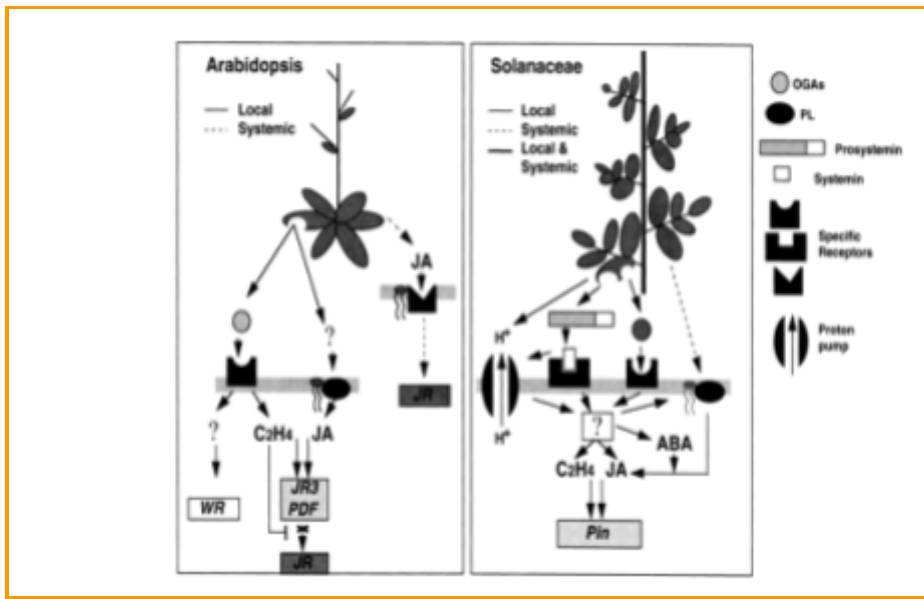
Os metabólitos secundários podem ser extraídos das plantas e usados de maneira ecológica. Eles possuem compostos bioativos, substâncias com atividade biológica que podem ter efeitos bioestimulantes e atividade de bioprotetores, promovem o crescimento e produtividade e prometem ser uma alternativa mais amigável ao ambiente que os defensivos sintéticos (MRID et al., 2021). Os bioestimulantes contêm substâncias e/ou microrganismos que podem estimular o processo natural para aumentar e beneficiar a absorção de nutrientes, tolerância ao estresse abiótico e a qualidade da cultura. Os bioprotetores são produtos derivados de organismos que podem proteger as plantas de estresses (MRID et al., 2021).

#### **5.4 Comunicação e sinalização entre as plantas e seus invasores**

As plantas possuem mecanismos de defesa contra ataques de insetos, através de pequenos sinais que são lançados, além das suas estruturas que ajudam a afastar e proteger. Ou seja, elas são capazes de se comunicar e liberar esses sinais para as plantas vizinhas, informando que estão em perigo, através de sinais aéreos voláteis que parecem ser eficientes na redução do ataque de herbívoros às plantas receptoras, sendo que esses receptores específicos são importantes para liberar essa sinalização na célula vegetal. Ou seja, quando são atacadas ocorre uma

série de reações que são detectadas por moléculas e assim inicia o mecanismo de defesa da planta (MITHOFER, WILHELM, 2008).

Imagem 7: Comparação de vias de sinalização de feridas em *Arabidopsis thaliana* e plantas solanáceas. *Arabidopsis* : No lado esquerdo, o ferimento mecânico de uma folha em *Arabidopsis* libera oligossacarídeos (OGAs) que se ligam a receptores específicos e ativam a expressão do gene WR e a produção de etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) na folha danificada.



Fonte: LEON, ROJO, SANCHEZ-SERRANO. (2001)

Tais compostos voláteis, são usados como uma forma de linguagem entre as plantas, para elas se comunicarem e interagirem com o ambiente ao redor (DUDAVERAA et al., 2007). As plantas são capazes de induzir respostas que vão contra os patógenos, essa resposta induzida são as mudanças que ocorrem na planta após um estresse ou dano que foi causado. As plantas vizinhas que competem com aquelas que emitiram os sinais, podem alterar sua defesa, sendo assim as vizinhas se preparam para os danos (KARBAN, 2010).

A conexão entre as plantas pode ocorrer através de transferência entre elas, de carboidratos e minerais, ou seja, não é apenas físico, pode ocorrer também com água e ar que transferem produtos químicos através das raízes por exemplo, além de ocorrer também a transferência aérea (MITHOFER, WARNER E BOLAND, 2005).

Quando o vegetal é atacado, eles liberam sinais, ou seja, misturas de compostos voláteis, conhecidos também como COVs, que são transferidos de forma aérea e induzem indiretamente as plantas vizinhas a produzir os seus mecanismos de defesa (CAMPOS, et al., 2008)





Fonte: MITHOFER, BOLAND (2008)

Alguns genótipos de insetos conseguem se alimentar de plantas, mesmo com a presença de metabólitos secundários, seja através de estratégias como a rápida absorção e assim eliminando esses compostos nas fezes, com ajuda de micróbios intestinais para reduzir essas toxinas (AFROZ, RAHMAN, AMIN, 2021). Outra estratégia usada pelos herbívoros é o armazenamento de MSPs em determinadas vesículas ou estruturas próprias e assim podem utilizar essas toxinas para proteger seus ovos, ou para se proteger contra inimigos (DIVERKAR et al., 2022).

Em outro exemplo, existem espécies de insetos que conseguem converter os taninos em compostos que são menos tóxicos e podem ser utilizados para o crescimento e desenvolvimento (AFROZ, RAHMAN, AMIN, 2021).

Entender sobre esses mecanismos e sobre suas contra adaptações, é importante para determinar uma estratégia de manejo de pragas e por isso é necessário estudar pois os MSPs podem ser vistos como uma forma alternativa de

para implantar uma opção de manejo de pragas ecologicamente correto e sustentável.

### **5.6 Uso de defensivos agrícolas no manejo integrado de pragas**

Os pesticidas sintéticos são a forma mais usual de controlar as pragas nas culturas e estão disponíveis facilmente para os agricultores. Seu uso indiscriminado, contudo, pode trazer malefícios para o aplicador e para o meio ambiente, além de que, o uso constante desses agroquímicos pode selecionar genótipos de insetos com resistência. Aqueles organismos que são mais resistentes, que possuem um potencial genético diverso para se defender ou resistir, sobrevivem e se desenvolvem passando para as próximas gerações (DIVERKAR et al., 2022).

Sendo assim, há novas formas que estão sendo pesquisadas para minimizar os impactos, de uma forma mais sustentável: os metabólitos secundários, podem servir como uma forma alternativa para estimular o crescimento e a saúde das plantas, entretanto há algumas barreiras na comercialização como a acessibilidade e sustentabilidade de recursos botânicos, a força, padronização e controle de qualidade dos extratos e o apoio regulamentar (MRID et al., 2021).

Imagem 10: Campo de soja e milho



Fonte: Fotos pessoais

Esses metabólitos podem ser retirados das plantas e usarmos como uma alternativa, entretanto, ainda não é possível ser extraído em larga escala, pois para ser produzido, demora anos até chegar no momento exato para ser extraído, além de que os MPSs possuem baixa toxicidade para os seres humanos comparados com os agroquímicos. Um exemplo são os alcalóides, que fazem parte do grupo dos metabólitos secundários, esse grupo mostrou propriedades inseticidas, de paralisia e intoxicação, e podem ser usados como biopesticidas na agricultura (DIVERKAR et al., 2022).

Imagem 11: Metabólitos secundários



Fonte: FLORES- LOPEZ (2021)

O uso de bioestimulantes naturais de plantas (BPs), está sendo visto como uma proposta para melhorar a produtividade, crescimento, qualidade e resistência das plantas também, eles foram implantados inicialmente na agricultura orgânica, entretanto, recentemente os BPs, foram usados em produções convencionais, como uma forma alternativa na agricultura (BUONO, 2021). Tais bioestimulantes, ajudam as plantas a suportar estresses bióticos, que são danos causados por organismos vivos, como os insetos e abióticos que seriam elementos não vivos como calor, falta de água, geadas, e assim diminui a dependência delas aos produtos químicos (SANCHEZ, 2020).

Em 2019, foi feito um estudo com alguns compostos que estão presentes em plantas como efeito inseticida, como os capsaicinoides (extraídos dos frutos *Capsicum chinense*) e os glucosinolatos (extraídos dos tubérculos de *Tropaeolum tuberosum*), possui um efeito contra pragas como os pulgões, além de que os dois compostos têm efeito biocida sobre *A. cytisorum* (CUADRADO et al., 2019). Esses glucosinolatos, são derivados de aminoácidos e atuam contra o ataque de patógenos, já os capsaicinoides, são do grupo dos metabólitos secundários, que agem contra pragas nas plantas. Esses dois compostos químicos, podem ser uma alternativa ecológica, pois podem controlar o pulgão, uma praga que assombra a maioria das culturas no meio agrícola, além de poder controlar outras espécies de pragas também.

A nicotina, pode ser usada como um inseticida, pois repele os herbívoros, os piretrinas e os triterpeno azadiractina que são metabólitos secundários, também atuam como repelente de insetos, um outro que funciona muito bem também, é o piretróide, que são bioquímicos naturais (DIVERKAR et al., 2022).

Os metabólitos secundários, podem ser utilizados como pesticidas bioestimulantes, os mecanismos tecnológicos, engenharia metabólica, podem ajudar na produção de metabólitos secundários, entretanto, em largas escalas ainda há limitações (DIVERKAR et al., 2022).. Em momentos quando os obstáculos e limitações da produção de MSPs são maiores, mas mesmo com essas novas tecnologias e pesquisas, os produtos que são derivados das plantas ainda não podem substituir os defensivos agrícolas convencionais. Uma maneira, é fazer uma integração, e minimizar os possíveis impactos, e assim pode ser usado os metabólitos secundários como uma alternativa que pode ajudar.

## **6. CONCLUSÃO**

As plantas possuem mecanismos de defesa, quando atacadas, sendo assim, precisam gerar uma resposta contra o ataque dessas pragas e se protegerem, de forma direta, que seriam as suas estruturas, como tricomas, e folhas endurecidas ou uma resposta induzida, por um estresse ou algum dano e assim geram uma série de sinais para se proteger. Os metabólitos secundários, permitem que as plantas consigam detectar os ataques e assim gerar uma resposta contra esses ataques e assim liberando uma substância tóxica para os insetos.

Essa pesquisa busca mostrar formas alternativas para serem usados no meio agrícola para diminuir os impactos no meio ambiente do uso indiscriminado de defensivos químicos e controlar os ataques nas culturas, melhorando a qualidade e continuar com a produtividade.

Uma forma de alternativa que está sendo estudada são os metabólitos secundários, produzidos pelas plantas, para serem usados na agricultura, pois causam menos impactos, e diminui o uso de produtos químicos, e assim diminui a resistência de insetos contra o uso em excesso de agroquímicos.

## 7. REFERÊNCIAS

ABDEL-AZIZ, S.M., ABO ELSOUND, .M.M.,ANISE, A. A.H., Microbial Biosynthesis: A Repertory of Vital Natural Products. Food Biosynthesis, Academic Press. v.1. p. 25-54,2017.Disponível em:<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/secondary-metabolite> . Acesso em: 15 nov. 2024.

AFROZ M., RAHMAN M., AMIN R. “Insect Plant Interaction with Reference to Secondary Metabolites: A Review. Agricultural Reviews. v. 42, p. 427-433, julho 2021. Disponível em: <https://arccjournals.com/journal/agricultural-reviews/R-200> . Acesso em: 15 nov. 2024.

ARAGAO, A., CONTINI, E. O agro no Brasil e no mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020.EMBRAPA SIRE. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2024.

BEPLANTS. Você sabia que as plantas também podem sentir?. Medium. Disponível em:<https://medium.com/@beplants/voc%C3%AA-sabia-que-as-plantas-tamb%C3%A9m-podem-sentir-1eef469603c9> . Acesso em 25 de fev. 2025.

BENNETT, R.N., WALLSGROVE, R.M. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. New Phytol.v. 127. n. 4. p. 617-633, agosto 1994. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33874382/> . Acesso em: 15 de nov. 2024.

BUONO, D.D. Can biostimulants be used to mitigate the effect of anthropogenic climate change on agriculture? It is time to respond. Science of The Total Environment. v. 751.Jan. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896972035292X> . Acesso em: 15 nov. 2024.

CAMPOS, W. G. FARIA, A. F., OLIVEIRA, M. G. A. SANTOS H. L. Induce response against herbivory by chemical information transfer between plants. Brazilian Society of Plant Physiology. v. 20. n 3. p. 257 - 266, dez. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/dTwDNqghpMjbCgrzx5WCWnj/?lang=en>. Acesso em: 15 nov. 2024.

CHEONG Y.H, CHANG H.S, GUPTA, R. WANG, X, ZHU T, LUAN, S. Transcriptional profiling reveals novel interactions between wounding, pathogen, abiotic stress, and hormonal responses in Arabidopsis. Plant Physiol. v. 129. n.2 .p. 661-677, jun. 2002. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC161692/> . Acesso em: 15 nov. 2024.

CUADRADO, J.L.C., PINILLOS E.O, TITO R, MIRONES C.S, MENDONZA N.N.G. Insecticidal Properties of Capsaicinoids and Glucosinolates Extracted from Capsicum chinense and Tropaeolum tuberosum. Insects. v. 10. n.5. p.132, maio 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6572632/#B8-insects-10-00132> . Acesso em: 15 nov. 2024.

DIVEKAR, P. A., NARAYANA, S., DIVEKAR, B. A., KUMAR, R., GADRATAGI, B. G., RAY, A., SINGH, A. K., RANI, V., SINGH, V., SINGH, A. K., KUMAR, A., SINGH, R. P., MEENA, R. S., BEHERA, T. K. (2022). Plant Secondary Metabolites as Defense Tools against Herbivores for Sustainable Crop Protection. International journal of molecular sciences. v. 23. Feb. 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35269836/> . Acesso em: 15 nov. 2024.

\*\*DUDAVERA, N., NEGRE, F., NAGEGOWDA, D. A., & ORLOVA, I. Plant Volatiles: Recent Advances and Future Perspectives. Critical Reviews in Plant Sciences. v. 25. n. 5. p. 417–440, jan. 2007. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07352680600899973?needAccess=true> . Acesso em 15 de nov. 2024.

FLORES - LOPEZ, M. Potencial fitoquímico de plantas nativas em la região de Cariri cearense nordeste de Brasil y México. Curso Movilidad virtual. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SfVrCDgbDuo> . Acesso em 25 de fev. 2025.

FROST, C.J, MESHER M.C, CARLSON J.E, DE MORAES C.M. Plant defense priming against herbivores: getting ready for a different battle. *Plant Physiol.* v. 146. . 3. p. 818-24, março 2008. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2259053/?authuser=0> .Acesso em: 15 nov. 2024.

HANLEY, M. E., LAMONT B.B., FAIBANCKS,M.M., RAFFERTY, C.M. Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. *Perspectives in Plant. Ecology, Evolution and Systematics.* v. 8. p. 157-178, julho 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1433831907000108?via%3Dihub> . Acesso em 15 nov. 2024.

KARBAN, R. The ecology and evolution of induced resistance against herbivores. *Functional Ecology.* v. 25. p. 339-347, outubro. 2011. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2435.2010.01789.x> . Acesso em 15 nov. 2024.

LEON, J.,ROJO, E., SANCHEZ - SERRENO, J.J.Wound signalling in plants. *Journal of Experimental Botany.* v. 52. p. 1–9, jan. 2001. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/52/354/1/675449?login=false> . Acesso em: 15 nov. 2024.

LEVING, G. Controle de pragas agrícolas. Bayer Brazil. 2022. Disponível em : <https://www.bayer.com.br/pt/blog/controle-de-pragas-agricolas#:~:text=No%20Brasil%2C%20a%20perda%20anual,17%2C7%20bilh%C3%B5es%20de%20d%C3%B3lares> . Acesso em: 15 nov. 2024.

MACHADO, E. Planta de Jade (crassula ovata) como cuidar. *Jardinando.* 2020. Disponível em: <https://projetojardinando.com.br/planta-jade/> Acesso em: 25 de fev. 2025.

MAFFEI, M., BOSSI, S., SPITELLER, D., MITHOFER, A., BOLAND, W. Effects of feeding *Spodoptera littoralis* on lima bean leaves. I. Membrane potentials, intracellular calcium variations, oral secretions, and regurgitate components. *Plant Physiol.* v.134. n.4. p. 1752–1762, abr. 2004. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC419848/> . Acesso em: 15 nov. 2024.

MENEZES, S.L.M. Plantas e Metabólitos Secundários: Uma proposta para o ensino de química orgânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. v. , dez. 2020. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/28885/1/plantasmetabolitossecundariosensino.pdf> . Acesso em: 15 nov. 2024.

MITHOFER, A. WANNER, G., BOLAND , W. Effects of feeding *Spodoptera littoralis* on lima bean leaves. II. Continuous mechanical wounding resembling insect feeding is sufficient to elicit herbivory-related volatile emission. *Plant Physiol.* v. 13. n.3. p. 1160 - 1168, março 2005. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1065415/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

MITHOFER, A.;BOLAND , W. Recognition of herbivory-associated molecular patterns. *Plant Physiol.* v. 146. n.3. p. 825-31, março 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18316636/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

MRID, R. B., BENMRID, B., HAFSA,J., BOUKCIM,H., SOBEH,M., YASRI, A.Secondary metabolites as biostimulant and bioprotectant agents: A review. *Science of the Total Environment.* v. 777. Julho 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721012717?via%3Dihub> . Acesso em: 15 nov. 2024.

NURUZZAMAN, MD., LIU, Y., RAHMAN, M.M., DHARMARAJAN, R., DUAN, L.,JAMAL UDDIN, A.F., NAIDU,R. Nano Biopesticides: Composition and preparation methods. Academic Press. p. 69-131, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128158296000048> . Acesso em: 15 nov. 2024.

OLIVEIRA, B. Tricomas:Você sabe o que são e para que serve?. *Cannateca.* Julho 2020.Disponível em:

<https://cannalize.com.br/tricomas-o-que-sao-e-a-relacao-com-a-cannabis/> . Acesso em: 25 de fev. 2025.

SÁNCHEZ, J.M. O estresse das plantas. K. Center Lallemand. v. 1. 2020. Disponível em: <https://kcenter.lallemandplantcare.com/pt-br/brazil-paraguay/conheca-os-fundamentos/o-estresse-das-plantas/#:~:text=Dentre%20os%20mais%20frequentes%2C%20encontram,a%20melhorar%20a%20resili%C3%Aancia%20delas> . Acesso em: 15 nov. 2024.

SANTOS, V.S. Diferença entre espinhos e acúleos. Mundo Educação Uol. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/diferencas-entre-espinhos-aculeos.htm#:~:text=Tanto%20espinhos%20quanto%20ac%C3%BAleos%20est%C3%A3o,e%20espinhos%20ocorre%20nas%20ac%C3%A1cias> . Acesso em: 25 de fev. 2025.

SANTOS, B. A origem e a importância dos insetos como praga das plantas cultivadas. Universidade Federal do Paraná - SCB. 2013. Disponível em: [https://bio.ufpr.br/pragasplantas/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/OIP\\_-notas-de-aula.pdf](https://bio.ufpr.br/pragasplantas/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/OIP_-notas-de-aula.pdf) . Acesso em: 25 de fev. 2025.

SCHNARR, L., SEGATTO, M.L., OLSSON, O., ZUIN, V.G., KUMMERER, K. Flavonoids as biopesticides – Systematic assessment of sources, structures, activities and environmental fate. Science of The Total Environment. v. 824. Jun. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722008737> . Acesso em: 15 nov. 2024.

SILVA, R. A., REIS, V.M., BALDANI, J.I., OLIVARES, F.L. Defesa de planta contra o ataque de fitopatógenos. EMBRAPA. v. 1. 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/630318/1/doc250.pdf> . Acesso em: 15 de nov. 2024.

WAR, A. R., PAULRAJ, M. G., AHMAD, T., BUHROO, A. A., HUSSAIN, B., IGNACIMUTHU, S., & SHARMA, H. C. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. Plant signaling & behavior. v. 7. n.10. p. 1306–1320, out. 2012. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3493419/?authuser=0> . Acesso em: 15 nov. 2024.

WINK, M. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*. v. 64. p. 3-19, set. 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942203003005?via%3Dihub>. Acesso em: 15 nov. 2024.