



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**EXTRATOS VEGETAIS NA AGRICULTURA E NO TRATAMENTO DE  
SEMENTES**

**RICARDO DA SILVA CARVALHO**

**Araras**

**2021**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**EXTRATOS VEGETAIS NA AGRICULTURA E NO TRATAMENTO DE  
SEMENTES**

**RICARDO DA SILVA CARVALHO**

ORIENTADOR: PROF. Dr. VICTOR AUGUSTO FORTI  
CO-ORIENTADORAS: PROF. Dra. MARIANA ALTENHOFEN DA SILVA  
PROF. Dra. MARIA TERESA MENDES RIBEIRO BORGES.

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Agroecologia e  
Desenvolvimento Rural como requisito  
parcial à obtenção do título de  
**MESTRE EM AGROECOLOGIA E  
DESENVOLVIMENTO RURAL**

Araras

2021

Silva Carvalho, Ricardo da

EXTRATOS VEGETAIS NA AGRICULTURA E NO  
TRATAMENTO DE SEMENTES / Ricardo da Silva  
Carvalho -- 2021.  
64f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São  
Carlos, campus Araras, Araras

Orientador (a): Victor Augusto Forti

Banca Examinadora: Vanessa Neumann Silva;, Ana Paula  
de Oliveira Amaral Mello

Bibliografia

1. Controle de insetos. . 2. Organismos fitopatogênicos. .  
3. Sanidade de sementes. . I. Silva Carvalho, Ricardo da.  
II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8  
7083



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Agrárias  
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural

---

**Folha de Aprovação**

---

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Ricardo da Silva Carvalho, realizada em 31/08/2021.

**Comissão Julgadora:**

Prof. Dr. Victor Augusto Forti (UFSCar)

Profa. Dra. Vanessa Neumann Silva (UFFS)

Profa. Dra. Ana Paula de Oliveira Amaral Mello (UFSCar)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao pai maior, Deus;

Aos meus pais, José Francisco Dias Carvalho e Maria da Solidade da Silva;

Aos meus irmãos, Márcio da Silva Carvalho, Cristina da Silva Carvalho, Mariana da Silva Carvalho, Carlos Eduardo da Silva Carvalho e Adriana da Silva Carvalho;

A querida Selma Rocha de Abreu, pelo carinho, amizade e paciência;

A todos os meus familiares, por toda palavra de carinho e motivação;

Ao meu orientador, Victor Augusto Forti, e coorientadoras, Mariana Altenhofen da Silva e Maria Teresa Mendes Ribeiro Borges, pela compreensão, dedicação e companheirismo;

A todo o corpo docente do Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural;

A nossa querida secretária, Cris, que não mede esforços para nos ajudar no que for preciso;

Aos queridos amigos moradores da República Oxente, Alisson Moura, Ailsa Cristiane, Filipe de Lima, Mariano e Raimundo Erikson Kadoshe, pela socialização de causos e contos;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## SUMÁRIO

	Pag.
ÍNDICE DE TABELAS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ii
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	iv
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	1
1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	2
2. CAPÍTULO 1. POTENCIALIDADES DE EXTRATOS VEGETAIS NA AGRICULTURA E SUAS APLICAÇÕES NO TRATAMENTO DE SEMENTES	5
RESUMO .....	5
2.1 INTRODUÇÃO .....	5
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	7
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	8
2.4 CONCLUSÃO .....	19
2.5 REFERÊNCIAS .....	20
3. CAPÍTULO 2. COMPOSTOS IDENTIFICADOS EM EXTRATOS VEGETAIS APLICADOS NA AGRICULTURA E NO TRATAMENTO DE SEMENTES ....	27
RESUMO .....	27
3.1 INTRODUÇÃO .....	27
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	29
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
3.4 CONCLUSÃO .....	45
3.5 REFERÊNCIAS .....	46
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>CAPÍTULO 1</b>	Pag.
Tabela 1- Principais espécies/gêneros utilizados em estudos sobre o potencial de aplicação de 3 extratos vegetais na agricultura e no tratamento de sementes, nos artigos publicados entre 4 janeiro de 2010 e agosto de 2020 na Web of Science.....	17
Tabela 2- Principais espécies/gêneros utilizados em estudos sobre o potencial de aplicação de 3 extratos vegetais na agricultura e no tratamento de sementes, nos artigos publicados entre 4 janeiro de 2010 e agosto de 2020 na Web of Science.....	18
<b>CAPÍTULO 2</b>	
Tabela 1- Principais compostos isolados nos estudos analisados com extratos vegetais e seus efeitos para uso na agricultura. ....	40
Tabela 2- Principais compostos isolados nos estudos com extratos vegetais e seus efeitos no tratamento de sementes. ....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

	Pag.
Figura 1- Número de artigos publicados sobre o uso extratos vegetais na agricultura e aplicação em sementes entre janeiro de 2010 e agosto de 2020, indexados na Web of Science.....	9
Figura 2- Principais periódicos veiculando publicações sobre o potencial uso de extratos vegetais na agricultura e aplicação em sementes entre janeiro de 2010 e agosto de 2020, indexados na Web of Science. ....	10
Figura 3- (A) Percentual de artigos publicados por países, sobre potencial o uso de extratos vegetais na agricultura e aplicação em sementes; entre janeiro de 2010 e agosto de 2020, indexados na Web of Science; (B) Principais países em publicação de artigos. ....	11
Figura 4- (A) Principais temas abordados nos artigos sobre a aplicação de extratos vegetais na agricultura; (B) Principais aplicações de extratos vegetais na agricultura feita nos artigos publicados e (C) Aplicações de extratos vegetais no tratamento de sementes.....	15

### CAPÍTULO 2

Figura 1- Número de artigos publicados e indexados na Web of Science sobre o uso extratos vegetais na agricultura e aplicação em sementes entre janeiro de 2010 e dezembro de 2020, dentro de cada abordagem realizada quanto a composição dos extratos vegetais. ....	31
Figura 2- Porcentagem de artigos indexados no Web of Science, nos anos de 2010 a 2020, para cada classe de compostos presente em extratos vegetais, a partir dos estudos que atribuíram os resultados à presença de algum composto. ....	33
Figura 3- Visão geral das 167 publicações que atribuíram seus efeitos a metabólitos, relacionando as diferentes aplicações na agricultura com as categorias de compostos adotadas na revisão, publicadas no Web of Science entre 2010 e 2020. Porcentagem de artigos que abordou (A) o efeito em organismos fitopatogênicos para as diferentes classes de compostos; (B) o efeito em insetos para as diferentes classes de compostos; (C) a indução de resistência em insetos para as diferentes classes de compostos; (D) efeito bioestimulante/promoção de crescimento para as diferentes classes de compostos; (E) efeito herbicida para as diferentes classes de compostos e (F) outros efeitos para as diferentes classes de compostos.. ....	38



## **EXTRATOS VEGETAIS NA AGRICULTURA E NO TRATAMENTO DE SEMENTES**

**Autor: RICARDO DA SILVA CARVALHO**

**Orientador: PROF. Dr. VICTOR AUGUSTO FORTI**

**Coorientadoras: PROF. Dra. MARIANA ALTENHOFEN DA SILVA,**

**Coorientadoras: PROF. Dra. MARIA TERESA MENDES RIBEIRO BORGES.**

### **RESUMO**

Em resposta aos efeitos nocivos da utilização de substâncias tóxicas na agricultura, a ciência tem avançado no desenvolvimento de soluções alternativas, visando compreender a eficácia e o potencial de extratos vegetais na agricultura. O objetivo desta pesquisa foi compreender, por meio de uma revisão sistematizada, a situação da pesquisa e divulgação científica, bem como a maneira que a ciência atual tem abordado a temática do uso de extratos vegetais na agricultura, especialmente na aplicação em sementes, além de caracterizar as principais classes e metabólitos secundários encontrados em estudos sobre o assunto. Observou-se um elevado número de publicações nos últimos dez anos, com destaque para os anos de 2018, 2019 e 2020, sendo o Brasil o país de maior produção de trabalhos voltados à essa área de estudo. O controle de microrganismos fitopatogênicos, controle de insetos, efeito bioestimulante, indução de resistência e efeito herbicida tem sido os principais temas explorados para uso na agricultura. O período entre 2015 e 2020 foi o que apresentou maiores índices de publicações de pesquisas que exploram extratos vegetais na agricultura, buscando identificar ou quantificar os compostos presentes nos extratos. Os compostos fenólicos são uma classe prioritária de metabólitos para diferentes funções, efeitos e aplicações na agricultura, principalmente no tratamento de sementes. Os terpenos apresentam grande potencial como bioinseticida para a agricultura. Espécies de plantas ricas em compostos fenólicos e terpenos são fontes potenciais de biocontrole alternativo na proteção de sistemas produtivos.

**Palavras-chave:** Sanidade de sementes. Compostos fenólicos. Controle alternativo

## **PLANT EXTRACTS IN AGRICULTURE AND IN SEED TREATMENT**

**Autor: RICARDO DA SILVA CARVALHO**

**Orientador: PROF. Dr. VICTOR AUGUSTO FORTI**

**Coorientadoras: PROF. Dra. MARIANA ALTENHOFEN DA SILVA,**

**Coorientadoras: PROF. Dra. MARIA TERESA MENDES RIBEIRO BORGES.**

### **ABSTRACT**

In response to the harmful effects of the use of toxic substances in agriculture, researches has advanced in the development of alternative solutions, aiming to understand the effectiveness of plant extracts in agriculture. The aim of this research was to understand, through a systematic review, the situation of research and scientific dissemination, as well as how current science has approached the use of plant extracts in agriculture, especially in the application of seeds, in addition to characterizing the main classes of metabolites found on these studies. A high number of publication was observed in the last ten Years, mainly on the Years 2018, 2019 and 2020, with Brazil being the country with the largest number of researches on this area of study. Phytopathogenic organisms, insect control, biostimulant effect, resistance induction and herbicide effect have been the main themes explored for use in agriculture. Between 2015 and 2020 was the period with the highest rates of researches which explored plants extracts in agriculture focused in identify or quantify the presence of metabolic compounds. Phenolic compounds are a priority class of metabolites for different function, effects and applications in agriculture, mainly in seed treatment. Terpenes have great potential as bioinsecticide for agriculture. Plant species rich in phenolic compound and terpenes are potential sources of alternative biocontrol for the protection of productive system.

**Keywords:** Seed health, Phenolic compounds, Alternative control.



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura tem cada vez mais se apoiado em práticas sustentáveis que promovam a diversidade e os processos biológicos naturais. Notoriamente, o uso de agroquímicos no manejo de sistemas produtivos tem desencadeado um conjunto de problemas ao meio ambiente, aos agricultores e consumidores (BEN KAAB, REBEY, et al., 2019; SCHÜTTE, ECKERSTORFER, et al., 2017). Por isso, a utilização de extratos vegetais tornou-se uma alternativa promissora para manejo de sistemas agrícolas, inclusive no tratamento de sementes (ZIDA et al., 2018). Esta prática apresenta vantagens quando comparada ao controle químico convencional, protegendo a biodiversidade e, portanto, promovendo menor risco aos sistemas de produção (ZIDA et al., 2018).

O uso dos extratos vegetais na agricultura têm mostrado potencialidade para os mais diferentes fins, como indutores de resistência (COSTA et al., 2019), promotores de crescimento em plantas (COZZOLINO et al., 2020), efeito herbicida (ZAKA et al., 2019; FINDURA et al., 2020), efeito nematicidas (MÜLLER et al., 2016; COLTRO-RONCATO et al., 2016), efeito inseticidas (PAVELA et al., 2018) e, principalmente, efeito no controle de organismos fitopatogênicos (MEENA et al., 2020; NCISE et al., 2020). Além disso, a aplicação destes extratos se apresenta sob diferentes perspectivas de uso na agricultura, inclusive no tratamento de sementes (ARSHAD et al., 2019; AL-MOHMADI; AL-ANI, 2019).

Apesar de muitas pesquisas indicarem a eficácia de extratos vegetais para diferentes efeitos na agricultura (CASER et al., 2020; SOMAI-JEMMALI et al., 2020; DI MOLA et al., 2019), essas informações ainda se encontram muito específicas aos sistemas biológicos analisados, sem abranger os sistemas de produção e todas as potencialidades de aplicação, principalmente, quanto aos múltiplos usos, às plantas de maior interesse e ao isolamento e caracterização de classes de compostos presentes nos extratos, gerando lacunas que precisam ser melhor compreendidas. Para tanto, além da aplicação de extratos vegetais, torna-se necessário entender como e onde às pesquisas nessa linha têm sido realizadas e divulgadas gerando informações úteis ao planejamento,

execução e publicação de futuras pesquisas voltadas para o uso de extratos vegetais na agricultura, com o foco na aplicação em sementes.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo geral compreender, por meio de revisão sistematizada, a situação da pesquisa e divulgação científica, bem como a maneira que a ciência atual tem abordado a temática do uso de extratos vegetais na agricultura, especialmente na aplicação em sementes, além de caracterizar as principais classes e compostos encontrados nos estudos sobre esta temática.

## 1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-MOHMADI, S. Y. A.; AL-ANI, M. H. I. Effect of spraying with different concentration of licorice extract and plant densities in growth and yield of sorghum bicolor l. **Iraqi Journal of Agricultural sciences**, [s.l.], v. 50, nº 6, p. 1478–1485, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.36103/ijas.v50i6.835>> Acesso: 9 out. 2020. doi: 10.36103/ijas.v50i6.835.

ALSAHLI, A. A; IBRAHIM, A; ALARAIDH, Y. M; RASHAD; ELSAYED, S. A. Extract from *Curcuma longa* L. triggers the sunflower immune system and induces defence-related genes against Fusarium root rot. **Phytopathologia Mediterranea**, [s.l.], v. 57, nº 1, p. 26–36, 2018. Disponível em: <[https://doi.org/10.14601/Phytopathol\\_Mediterr-21176](https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-21176)>. Acesso: 9 out.2020. doi: 10.14601/Phytopathol\_Mediterr-21176.

ARSHAD, M; ULLAH, M. I; ÇAĞATAY, N. S; ABDULLAH, A; DIKMEN, F; KAYA, C; KHAN, R. R. Field evaluation of water plant extracts on sucking insect pests and their associated predators in transgenic Bt cotton. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, [s.l.], v. 29, nº 1, 2019. Disponível em<<https://doi.org/10.1186/s41938-019-0142-8>> Acesso: 12 out. 2020. doi: 10.1186/s41938-019-0142-8.

CASER, M; DEMASI, S; CALDERA, F; DHAKAR, N. K; TROTTA, F; SCARIOT, V. Activity of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle Extract as a Potential Bioherbicide for Sustainable Weed Management in Horticulture. **Agronomy**, [s.l.], v. 10, nº 7, p. 965, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agronomy10070965>>. Acesso: 12 out. 2020. doi: 10.3390/agronomy10070965.

COLTRO-RONCATO, S; STANGARLIN, J. R; GONÇALVES JR, A. C; KUHN, O. J; VALENTINA GONÇALVES, E. D; DILDEY, D. F. O; MORAES FLORES,

É. L. Nematicidal activity of crambe extracts on *Meloidogyne* spp. **Semina:Ciencias Agrarias**, [s.l.], v. 37, nº 4, p. 1857–1870, 2016. ISSN: 16790359. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4p1857>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n4p1857.

COSTA, A. P; MOURA, G.S; GEBAUER, J.T; FRANZENER, G. Extrato aquoso e óleo essencial de gengibre induzem mecanismos bioquímicos de defesa em feijoeiro. **Journal of Neotropical Agriculture**, [s.l.], v. 6, nº 2, p. 79–86, 2019. Disponível em <[10.32404/rean.v6i2.2721](https://doi.org/10.32404/rean.v6i2.2721)> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.32404/rean.v6i2.2721.

COZZOLINO, E; GIORDANO, M; FIORENTINO, N; EL-NAKHEL, C; PANNICO, A; DI MOLA, I; MORI, M; KYRIACOU, M; COLLA, G; ROUPHAEL, Y. Appraisal of biodegradable mulching films and vegetal-derived biostimulant application as eco-sustainable practices for enhancing lettuce crop performance and nutritive value. **Agronomy**, [s.l.], v. 10, nº 3, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/agronomy10030427>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.3390/agronomy10030427.

FINDURA, P; HARA, P; SZPARAGA, A; KOCIRA, S; CZERWIŃSKA, E; BARTOŠ, P; NOWAK, J; TREDER, K. Evaluation of the effects of allelopathic aqueous plant extracts, as potential preparations for seed dressing, on the modulation of cauliflower seed germination. **Agriculture**, [s.l.], v. 10, nº 4, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/agriculture10040122>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.3390/agriculture10040122.

KAAB, S. B; REBEY, I.B; HANAFI, M; HAMMI, K.M; SMAOUI, A; FAUCONNIER, M.L; DE CLERCK, C; JIJAKLI, M.H; KSOURI, R. Screening of Tunisian plant extracts for herbicidal activity and formulation of a bioherbicide based on *Cynara cardunculus*. **South African Journal of Botany**, [s.l.], v. 128, p. 67–76, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.10.018>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1016/j.sajb.2019.10.018.

MEENA, R. P. et al. Efficacy of fungicides and plant extracts against *Alternaria alternata* causing leaf blight of chandrasur (*Lepidium sativum*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 90, nº 2, p. 337–340, 2020. ISSN: 00195022.

MOLA, I. DI; COZZOLINO, E; OTTAIANO, L; GIORDANO, M; ROUPHAEL, Y; COLLA, G; MORI, M. Effect of vegetal- And seaweed extract-based biostimulants on agronomical and leaf quality traits of plastic tunnel-grown baby lettuce under four regimes of nitrogen fertilization. **Agronomy**, [s.l.], v. 9, nº 10, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/agronomy9100571>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.3390/agronomy9100571.

MÜLLER, M. A; MIORANZA, T.M; STANGARLIN, J.R; KUHN, O.J; BATTISTUS, A.G; ISTCHUK, A.N; FUCHS, F. In vitro toxicity and control of *Meloidogyne incognita* in soybean by rosemary extract. **Semina:Ciencias**

**Agrarias**, [s.l.], v. 37, no 1, p. 103–110, 2016. Disponível em<<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n1p103>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n1p103.

NCISE, W; DANIELS, C.W; NCHU, F. Effects of light intensities and varying watering intervals on growth, tissue nutrient content and antifungal activity of hydroponic cultivated *Tulbaghia violacea* L. under greenhouse conditions. **HELIYON**, [s.l.], v. 6, no 5, 2020. Disponível em<<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03906>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e03906.

PAVELA, R; DALL'ACQUA, S; SUT, S; BALDAN, V; NGAHANG KAMTE, S.L; BIAPA NYA, P.C; CAPPELLACCI, L; PETRELLI, R; NICOLETTI, M; CANALE, A; MAGGI, F; BENELLI, G. Oviposition inhibitory activity of the Mexican sunflower *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) polar extracts against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). **Physiological and Molecular Plant Pathology**, [s.l.], v. 101, p. 85–92, 2018. Disponível em<<https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2016.11.002>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1016/j.pmpp.2016.11.002.

SCHÜTTE, G; ECKERSTORFER, M; RASTELLI, V; REICHENBECHER, W; RESTREPO-VASSALLI, S; RUOHONEN-LEHTO, M; SAUCY, A.-G.W; MERTENS, M. Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. **Environmental Sciences Europe**, [s.l.], v. 29, no 1, p. 5, 2017. Disponível em<<https://doi.org/10.1186/s12302-016-0100-y>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1186/s12302-016-0100-y.

## **2. CAPÍTULO 1. POTENCIALIDADES DE EXTRATOS VEGETAIS NA AGRICULTURA E SUAS APLICAÇÕES NO TRATAMENTO DE SEMENTES**

### **RESUMO**

Em resposta aos efeitos nocivos da utilização de substâncias tóxicas na agricultura, a ciência tem avançado no desenvolvimento de soluções alternativas, visando compreender a eficácia e o potencial de extratos vegetais na agricultura. Objetivou-se com esta revisão sistematizada compreender a situação da pesquisa e divulgação científica, bem como a maneira que a ciência atual tem abordado o uso de extratos vegetais na agricultura, especialmente na aplicação em sementes. O uso de extratos vegetais na agricultura tem potencial demonstrado pelo elevado número de publicações nos últimos dez anos, com destaque para os anos de 2018, 2019 e 2020, sendo o Brasil o país de maior produção de trabalhos voltados à essa área de estudo. Os temas: controle de microrganismos fitopatogênicos, controle de insetos, efeito bioestimulante, indução de resistência e efeito herbicida tem sido os principais temas explorados para uso na agricultura. A aplicação de extratos vegetais é centrada principalmente em organismos fitopatogênicos associados a plantas e sementes, sendo que, para a aplicação em sementes, o foco está no controle de organismos fitopatogênicos e efeito de promoção de crescimento.

**Palavras-chave:** Controle de insetos. Promoção de crescimento. Organismos fitopatogênicos. Sanidade de sementes.

### **2.1 INTRODUÇÃO**

O processo de expansão da agricultura e a maior demanda de alimentos nos últimos anos ocasionou o aumento no uso de produtos sintéticos tóxicos para o manejo dos campos de produção, o que vem desencadeando



um conjunto de problemas ao meio ambiente, aos agricultores e consumidores (SCHÜTTE ET AL., 2017).

Diante da necessidade por aplicação de estratégias ecológicas na agricultura é crescente o interesse de pesquisas em diferentes áreas voltadas a explorar as potencialidades dos extratos vegetais na agricultura (ARSHAD et al., 2019; AL-MOHMADI; AL-ANI, 2019) seja como indutores de resistência em plantas (COSTA et al., 2019), bioestimulantes (COZZOLINO et al., 2020), efeito herbicida (ZAKA et al., 2019; FINDURA et al., 2020), nematicidas (MÜLLER et al., 2016; COLTRO-RONCATO et al., 2016), inseticidas (PAVELA et al., 2018) e, principalmente, efeito fungicida para o controle de organismos fitopatogênicos (MEENA et al., 2020; NCISE et al., 2020).

Mediante às inúmeras potencialidades do uso de extratos vegetais na agricultura, a aplicação no tratamento de sementes tem sido explorada como uma alternativa (KARABÜYÜK; AYSAN, 2019) para os mais diferentes fins, principalmente no controle de organismos fitopatogênicos vinculados às sementes (MANGWENDE et al., 2019; CHANDEL; KUMAR, 2017), efeito bioestimulante à germinação e ao estabelecimento inicial de plântulas (RAFI et al., 2015), indutores de resistência em plântulas após emergência (ALSAHLI et al., 2018) e efeito bioherbicida ao se relacionar com o estabelecimento de plantas espontâneas (FINDURA et al., 2020; KAAB et al., 2020).

Na agricultura, a semente assume um importante papel por se tratar do início da etapa de formação de um campo de produção agrícola e sua qualidade pode ser afetada pela presença de organismos fitopatogênicos e pragas (MAXIMIANO et al., 2018; PARIKH et al., 2018) que podem danificar as sementes durante o armazenamento (WORDELL FILHO et al., 2016). Dessa maneira, visando a busca por uma agricultura mais sustentável, os extratos vegetais vêm sendo testados como uma importante ferramenta também ao tratamento de sementes (KAMRAN et al., 2013; CHANDEL; KUMAR, 2017; OJO ET AL., 2020).

Apesar da intensificação no número de estudos que propõem compreender a eficácia e potencial de extratos vegetais, essas informações ainda se encontram muito específicas aos sistemas biológicos analisados, sem

abranger os sistemas de produção e todas as potencialidades de aplicação, gerando lacunas que precisam ser melhor compreendidas. Para tanto, além da aplicação de extratos vegetais, torna-se necessário entender como e onde às pesquisas nessa linha têm sido realizadas e divulgadas gerando informações úteis ao planejamento, execução e publicação de futuras pesquisas voltadas para o uso de extratos vegetais na agricultura, com o foco na aplicação em sementes.

Diante do exposto, objetivou-se compreender, por meio de uma revisão sistematizada, a situação da pesquisa e divulgação científica, bem como a maneira que a ciência atual tem abordado a temática do uso de extratos vegetais na agricultura, especialmente na aplicação em sementes.

## **2.2 MATERIAL E MÉTODOS**

Para a realização e constituição do escopo desta revisão sistematizada, foram selecionados artigos indexados na base de dados *Web of Science*, pelo fato desta ser a principal base de dados mundial de indexação de artigos vinculados à periódicos de grande visibilidade internacional.

Para melhor definição dos termos de busca, foram realizadas buscas prévias utilizando-se de diferentes estratégias com base em operadores booleanos, por meio da pesquisa básica, com recorte temporal de 2010 a agosto de 2020. Após a análise dessa busca e avaliando-se os artigos alinhados com a temática da revisão, definiu-se o seguinte conjunto de termos chaves: "plant\* extract\*" and agriculture; "plant\* extract\*" and "seed\* treatment\*"; "plant\* extract\*" and "alternative control"; "plant\* extract\*" and "seed germination" e "plant\* extract\*" and seed fungi. Definiu-se como critério de inclusão somente estudos aplicados e relacionados diretamente ao uso de extratos vegetais na agricultura e, por conseguinte, artigos de revisão, e das áreas de zootecnia, medicina, engenharia de pesca, veterinária e pesquisas que não estivessem relacionados com a temática em questão não foram selecionados.

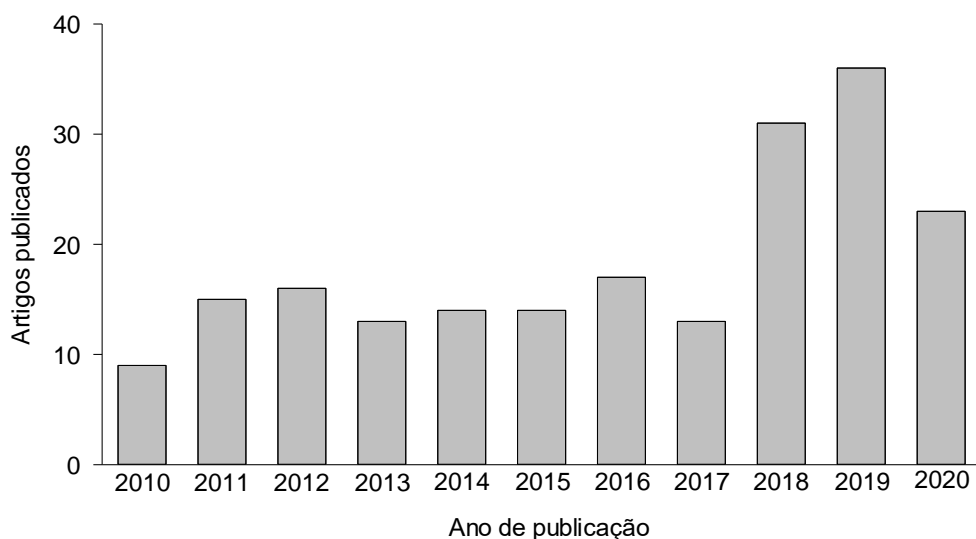
Dessa maneira, foram selecionados 283 artigos, por se tratar e fazer referência ao tema de estudos da revisão. Estes foram novamente avaliados, excluindo-se 82 duplicados, totalizando 201 estudos no escopo final da revisão sistematizada que foram identificados em relação ao ano de publicação, periódico vinculado e países em que a pesquisa foi desenvolvida.

Posteriormente, definiu-se os critérios e temas norteadores para análise dos dados, sendo estes: 1º Uso na agricultura: (A) Insetos: controle de inseto pragas/efeito na biologia de insetos/repelência a insetos; (B) Organismos fitopatogênicos: controle de doenças/efeito na biologia de fungos/bactérias/nematódeos (in vitro/in vivo/ambos); (C) Efeito herbicida: efeito alelopático/controle de plantas; (D) Indução de resistência: resistência a insetos/patógenos/fatores abióticos; (E) Efeito bioestimulante: efeito de promoção de crescimento/produção; (F) Outros; 2º Aplicação: (A) Planta (in vitro/in vivo/ambos); (B) Pós-colheita (in vitro/in vivo/ambos); (C) Sementes (in vitro,/in vivo/ambos) e (D) Outros. 3º Uso voltado à aplicação em sementes: (A) Organismos fitopatogênicos; (B) Pragas; (C) Resistência; (D) Bioestimulante e (E) Outros.

Foi realizada a análise quali-quantitativa dos artigos selecionados utilizando os indicadores bibliométricos, com a discriminação dos seguintes itens: título, ano de publicação, periódico, país da pesquisa, tema na agricultura, aplicação, e aplicação em sementes. Os dados foram submetidos a análise no Rstudio versão 2020, e foram elaborados gráficos e nuvens de palavras.

## **2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Em relação a data de publicação, verificou-se maior frequência no ano de 2019, seguido de 2018. Foi observado grande número de publicações até agosto do ano de 2020, prevendo-se que, até o final do ano, este número ultrapasse o do ano de 2019. Por outro lado, entre os anos de 2010 e 2017 observou-se estabilidade em relação ao número de artigos publicados sobre essa temática (Figura 1).



**Figura 1**-Número de artigos publicados sobre o uso extratos vegetais na agricultura e aplicação em sementes entre janeiro de 2010 e agosto de 2020, indexados na Web of Science.

Nos últimos anos, uma das principais demandas da população e desafio enfrentado pelo setor agrícola é a necessidade de abordagens mais seguras e sustentáveis quanto ao manejo de sistemas de produção agrícolas, em vista dos efeitos nocivos gerados pela alta toxicidade e baixa biodegradabilidade de diversos defensivos agroquímicos utilizados (BOITEUX et al., 2019). Percebe-se então, aumento na visibilidade de pesquisas com extratos vegetais na agricultura, demonstrando potenciais alternativas de aplicação em sistemas produtivos (KHAN et al., 2020; CONFORTIN et al., 2019).

Foram identificados 133 periódicos que veicularam artigos sobre o uso de extratos vegetais na agricultura, sendo o *Crop Protection* o que apresentou maior frequência de publicações, seguido das revistas *European Journal of Plant Pathology*, *Pakistan Journal of Botany* e *Semina-Ciências Agrárias* (Figura 2).





de sementes (ATRI; TIWANA, 2019) e indução de resistência (NARASIMHAMURTHY et al., 2019). Semelhante ao que ocorre no Brasil, a agricultura familiar tem grande relevância nesses dois países, possibilitando a utilização de métodos alternativos, como extratos vegetais, para o manejo do agroecossistema.

Considerando o tema na agricultura, aproximadamente 58,7% dos trabalhos explorou o potencial dos extratos vegetais em organismos fitopatogênicos, seja no controle de doenças em plantas, efeito na biologia de fungos (SILVA et al., 2020), de bactérias (KARABÜYÜK; AYSAN, 2019) ou de nematóides (SAHAYARAJ et al., 2018) (Figura 4A). Além disso, observa-se que aproximadamente 20% dos trabalhos são voltados ao uso para controle, biologia ou repelência de insetos (ZAKA et al., 2019; OJO et al., 2020), e 12,43% dos trabalhos exploraram o efeito bioestimulante em plantas (COZZOLINO et al., 2020; MOLA et al., 2019), demonstrando um potencial uso na agricultura ainda pouco explorado.

Outras duas aplicações também discutidas em alguns artigos, porém, em menor volume, foram o uso dos compostos de plantas como fonte desencadeadora de genes indutores de resistência naturais contra organismos fitopatogênicos, resistência a insetos e a fatores abióticos (6,46%) (ALSAHLI et al., 2018) e efeito herbicida ou alelopático no controle de plantas (4,97%) (FINDURA et al., 2020), principalmente, no manejo de plantas espontâneas na horticultura (CASER et al., 2020).

Considerando a aplicação na agricultura, 34,84% dos estudos avaliaram o potencial da aplicação diretamente em plantas, sendo que 23,9% foram em condições *in vivo* e 10,9% em condição *in vivo* e *in vitro* (Figura 4B), evidenciando a importância do entendimento da aplicação direta de compostos vegetais como potenciais fontes alternativas na agricultura para a compreensão das interações planta/extratos vegetais e planta/extratos vegetais/organismos fitopatogênicos. Al-Mohmadi e Al-Ani (2019) avaliaram o efeito da aplicação foliar direta de extrato de alcaçuz (*Glycyrrhiza glabra* L.) sobre o crescimento e a produtividade de grãos de Sorgo cv. Rabih, e relataram aumento na altura das plantas e na produtividade de grãos no período da primavera e outono,

quando as plantas de sorgo foram semeadas em alta densidade e pulverizadas com extrato de alcaçuz.

O potencial da aplicação direta de compostos vegetais também vem sendo explorado em hortícolas, como por exemplo, no estudo de Jang e Kuk (2019) que avaliaram o efeito no crescimento de alface, brócolis, endívia e couve submetidos a pulverização foliar de 31 extratos vegetais de materiais agrícolas. Estes autores verificaram incremento de 31 a 45% do peso fresco de alface pulverizados com extratos de aquoso de *Allium tuberosum*, extrato aquoso de folhas de *Glycine max* (cvs. Daewon e Haepum), extrato fermentado, aquoso e etanólico de caules de soja (cv. Daewon) em concentração de 5% quando comparados a aplicação de ureia a 0,6, 0,8 e 1%.

Karabüyük e Aysan (2019) avaliaram o efeito do tratamento de sementes e a pulverização de plantas de tomate com vinte e nove extratos vegetais contra a mancha bacteriana causada por *Pseudomonas syringae* pv., em que a pulverização foliar na concentração 4,25 µl/ml de extratos de *Allium sativum*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Origanum onites* e *Zingiber officinale* reduziram a incidência da doença em 96-99% para todos os extratos, e quando aplicados na raiz, foi suprimida em 80-100% sem promover efeitos negativos sobre a germinação.

Em uma abordagem mais ampla, Singh et al. (2019) realizaram o tratamento de sementes e plantas de arroz basmati com carbendazim, *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens* e extrato de *Sesbania punicea* (Cav.) Benth. contra *Meloidogyne graminicola* e verificaram que todos os tratamentos foram eficazes na redução da população de nematoides, porém, quando aplicado *in vivo*, o extrato de *Sesbania* aumentou a biomassa da planta de arroz em até 68% em comparação com os demais tratamentos, além de conferir maior tolerância da planta a *M. graminicola*, com redução de 37,7% da população de nematoides.

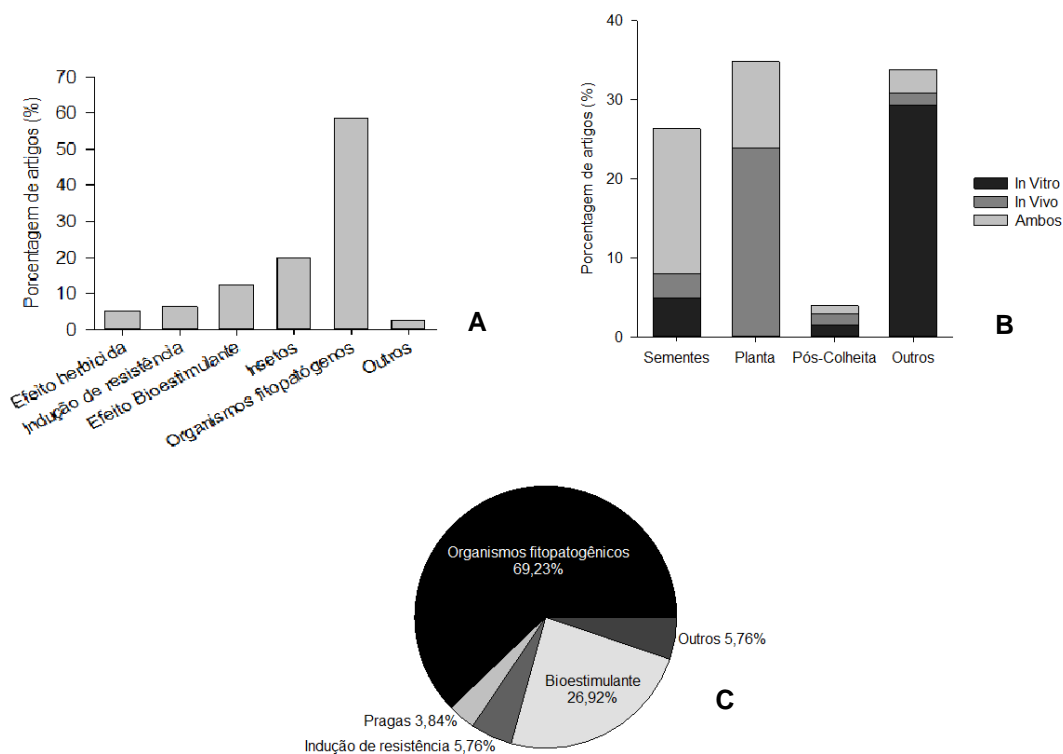
Cabe apontar que, para outras aplicações na agricultura, assim como para o tema na agricultura a partir dos artigos analisados, há maior predominância de estudos analisando o efeito direto em organismos fitopatogênicos *in vitro* (OJO et al., 2020). Além disso, 3,98% dos trabalhos



avaliaram o potencial de aplicação no setor de pós-colheita, principalmente, como revestimento orgânico e tratamento de frutas (KOLTZ et al., 2020; BOITEUX et al., 2019; HERNÁNDEZ-GUERRERO et al., 2020).

A aplicação de extratos vegetais no tratamento de sementes também apresenta destaque com 26,86% do total de artigos publicados (Figura 4B). Destes, assim como nos estudos de aplicação em plantas, mais de 68,5% foram realizados em condições *in vitro* + *in vivo*, 10,76% em *in vivo* e 18,5% em condição *in vitro*.

Organismos fitopatogênicos interferem diretamente na qualidade das sementes, afetando o desenvolvimento inicial das plântulas e o estabelecimento final de campos de produção (ROCHA et al., 2020). Além disso, grande parte das doenças que ocorrem em plantas adultas advém de agentes causais associados as sementes, tornando o manejo preventivo extremamente importante. Isso se reflete no maior percentual de artigos com essa finalidade (69,29%) dentre o total de pesquisas que abordam o uso de extratos vegetais em sementes (Figura 4C). Outras aplicações dos extratos vegetais em sementes incluem o uso como bioestimulante (26,92%), na indução de resistência (5,76%) e no controle de pragas (3,84%).



**Figura 4-** (A) Principais temas abordados nos artigos sobre a aplicação de extratos vegetais na agricultura; (B) Principais aplicações de extratos vegetais na agricultura feita nos artigos publicados e (C) Aplicações de extratos vegetais no tratamento de sementes.

No que se refere ao manejo de fungos associados às sementes, Chandel e Kumar (2017) estudaram o efeito de onze extratos de plantas sobre fungos de podridão de armazenamento *Aspergillus* sp., e de campo, como *Alternaria alternata*, *A. solani*, *Phoma* sp e *Fusarium* spp., e sobre os parâmetros de germinação e vigor em sementes e plântulas de ervilha (*Pisum sativa*). O uso de extratos de *Vitex negundo* e *Melia azadiractha* na concentração 30% apresentou podridão mínima de 1,94%, comparado com sementes não tratadas (13,84%), com germinação máxima superior a 96,41% para extratos de *Mentha piperata* e *Tagetes erecta*.

Considerando que os primeiros sinais de defesa das plantas são desencadeados ainda na semente, pela ativação de mecanismos de defesa local e sistêmico preventiva em plantas contra patógenos, Alsahli et al. (2018) constataram maior atividade enzimática de peroxidase de guaicol (POX),

fenilalanina amônia liase (PAL) e genes codificadores de defesa em plantas de girassol após tratamento de sementes com extrato de *Curcuma longa* L. na concentração 10% contra *Fusarium solani*. Chandrashekhara et al. (2010) constataram aumentos significativos nos parâmetros de qualidade e indução de resistência ao míldio (*Sclerospora graminicola* [Sacc.] Schroe) em sementes de milheto (*Pennisetum galaucum* R. Br.) submetidas ao tratamento com extratos de *Azadirachta indica*, *Argemone mexicana*, *Commiphora caudata*, *Mentha piperita*, *Emblica officinales* e *Viscum album*.

A ocorrência de pragas em sementes durante o armazenamento é outro fator de grande relevância para o setor agrícola. Ojo et al. (2020) avaliaram a eficácia de extratos de caule e da raiz de *Cleistopholis patens* (Benth) na proteção de sementes de feijão-caupi contra a infestação por *Callosobruchus maculatus* durante o armazenamento, e relataram mortalidade de 77,05% dos insetos para uma dose de 5% dentro de um período 24 horas de aplicações para extrato de caule; ao mesmo tempo houve 50 e 95% de mortalidade dos insetos submetidos a extrato de raiz, bem como a redução na oviposição e emergência de adultos, na mesma concentração.

Dentre as diversas aplicações que vem sendo exploradas nos estudos com extratos vegetais, também pode-se destacar o uso no tratamento de solos agrícolas e potenciais fontes naturais de inibidores de nitrificação (MUÑOZ et al., 2014).

Dentre as principais espécies e gêneros de plantas utilizadas com potencialidades de aplicação na agricultura e o no tratamento de sementes foram identificadas a *Azadirachta indica* A. Juss. (11,94%), *Allium sativum* L. (7,46%) e *Eucalyptus* sp. (4,97%) foram os mais frequente estudados (Tabela 1).

**Tabela 1.** Principais espécies/gêneros utilizados em estudos sobre o potencial de aplicação de extratos vegetais na agricultura e no tratamento de sementes, nos artigos publicados entre janeiro de 2010 e agosto de 2020 na Web of Science.

Espécie/gênero	Aplicação na agricultura	Frequência (%)	Referência
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Organismos fitopatogênicos; insetos; efeito; bioestimulante.	11,94	Fereira et al., 2014; Zaka et al., 2019; Freire; al., 2013; Kumar et al., 2012; Singh; Singh; P; 2011; Nahar; Shamsi, 2020; Nnedinma et al., ; Al-Samarrai et al., 2012; Jaleel et al., 2020; Al et al., 2020; Fiaz et al., 2012; Poderoso et al., Mahmud; Hossain, 2017; Rehman et al., 2017; Garcia et al., 2019; Hussain et al., 2015; Eze et al., 2014.
<i>Allium sativum</i> L.	Organismos fitopatogênicos; insetos.	7,96	Boulogne et al., 2012; Karabuyuk; Aysan, 2019; Chand et al., 2016; Karabuyuk; Aysan, 2018; Saljoqi et al., 2012; Mahmud; Hossain, 2017; Mangwende; Kritzinger; Aveling, 2019; Singh; Singh; Parmar, 2013; Muthukumar et al., 2010; Umarusman; Aysan; Ozguven, 2019; Shifa; Gopalakrishnan; Velazhahan, 2018; Ruiz-Coutiño et al., 2019; Lima et al., 2016; Violeth; Herrera; Garcia, 2018; Goyal; Sharma, 2012; Sas-Piotrowska; Piotrowski, 2011.
<i>Eucalyptus</i> sp.	Organismos fitopatogênicos; insetos; efeito herbicida; outros.	4,97	Hamadet al., 2019; Karabuyuk; Aysan, 2019; Karabuyuk; Aysan, 2018; Silva et al., 2020; Shapiro-Ilan et al., 2013; Khan et al., 2020; Munoz; Quilodran; Navia, 2014.
<i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. & L. M. Perry	Organismos fitopatogênicos; outros; insetos.	3,98	Hamadet al., 2019; Silva et al., 2014; Lakshmeesha et al., 2019; Carmello; Cardoso, 2018; Umarusman; Aysan; Ozguven, 2019; Ruiz-Coutiño et al., 2019; Masangwa; Aveling; Kritzinger, 2013; Zaka et al., 2019.
<i>Curcuma longa</i> L.	Organismos fitopatogênicos; efeito bioestimulante; insetos; indução de resistência.	3,98	Mamarabadi et al., 2018; Chand et al., 2016; Tanveer et al., 2016; Saljoqi et al., 2012; Siddique et al., 2019; Alsahli et al., 2018; Han et al., 2018; Fu et al., 2018.
<i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.) Stapf.	Efeito herbicida; organismos fitopatogênicos; indução resistência; insetos; ácaros.	3,48	Silveira et al., 2010; Chand et al., 2016; Pereira et al., 2012; Rehman et al., 2019; Nguefack et al., 2013; Vicentini et al., 2015; Mandiriza; Kritzinger; Aveli, 2018.
<i>Lippia</i> sp.	Efeito herbicida; insetos; organismos fitopatogênicos.	3,48	Silveira et al., 2010; Phambala et al., 2020; Poderoso et al., 2016; Rodriguez et al., 2011; Monteiro et al., 2014; Tembo et al., 2018; Fereira et al., 2014.
<i>Acacia</i> sp.	Organismos fitopatogênicos; efeito bioestimulante.	2,49	Baka; Rashad, 2016; Tanveer et al., 2016; Hussain et al., 2017; Hassan et al., 2013; Rafi; Dawar; Zaki, 2015.

Os gêneros *Acacia* sp., *Brassica* sp. e as espécies *Melia azedarach* L., *Rosmarinus officinalis* L. e *Zingiber officinale* R. foram identificadas em 2,48% dos trabalhos analisados (Tabela 1 e 2), enquanto os gêneros *Citrus* sp., *Piper* sp., *Capsicum* sp., *Cinnamomum* sp. e as espécies *Punica granatum* L., *Ocimum basilicum* L., *Nicotiana tabacum* L. e *Carica papaya* L. foram representadas em 1,99% dos estudos com aplicações na agricultura e no tratamento de sementes (Tabela 2).

**Tabela 2-** Principais espécies/gêneros utilizados em estudos sobre o potencial de aplicação de extratos vegetais na agricultura e no tratamento de sementes, nos artigos publicados entre janeiro de 2010 e agosto de 2020 na Web of Science.

Espécie/gênero	Aplicação na agricultura	Frequência (%)	Referências
<i>Melia azedarach</i> L.	Organismos fitopatogênicos; insetos; ácaros; efeito bioestimulante.	2,48	Silva et al., 2014; Meftah et al., 2011; Roy; Mukhopadhyay, 2012; Atri; Tiwana, 2019; Arshad et al., 2019.
<i>Brassica</i> sp.	Organismos fitopatogênicos; efeito bioestimulante.	2,48	Koltz et al., 2020; Mashela; Pofu; Nzanza, 2013; Hassan et al., 2013; Monteiro et al., 2014; Szparaga; Kocira, 2018.
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Organismos fitopatogênicos; insetos; outros.	2,48	Mengullouglu; Soyly, 2012; Dellavalle et al., 2011; Ramos et al., 2019; Karaaslan, 2018; Mueller et al., 2016.
<i>Zingiber officinale</i> R.	Organismos fitopatogênicos; indução resistência.	2,48	Karabuyuk; Aysan, 2019; Bhutia et al., 2016; Costa et al., 2019; Mangwende; Kritzinger; Aveling, 2019; Andayanie et al., 2019.
<i>Carica papaya</i> L.	Organismos fitopatogênicos; insetos.	1,99	Masangwa; Kritzinger; Aveling, 2017; Hernandez-Guerrero et al., 2020; Figueroa-Brito et al., 2011; Masangwa; Aveling; Kritzinger, 2013.
<i>Nicotiana tabacum</i> L.	Insetos; outros.	1,99	Boulogne et al., 2012; Phambala et al., 2020; Ruiz-Coutiño et al., 2019; Pereira et al., 2020.
<i>Citrus</i> sp.	Insetos; efeito bioestimulante; organismos fitopatogênicos.	1,99	Shapiro-Ilan et al., 2013; Mahakham et al., 2017; Lima et al., 2016; Zaka et al., 2019.
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Organismos fitopatogênicos.	1,99	Hamadet al., 2019; Hussain et al., 2015; Iram et al., 2018; Ahmed et al., 2010.
<i>Piper</i> sp.	Insetos; efeito herbicida.	1,99	Baldin et al., 2015; Jaleel et al., 2020; Mendoza; Celis; Pachon, 2014; Hara; Szparaga; Czerwinska, 2018.

<i>Capsicum</i> sp.	Insetos; organismos fitopatogênicos; outros.	1,99	Saljoqi et al., 2012; Meftah et al., 2011; Al-Samarrai et al., 2012; Ruiz-Coutiño et al., 2019.
<i>Cinnamomum</i> sp.	Organismos fitopatogênicos; efeito bioestimulante; outros	1,99	Jang; Kim; Kuk, 2019; Carmello; Cardoso, 2018; Flavio et al., 2014; Ruiz-Coutiño et al., 2019.
<i>Punica granatum</i> L.	Insetos; organismos fitopatogênicos; indução resistência.	1,99	Potrich et al., 2020; Quattrucc et al., 2013; Tayel et al., 2016; Pangallo et al., 2017.

Os dados avaliados indicam uma tendência crescente na busca por estratégias mais sustentáveis e com potencial aplicação na agricultura para diferentes finalidades, especialmente no tratamento de sementes. Dentre essas estratégias, extratos vegetais são apontados como alternativas viáveis aos tratamentos convencionais, promovendo o aumento da qualidade e redução dos custos dos cultivos agrícolas, minimizando os impactos nos ecossistemas.

Além disso, é importante destacar que o uso adequado dos extratos vegetais dependerá da metodologia de confecção dos extratos, do uso da concentração adequada e do número de aplicações para cada objetivo esperado.

## 2.4 CONCLUSÃO

O uso de extratos vegetais na agricultura tem potencial, demonstrado pelo elevado número de publicações, principalmente nos anos de 2018, 2019 e 2020, sendo o Brasil o país de maior produção de trabalhos voltados à essa área de estudo. Controle de organismos fitopatogênicos, efeito em insetos, efeito bioestimulante, indução de resistência e efeito herbicida têm sido os principais temas explorados para uso na agricultura. A aplicação direta de extratos vegetais é centrada principalmente em plantas e sementes, sendo que, para a aplicação em sementes, o foco está no controle de organismos fitopatogênicos e efeito bioestimulante.

## 2.5 REFERÊNCIAS

AL-MOHMADI, S. Y. A.; AL-ANI, M. H. I. Effect of spraying with different concentration of licorice extract and plant densities in growth and yield of sorghum bicolor L. **Iraqi Journal of Agricultural sciences**, [s.l.], v. 50, n° 6, p. 1478–1485, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.36103/ijas.v50i6.835>> Acesso: 9 out. 2020. doi: 10.36103/ijas.v50i6.835.

ALSAHLI, A. A; IBRAHIM, A; ALARAIDH, Y. M; RASHAD; ELSAYED, S. A. Extract from *Curcuma longa* L. triggers the sunflower immune system and induces defence-related genes against Fusarium root rot. **Phytopathologia Mediterranea**, [s.l.], v. 57, n° 1, p. 26–36, 2018. Disponível em: <[https://doi.org/10.14601/Phytopathol\\_Mediterr-21176](https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-21176)>. Acesso: 9 out.2020. doi: 10.14601/Phytopathol\_Mediterr-21176.

ARSHAD, M; ULLAH, M. I; ÇAĞATAY, N. S; ABDULLAH, A; DIKMEN, F; KAYA, C; KHAN, R. R. Field evaluation of water plant extracts on sucking insect pests and their associated predators in transgenic Bt cotton. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, [s.l.], v. 29, n° 1, 2019. Disponível em<<https://doi.org/10.1186/s41938-019-0142-8>> Acesso: 12 out. 2020. doi: 10.1186/s41938-019-0142-8.

ATRI, A; TIWANA, U. S. Effect of seed treatment and foliar spray on leaf blight of fodder oat in Punjab. **Phytoparasitica**, [s.l.], v. 47, n° 5, p. 723–731, 2019. Disponível em<<https://doi.org/10.1007/s12600-019-00758-7>> Acesso: 12 out. 2020. doi: 10.1007/s12600-019-00758-7.

BARBOSA, W. F; SMAGGHE, G; GUEDES, R. N. C. Pesticides and reduced-risk insecticides, native bees and pantropical stingless bees: Pitfalls and perspectives. **Pest Management Science**, [s.l.], v. 71, n° 8, p. 1049–1053, 2015. Disponível em< <https://doi.org/10.1002/ps.4025>> Acesso: 12 out. 2020. doi: 10.1002/ps.4025.

BOITEUX, J; ESPINO, M. B; FERNÁNDEZ, M. L. Á; PIZZUOLO, P. H; SILVA, M. F. ECo-friendly postharvest protection: *Larrea cuneifolia*-nades extract against *Botrytis cinerea*. **Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias UNCuyo**, 51(2), 427-437, 2019. Disponível em <http://revistas.uncuyo.edu.ar/ojs/index.php/RFCA/article/view/2729> Acesso: 12 out. 2020.

CASER, M; DEMASI, S; CALDERA, F; DHAKAR, N. K; TROTTA, F; SCARIOT, V. Activity of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle Extract as a Potential Bioherbicide for Sustainable Weed Management in Horticulture. **Agronomy**, [s.l.], v. 10, n° 7, p. 965, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agronomy10070965>>. Acesso: 12 out. 2020. doi: 10.3390/agronomy10070965.

CHANDEL, S; KUMAR, V. Effect of plant extracts as pre-storage seed treatment on storage fungi, germination percentage and seedling vigour of pea (*Pisum sativum*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 87, n° 11, p. 1476–1481, 2017. ISSN: 00195022.

CHANDRASHEKHARA NIRANJAN RAJ, S; MANJUNATH, G; DEEPAK, S; SHEKAR SHETTY, H. Seed treatment with aqueous extract of *Viscum album* induces resistance to pearl millet downy mildew pathogen. **Journal of Plant Interactions**, [s.l.], v. 5, n° 4, p. 283–291, 2010. Disponível em <<https://doi.org/10.1080/17429140903556539>> Acesso: 12 out. 2020. doi: 10.1080/17429140903556539.

COLTRO-RONCATO, S; STANGARLIN, J. R; GONÇALVES JR, A. C; KUHN, O. J; VALENTINA GONÇALVES, E. D; DILDEY, D. F. O; MORAES FLORES, É. L. Nematicidal activity of crambe extracts on *Meloidogyne* spp. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 37, n° 4, p. 1857–1870, 2016. ISSN: 16790359. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4p1857>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n4p1857.

CONFORTIN, T. C; TODERO, I; SOARES, J. F; LUFT, L; BRUN, T; RABUSKE, J. E; NOGUEIRA, C. U; MAZUTTI, M. A; ZABOT, G. L; V. TRES, M. V. Extracts from *Lupinus albus*: antioxidant power and antifungal activity in vitro against phytopathogenic fungi. **Environmental Technology (United Kingdom)**, [s.l.], v. 40, n° 13, p. 1668–1675, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1427800>> Acesso: 12 out. 2020. doi: 10.1080/09593330.2018.1427800.

COSTA, A. P; MOURA, G.S; GEBAUER, J.T; FRANZENER, G. Extrato aquoso e óleo essencial de gengibre induzem mecanismos bioquímicos de defesa em feijoeiro. **Journal of Neotropical Agriculture**, [s.l.], v. 6, n° 2, p. 79–86, 2019. Disponível em <[10.32404/rean.v6i2.2721](https://doi.org/10.32404/rean.v6i2.2721)> Acesso: 12 out. 2020. doi: 10.32404/rean.v6i2.2721.

COZZOLINO, E; GIORDANO, M; FIORENTINO, N; EL-NAKHEL, C; PANNICO, A; DI MOLA, I; MORI, M; KYRIACOU, M; COLLA, G; ROUPHAEL, Y. Appraisal of biodegradable mulching films and vegetal-derived biostimulant application as eco-sustainable practices for enhancing lettuce crop performance and nutritive value. **Agronomy**, [s.l.], v. 10, n° 3, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/agronomy10030427>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.3390/agronomy10030427.

FINDURA, P; HARA, P; SZPARAGA, A; KOCIRA, S; CZERWIŃSKA, E; BARTOŠ, P; NOWAK, J; TREDER, K. Evaluation of the effects of allelopathic aqueous plant extracts, as potential preparations for seed dressing, on the modulation of cauliflower seed germination. **Agriculture**, [s.l.], v. 10, n° 4, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/agriculture10040122>> Acesso: 12 out.



2020. doi:10.3390/agriculture10040122.

HERNÁNDEZ-GUERRERO, S. E; BAUTISTA-ROSALES, P. U; LÓPEZ-GUZMÁN, G. G; BERUMEN-VARELA, G; PALOMINO-HERMOSILLO, Y. A; JIMENEZ-ZURITA, J. O; BELLO-LARA, J. E; LEÓN-FERNANDEZ, A. E. Identification of fungal pathogens of mango and soursop fruits using morphological and molecular tools and their control using papaya and soursop leaf and seed extracts. **International Journal of Agronomy**, [s.l.], v. 2020, 2020. Disponível em<<https://doi.org/10.1155/2020/8962328>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1155/2020/8962328.

JANG, S. J; KUK, Y. I. Growth promotion effects of plant extracts on various leafy vegetable crops. **Horticultural Science and Technology**, [s.l.], v. 37, n° 3, p. 322–336, 2019. Disponível em<<https://doi.org/10.7235/HORT.20190033>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.7235/HORT.20190033.

KAAB, S. B; REBEY, I.B; HANAFI, M; HAMMI, K.M; SMAOUI, A; FAUCONNIER, M.L; DE CLERCK, C; JIJAKLI, M.H; KSOURI, R. Screening of Tunisian plant extracts for herbicidal activity and formulation of a bioherbicide based on *Cynara cardunculus*. **South African Journal of Botany**, [s.l.], v. 128, p. 67–76, 2020. Disponível em< <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.10.018>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1016/j.sajb.2019.10.018.

KAMRAN, M; IMRAN, M.Q; KHATOON, A; LEE, IN-JUNG. Effect of plant extracted smoke and reversion of abscisic acid stress on lettuce. **Pakistan Journal of Botany**, [s.l.], v. 45, n° 5, p. 1541–1549, 2013. ISSN: 05563321.

KARABÜYÜK, F; AYSAN, Y. Bazı Bitki Ekstraktlarının *Pseudomonas syringae* pv. tomato'nun Neden olduğu Domates Bakteriyel Benek Hastalığına Antibakteriyel Etkisi. **Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi**, [s.l.], 2019. Disponível em<<https://doi.org/10.33462/jotaf.529499>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.33462/jotaf.529499.

KHAN, I. A; REHMAN, O.U; KHAN, S. A; ALSAMADANY, H; ALZAHARAN, Y. Effect of different herbicides, plant extracts and mulches on yield and yield components of maize. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 38, 2020. Disponível em<<https://doi.org/10.1590/s0100-83582020380100028>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1590/s0100-83582020380100028.

KOLTZ, E. A; SANTOS, I; DALLEMOLE-GIARETTA, R; PAZOLINI, K; LEITE, C. D; STEILMAN, P. Combining Brassica sachets and extracts with thermotherapy against postharvest green mold of orange. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 268, n° December 2019, p. 109389, 2020. Disponível em<<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109389>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1016/j.scienta.2020.109389.

LAKSHMEESHA, T. R; KALAGATUR, N.K; MUDILI, V; MOHAN, C.D; RANGAPPA, S; PRASAD, B.D; ASHWINI, B.S; HASHEM, A; ALQARAWI, A.A;

MALIK, J.A; ABD\_ALLAH, E.F; GUPTA, V.K; SIDDAIAH, C.N; NIRANJANA, S. R. Biofabrication of zinc oxide nanoparticles with *Syzygium aromaticum* flower buds extract and finding its novel application in controlling the growth and mycotoxins of *Fusarium graminearum*. **Frontiers in Microbiology**, [s.l.], v. 10, n° JUN, p. 1–13, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01244>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.3389/fmicb.2019.01244.

MANGWENDE, E. Control of *Alternaria* leaf spot of coenter in Organic Agriculture. **Eur J Plant Pathol**. [s.l.], v. 154, n° 3, p. 575–584, 2019. ISSN: 0929-1873. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s10658-019-01682-6>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1007/s10658-019-01682-6.

MAXIMIANO, C. V; CARMONA, R; SOUZA, N. O. S; ALENCAR, E. R; BLUM, L. E. B. Physiological and sanitary quality of maize seeds preconditioned in ozonated water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 22, n° 5, p. 360–365, 2018. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n5p360-365>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v22n5p360-365.

MEENA, R. P. et al. Efficacy of fungicides and plant extracts against *Alternaria alternata* causing leaf blight of chandrasur (*Lepidium sativum*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 90, n° 2, p. 337–340, 2020. ISSN: 00195022.

MOLA, I. DI; COZZOLINO, E; OTTAIANO, L; GIORDANO, M; ROUPHAEL, Y; COLLA, G; MORI, M. Effect of vegetal- And seaweed extract-based biostimulants on agronomical and leaf quality traits of plastic tunnel-grown baby lettuce under four regimes of nitrogen fertilization. **Agronomy**, [s.l.], v. 9, n° 10, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/agronomy9100571>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.3390/agronomy9100571.

MÜLLER, M. A; MIORANZA, T.M; STANGARLIN, J.R; KUHN, O.J; BATTISTUS, A.G; ISTCHUK, A.N; FUCHS, F. In vitro toxicity and control of *Meloidogyne incognita* in soybean by rosemary extract. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 37, no 1, p. 103–110, 2016. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n1p103>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n1p103.

MUÑOZ, C; QUILODRÁN, C; NAVIA, R. Evaluation of biochar-plant extracts complexes on soil nitrogen dynamics. **Journal of Biobased Materials and Bioenergy**, [s.l.], v. 8, no 3, p. 377–385, 2014. Disponível em <<https://doi.org/10.1166/jbmb.2014.1448>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1166/jbmb.2014.1448.

NARASIMHAMURTHY, K; SOUMYA, K; UDAYASHANKAR, A.C; SRINIVAS, C; NIRANJANA, S.R. Elicitation of innate immunity in tomato by salicylic acid and *Amomum nilgircum* against *Ralstonia solanacearum*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s.l.], v. 22, no July, p. 101414, 2019. Disponível

em<<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101414>> Acesso: 12 out. 2020.  
doi:10.1016/j.bcab.2019.101414.

NCISE, W; DANIELS, C.W; NCHU, F. Effects of light intensities and varying watering intervals on growth, tissue nutrient content and antifungal activity of hydroponic cultivated *Tulbaghia violacea* L. under greenhouse conditions. **HELIYON**, [s.l.], v. 6, no 5, 2020. Disponível em<<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03906>> Acesso: 12 out. 2020.  
doi:10.1016/j.heliyon.2020.e03906.

OMOTOSO, O. TEMITOPE, OBEMBE, O. MICHAEL, & ODETOYE, A. ADEDAYO. Effects of *Cleistopholis patens* (Benth) extracts on cowpea seed beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Chrysomelidae) infesting cowpea seeds in storage. **International Journal of Tropical Insect Science**, [s.l.], 2020. Disponível em<<https://doi.org/10.1007/s42690-020-00194-9>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1007/s42690-020-00194-9.

PARIKH, L; SODATI, S; ESKELSON, M. J; ADESEMOYE, A. O. Identification and pathogenicity of *Fusarium* spp. in row crops in Nebraska. **Crop Protection**, [s.l.], v. 108, no September 2017, p. 120–127, 2018. Disponível em<<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.02.019>> Acesso: 12 out. 2020.  
doi:10.1016/j.cropro.2018.02.019.

PAVELA, R; DALL'ACQUA, S; SUT, S; BALDAN, V; NGAHANG KAMTE, S.L; BIAPA NYA, P.C; CAPPELLACCI, L; PETRELLI, R; NICOLETTI, M; CANALE, A; MAGGI, F; BENELLI, G. Oviposition inhibitory activity of the Mexican sunflower *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) polar extracts against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). **Physiological and Molecular Plant Pathology**, [s.l.], v. 101, p. 85–92, 2018. Disponível em<<https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2016.11.002>> Acesso: 12 out. 2020.  
doi:10.1016/j.pmpp.2016.11.002.

PEREIRA, A. J; CARDOSO, I. M; ARAÚJO, H. D; SANTANA, F. C; CARNEIRO, A. P. S; COELHO, S. P; PEREIRA, F. J. Control of *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) with extracts of *Agave americana* var. *Marginata* Trel. in *Brassica oleracea* crops. **Annals of Applied Biology**, [s.l.], v. 174, no 1, p. 14–19, 2018. Disponível em<<https://doi.org/10.1111/aab.12471>> Acesso: 12 out. 2020.  
doi:10.1111/aab.12471.

RAFI, H; DAWAR, S; ZAKI, M.J. Seed priming with extracts of *Acacia nilotica* (L.) Willd. Ex delile and *Sapindus mukorossi* (L.) Plant parts in the control of root rot fungi and growth of plants. **Pakistan Journal of Botany**, [s.l.], v. 47, no 3, p. 1129–1135, 2015. ISSN: 0556-3321.

ROCHA, C. H. D; AGOSTINETTO, L; BOFF, P; WERNER, S.S; SOLDI, C; BOFF, M.I.C. Óleo essencial de *Psidium cattleianum* no controle de fitopatógenos em sementes de feijão. **Revista Verde de Agroecologia e**

**Desenvolvimento Sustentável**, [s.l.], v. 15, no 1, p. 14–19, 2020. Disponível em<<https://doi.org/10.18378/rvads.v15i1.7365>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.18378/rvads.v15i1.7365.

SAHAYARAJ, K; NAMASIVAYAM, S. K. J; RATHI, J. M. Compatibility of entomopathogenic fungi with extracts of plants and commercial botanicals. **African Journal of Biotechnology**, [s.l.], v. 10, no 6, p. 933–938, 2018. Disponível em<<https://doi.org/10.5897/AJB10.252>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.5897/AJB10.252.

SCHÜTTE, G; ECKERSTORFER, M; RASTELLI, V; REICHENBECHER, W; RESTREPO-VASSALLI, S; RUOHONEN-LEHTO, M; SAUCY, A.-G.W; MERTENS, M. Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. **Environmental Sciences Europe**, [s.l.], v. 29, no 1, p. 5, 2017. Disponível em<<https://doi.org/10.1186/s12302-016-0100-y>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1186/s12302-016-0100-y.

SILVA, L. G; DE ANDRADE, C.A; BETTIOL, W. Biochar amendment increases soil microbial biomass and plant growth and suppresses *Fusarium* wilt in tomato. **Tropical Plant Pathology**, [s.l.], v. 45, no 1, p. 73–83, 2020. Disponível em<<https://doi.org/10.1007/s40858-020-00332-1>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1007/s40858-020-00332-1.

SINGH, S; TANWAR, R. K; SINGH, S. P; BALODI, R. Evaluation of components of IPM for basmati rice against rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola*. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, [s.l.], 2019. ISSN: 00195022.

SOARES, M. A; CAMPOS, M.R; PASSOS, L.C; CARVALHO, G.A; HARO, M.M; LAVOIR, A.-V., BIONDI, A; ZAPPALÀ, L; DESNEUX, N. Botanical insecticide and natural enemies: a potential combination for pest management against *Tuta absoluta*. **Journal of Pest Science**, [s.l.], v. 92, no 4, p. 1445, 2019. Disponível em<<https://doi.org/10.1007/s10340-019-01102-y>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1007/s10340-019-01102-y.

WORDELL FILHO, J. A; RIBEIRO, L. P; CHIARADIA, L. A; MADALÓZ, J. C; NE, C. N. Pragas e doenças do milho: Diagnose, danos e estratégias de manejo. **Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina**, [s.l.], p. 82, 2016. ISBN: ISSN 0100-7416.

ZAKA, S. M; IQBAL, N; SAEED, Q; AKREM, A; BATOOL, M; KHAN, A.A; ANWAR, A., BIBI, M., AZEEM, S., RIZVI, D.-E.-N., BIBI, R., KHAN, K.A., GHRAHMH, H.A; ANSARI, M.J; LATIF, S. Toxic effects of some insecticides, herbicides, and plant essential oils against *Tribolium confusum* Jacquelin du val (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). **Saudi Journal of Biological Sciences**, [s.l.], v. 26, no 7, p. 1767–1771, 2019. Disponível em<<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.05.012>> Acesso: 12 out. 2020. doi:

10.1016/j.sjbs.2018.05.012.

### **3. CAPÍTULO 2. COMPOSTOS IDENTIFICADOS EM EXTRATOS VEGETAIS APLICADOS NA AGRICULTURA E NO TRATAMENTO DE SEMENTES**

#### **RESUMO**

Efeitos de extratos vegetais têm sido apontados e comprovados em pesquisas sob diferentes aplicações na agricultura, incluindo o tratamento de sementes. A eficácia de extratos vegetais é atribuída a presença de certas classes de compostos, logo, sendo importante estudos que visam a identificação e quantificação destes compostos presentes em extratos de plantas usados na agricultura, bem como para o tratamento de sementes. Objetivou-se compreender e descrever, por meio de uma revisão sistematizada, quais as principais abordagens realizadas, classes e compostos identificados em estudos com extratos vegetais para diferentes aplicações na agricultura e no tratamento de sementes. O período 2015 a 2020 foi o que apresentou os maiores índices de publicações de pesquisas que exploram extratos vegetais na agricultura, buscando identificar e, ou quantificar os compostos presentes nos extratos vegetais. Os compostos fenólicos constituem a classe prioritária de metabólitos para diferentes funções, efeitos e aplicações na agricultura, principalmente no tratamento de sementes. Os terpenos apresentam grande potencial como bioinseticidas para a agricultura. Espécies de plantas ricas em compostos fenólicos e terpenos são fontes potenciais para controle alternativo na proteção de sistemas produtivos.

**Palavras-chave:** Metabólitos secundários. Terpenos. Tratamento de sementes. Controle alternativo.

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

Extratos vegetais apresentam múltiplas potencialidades de uso na agricultura, inclusive no tratamento de sementes (ARSHAD et al., 2019; AL-MOHMADI; AL-ANI, 2019). Alguns estudos têm apontado o efeito de extratos vegetais como indutores de resistência (COSTA et al., 2019), promotores de crescimento em plantas ou efeito bioestimulante (COZZOLINO et al., 2020),

efeito herbicida (ZAKA et al., 2019; FINDURA et al., 2020), efeito nematocida (MÜLLER et al., 2016; COLTRO-RONCATO et al., 2016), efeito inseticida (PAVELA et al., 2018) e, principalmente, efeito de controle de organismos fitopatogênicos (MEENA et al., 2020; NCISE et al., 2020).

A eficácia dos extratos vegetais utilizados na agricultura para diferentes fins, em especial no tratamento de sementes, é dada pela presença de algumas classes de compostos de metabólitos majoritários, como compostos fenólicos, terpenos, ácidos graxos e compostos nitrogenados, os quais atuam nas mais diferentes funções (MANGWENDE et al., 2019; CHANDEL; KUMAR, 2017, ZIDA et al., 2018).

Mediante o exposto, alguns estudos buscaram isolar, caracterizar e compreender o modo e ação desses compostos (HAMADET al., 2019; ADRIANA et al., 2018). No entanto, são poucas às pesquisas com extratos vegetais que buscaram respaldar seus resultados a partir da caracterização química e isolamento dos compostos presentes, restringindo-se a informações disponíveis na literatura ou até mesmo a testes qualitativos/colorimétricos para a identificar apenas a presença ou ausência desses compostos.

Nos últimos anos, tem havido um interesse crescente pela aplicação de extratos vegetais como alternativa ao uso de agroquímicos em sistemas de cultivo (CAMELLO; CARDOSO, 2018; JANG; KUK, 2020; THUERIG et al., 2018; NARASIMHAMURTHY et al., 2019), logo, sendo importante estudos que visam a caracterização de compostos presentes em extratos de plantas usados na agricultura, bem como para o tratamento de sementes.

A exploração de metabólitos de ocorrência natural pode fornecer uma alternativa mais segura e de baixo custo para os produtores, promovendo o uso sustentável local de recursos biológicos (NCISE; DANIELS; NCHU, 2020). Para tanto, torna-se necessário entender a partir das pesquisas já realizadas, a ocorrência ou não, bem como a identificação e quantificação, de classes majoritárias de metabólitos presentes em espécies e gêneros de plantas estudadas para os diferentes usos na agricultura, visando diferentes efeitos, gerando assim informações úteis para planejamento e execução de futuras pesquisas voltadas para a utilização de compostos vegetais.

Diante do exposto, objetivou-se compreender e descrever, por meio de uma revisão sistematizada, quais as principais abordagens realizadas, classes e compostos identificados em estudos com extratos vegetais sob diferentes aplicações na agricultura e no tratamento de sementes.

### **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

Para a realização e constituição do escopo desta revisão sistematizada, foram selecionados artigos indexados na base de dados *Web of Science*, pelo fato desta ser a principal base de dados mundial de indexação de artigos vinculados à periódicos de grande visibilidade internacional.

Para melhor definição dos termos de busca, foram realizados levantamentos prévios utilizando-se de diferentes estratégias com base em operadores booleanos, por meio da pesquisa básica, com recorte temporal de janeiro de 2010 a dezembro de 2020. Após a análise dessa busca e avaliando-se os artigos alinhados com a temática da revisão, definiu-se o seguinte conjunto de termos chaves: "plant\* extract\*" and agriculture; "plant\* extract\*" and "seed\* treatment\*"; "plant\* extract\* and "alternative control"; "plant\* extract\*" and "seed germination" e "plant\* extract\*" and seed fungi. Definiu-se como critério de inclusão somente estudos aplicados e relacionados diretamente ao uso de extratos vegetais na agricultura e, por conseguinte, artigos de revisão, e das áreas de zootecnia, medicina, engenharia de pesca, veterinária e pesquisas que não estivessem relacionados com a temática em questão não foram selecionados.

Dessa maneira, foram selecionados 298 artigos, por se tratar e fazer referência ao tema de estudos da revisão. Estes foram novamente avaliados, excluindo-se os duplicados, totalizando 219 estudos no escopo da revisão sistematizada, que foram identificados em relação ao ano de publicação e à abordagem realizada quanto à identificação ou quantificação dos compostos presentes nos extratos. Quanto a abordagem, os artigos foram classificados em àqueles que identificaram os compostos, àqueles que determinaram apenas as classes de compostos, os quais fizeram inferências baseadas na



literatura ou àqueles que não mencionaram em momento algum a composição do extrato.

Posteriormente, considerando os artigos que de alguma maneira abordaram a composição dos extratos vegetais, estes foram analisados e os principais compostos foram classificados em cinco categorias de metabólitos de acordo com Taiz e Zaiger (2013), sendo estas: 1. Compostos fenólicos; 2. Terpenos; 3. Ácidos graxos; 4. Compostos nitrogenados e 5. Outros.

Buscou-se relacionar as categorias de metabólitos com as diferentes aplicações na agricultura, sendo estas: (A) Insetos: controle de insetos pragas/efeito na biologia de insetos/repelência a insetos; (B) Organismos fitopatogênicos: controle de doenças/efeito na biologia de fungos/bactérias/nematódeos (in vitro/in vivo/ambos); (C) Efeito herbicida: efeito alelopático/controle de plantas; (D) Indução de resistência: resistência a insetos/patógenos/fatores abióticos; (E) Efeito bioestimulante: efeito bioestimulante/produção.

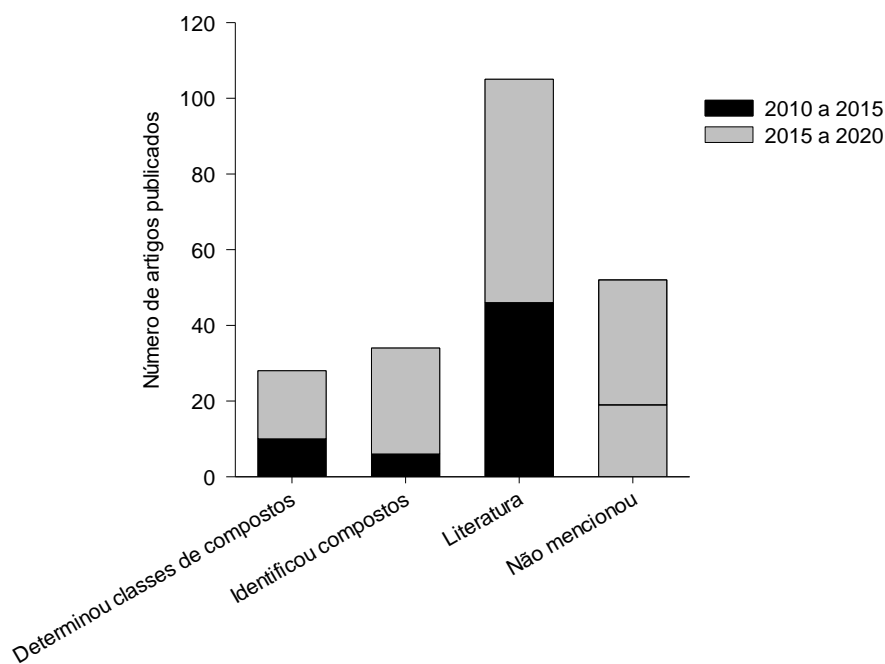
Os trabalhos que abordaram os extratos vegetais com uso na agricultura e no tratamento de sementes à nível de identificar os compostos prioritários foram individualmente analisados em uma tabela para gerar informações pertinentes sobre cada um dos compostos mais relevantes e as plantas em que estes foram identificados.

Foi realizada a análise quali-quantitativa dos artigos selecionados utilizando os indicadores bibliométricos, com a discriminação dos seguintes itens: ano de publicação, abordagem realizada quanto à determinação ou identificação dos compostos presentes nos extratos, efeitos na agricultura, composto identificado, espécie/gênero de planta e referência. Os dados foram submetidos a análise, e foram elaborados gráficos e tabelas.

### **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Quanto à abordagem realizada sobre a composição dos extratos vegetais, dos 219 estudos analisados, 47,94% fizeram inferências da composição dos extratos apenas com base em dados da literatura, 12,78%

determinaram a presença de alguma classe de compostos, 15,52% foram pesquisas que identificaram os metabólitos e 23,74% não mencionaram sobre a composição dos extratos, havendo uma expressividade maior no número de publicações entre os anos de 2015 e 2020 (Figura 1) para todos os casos.



**Figura 1-** Número de artigos publicados e indexados na *Web of Science* sobre o uso de extratos vegetais na agricultura e aplicação em sementes entre janeiro de 2010 e dezembro de 2020, dentro de cada abordagem realizada quanto à composição dos extratos vegetais.

A partir do conjunto de dados das pesquisas que exploram as potencialidades de extratos vegetais para diferentes aplicações na agricultura e no tratamento de sementes (CASER et al., 2020; KARABUYUK; AYSAN, 2019), notou-se que grande parte destas conduzem seus resultados a partir de inferências a informações disponíveis na literatura, ou até mesmo não fazem menção a nenhum metabólito (MAMARABADI et al., 2018) que compõe o extrato vegetal. Isso demonstra que a literatura científica ainda carece de investigações mais aprofundadas sobre as classes de compostos e os constituintes químicos presentes nos extratos vegetais, bem como seus efeitos nas aplicações propostas.

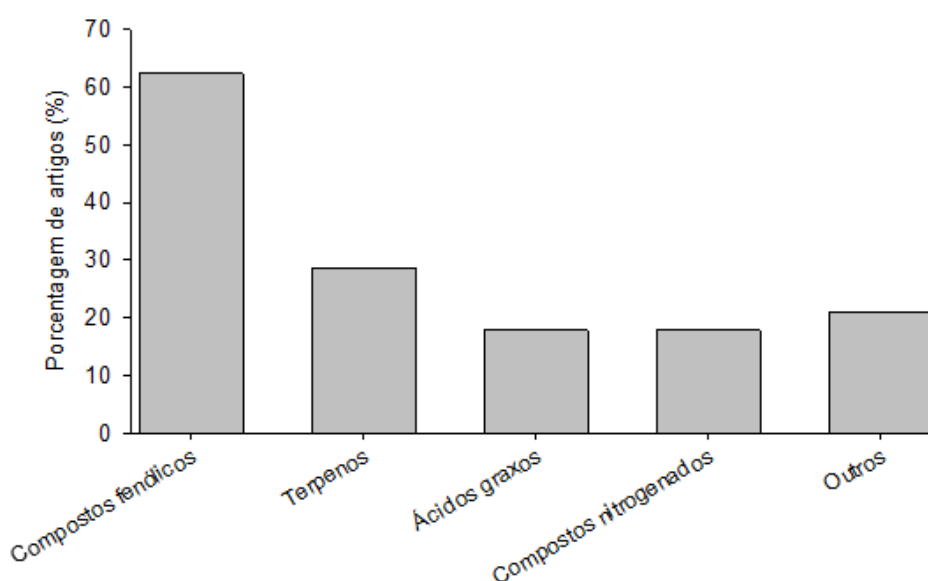
Apesar do número expressivo de publicações que fizeram inferências de seus resultados apenas em dados da literatura ou até mesmo que não mencionaram compostos, percebe-se um interesse e exigência da ciência nos últimos anos por estudos que buscam identificação e isolamento de substâncias presentes em extratos de planta, com maior proporção para estas abordagens no período de 2015 a 2020 (Figura 1) (ADRIANA et al., 2018; AFTAB et al., 2019; ANIYA et al., 2020).

Ressalta-se a importância da identificação e isolamento de substâncias, tais como os metabólitos secundários, provenientes de extratos vegetais, para auxiliar na compreensão dos mecanismos de ação e das funções destes compostos. Sugere-se como possível justificativa para maior quantidade de estudos com a abordagem voltada para inferências a literatura, a complexidade e dificuldade no isolamento de princípios ativos, as limitações no domínio dos equipamentos, reagentes, metodologias ou até mesmo pelo custo operacional por parte dos pesquisadores (AFTAB et al., 2019).

Um dos principais métodos utilizados para caracterização e identificação de substâncias, em especial das que compõem extratos vegetais é a metodologia de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CGMS) e cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) (LAKSHMEESHA et al., 2019, AFTAB et al., 2019). Além disso métodos colorimétricos como *Folin-Ciocalteu* são utilizados para quantificação de compostos fenólicos, dentre outras substâncias (SWAIN, HILLIS, 1959).

Aftab et al. (2019) avaliaram a atividade antifúngica de diferentes concentrações de extratos de *Nigella sativa* L., preparados por maceração em metanol e identificaram que, para a concentração 50 mg/mL<sup>-1</sup>, houve redução de 86% a 88% da biomassa fúngica de *Fusarium oxysporum* e *Macrophomina phaseolina*. Os autores avaliaram o perfil fitoquímico do extrato por meio de análise de CGMS e detectaram a presença de ácido octadecadienóico, ácido pentadecanóico, 1,2,3,4-butanoteterol, ácido octadecanóico e ácido linoleico com maior predominância no extrato, sugerindo estes como possíveis responsáveis pela atividade antifúngica de *N. sativa* L.

Do total de 167 publicações com extratos vegetais que atribuíram seus efeitos a algum composto, ou seja, daqueles que se embasaram na literatura, determinaram classes ou identificaram substâncias, 62,24% relataram a presença de compostos fenólicos, 28,74% de terpenos, 17,96% de ácidos graxos, 17,96% de compostos nitrogenados e 20,95% de outros compostos (Figura 2).



**Figura 2-** Porcentagem de artigos indexados no *Web of Science*, nos anos de 2010 a 2020, para cada classe de compostos presente em extratos vegetais, a partir dos estudos que atribuíram os resultados à presença de algum composto.

As plantas produzem inúmeros e diferentes grupos de substâncias, que não apresentam funções restritas aparente nos processos de crescimento e desenvolvimento vegetal, sendo, portanto, classificadas como metabólitos secundários (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Dentre esses, uma grande variedade de compostos apresentam como estrutura básica um grupo fenol, um grupo hidroxila funcional e um anel aromático, substâncias conhecidas como compostos fenólicos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os compostos fenólicos apresentam aproximadamente 10.000 compostos quimicamente distintos, dentre eles alguns solúveis em solventes

orgânicos, outros são ácidos carboxílicos, glicosídeos e um grande grupo de polímeros insolúveis (RAMOS et al., 2019).

Atrelada a sua diversidade química, os compostos fenólicos têm múltiplas funções nas plantas, como defesa contra herbívoros, patógenos, suporte mecânico, atrativo de polinizadores, proteção ultravioleta, bem como atuam como reguladores de crescimento vegetal e herbicidas naturais, como  $\beta$ -sitosterol, quercetina, ácido caféico, ácido fúrico, ácido gálico, dentre outras (FERRAZ et al., 2017; KARABUYUK; AYSAN, 2019).

Os terpenos constituem o maior grupo de metabólitos vegetais, insolúveis em água e sintetizados a partir do acetil CoA ou de glicolíticos, sendo que todos seus constituintes derivam-se da união de unidades pentacarbonadas com ramificações de isopentano (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim como os fenólicos, também atuam na promoção de crescimento, defesa contra herbívoros e patógenos, além de ser considerado uma importante fonte de substâncias que agem contra a intoxicação vegetal, como lactonas terpênicas, azadiractina e giberelinas (DIKHOBBA et al., 2019; AHMED et al., 2019).

Por meio da síntese de uma molécula de acetil-CoA com uma de malonil-CoA, após alguns processos reativos dá-se a formação de ácidos graxos com cadeias carbônicas de 16 a 18 átomos. Ácidos graxos estão relacionado a síntese de lipídeos como glicerolipídeos, triacilgliceróis ou aqueles que formam cutículas nos vegetais, desempenhando importantes funções como inseticidas, principalmente, como fungicidas, a exemplo, ácido palmítico, oleico, linoléico, esteárico, araquidônico (VAZQUEZ-COVARRUBIAS et al., 2015; AHMED et al., 2019; TEMBO et al., 2018).

Dentre os compostos identificados com frequência em extratos vegetais encontram-se os compostos nitrogenados, sendo substâncias que tem nitrogênio em sua estrutura química, como os alcalóides e glicosídeos e são importantes na prevenção contra o ataque de herbívoros por meio da liberação de toxinas voláteis, compostos estes como nicotina, ácido cianídrico e isotiocianato (TAIZ; ZEIGER, 2013; KARABUYUK; AYSAN, 2019).

Além dos compostos fenólicos, terpenos, ácidos graxos e compostos nitrogenados, os vegetais produzem uma série de outras substâncias como as fitovitaminas, açúcares responsáveis por diferentes funções (EZEONU et al., 2018; POTRICH et al., 2020).

Muitas pesquisas têm comprovado que esses metabólitos secundários, derivados de extratos vegetais, apresentam ação contra organismos predadores e fitopatógenos com base na sua toxicidade e capacidade de repelir herbívoros e microrganismos quando testados *in vitro* e *in vivo* (COSTA et al., 2019; COZZOLINO et al., 2020; FINDURA et al., 2020; PAVELA et al., 2018; MEENA et al., 2020; NCISE et al., 2020). Além do mais, atuam na indução de resistência, construção de barreiras de polímeros, síntese de enzimas sinalizadoras de defesa, promoção de crescimento, herbicidas, inseticidas e na degradação da parede celular de organismos fitopatogênicos (ANZLOVAR et al., 2020; ROMERO-BASTIDAS et al., 2020).

Portanto, estudos com metabólitos secundários vêm permitindo a identificação de diferentes aplicações práticas de extratos vegetais na agricultura e tratamento de sementes, devido a seus efeitos e modo de ação (COZZOLINO et al., 2020; PHAMBALA et al., 2020; NCISE; DANIELS; NCHU, 2020; MANGWENDE; KRITZINGER; AVELING, 2019; AFTAB et al., 2019; ANIYA et al., 2020; ALVAREZ-PEREZ et al., 2020).

Considerando as diferentes aplicações de extratos vegetais na agricultura, do total de 167 publicações que destacaram metabólitos, 96 destas foram para aplicação com efeito em organismos fitopatogênicos e ao correlacionar com as diferentes classes de compostos; 62,5% desses foram compostos fenólicos, 29,16% foram terpenos, 21,87% ácidos graxos e 19,79% compostos nitrogenados (Figura 3A).

Algumas substâncias, como enzimas antioxidativas, especialmente peroxidase, polifenol oxidase e fenilalanina amônia liase tem grande capacidade de controlar organismos fitopatogênicos, como bactérias, fungos e nematoides, pois estão envolvidas diretamente o sistema de defesa da planta (SOUZA et al., 2015).

Já para os 32 artigos que abordaram a aplicação para efeito em insetos, 56,25% atribuíram seus efeitos a compostos fenólicos, 50% a terpenos e 25% para compostos nitrogenados (Figura 3B). Muitas pesquisas têm comprovado diversos papéis funcionais dos terpenóides na agricultura, bem como para o tratamento de sementes, sendo que estes estão dentre os principais compostos bioativos mais destacados com ação inseticida (BALDIN et al., 2015). O grupo dos terpenos apresenta muitas substâncias aleloquímicas voláteis, como limoneno, mentol, fitol, linalol, 1,8-cineol, azadiractina que vem sendo utilizadas como repelentes, em muitos casos prevenindo e diminuindo o contato da planta-inseto e, com isso, evitando alguns danos ao sistema produtivo (ARSHAD et al., 2019, NISSINEN et al., 2020).

Garcia et al. (2019) avaliaram a exposição de larvas, pupas e adultos de *Ceraeochrysa claveri* ao óleo de *Azadiracta indica*, rico em azadiractina, um importante terpenóide. Os autores identificaram que nas concentrações 0,5%, 1% e 2%, houve estresse e morte celular, além de promover atraso na espermatogênese dos insetos submetidos ao tratamento, evidenciando a importância do uso de extratos naturais ricos em terpenos como bioinseticidas para manejo de agroecossistemas.

Resultados positivos também foram relatados por Arshad et al. (2019) ao avaliarem os efeitos de extratos de *Azadiracta indica* A. Juss e *Melia azedarach* L. no controle de insetos pragas do algodoeiro (*Dysdercus koenigii* Walk, *Aphis gossypii* Glover e *Amrasca devastans* Distan), havendo média de 65,4% e 58,8% de controle para ambos os extratos, respectivamente.

No que se refere a aplicação com efeito de indução de resistência, do total de 10 artigos que trataram sobre essa temática, observou-se que 60% relataram compostos fenólicos e 20% ácidos graxos (Figura 3C). Dos 19 que trataram sobre efeito bioestimulante e promoção de crescimento, 78,95% destacaram substâncias fenólicas, 21,05% compostos nitrogenados e 15,78% terpenóides (Figura 3D).

Já em relação a aplicação com efeito herbicida, das 12 publicações para este fim, 75% apresentou relação com compostos fenólicos, 25% para terpenos e 25% outros compostos (Figura 3E). Outras aplicações de extratos

vegetais, como recuperação e manejo de solos apresentaram 6 publicações, 50% destacaram compostos fenólicos (Figura 3F).

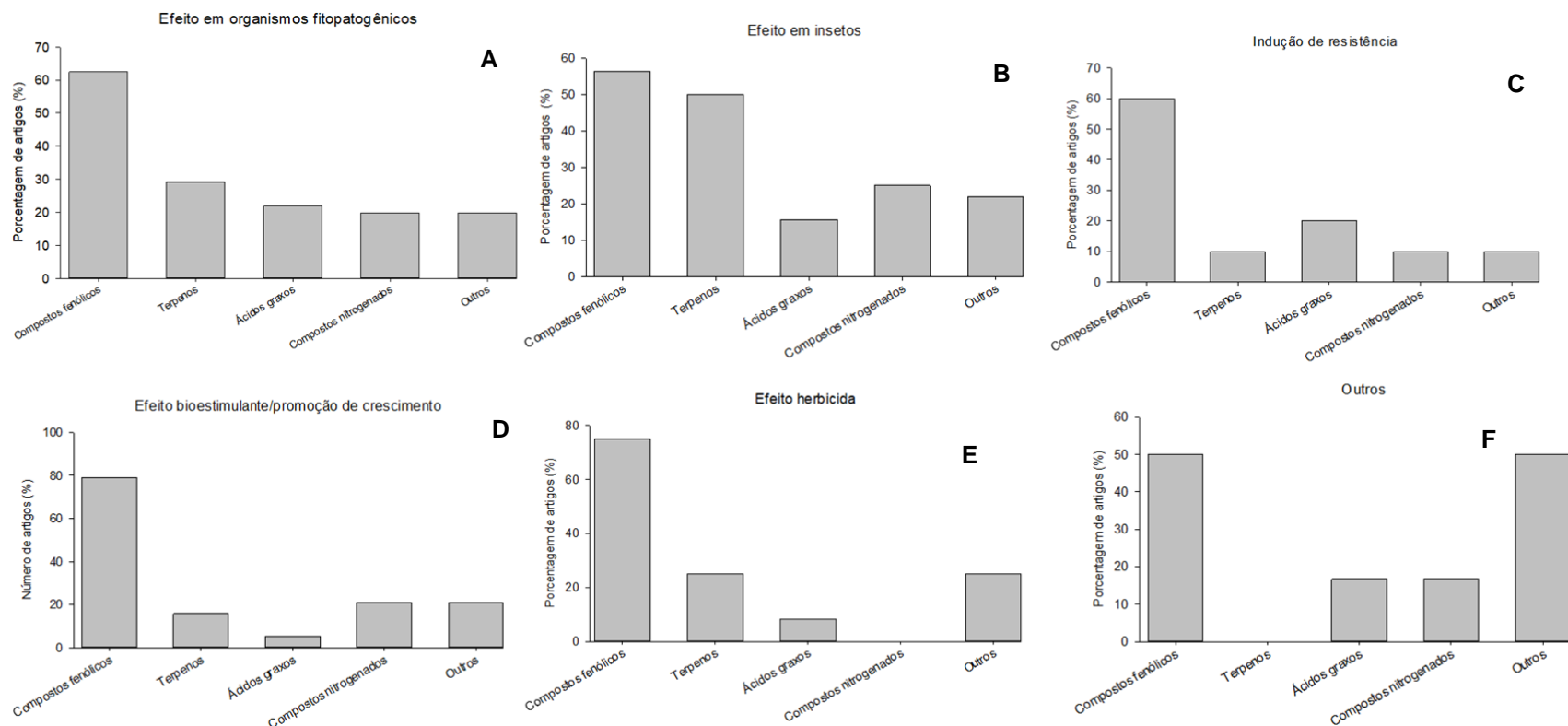
Ao correlacionar as classes de compostos com as diferentes abordagens de aplicações e efeitos de extratos vegetais na agricultura e tratamento de sementes, houve maior destaque para compostos fenólicos com predominância para todas às aplicações, além disso, os terpenos podem ser destacados como uma importante classe de metabólitos no controle de insetos.

Compostos fenólicos, devido à sua heterogeneidade de substâncias se destacam como sendo uma classe de metabólitos agrupadas ao metabolismo secundário dos vegetais. Por esta razão, apresentam inúmeras funções como herbicidas, bioestimulante, inseticidas, indutores de resistência, principalmente, fungicida (NISSINEN et al., 2020; ANIYA et al., 2020; LAKSHMEESHA et al., 2019).

Terpenos têm sido relatados na literatura como importantes mecanismos de controle de insetos, sendo base para muitos inseticidas industriais devido à sua baixa persistência no ambiente e baixa toxicidade para os mamíferos (TAHA-SALAIME et al., 2020; RODRÍGUEZ-MONTERO et al., 2020). Grande parte dos vegetais produzem substâncias advindas da mistura de monoterpenos e sesquiterpenos voláteis denominadas de óleos essenciais, sendo tóxicos para a maioria dos insetos (ARSHAD et al., 2019).

Um dado importante sobre a função protetora dos terpenos voláteis é o mecanismo em algumas espécies vegetais, como algodão, tabaco, entre outras, que somente liberam estes compostos após o inseto começar a ingestão da planta (PEREIRA et al., 2020; TAHA-SALAIME et al., 2020).





**Figura 3-** Visão geral das 167 publicações que atribuíram seus efeitos a metabólitos, relacionando as diferentes aplicações na agricultura com as categorias de compostos adotadas na revisão, publicadas no Web of Science entre 2010 e 2020. Porcentagem de artigos que abordou (A) o efeito em organismos fitopatogênicos para as diferentes classes de compostos; (B) o efeito em insetos para as diferentes classes de compostos; (C) a indução de resistência em insetos para as diferentes classes de compostos; (D) efeito bioestimulante/promoção de crescimento para as diferentes classes de compostos; (E) efeito herbicida para as diferentes classes de compostos e (F) outros efeitos para as diferentes classes de compostos.

Considerando apenas os trabalhos que identificaram às substâncias presentes nos extratos vegetais, destacam-se algumas espécies vegetais como *Syzygium aromaticum*, *Curcuma longa* L, *Allium sativum* L, *Ocimum basilicum* e *Zingiber officinale* (Tabela 1).

Hamad et al. (2019) avaliaram a ação fungicida de extratos de *Syzygium aromaticum*, *Tectona grandis*, *Ocimum basilicum* e *Eucalyptus gomphocephala* em três fungos fitopatogênicos, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* e *Alternaria solani*, e ação inseticida contra larvas de *Culex pipiens*. Os autores observaram resultados positivos de todos os extratos e por análise de CGMS identificaram que, para o extrato de *T. grandis* o composto mais abundante foi oxalato de ciclohexilpentil (8,7%), para o extrato de *E. gomphocephala* foi o p-cimeno (28,8%), o extrato de *O. basilicum* continha estragol (65,9%), 3-alilguaiacol (65,8%) e acetato de eugenol (46,6%) para o extratos e o óleo essencial de *S. aromaticum*, apontando que todos os extratos podem ser utilizados como biofungicidas e inseticidas naturais.

Lakshmeesha et al. (2019) constataram a ação de nanopartículas de óxido de zinco e extrato de *Syzygium aromaticum* no controle do crescimento e produção de micotoxinas de *Fusarium graminearum* e identificaram, a partir de CGMS, níveis elevados de eugenol,  $\beta$ -cariofileno, acetil eugenol no extrato vegetal. Por análise de microscopia eletrônica dos micélios, os autores revelaram que a aplicação das nanopartículas promoveu redução no conteúdo de ergosterol e causou danos na integridade da membrana dos fungos.

Em conformidade com os primeiros resultados apontados nesta revisão, observou-se que, dentre às principais classes de compostos identificadas nas pesquisas, destacam-se os compostos fenólicos e terpenos como sendo classes predominantes dentre as substâncias identificadas, tendo a aplicação para controle de organismos fitopatogênicos, insetos, efeito herbicida e indução de resistência como temas centrais dos estudos.

**Tabela 1-** Principais compostos isolados nos estudos analisados com extratos vegetais e seus efeitos para uso na agricultura.

Principais compostos descritos	Efeito na agricultura	Espécie/gênero de planta	Referência
p-cimeno, estragol, furfural, ácido $\alpha$ -linolênico, 1 $\beta$ H-romneína, acetato de eugenol, alilguaicol, oxalato de ciclohexilpentil, -4,4-dimetil-2-penteno,	Organismos fitopatogênicos	<i>Ocimum basilicum</i> , <i>Eucalyptus gomphocephala</i> with, <i>Syzygium aromaticum</i> , <i>Euphorbia paralias</i>	Hamadet al., 2019.
guaiaicol, ácido benzoacético, fenol, éster metílico de ácido benzoacético, salicilato de metila, ácido vanílico, siringol, ácido vanílico metílicoéster e ácido benzoico	Efeito herbicida	<i>Tridax procumbens</i> L	Adriana et al., 2018.
ácido octadecadienóico, O ácido pentadecanóico, 1,2,3,4, butanoteterol, ácido octadecanóico e ácido linoleico	Organismos fitopatogênicos	<i>Nigella sativa</i> L.	Aftab et al., 2019.
triterpenóides, $\beta$ -amirina, $\alpha$ -amirina, neofitadieno (4,38%) e ácido palmítico,	Organismos fitopatogênicos	<i>Curtisia dentata</i> ; <i>Markhamia obtusifolia</i>	Dikhoba et al., 2019.
eugenol, $\beta$ -cariofileno, acetil eugenol,	Organismos fitopatogênicos,	<i>Syzygium aromaticum</i>	Lakshmesha et al., 2019.
ácido laurico, ácido mirístico, Ácido palmítico, Ácido ricinoléico, Ácido esteárico, Ácido oleico, Éster etílico de ácido palmítico, 13-hexiloxaciclodec-10-en-2-ona,	Outros	<i>Cocos nucifera</i> ; <i>Carapa guianensis</i>	Bataglion et al., 2014.
heterocíclico bio-aromático, ácido cafeico, vanilina, rutina, luteolina, diosmetina, ácido p- cumárico, ácido vanílico, apigenina-7-glicosídeo, diosmetina-7-glicosídeo eluteolin-7-glucosídeo, miconazol, cetoconazol e clotrimazol, ácido clorogênico, ácido gálico, luteolin-7-glicosídeo, ácido ferúlico, ácido neoclorogênico, quercetina e diidroquercetin	Organismos fitopatogênicos	<i>Lepidium sativum</i> ; <i>Punica granatum</i>	Tayel et al., 2016.
fenólicos, polifenóis, alcalóides, terpenóides, polipeptídeos, glicosídeos cardíacos, compostos redutores e antraquinonas	Organismos fitopatogênicos	<i>Garcinia kola</i> ; <i>Tetrapleura tetraptera</i>	Umana et al., 2016.
magnolo, honokiol	Organismos fitopatogênicos	<i>Magnolia officinalis</i> Rehder e Wilson	Thuerig et al., 2018.
furfural; 2-furanmetanol; álcool benzílico; álcool feniletílico;	Outros	<i>Nandina domestica</i> Thunb.	Hu et al., 2018.
ácido xiquimico	Efeito herbicida	<i>Illicium verum</i> Hook. f.	Aniya et al., 2020.
sesquiterpeno cetolactona, curmina	Organismos fitopatogênicos	<i>Curcuma zedoaria</i>	Han et al., 2018.
ácido 3-O-cafeoil, 4-O-feruloilquínico; nicotiflorina (Kaempferol-3-O-Rhamnoglucosídeo); Q-3-O-glucosídeo; rutina (Quercetina-3-O-Rhamnoglucosídeo; ácido 5-O-feruloilquínico; ácido 3-O-feruloilquínico; ácido 5-O-p-coumaroilquínico; ácido 4-O-cafeoil, 5-O-feruloilquínico; ácido 4-O-	Organismos fitopatogênicos	<i>Licium europaeum</i>	Tej et al., 2018.

cafeoilquínico; ácido 3-O-cafeoilquínico; ácido clorogênico (ácido 5-O-cafeoilquínico);			
(+) - (S) -ar-turmerona	Organismos fitopatogênicos	<i>Curcuma longa</i> L.	Fu et al., 2018.
isotiocianato de alila	Organismos fitopatogênicos	<i>Crambe abyssinica</i>	Coltro-Roncato et al., 2016.
ácido quinino; Ácido clorogênico; Quercetina-glucuronídeo; Hispidulina; Tagitinin; O-Metil titoni; Tirofundin 3-O-metiléter; agitinina A; isorhamnetina; Ácido 3,5-Dicafeoilquínico; Ácido 1,5-Dicafeoilquínico; Ácido 3,4-Dicafeoilquínico;	Insetos	<i>Tithonia diversifolia</i>	Pavela et al., 2018.
ácido 3-hidroxi-12-oleanen-28-óico (ácido oleanólico)	Organismos fitopatogênicos	<i>Melianthus comosus</i>	Eloff; Angeh; McGaw, 2017.
ácido cinâmico e compostos de flavona, ácido p-hidroxibenzóico e ácido vanílico	Indução de resistência	<i>Solanum tuberosum</i>	Moushib et al., 2013.
ácido salicílico-fenilpropanóide	Indução de resistência	<i>Anacardium occidentale</i> Linn; <i>Zingiber officinale</i> Rosc	Andayanie et al., 2019.
nicotina; β-cariofileno; lupeol;	Insetos	<i>Nicotiana tabacum</i> L.; <i>Anadenanthera colubrina</i> Vell; <i>Agave americana</i> L.	Pereira et al., 2020.
luteolina 7-O-rutinósido, 6-C-glucosil-8-Carabinosil apigenina,	Organismos fitopatogênicos	<i>Flourensia cernua</i>	Alvarez-Perez et al., 2020.
n-feruloyl putrescine, Triptofano, Ácido clorogênico, Isoquercitrina, α-solanina, α-chaconina,	Organismos fitopatogênicos	<i>Solanum tuberosum</i> . L	Lene et al., 2020.
20-hidroxiecdisona, makisterona A e ciosterona	Insetos	<i>Ajuga iva</i>	Taha-Salaime et al., 2020.
Saponinas	Outros	<i>Quillaja saponária</i>	Adomaiti et al., 2020.
isopropanol: diclorometano	Insetos	<i>Lippia graveolens</i> , <i>Ruta graveolens</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Adonidia merrillii</i> , <i>Zingiber officinale</i>	Rodríguez-Montero et al., 2020.

Por se tratar de uma das principais vias de propagação de espécies vegetais, a manutenção da qualidade sanitária das sementes, bem como os processos envolvidos no seu tratamento tem ganhado destaque (ANŽLOVAR et al, 2020). Os fungos, insetos, vírus e bactérias estão entre os organismos que influenciam diretamente no processo de germinação, estabelecimento em campo e armazenamento de grãos e sementes (SHEHA et al., 2020).

Apesar da principal forma de controle ainda ser baseada no tratamento com agroquímicos, o uso dessas substâncias vem sendo questionado devido aos efeitos adversos como o surgimento de espécies resistentes, resíduos de grande persistência no meio ambiente e danos a outros organismos. Neste contexto, alternativas para o tratamento de sementes vêm sendo sugeridas e pesquisadas, dentre elas o uso de extratos vegetais (GHIMIRE et al., 2020; ALSAHLI et al., 2018).

Dos estudos que identificaram substâncias presentes nos extratos vegetais para aplicação em sementes, notou-se que *Allium sativum* L, teve maior relevância dentre as pesquisas (Tabela 2). Mangawende et al. (2019) avaliaram os efeitos de extratos de *Allium sativum* L., *Carica papaya* L., *Datura stramonium* L., *Lantana câmara* L., *Tagetes minuta* L e *Zingiber officinale* Roscoe *in vitro* e *in vivo* no tratamento de sementes de *Coriandrum sativum* L contra *Alternaria alternata* (PPRI 18133) e identificaram que *A. sativum* L e *Z. officinale* R. apresentaram efeitos semelhantes, sendo comparáveis ao controle com fungicida sintético Celest® XL. Os efeitos fungicidas de ambos os extratos foram atribuídos a alguns metabólitos como dialil tio sulfinato e sulfóxido de S-alil-L-cisteína.

Anžlovar et al. (2020) avaliaram extratos e óleo essencial de *Solidago virgaurea* L., *Solidago canadensis* L e *Solidago gigantea* Aiton e *Fallopia japonica* contra fungos associados a sementes de trigo como, *Alternaria alternata*, *Alternaria infectoria*, *Aspergillus flavus*, *Epicoccum nigrum* e *Fusarium poae*. Os autores constaram que os extratos de *S. canadensis* promoveram 61,8% de inibição, 47,1% para *S. gigantea* e 56,9% *S. virgaurea*, contra *F. poae*. A avaliação dos extratos das espécies de *Solidago* spp., por CGMS, demonstrou que dentre seus principais constituintes químicos, estão os terpenos, majoritariamente o  $\alpha$ -pineno, o germacreno D e o acetato de bornila.

Sneha et al. (2020) sintetizaram nanopartículas de prata (AgNPs) contendo extratos de diferentes partes vegetais de *Ficus racemosa*, para a determinação da

atividade antifúngica contra *Bacillus subtilis* e *Staphylococcus equorum* e na germinação de sementes de *Triticum aestivum* L. Os autores evidenciaram a atividade antibacteriana das AgNPs e o efeito na germinação de sementes de trigo, o que demonstra o potencial de uso de extratos vegetais sob diferentes ópticas de abordagens de aplicações.

Ghimire et al. (2020) avaliaram o potencial alelopático de extratos de *Miscanthus sacchariflorus* nas concentrações 100, 1000 e 10000 ppm na germinação, crescimento de plantas, biomassa e parâmetros bioquímicos de ervas daninhas (*Chenopodium album*, *Bidens frondosa*, *Amaranthus viridis*, *Artemisia princeps* var. *Orientalis*, *Commelina communis*, *Oenothera biennis*, *Erigeron nonensis*, *Digitaria ciliata* e *Echinochloa cramo*). O uso dos extratos de folhas de *M. sacchariflorus* suprimiu 100% a germinação das sementes de ervas daninhas, reduziu o comprimento de raiz, de parte aérea, a massa de matéria fresca, a massa de matéria seca e o conteúdo de pigmentos fotossintéticos e afetou diretamente o vazamento de íons eletrolíticos, além de estimular a atividade de enzimas antioxidantes. A análise de CGMS revelou a presença de 22 compostos fenólicos, com destaque para orientina, luteolina, ácido verátrico, ácido clorogênico, ácido protocatecuico, ácido p-cumárico e ácido ferúlico, sendo que os resultados foram diretamente proporcionais as concentrações utilizadas.

Alsahli et al. (2018) evidenciaram a ação fungicida e indutora de resistência de extratos *Curcuma longa* L. no tratamento de sementes de *Helianthus annuus* L para controle da podridão radicular de *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. A análise de CGMS revelou a presença de três compostos principais, ar-curcumina, cânfora e  $\alpha$ -turmerona. Os autores constataram, além da redução da severidade da doença, o maior crescimento das plantas de girassol. Foi constatado o aumento de enzimas peroxidases e fenilalanina amônia, indicando a indução de resistência. A análise de PCR (reação de cadeia de polimerase) mostrou a presença de três genes reguladores de proteínas de defesa (glutathione S-transferase 6, ascorbato peroxidase e defensina).

Levando-se em consideração as principais substâncias identificadas por estas pesquisas com extratos vegetais para o tratamento de sementes, destacam-se os compostos fenólicos e terpenos, com aplicação de efeito para controle de organismos fitopatogênicos, insetos, herbicida e indução de resistência (Tabela 2).

**Tabela 2-** Principais compostos isolados nos estudos com extratos vegetais e seus efeitos no tratamento de sementes.

Principais metabólitos descritos	Efeito na agricultura	Espécie/gênero de planta	Referência
ácido tetradecanoico, penta-ácido decanóico, ácido hexadecanóico, fitol, linalol, 1,8cineol e ácido 9, 12, 15 octadecanoic	Organismos fitopatogênicos	<i>Chrysanthemum frutescens</i> ; <i>Thespesia populnea</i> var. <i>Acutiloba</i>	Derbalah et al., 2012.
sulfóxido de (+)-S-alil-L-cisteína, tiosulfinato , 5,6-dihidro-6-pentil-2H-pentil-2-H-piran-2,	Organismos fitopatogênicos	<i>Allium sativum</i> ; <i>Zingiber officinale</i>	Mangwende; Kritzinger; Aveling, 2019.
Astilbina	Insetos	<i>Tithonia diversifolia</i> ; <i>Psychotria prunifolia</i>	Tavares et al., 2014.
Butano, 1,1-dietoxi-2-metil-; 4-hidroxi-3-metilacetofenona; 3,7,11,15-Tetrametil-2-hexadecen-1-ol; 2-decen-1-ol; 1-tridecena; Ácido tridecanóico, éster metílico; ácido n-hexadecanóico; Ácido hexadecanóico, éster etílico; Fitol; Ácido 9,12-octadecadienóico (Z, Z); Ácido 9,12,15-octadecatrienóico, éster metílico, (Z, Z, Z); 4-trideceno, (Z); Ácido ftálico, 2-metoxietil tetradecil este; 2-hexanona, 5-metil, Z-2-dodecenol, ácido nonanóico;; Ácido oxálico, éster dodecil 2-metilfeno; metanosulfato de metila; propano, 1,1-dietoxi-; 1-desoxi-d-altritol; 2-Mercaptotiazol;	Organismos fitopatogênicos	<i>Allium sativum</i> L	Muthukumar et al., 2010.
β-felandreno; Cicloheptasiloxano tetradecametil; Dieticarbonil-dicarbonil-cíclico-di-éter; 1,4-tetra-cosametil-cíclico-dióxido24/05/2021Tetratetracontano; Éster metílico do ácido hexadecanóico; Ciclononosiloxano octadecanmetil; 6 dodecatrien-3-ol 3, 7, 11 titrametil9; Cariofileno; Ácido 9-octadecanóico (z) 2, 6 octadien-1-ol 3, 7 acetato de dimetil; ácido butanoíco; acetato e α-terpineol; MIO-INOSITOL; 1,8 cineol; lianol; 3 ciclohexen-1-ol 4-metil-1- (1-metiletil); 3ciclohexeno-1-metanol-α 4-trimetil-p-menth 1-en-8-ol	Insetos	<i>Cassia senna</i>	Derbalah, 2012.
curcumina, canfura, turmerone	Indução de resistência	<i>Curcuma longa</i> L.	Alsahli et al., 2018.
Orientina, Luteolina, Ácido verátrico, Ácido clorogênico, Ácido protocatecuico, ácido p-coumarico e ácido ferúlioco	Efeito herbicida	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	Ghimire et al., 2020.
AgNPs	Outros/efeito herbicida	<i>Ficus racemosa</i>	Sneha et al., 2020.
α-Pineno, Humulene epóxido II	Organismos fitopatogênicos	<i>Solidago</i> spp.; <i>Fallopia japônica</i>	Anžlovar; Janeš; Dolenc, 2020

Em razão das diferentes potencialidades dos extratos vegetais para uso na agricultura, apontadas em pesquisas ao longo dos últimos dez anos, pesquisadores vêm buscando identificar e isolar compostos presentes nesses extratos, inclusive, para tratamento de sementes (GHIMIRE et al., 2020; SNEHA et al., 2020; ANŽLOVAR et al., 2020).

É de fundamental importância discutir que diferenças na atividade de extratos vegetais podem ser atribuídos aos diferentes grupos fitoquímicos sintetizados pelas espécies vegetais. Por outro lado, as metodologias empregadas no preparo de extratos e de identificação são determinantes e devem ser foco no desenvolvimento de estudos futuros.

Diante dos aspectos expostos nesta revisão, é possível afirmar que tratamentos alternativos em sementes, como o uso de extratos vegetais, são eficazes e promissores. É notório que a maioria dos estudos com extratos vegetais para as diferentes abordagens de aplicações na agricultura, publicadas nos últimos 10 anos, em especial para o tratamento de sementes, ainda respaldam seus resultados exclusivamente na literatura, sendo poucos os que determinaram ou identificaram substâncias presentes nos extratos. Observou-se que compostos fenólicos e terpenos têm sido classes de compostos metabólicos importantes para aplicações na agricultura, especialmente no tratamento de sementes, com destaque para controle de organismos fitopatogênicos e insetos.

### **3.4 CONCLUSÃO**

O período entre 2015 e 2020 apresentou os maiores índices de publicações de pesquisas que exploram extratos vegetais na agricultura buscando identificar ou quantificar a presença de compostos metabólicos, indicando um crescente interesse por esta temática. Dentre às principais classes de compostos presentes em extratos vegetais, destacam-se os compostos fenólicos com diferentes funções, efeitos e aplicações na agricultura, principalmente no tratamento de sementes. Os terpenos também apresentam grande potencial com ação bioinseticida. Extratos vegetais de



espécies de plantas ricas em compostos fenólicos e terpenos são fontes potenciais e promissoras para atuarem no biocontrole alternativo de diversos sistemas de cultivo.

Em suma, nota-se que o uso de extratos vegetais para diferentes aplicações na agricultura visando menor uso de agroquímicos, por conseguinte, utilizando de estratégias ecológicas para manejo de sistemas produtivos, têm recebido atenção de pesquisadores nos últimos anos.

### 3.5 REFERÊNCIAS

AFTAB, A; YOUSAF, Z; JAVAID, D. A; RIAZ, N; YOUNAS, A; RASHID, M; BUSHRA, H; CHAHEL, A. Antifungal activity of vegetative methanolic extracts of *Nigella sativa* against *Fusarium oxysporum* and *Macrophomina phaseolina* and its Phytochemical Profiling by GC-MS Analysis. **International Journal of Agriculture and Biology**, 2019. DOI:10.17957/IJAB/15.0930.

AHMED, S; ABD EL-AZIZ, G; ABOU-ZEID, M; FAHMY, A. Environmental Impact of The Use of Some Eco-friendly Natural Fungicides to Resist Rust Disease in Wheat. Catrina: **The International Journal of Environmental Sciences** 18, 87–95, 2019. Doi:10.21608/cat.2019.28611.

AL-MOHMADI, S. Y. A; AL-ANI, M. H. I. Effect of spraying with different concentration of *Licorice* extract and plant densities in growth and yield of *Sorghum bicolor* L. **Iraqi Journal of Agricultural sciences**, [s.l.], v. 50, n° 6, p. 1478–1485, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.36103/ijas.v50i6.835>> Acesso: 9 out. 2020. doi: 10.36103/ijas.v50i6.835.

ALSAHLI, A. A; IBRAHIM, A; ALARAIDH, Y. M; RASHAD; ELSAYED, S. A. Extract from *Curcuma longa* L. triggers the sunflower immune system and induces defence-related genes against *Fusarium* root rot. **Phytopathologia Mediterranea**, [s.l.], v. 57, n° 1, p. 26–36, 2018. Disponível em: <[https://doi.org/10.14601/Phytopathol\\_Mediterr-21176](https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-21176)>. Acesso: 9 out.2020. doi: 10.14601/Phytopathol\_Mediterr-21176.

ANDRIANA, Y; XUAN, T; QUAN, N; TRAN NGOC, Q. Allelopathic potential of *Tridax procumbens* L. on radish and identification of allelochemicals. **Allelopathy Journal**. 43. 223-238, 2018. Doi: 10.26651/allelo.j./2018-43-2-1143.

ANIYA, N. Y; FUERDENG, A. K. S; FUJII, Y. Evaluation of Allelopathic Activity of Chinese Medicinal Plants and Identification of Shikimic Acid as an Allelochemical from *Illicium verum* Hook. f.. **Plants**, 684, 2020. Disponível em <

<https://doi.org/10.3390/plants9060684>> Acesso em 9 de out, 2020. Doi:10.3390/plants9060684.

ANŽLOVAR, S; JANEŠ, D; DOLENC KOCE, J. The Effect of Extracts and Essential Oil from Invasive *Solidago* spp. and *Fallopia japonica* on Crop-Borne Fungi and Wheat Germination. **Food Technology and Biotechnology**, 2020. 58, 273–283. Disponível em <<https://doi.org/10.17113/ftb.58.03.20.6635>> Acesso em 9 de out. 2020. Doi:10.17113/ftb.58.03.20.6635.

ARSHAD, M; ULLAH, M. I; ÇAĞATAY, N. S; ABDULLAH, A; DIKMEN, F; KAYA, C; KHAN, R. R. Field evaluation of water plant extracts on sucking insect pests and their associated predators in transgenic Bt cotton. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, [s.l.], v. 29, n° 1, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1186/s41938-019-0142-8>> Acesso: 12 out. 2020. doi: 10.1186/s41938-019-0142-8.

CARMELLO, C. R; CARDOSO, J. C. Effects of plant extracts and sodium hypochlorite on lettuce germination and inhibition of *Cercospora longissima* in vitro. **Scientia Horticulturae**, 2018. 234, 245–249. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.056>>. Acesso em 9 de out. 2020. Doi:10.1016/j.scienta.2018.02.056.

CASER, M; DEMASI, S; CALDERA, F; DHAKAR, N.K; TROTTA, F; SCARIOT, V. 2020. Activity of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle Extract as a Potential Bioherbicide for Sustainable Weed Management in Horticulture. **Agronomy**, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/agronomy10070965>> Acesso em 9 de out, 2020. Doi:10.3390/agronomy10070965.

CHANDEL, S; KUMAR, V. Effect of plant extracts as pre-storage seed treatment on storage fungi, germination percentage and seedling vigour of pea (*Pisum sativum*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 87, n° 11, p. 1476–1481, 2017. ISSN: 00195022.

COLTRO-RONCATO, S; STANGARLIN, J. R; GONÇALVES JR, A. C; KUHN, O. J; VALENTINA GONÇALVES, E. D; DILDEY, D. F. O; MORAES FLORES, É. L. Nematicidal activity of crambe extracts on *Meloidogyne* spp. **Semina:Ciencias Agrarias**, [s.l.], v. 37, n° 4, p. 1857–1870, 2016. ISSN: 16790359. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4p1857>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n4p1857.

COSTA, A. P; MOURA, G.S; GEBAUER, J.T; FRANZENER, G. Extrato aquoso e óleo essencial de gengibre induzem mecanismos bioquímicos de defesa em feijoeiro. **Journal of Neotropical Agriculture**, [s.l.], v. 6, n° 2, p. 79–86, 2019. Disponível em <10.32404/rean.v6i2.2721> Acesso: 12 out. 2020. doi: 10.32404/rean.v6i2.2721.

COZZOLINO, E; GIORDANO, M; FIORENTINO, N; EL-NAKHEL, C; PANNICO,

A; DI MOLA, I; MORI, M; KYRIACOU, M; COLLA, G; ROUPHAEL, Y. Appraisal of biodegradable mulching films and vegetal-derived biostimulant application as eco-sustainable practices for enhancing lettuce crop performance and nutritive value. **Agronomy**, [s.l.], v. 10, n° 3, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/agronomy10030427>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.3390/agronomy10030427.

DIKHOBBA, P.M; MONGALO, N.I; ELGORASHI, E.E; MAKHAFOLA, T.J. 2019. Antifungal and anti-mycotoxigenic activity of selected South African medicinal plants species. **Heliyon**, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02668>> Acesso em 9 de out, 2020. Doi:10.1016/j.heliyon.2019.e02668.

FERRAZ, J.C.B; MATOS, C.H.C; OLIVEIRA, C.R.F.D; SÁ, M.D.G.R.D; CONCEIÇÃO, A.G.C.D. Acaricidal activity of juazeiro leaf extract against red spider mite in cotton plants. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000700003>> Acesso em 9 de junho, 2021. Doi:10.1590/s0100-204x2017000700003.

FINDURA, P; HARA, P; SZPARAGA, A; KOCIRA, S; CZERWIŃSKA, E; BARTOŠ, P; NOWAK, J; TREDER, K. Evaluation of the effects of allelopathic aqueous plant extracts, as potential preparations for seed dressing, on the modulation of cauliflower seed germination. **Agriculture**, [s.l.], v. 10, n° 4, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/agriculture10040122>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.3390/agriculture10040122.

GARCIA, A.S.G; SCUDELER, E.L; PINHEIRO, P.F.F; DOS SANTOS, D.C. 2019. Can exposure to neem oil affect the spermatogenesis of predator *Ceraeochrysa claveri*?. *Protoplasma* 256, 693–701. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s00709-018-1329-7>> Acesso em 9 de junho, 2021. Doi:10.1007/s00709-018-1329-7.

GHIMIRE, B.K; HWANG, M.H; SACKS, E.J; YU, C.Y; KIM, S.H; CHUNG, I.M. Screening of Allelochemicals in *Miscanthus sacchariflorus* Extracts and Assessment of Their Effects on Germination and Seedling Growth of Common Weeds. **Plants**, 2020, 9, 1313. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/plants9101313>> Acesso em 12 de out, 2020. Doi:10.3390/plants9101313.

HAMAD, Y; ABOBAKR, Y; SALEM, M; ALI, H; AL-SARAR, A; ALZABIB, A. Activity of Plant Extracts/Essential Oils Against Three Plant Pathogenic Fungi and Mosquito Larvae: GC/MS Analysis of Bioactive Compounds. **Bioresources**. Vol 14, No 2, 2019. 4489-4511. Doi: 10.15376/biores.14.2.4489-4511.

JANG, S. J; KUK, Y. I. Effects of Plant Extracts on Crop Diseases, Two-Spotted Spider Mites, and Weeds. **Journal of Agricultural Science and Technology**,

v. 22, n. 3, p. 759-773, 2020.

JANG, S. J; KUK, Y. I. Growth promotion effects of plant extracts on various leafy vegetable crops. **Horticultural Science and Technology**, [s.l.], v. 37, nº 3, p. 322–336, 2019. Disponível em<<https://doi.org/10.7235/HORT.20190033>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.7235/HORT.20190033.

LAKSHMEESHA, T.R; KALAGATUR, N.K; MUDILI, V; MOHAN, C.D; RANGAPPA, S; PRASAD, B.D; ASHWINI, B.S; HASHEM, A; ALQARAWI, A.A; MALIK, J.A; ABD\_ALLAH, E.F; GUPTA, V.K; SIDDAIAH, C.N; NIRANJANA, S.R. 2019. Biofabrication of Zinc Oxide Nanoparticles With *Syzygium aromaticum* Flower Buds Extract and Finding Its Novel Application in Controlling the Growth and Mycotoxins of *Fusarium graminearum*. **Frontiers in Microbiology**, 2019. Disponível em<<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01244>> Acesso em 9 de jun, 2020. Doi:10.3389/fmicb.2019.01244.

MAMARABADI, M; TANHAEIAN, A; RAMEZANY, Y. Antifungal activity of recombinant thanatin in comparison with two plant extracts and a chemical mixture to control fungal plant pathogens. **AMB Expr**, 180, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.1186/s13568-018-0710-4>> Acesso em 9 de jun, 2020. Doi: 10.1186/s13568-018-0710-4.

MANGWENDE, E. Control of *Alternaria* leaf spot of coenter in Organic Agriculture. **Eur Journal Plant Pathol.** [s.l.], v. 154, nº 3, p. 575–584, 2019. ISSN: 0929-1873. Disponível em<<https://doi.org/10.1007/s10658-019-01682-6>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1007/s10658-019-01682-6.

MEENA, R. P. et al. Efficacy of fungicides and plant extracts against *Alternaria alternata* causing leaf blight of chandrasur (*Lepidium sativum*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 90, nº 2, p. 337–340, 2020. ISSN: 00195022.

MÜLLER, M. A; MIORANZA, T.M; STANGARLIN, J.R; KUHN, O.J; BATTISTUS, A.G; ISTCHUK, A.N; FUCHS, F. In vitro toxicity and control of *Meloidogyne incognita* in soybean by rosemary extract. **Semina:Ciencias Agrarias**, [s.l.], v. 37, no 1, p. 103–110, 2016. Disponível em<<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n1p103>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n1p103.

NARASIMHAMURTHY, K; SOUMYA, K; UDAYASHANKAR, A.C; SRINIVAS, C; NIRANJANA, S.R. Elicitation of innate immunity in tomato by salicylic acid and *Amomum nilgiricum* against *Ralstonia solanacearum*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s.l.], v. 22, no July, p. 101414, 2019. Disponível em<<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101414>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1016/j.bcab.2019.101414.

NCISE, W; DANIELS, C.W; NCHU, F. Effects of light intensities and varying watering intervals on growth, tissue nutrient content and antifungal activity of

hydroponic cultivated *Tulbaghia violacea* L. under greenhouse conditions. **HELIYON**, [s.l.], v. 6, no 5, 2020. Disponível em< <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03906>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e03906.

NISSINEN, A.I; PIHLAVA, J; LATVALA, S; JAUHAINEN, L. Assessment of the efficiency of different control programs to reduce *Trioza apicalis* Först. (Trioziidae: Hemiptera) feeding damage and the spread of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” on carrots (*Daucus carotasp. sativus* L.) . **Annals of Applied Biology**, 2020. Disponível em< <https://doi.org/10.1111/aab.12603>> Acesso em 9 de jun, 2020. Doi:10.1111/aab.12603

PAVELA, R; DALL'ACQUA, S; SUT, S; BALDAN, V; NGAHANG KAMTE, S.L; BIAPA NYA, P.C; CAPPELLACCI, L; PETRELLI, R; NICOLETTI, M; CANALE, A; MAGGI, F; BENELLI, G. Oviposition inhibitory activity of the Mexican sunflower *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) polar extracts against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). **Physiological and Molecular Plant Pathology**, [s.l.], v. 101, p. 85–92, 2018. Disponível em< <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2016.11.002>> Acesso: 12 out. 2020. doi:10.1016/j.pmpp.2016.11.002.

PHAMBALA, K; TEMBO, Y; KASAMBALA, T; KABAMBE, V.H; STEVENSON, P.C; BELMAIN, S.R. Bioactivity of Common Pesticidal Plants on Fall Armyworm Larvae (*Spodoptera frugiperda*). **Plants Basel, Switzerland**. 2020 Jan; 9(1). Disponível em< <https://doi.org/10.3390/plants9010112>> DOI: 10.3390/plants9010112.

RAMOS, V.M; LEITE, R.G.F; ALMEIDA, V.T.D; CAMARGO, R.D.S; CRUZ, J.V.S; LEÃO, R.M.D; PRADO, M.V; PEREIRA, M.C.S. 2019. Bioactivity of *Asclepias curassavica*, *Equisetum* spp. and *Rosmarinus officinalis* Extracts Against Leaf-Cutting Ants. **Sociobiolog**, 2019. Doi:10.13102/sociobiology.v66i4.4271

SNEHA D, K; SARIKA P, S; TEJONMAYI S, C; YOGESH B, P; G, M.S; SHIVANJALI S, D; RAJENDRA J, M; RAJKUMAR B, D; SMITA M, D. 2020. Green Synthesis of Silver Nanoparticles by using Stem, Leaves and Fruits Extracts of Umber (*Ficus racemosa*). **International Journal of Pharmaceutical Investigation**, 2020. Disponível em< <https://doi.org/10.5530/ijpi.2020.3.56>> Acesso em 9 de jun, 2020. Doi:10.5530/ijpi.2020.3.56.

TAHA-SALAIME, L; LEBEDEV, G; ABO-NASSAR, J; MARZOUK, S; INBAR, M; GHANIM, M; ALY, R. Activity of *Ajuga iva* Extracts Against the African Cotton Leafworm *Spodoptera littoralis*. **Insects**, 2020. Doi:10.3390/insects11110726  
TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed., Artemed, 2013.

THUERIG, B; RAMSEYER, J; HAMBURGER, M; LUDWIG, M; OBERHÄNSLI, T; POTTERAT, O; SCHÄRER, H; TAMM, L. Efficacy of a *Magnolia officinalis* bark extract against grapevine downy mildew and apple scab under controlled and field conditions. **Crop Protection**, [S.L.], v. 114, p. 97-105, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.011>.

ZAKA, S. M; IQBAL, N; SAEED, Q; AKREM, A; BATOOL, M; KHAN, A.A; ANWAR, A., BIBI, M., AZEEM, S., RIZVI, D.-E.-N., BIBI, R., KHAN, K.A., GHARAMH, H.A; ANSARI, M.J; LATIF, S. Toxic effects of some insecticides, herbicides, and plant essential oils against *Tribolium confusum* Jacquelin du val (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). **Saudi Journal of Biological Sciences**, [s.l.], v. 26, no 7, p. 1767–1771, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.05.012>> Acesso: 12 out. 2020. doi: 10.1016/j.sjbs.2018.05.012.

ZIDA, P. E; NÉYA, B.J; STOKHOLM, M; ENSEN, S; SOALLA, R; SEREME, P; LUND, O. S. Increasing sorghum yields by seed treatment with an aqueous extract of the plant *Eclipta alba* may involve a dual mechanism of hydropriming and suppression of fungal pathogens. **Crop Protection**, 2018. DOI: [10.1016/j.cropro.2018.01.001](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.01.001). Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.01.001>> Acesso: 9 out. 2020. Doi: 10.1016/j.cropro.2018.01.001.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos houve um aumento nas pesquisas com extratos vegetais, como alternativa sustentável para o manejo de sistemas produtivos, especialmente tratamento de sementes.

Extratos vegetais têm diferentes aplicações para a agricultura, dentre elas, efeito herbicida, indução de resistência, inseticida, bioestimulante/promoção de crescimento, tratamento de solos e principalmente no controle organismos fitopatogênicos.

Países em desenvolvimento, onde há uma predominância da agricultura familiar, como o Brasil e Índia tem maior produção de trabalhos voltados ao uso de extratos vegetais na agricultura. O foco das pesquisas tem sido centrado no controle de organismos fitopatogênicos associados às plantas e sementes. Especificamente para o tratamento de sementes, o foco está no controle de organismos fitopatogênicos e efeito de promoção de crescimento.

Ainda são poucas as pesquisas que buscaram identificar/ou determinar a presença de compostos metabólicos em extratos vegetais, sendo que o período entre 2015 e 2020 apresentou os maiores índices de publicações de pesquisas que exploram extratos vegetais na agricultura, e que abordam a identificação e determinação de compostos metabólicos.

Os compostos fenólicos representam a classe prioritária de metabolitos secundários com diferentes funções, efeitos e aplicações na agricultura, principalmente no tratamento de sementes. Os terpenos também se destacam como bioinseticidas para uso na agricultura.

Apesar da grande potencialidade do uso de extratos vegetais como alternativa de controle sustentável na agricultura, as pesquisas ainda se encontram limitadas a avaliações *in vitro*, devido a carência de metodologias de preparo de extratos em maiores escalas para uso em campo, gerando muitas lacunas no entendimento do modo de ação de compostos vegetais em sistemas *in vivo* em maior escala.

A interconexão e cooperação de diferentes áreas de estudos, como a bioquímica, biologia molecular, farmacologia, fitotecnia, fitopatologia, dentre

outras áreas, pode significar o caminho para autossuficiência do uso de extratos vegetais na agricultura, especialmente no tratamento de sementes, principalmente no que se refere ao isolamento de metabólitos secundários.

Destaca-se a importância de estudos e pesquisas futuras no aprofundamento e exploração das diferentes aplicações de extratos vegetais na agricultura, principalmente para o desenvolvimento de fungicidas naturais, promotores de crescimento e bioinseticidas naturais, a partir do uso de compostos metabólitos vegetais, além disso, no desenvolvimento de metodologias de baixo custo e acessíveis aos agricultores.