

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL**

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**POTENCIAL ACARICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS
MEDICINAIS SOBRE *Tetranychus urticae* (ACARI:
TETRANYCHIDAE)**

RONNY ELISSON RIBEIRO CAVALCANTE

**PETROLINA, PE
2021**

RONNY ELISSON RIBEIRO CAVALCANTE

**POTENCIAL ACARICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS
MEDICINAIS SOBRE *Tetranychus urticae* (ACARI:
TETRANYCHIDAE)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IF SERTÃO-PE *Campus*
Petrolina Zona Rural, exigido para a obtenção
de título de Engenheiro Agrônomo.

**PETROLINA, PE
2021**

C377

Cavalcante, Ronny Elisson Ribeiro.

Potencial acaricida de óleos essenciais de plantas medicinais sobre *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) / Ronny Elisson Ribeiro Cavalcante.

- 2021.

48 f.: il.; 30 cm.

1. Entomologia. 2. Controle de pragas. 3. Óleos essenciais. 4. Bioprodutos. I. Título.

CDD 595.7



SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO

FOLHA DE APROVAÇÃO

RONNY ELISSON RIBEIRO CAVALCANTE

POTENCIAL ACARICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS MEDICINAIS SOBRE *Tetranychus urticae* (ACARI: TETRANYCHIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo, pelo Instituto Federal de
Educação, Ciências e Tecnologia Sertão
Pernambucano, Campus Petrolina Zona
Rural.

Aprovado em: 18 / 02 / 2021

Banca Examinadora

ANDREA NUNES MOREIRA DE CARVALHO
69252882472

PROFISSIONAL REGISTRADO PARA PRATICAR EXERCÍCIOS DE LICENCIAMENTO
DN: CN=Andrea Nunes Moreira de Carvalho:69252882472, OU=IF
SERTÃO-PE - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Sertão Pernambucano, C=+CPEAU, C=BR
Razão: Eu estou aprovando este documento
Localização: IF Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural
Data: 2021-02-18 11:49:20
Email:andrea@unibolsa.edu.br

Dra. Andréa Nunes Moreira de Carvalho
Orientador/Presidente
IF Sertão-PE, Campus Petrolina Zona Rural

Fabiana Soares Cariri
Lopes:05121591497

Assinado de forma digital por
Fabiana Soares Cariri
Lopes:05121591497
Dados: 2021.02.19 15:02:28 -03'00'

Dra. Fabiana Soares Cariri Lopes
2º Examinadora
IF Piauí, Campus São João

Assinado de forma digital por
Leandro Jose Uchoa
Lemos:9533142529
Dados: 2021.02.19 14:24:14
-03'00'

Dr. Leandro José Uchoa Lemos
3º Examinador
IF Sertão-PE, Campus Petrolina Zona Rural

RESUMO

Tetranychus urticae Koch é uma das espécies de ácaros fitófagos mais importantes na agricultura, causando danos a várias culturas de importância econômica no Brasil, inclusive na videira. Sendo assim, objetivo desse trabalho foi avaliar a toxicidade de óleos essenciais (OE) de plantas medicinais das famílias Poaceae, Lamiaceae, Verbanaceae e Zingiberaceae sobre *T. urticae* em condições de laboratório. Para tanto, discos de folha de feijão de porco foram tratados com os OE diluídos em Tween 20 para as concentrações 0,3; 0,6; 0,9; 1,2 e 1,5%. Os discos tratados foram colocados sobre esponja de polietileno e papel filtro, dentro de placas de Petri, saturados com água destilada e infestados com 10 fêmeas adultas do ácaro-rajado e mantidos em câmara incubadora. O delineamento foi inteiramente casualizado com cinco concentrações e três tempos de avaliação para cada espécie de planta, com quatro repetições. A testemunha consistiu na solução de tween 20 (0,1%). As avaliações foram efetuadas após 24, 48 e 72 horas de exposição dos ácaros aos OE de seis espécies de plantas, *Lippia sidoides*; *Cymbopogon citratus*; *Cymbopogon winterianus*; *Ocimum basilicum*; *Mentha piperita*; *Alpinia zerumbet*. Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão ($p \leq 0,05$) no software SISVAR. Não houve diferença significativa na interação entre o tempo de exposição dos ácaros aos OE e às concentrações. Das seis espécies testadas, três foram significativas às análises de regressões. O OE de alecrim-de-vaqueiro, *L. sidoides* ($y = 12,563x^2 - 12,891x + 21,16$; $R^2 = 0,7516$; p-valor: $<0,01$) obteve mortalidade variando de 16,66% a 30,83%. O OE de citronela, *C. winterianus* ($y = -29,746x^2 + 67,156x - 6,828$; $R^2 = 0,9866$; p-valor: $<0,05$) apresentou uma mortalidade máxima de 30% na concentração de 1,2%. O OE de manjericão, *O. basilicum* ($y = -3,9603x^2 + 21,572x - 4,664$; $R^2 = 0,9412$; p-valor: $<0,01$), a mortalidade mínima registrada foi de 2,5% e máxima de 18,33% nas concentrações de 0,3 e 1,5%, respectivamente. Quando avaliada a mortalidade em cada tempo de exposição dos ácaros aos OE, o de colônia (*A. zerumbet*) e manjericão (*O. basilicum*) foram mais significativos nas primeiras 24h, os de capim-santo (*C. citratus*) e citronela (*C. winterianus*) foram significativos até 48h. Contudo, a mortalidade acumulada de alecrim-de-vaqueiro e de citronela se destacaram com médias máximas de 92,5% e 82,5-90% de mortalidade, respectivamente. Os resultados indicam que as espécies alecrim-de-vaqueiro e citronela são promissoras no controle de *T. urticae*. Dessa forma, espera-se desenvolver produtos alternativos no controle e diminuição dos casos de resistência do ácaro-rajado aos acaricidas sintéticos.

Palavras-chave: Acaricida botânico; ácaro-rajado; bioprodutos; controle alternativo; MIP.

Dedico este trabalho de conclusão de curso aos meus avós, Maria Eurenice e Reginaldo da Silva (*in memoriam*), por todo apoio, amor e dedicação que sempre tiveram por mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por ser meu porto seguro, por ter dado força nos momentos mais difíceis e me encorajado a seguir.

Ao IF SERTÃO-PE *Campus* Petrolina Zona Rural por oportunizar que os sertanejos tenham acesso ao ensino superior público de qualidade. E aos docentes pelos ensinamentos, pela compreensão, pelas amizades, por nunca hesitarem em ajudar, principalmente durante a pandemia da Covid-19.

A minha professora e orientadora Dra. Andréa Nunes Moreira de Carvalho pelos ensinamentos, pela confiança, pelos conselhos, pelas palavras de encorajamento quando mais precisei e pela oportunidade de ingressar na iniciação científica.

A Embrapa Semiárido, em nome de Dr. José Eudes de Moraes Oliveira, pela disponibilização dos ácaros para realização do experimento.

Ao Laboratório de Química e Produtos Naturais do IF SERTÃO-PE *Campus* Petrolina Zona Rural em nome do professor Dr. Vitor Prates Lorenzo, Eliatânia e Giovanna por contribuírem com a realização desse trabalho.

A minha família, especialmente aos meus avós Maria Eurenice e ao meu avô Reginaldo da Silva (*in memoriam*) por todo apoio, por acreditarem em mim, por todo amor e por terem sonhado comigo, conseguimos! A minha mãe Benane e ao meu pai Romero, minhas irmãs Rayssa Vitória, Maria Eduarda e Maria Fernanda e minha tia Rocilda por fazerem me sentir seguro e dar ânimo para seguir firme e perseverante.

Ao meu amigo Tiago Lima por estar sempre disposto a ajudar-me, por estar comigo nos momentos de superação, pelas sugestões nos meus trabalhos e pelo companheirismo de longa data.

Aos meus amigos e bolsistas do grupo de Entomologia, Erick Matheus e Eduarda Ellen por sempre me ajudarem na condução dos experimentos.

À banca examinadora por aceitar o convite e pelas valiosas contribuições.

Aos meus colegas da turma AG11 pelos desafios que enfrentamos juntos, pelas amizades cativadas e pela convivência de aproximadamente 5 anos.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de pesquisa.

A todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta na minha formação acadêmica, profissional e pessoal, minha eterna gratidão.

“Não fui eu que lhe ordenei? Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”

Josué 1:9

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Extração dos óleos essenciais por hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger.....	25
Figura 2: Etapas de criação de <i>Tetranychus urticae</i> em laboratório (A) e manutenção de feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>) sob telado (B).....	26
Figura 3: Etapas do bioensaio, corte dos discos (A), aplicação dos tratamentos (B), secagem em temperatura ambiente (C) e confecção da arena em placa de Petri.....	27
Figura 4: Avaliação do efeito dos óleos essenciais sobre <i>Tetranychus urticae</i> ao final de cada período de tempo.....	27
Figura 5: Mortalidade média (%) de fêmeas adultas do ácaro-rajado, <i>Tetranychus urticae</i> , submetidas a diferentes concentrações de óleo essencial de alecrim-de-vaqueiro, <i>Lippia sidoides</i> , em laboratório.....	30
Figura 6: Mortalidade média (%) de fêmeas adultas do ácaro-rajado, <i>Tetranychus urticae</i> , submetidas a diferentes concentrações de óleo essencial de citronela, <i>Cymbopogon winterianus</i> , em laboratório.....	31
Figura 7: Mortalidade média (%) de fêmeas adultas do ácaro-rajado, <i>Tetranychus urticae</i> , submetidas a diferentes concentrações de óleo essencial de manjerição, <i>Ocimum basilicum</i> , em laboratório.....	32
Figura 8: Mortalidade média (%) de fêmeas adultas de <i>Tetranychus urticae</i> após 24, 48 e 72 horas de exposição aos óleos essenciais. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os períodos de avaliação ($p < 0,05$)	33

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1: Mortalidade média (%) acumulada de <i>Tetranychus urticae</i> Koch após expostos às concentrações de óleos essenciais das espécies vegetais testadas. Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre as concentrações testadas ($p < 0,05$)	33
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	CULTURA DA Videira	15
2.2	O ÁCARO-RAJADO	16
2.3	CONTROLE DE PRAGAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS	18
2.3.1	ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Lippia sidoides</i> C.	19
2.3.2	ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Cymbopogon citratus</i> Stapf.	20
2.3.3	ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Cymbopogon winterianus</i> J.	211
2.3.4	ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Ocimum basilicum</i> L.	21
2.3.5	ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Mentha piperita</i> L.	222
2.3.6	ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Alpinia zerumbet</i> (Pers.)	22
3	OBJETIVOS	23
3.1	OBJETIVO GERAL	23
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	CULTIVO DAS PLANTAS	24
4.2	EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS	24
4.3	CRIAÇÃO DE <i>Tetranychus urticae</i>	25
4.4	BIOENSAIOS	26
4.5	ANÁLISES	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

A videira (*Vitis* spp.) é uma das culturas mais cultivadas no mundo, sendo consumida *in natura* ou processada (SEGADE *et al.*, 2013; ZHU *et al.*, 2015). No Brasil, a região Nordeste se destaca na produção de uvas finas de mesa, sendo o estado de Pernambuco o maior produtor da região (IBGE, 2020). O Submédio do Vale do São Francisco, onde se localiza a cidade de Petrolina-PE, tem se destacado no cenário nacional por ser responsável pela exportação de 99% do volume de uvas finas de mesa do Brasil desde 2002 (HORTIFRUTI BRASIL, 2020).

Entretanto, a ocorrência de problemas fitossanitários, como o ataque do ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), tem causado preocupação aos produtores da região desde os anos 90 (MORAES; FLECHTMANN, 2008). As injúrias causadas pelo ácaro decorrem de sua alimentação do conteúdo celular das folhas, eliminando a clorofila que evolui para clorose e posteriormente para necrose dos tecidos, levando a perdas de produtividade (STEINKRAUS *et al.* 2003; MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Entre as seis espécies de ácaros da família Tetranychidae que causam problemas a plantas de importância econômica no Brasil, *T. urticae* se destaca por possuir uma diversidade de plantas hospedeiras e causar danos expressivos na maioria delas (MORAES; FLECHTMANN, 2008). É considerado cosmopolita e polífago (AGUT *et al.*, 2018), com aproximadamente 1.169 espécies de plantas hospedeiras já descritas em todo o mundo, das quais 150 são de importância agrônômica (MIGEON; DORKELD, 2021) incluindo a videira (GRBIC *et al.*, 2011; DOMINGOS *et al.*, 2014; MIGEON; DORKELD, 2021).

Para reverter essa situação, os produtores têm recorrido aos acaricidas sintéticos para controlá-lo (MARCIC, 2012; VAN LEEUWEN *et al.*, 2012). Mesmo havendo a possibilidade do uso de agentes biológicos, sua eficiência tem sido limitada devido aos níveis populacionais da praga e suscetibilidade a um grande número de

acaricidas/inseticidas (MIRESMAILLI; ISMAN, 2006). Além disso, algumas características inerentes ao ácaro, como o tipo de reprodução, tamanho e capacidade de desintoxicação (STUMPF; NAUEN, 2001; GRBIC *et al.*, 2007; AGUT *et al.*, 2018), associada às aplicações frequentes de inseticidas químicos tem levado a uma pressão de seleção e favorecido a ocorrência de populações resistentes em um curto espaço de tempo (MORAES; FLECHTMANN, 2008; KNOWLES, 1997; VAN LEEUWEN *et al.*, 2008).

Diante da redução da eficiência dos acaricidas/inseticidas, diferentes técnicas precisam ser empregadas, para evitar ou retardar o aparecimento da resistência aos produtos fitossanitários usados na agricultura (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Por isso, pesquisas relacionadas aos metabólitos secundários sintetizados pelos vegetais têm despertado o interesse dos pesquisadores, notadamente os óleos essenciais, visando o desenvolvimento de novas moléculas úteis ao ser humano (COSTA, 2016), para a formulação de pesticidas botânicos. Essas pesquisas têm sido intensificadas nas últimas três décadas (ISMAN; GRIENEISEN, 2014). Como reflexo desse interesse, o uso de biopesticidas vem crescendo a uma taxa de 10% ao ano (KUMAR; SINGH, 2015).

Nesse contexto, os óleos essenciais de espécies vegetais são promissores para o Manejo Integrado de Pragas (MIP), visto que estudos têm comprovado sua atividade acaricida (SANTOS, 2018; PAES *et al.*, 2015) e inseticida (DUTRA *et al.*, 2020; JARAMILLO *et al.*, 2012). Além disso, possuem algumas características que estão de acordo com o MIP, como envolver diversos modos de ação, menor toxicidade aos mamíferos e baixa persistência no ambiente (ASLAN *et al.*, 2004; CHAE *et al.*, 2014).

Diante dos problemas enfrentados para o controle de *T. urticae*, faz-se necessária a investigação de novas possibilidades de controle dessa praga, que estejam de acordo com os princípios do MIP, visando a sustentabilidade. Tendo em vista que há uma crescente demanda de alimentos livres de resíduos de agrotóxicos, principalmente por alguns países importadores de uvas finas do Brasil, como os da União Europeia, e da preocupação com o meio ambiente, no que diz respeito à conservação dos recursos naturais. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a toxicidade de óleos essenciais de plantas medicinais das famílias Poaceae, Lamiaceae, Verbanaceae e Zingiberaceae sobre *T. urticae* em condições de laboratório.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CULTURA DA VIDEIRA

A videira, *Vitis* spp., é uma das culturas mais cultivadas e consumidas no mundo, tem sido apreciada na forma de geleias, sucos, vinhos e consumo *in natura* (SEGADE *et al.*, 2013; ZHU *et al.*, 2015). Pertencente à família Vitaceae, a qual inclui 19 gêneros, sendo *Vitis* o de maior importância econômica, compreendendo todas as videiras de importância comercial, possuindo 108 espécies (SOUZA, 1996). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2020), os três principais países produtores de uvas no mundo são Itália, China e França. O Brasil está na 15ª posição, com uma participação ainda um pouco tímida de 1,92% do total. Em 2019 o país produziu 1.485.292 toneladas de uvas, o Estado de Pernambuco se destacou como o maior produtor de uvas do Nordeste com uma produção de 456.080 toneladas, sendo que a cidade de Petrolina representa 346.500 toneladas desse total (IBGE, 2020). Por isso, o Submédio do Vale do São Francisco é responsável, desde 2002, por 99% das exportações de uvas finas de mesa do Brasil (HORTIFRUTI BRASIL, 2020).

O ciclo de produção da videira é de aproximadamente 120 dias, com período de brotação, florescimento, frutificação e maturação. Esses fenômenos ocorrem de forma muito rápida sob condições tropicais, principalmente no Nordeste brasileiro (BARBOSA *et al.*, 2016). Diferente das videiras cultivadas nas regiões temperadas, onde ocorre a queda natural das folhas e entram em dormência hiberna, no VSF as plantas vegetam continuamente (SANTOS, 2012). O período de repouso dura em média 30 dias, tempo suficiente para iniciar um novo ciclo (ASSIS; LIMA FILHO, 2000). Em virtude das condições edafoclimáticas no VSF, que propicia o aceleração do metabolismo das plantas, após um ano de plantio já é possível realizar a primeira

colheita. Além disso, o emprego de tecnologias como controle de irrigação, aplicação de fitoreguladores, programação de poda e ciclo que varia de 90 a 130 dias (a depender da variedade), é possível produzir até duas safras e meia por ano no VSF (SILVA; COELHO, 2010).

Entretanto, a ocorrência de problemas fitossanitários pode comprometer essa produção. Dentre esses problemas, destaca-se o ácaro-rajado, *T. urticae*, que teve seus primeiros registros na região nos anos 80 e desde os anos 90 vem causando sérios danos a cultura da videira (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

2.2 O ÁCARO-RAJADO

Representantes do Filo Arthropoda e classe Arachnida, os ácaros são organismos que apresentam um tamanho reduzido, além de grande diversidade morfológica e diferentes hábitos alimentares (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Dentre as famílias de ácaros fitófagos, destaca-se a Tetranychidae, da qual já foram descritas mais de 1.300 espécies em 77 gêneros, sendo que aproximadamente 100 espécies são consideradas pragas e pouco mais de 10 como pragas-chaves (VACANTE, 2015; MIGEON; DORKELD, 2021). No Brasil, das seis espécies de importância econômica, apenas uma, *T. urticae* Koch 1836 (Acari: Tetranychidae), possui uma diversidade de plantas hospedeiras e que causa danos expressivos na maioria delas (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Por se tratar de uma espécie de ácaro cosmopolita e polífaga (AGUT *et al.*, 2018), aproximadamente 1.169 espécies de plantas hospedeiras já foram descritas em todo o mundo, das quais 150 são de importância agrônômica (MIGEON; DORKELD, 2021), incluindo as culturas do tomate, pepino, melão, morango, milho, soja, maçã, uva, citros (GRBIC *et al.*, 2011; MIGEON; DORKELD, 2021) e pimentão (BHULLAR *et al.*, 2021).

A espécie *T. urticae* é conhecida popularmente como ácaro-rajado, isso se deve a duas manchas escuras em cada lado do dorso, provocado pelo enchimento parcial do ventrículo, visível em decorrência da transparência do tegumento. (MORAES; FLECHTMANN, 2008). As injúrias causadas pelo ácaro-rajado, em que o coloca no *status* de praga, é devido ao tipo de alimentação. O ácaro insere seus estiletos nas células do mesófilo, preferencialmente na face abaxial das folhas, onde

o conteúdo celular é extravasado e sugado (OHTSUKA; OSAKABE, 2009; MORAES; FLECHTMANN, 2008), danificando as células, removendo a clorofila, onde tornam-se cloróticas, o que consequentemente reduz a fotossíntese (STEINKRAUS *et al.*, 2003). Posteriormente, nas folhas formam-se necroses, secam e caem, refletindo negativamente na produtividade (FIEDLER, 2012).

Algumas características biológicas tornam esse ácaro de difícil controle, como tamanho pequeno, ciclo de vida relativamente curto, maturidade sexual precoce e alta produção de descendentes, tipo de reprodução e habilidades adaptativas, como a capacidade de desintoxicação (STUMPF; NAUEN, 2001; GRBIC *et al.*, 2007; AGUT *et al.*, 2018). Em condições controladas, com temperatura de 25 ± 2 °C e 65 ± 5 % UR., o desenvolvimento da fêmea de ovo a adulto, em variedade de feijão Kartica, dura em média $9,61 \pm 0,06$ dias e do macho $9,30 \pm 0,13$. Na mesma variedade de feijão e condições, as fêmeas apresentam um período de oviposição em média de $18,00 \pm 0,52$ dias, podendo ovipositar $108,46 \pm 1,60$ ovos durante o período reprodutivo. A longevidade das fêmeas é de $21,63 \pm 0,54$ dias (UDDIN *et al.*, 2015). Sendo possível que se complete um ciclo de uma a três semanas, dependendo das condições climáticas e planta hospedeira (GERSON; WEINTRAUB, 2012). Além disso, altas temperaturas e baixa umidade favorecem o desenvolvimento de *T. urticae*, condições estas predominantes no Vale do Submédio São Francisco, o que possibilita seu desenvolvimento o ano inteiro, principalmente no segundo semestre, onde as condições climáticas são mais favoráveis (VIEIRA *et al.*, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Os ácaros durante seu desenvolvimento, passam pelos estágios de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto. A maioria dos ácaros-praga é haplo-diplóide (machos haploides e fêmeas diploides), no caso, *T. urticae* se reproduz por partenogênese arrenótoca e de forma bissexuada. Assim sendo, ovos não fertilizados dão origem a machos e os fertilizados dão origem a fêmeas. É possível que uma fêmea não inseminada possa dar origem a uma nova geração a partir de filhos (haploides), que na fase adulta poderá inseminar a própria mãe, gerando filhas (diploides) (HELLE; GUTIERREZ; BOLLAND, 1970; MORAES; FLECHTMANN, 2008).

O controle de *T. urticae* tem sido realizado com acaricidas sintéticos (MARCIC, 2012; VAN LEEUWEN *et al.*, 2012). Atualmente outra forma de controle que vem sendo utilizado no Brasil é o controle biológico. Entretanto, ao serem aplicados acaricidas/inseticidas os ácaros predadores também são atingidos,

reduzindo a população e conseqüentemente a eficiência do controle biológico (FOERSTER, 2002). Além disso, o ácaro-rajado apresenta um ciclo biológico curto, o que leva à exposição de várias gerações a cada evento de pressão ambiental, como a aplicação de acaricidas sintéticos (MORAES; FLECHTMANN, 2008), a espécie tem a capacidade de desenvolver resistência a acaricidas em um curto espaço de tempo (KNOWLES, 1997; VAN LEEUWEN *et al.*, 2008). Estudos a nível molecular têm sido realizados, buscando identificar alterações que conferem resistência em *T. urticae* (XUE *et al.*, 2020; PAPAPOSTOULOU *et al.*, 2020).

Atualmente são registrados 549 casos de resistência a 96 ingredientes ativos diferentes em todo o mundo, sendo que desses registros, 53 são no Brasil, indicando resistência a 20 diferentes ingredientes ativos (APRD, 2021). No país, casos de resistência do ácaro-rajado a acaricidas tem sido registrado desde o final dos anos 60 (MELLO, 1968) e desde então os casos continuam a serem registrados (ASSIS; GONDIM JUNIOR; SIQUEIRA, 2018), inclusive no VSF (MONTEIRO *et al.*, 2015).

2.3 CONTROLE DE PRAGAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS

Os metabólitos secundários sintetizados pelas plantas têm sido estudados por pesquisadores de várias áreas da ciência, pois estes apresentam potenciais fontes para adquirir novas moléculas úteis ao ser humano (COSTA, 2016). Os óleos essenciais são sintetizados no metabolismo secundário das plantas, tendo sido associado à proteção contra patógenos e herbívoros, geralmente estão presentes em várias partes da planta como folha, caule, raiz, flor, fruto e sementes (SOUZA *et al.*, 2010; MIRESMAILLI; ISMAN, 2014). Estima-se que pelo menos 300 dos mais de 3.000 tipos de OE conhecidos tenham importância comercial, notadamente para as indústrias farmacêuticas, alimentícia, cosmética, agrônômica e de perfumaria (LAGHA *et al.*, 2019).

Os OE são considerados misturas complexas compostas por monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanóides, que são classes químicas de substâncias conhecidas por suas diversas propriedades, dentre elas a acaricida (ARAÚJO *et al.*, 2012; MORAES *et al.*, 2012; RIBEIRO *et al.*, 2016; FELIPE; BICAS, 2017). As estruturas responsáveis pela produção e armazenamento desses

compostos são as células do parênquima, tricomas, canais oleíferos e bolsas específicas, que pode estar distribuída por toda a planta ou em locais específicos (TORRES *et al.*, 2014). Devido a uma composição complexa desses óleos, as substâncias podem apresentar sinergia, aditiva ou antagônica e ainda atuarem em mais de um sítio de ação (PAVELA, 2014; TAK; ISMAN, 2017; WU *et al.*, 2018). Os monoterpenos presentes nos óleos essenciais podem ter múltiplos destinos (BADAWY; EL-ARAMI; ABDELGALEIL, 2010).

Por isso, os OE têm se mostrado promissores como alternativa aos acaricidas sintéticos, os quais vêm se mostrando excelentes candidatos para o controle de pragas, por algumas características, como envolver diversos modos de ação, menor toxicidade aos mamíferos e baixa persistência no ambiente (ASLAN *et al.*, 2004; CHAE *et al.*, 2014). Diante de vários experimentos utilizando óleos essenciais de várias espécies de plantas no intuito de verificar sua atividade sobre ácaros e insetos tem sido registrado efeitos negativos na sobrevivência e reprodução de ácaros como *Raoiella indica* Hirst (SANTOS, 2018) e de *T. urticae* (PAES *et al.*, 2015), além de efeitos tóxicos e deletérios em insetos importantes como *Spodoptera frugiperda* SMITH (DUTRA *et al.*, 2020) e *Sitophilus zeamais* (Mots.) (JARAMILLO *et al.*, 2012).

2.3.1 ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia sidoides* C.

Lippia sidoides C., popularmente conhecido como “alecrim-pimenta” e “alecrim-de-vaqueiro”, pertence à família Verbenaceae, é uma planta medicinal encontrada principalmente na vegetação caatinga no semiárido nordestino do Brasil e norte de Minas Gerais (VERAS *et al.*, 2014; ALVARENGA *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2018). É um arbusto com ramificação bastante densa e altura que pode chegar até três metros e folhas aromáticas (CARVALHO JÚNIOR; MELO; MARTINS, 2011). O óleo essencial extraído principalmente das folhas tem como constituintes químicos majoritários o timol, carvacrol e 1,8-cineol (GUIMARÃES *et al.*, 2014; MAJOLO *et al.*, 2017; SARAIVA *et al.*, 2020).

O OE de *L. sidoides* e o composto majoritário timol apresentaram atividade inseticida sobre *S. zeamais* (OLIVEIRA *et al.*, 2018), enquanto que os compostos

majoritários carvacrol, 1,8-cineol e o OE aplicados na forma de fumigação foram tóxicos a *Tenebrio molitor* L. (LIMA *et al.*, 2011). Tem sido reportada sua atividade sobre ácaro de importância veterinária, como em fêmeas ingurgitadas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* C. (SOARES *et al.*, 2016) e em ácaro de importância agrícola, como em *T. urticae* utilizando o composto timol na forma de fumigação (CAVALCANTI *et al.*, 2010). Além disso, há registros de atividades antibacterianas (GUIMARÃES *et al.*, 2014; MAJOLO *et al.*, 2018) e antifúngica (SILVA *et al.*, 2018).

2.3.2 ÓLEO ESSENCIAL DE *Cymbopogon citratus* Stapf.

O gênero *Cymbopogon*, pertence à família Poaceae e está distribuído pelas regiões tropical e subtropical da África, Ásia e América e conta com aproximadamente 144 espécies (KHANUJA *et al.*, 2004; AVOSEH *et al.*, 2015). A espécie *Cymbopogon citratus* Stapf. é conhecida popularmente como capim-santo, capim-limão, capim-cidreira, capim-cheiroso e capim-cidrão. Tem origem na Índia, mas se aclimatou muito bem às condições tropicais do Brasil (SANTOS *et al.*, 2009). O capim-santo é considerado um fitoterápico, utilizado como calmante na forma de chás e essa propriedade atribuída ao citral, composto majoritário presente no OE (PEIXOTO *et al.*, 2015), além de ação anti-hipertensiva, diurética, antimicrobiana e contra dores abdominais (PEREIRA; PAULA, 2018). Os compostos majoritários do OE são geranial, neral e mirceno (PINTO *et al.*, 2015; LI *et al.*, 2020).

Estudos revelaram que o OE de *C. citratus* apresenta propriedades acaricidas sobre *T. urticae* quando aplicado na forma de fumigação (LIM; ROH; COUDRON; PARK, 2011) e a *Sarcoptes scabiei* DeGeer, ácaro causador da sarna em animais (LI *et al.*, 2020); bem como inseticida, sobre *Frankliniella schultzei* Trybom e *Myzus persicae* Sulzer (COSTA *et al.*, 2013) e ação repelente a adultos de *Bemisia tabaci* Genn. (DELETRE *et al.*, 2015); além de antibacteriano (LIMA *et al.*, 2016).

2.3.3 ÓLEO ESSENCIAL DE *Cymbopogon winterianus* J.

C. winterianus J. é conhecido popularmente como citronela e grama-java. Os compostos majoritários identificados no OE são citronelal, geraniol e citronelol (PINHEIRO *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2016). O OE da espécie apresenta atividade moluscicida (COSTA *et al.*, 2015), repelentes a adultos de *B. tabaci* (DELETRE *et al.*, 2015), atua na alteração da reprodução de *S. frugiperda* (SILVA *et al.*, 2016), causando mortalidade em tripes, *F. schultzei*, e o pulgão-verde, *M.persicae* (PINHEIRO *et al.*, 2013).

2.3.4 ÓLEO ESSENCIAL DE *Ocimum basilicum* L.

Pertencente à família Lamiaceae, a qual compreende 236 gêneros e aproximadamente 6.000 espécies (HARLEY *et al.*, 2004), *Ocimum basilicum* L. é conhecido popularmente como manjerição, tem como local provável de origem o Norte da Índia, a espécie pode ser encontrada na América Central e do Sul e na Ásia Central (PEREIRA; MOREIRA, 2011). A planta é rica em óleos essenciais que são usados com diversas finalidades, como descongestionante, digestivo, vermífugo, repelentes e antimicrobiano (VLASE *et al.*, 2014). Os componentes majoritários do OE são metil chavicol e linalol (MAFRA *et al.*, 2020). Tem apresentado efeito acaricida sobre *T. urticae* quando aplicado por fumigação (HAN *et al.*, 2010; PAVELA *et al.*, 2016), e tóxico em *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank), um ácaro predominante em alimentos armazenados, por contato e por fumigação (AL-ASSIUTY; NENAAH; AGEBA, 2019). Outros estudos mostraram as potencialidades de diferentes espécies do gênero *Ocimum*. Como *O. americanum* L., tóxico e repelente a *S. zeamais* (KERDCHOECHUEN *et al.*, 2010), *O. gratissimum* L. e *O. sanctum* L. com ação larvicida sobre *Culex quinquefasciatus* Say (RAJAMMA *et al.*, 2011).

2.3.5 ÓLEO ESSENCIAL DE *Mentha piperita* L.

Mentha piperita L. pertence à família Lamiaceae, planta aromática e conhecida popularmente como hortelã e menta. A espécie tem origem na Europa, mas se adaptou ao clima tropical (SOUZA *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2013). A espécie é vastamente utilizada na medicina popular no tratamento de cólicas, bronquite crônica, antialérgico, além de ser usado como calmante e antidepressivo (CASSOL, 2007). O composto majoritário identificado no OE de *M. piperita* é o mentol (ATAÍDE *et al.*, 2020). Em um estudo foi verificado potencial acaricida no OE dessa espécie, quando aplicado na forma de fumigação (CL₅₀=25,4 mg L⁻¹ ar) sobre *T. urticae* (REDDY; DOLMA, 2017), inseticida sobre fêmeas adultas de *Aphis gossypii* Glover (EBADOLLAHI *et al.*, 2017), antibacteriano e antioxidante (SINGH; SHUSHNI; BELKHEIR, 2015).

2.3.6 ÓLEO ESSENCIAL DE *Alpinia zerumbet* (Pers.)

Alpinia zerumbet (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm é uma planta perene, pertence à família Zingiberaceae, originária da Ásia (Índia) e foi introduzida no Brasil ainda no século 19. É muito conhecida na região Nordeste do Brasil como “colônia” e por suas propriedades medicinais como diurético, sedativo e no controle de pressão arterial (CORREA *et al.*, 2010; MACÊDO *et al.*, 2013). O óleo essencial de *A. zerumbet* apresenta ação repelente, irritante e tóxico contra o mosquito *Aedes aegypti* L. (KERDUDO *et al.*, 2017), além de apresentar mortalidade expressiva do percevejo vetor da doença de Chagas, *Rhodnius nasutus* Stål (SOUZA *et al.*, 2018) e atividade antibacteriana, tendo como compostos majoritários monoterpenos, sendo p-cimeno (32,72%), 1,8-cineol (24,05%) e 4-terpineol (20,23%) os constituintes majoritários (CASTRO *et al.*, 2016).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a toxicidade de óleos essenciais de plantas medicinais das famílias Poaceae, Lamiaceae, Verbanaceae e Zingiberaceae sobre *T. urticae* em condições de laboratório.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter óleos essenciais das espécies *L. sidoides*, *C. citratus*, *C. winterianus*, *O. basilicum*, *A. zerumbet* e *M. piperita* através de hidrodestilação;
- Conhecer o potencial dos óleos essenciais das espécies botânicas *L. sidoides*, *C. citratus*, *C. winterianus*, *O. basilicum*, *A. zerumbet* e *M. piperita* no controle do ácaro-rajado;
- Avaliar o poder residual dos óleos essenciais de *L. sidoides*, *C. citratus*, *C. winterianus*, *O. basilicum*, *A. zerumbet* e *M. piperita* sobre *T. urticae*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CULTIVO DAS PLANTAS

As espécies utilizadas no experimento foram colônia (*A. zerumbet*), manjerição (*O. basilicum*), capim-santo (*C. citratus*), citronela (*C. winterianus*), menta (*M. piperita*) e *Lippia sidoides* (alecrim-de-vaqueiro), com exceção de *M. piperita*, todas as outras espécies foram obtidas do Horto Medicinal Orgânico do IF SERTÃO-PE Campus Petrolina Zona Rural (9°20'06,51" S; 40°41'17,37" O e altitude 415 m). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSwH, ou seja, semiárido com temperaturas médias anuais elevadas (26,1°C) e precipitação média de 515 mm. As plantas foram cultivadas em sistema orgânico, irrigado por microaspersão e a colheita se deu no segundo semestre de 2018.

4.2 EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

As plantas foram colhidas no horário matutino e levadas ao Laboratório de Química e Produtos Naturais do IF SERTÃO-PE *Campus* Petrolina Zona Rural. As folhas frescas foram submetidas à extração dos óleos essenciais por hidrodestilação em aparelho Clevenger modificado (Fig. 1). Em um balão de fundo redondo foram adicionados aproximadamente 200 g do material vegetal, previamente cortado em com auxílio de tesoura em pequenas porções, e adicionado 0,5 L de água destilada. Após destilação por 2 horas o óleo foi coletado da fase aquosa. O processo foi

realizado para todas as espécies utilizadas no trabalho, exceto a *M. piperita* que foi obtido em uma loja especializada na venda de produtos naturais.

Figura 1: Extração dos óleos essenciais por hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger.



4.3 CRIAÇÃO DE *Tetranychus urticae*

A primeira população de *T. urticae* foi proveniente da criação estoque do Laboratório de Entomologia da Embrapa Semiárido mantida sobre plantas de feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* L., em incubadora a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa do ar e fotoperíodo de 12 horas. A partir dessa população foi estabelecida uma criação no Laboratório de Produção Vegetal do IF SERTÃO-PE Campus Petrolina Zona Rural. Os ácaros foram mantidos e multiplicados sobre a mesma espécie vegetal. O plantio foi feito em vasos de polietileno com 5 Kg de capacidade, contendo substrato na proporção 3:1 de solo argiloso e esterco bovino, e as plantas mantidas sob telado e irrigação manual. Semanalmente era feito o semeio e a troca das plantas para manutenção da criação. As plantas antigas eram usadas para reinfestação. As plantas eram levadas ao laboratório, em média, após 15 dias do semeio, ou seja, quando estivessem com as folhas primárias totalmente expandidas, maduras e sadias (Fig. 2).

Figura 2: Etapas de criação de *Tetranychus urticae* em laboratório (A) e manutenção de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) sob telado (B).



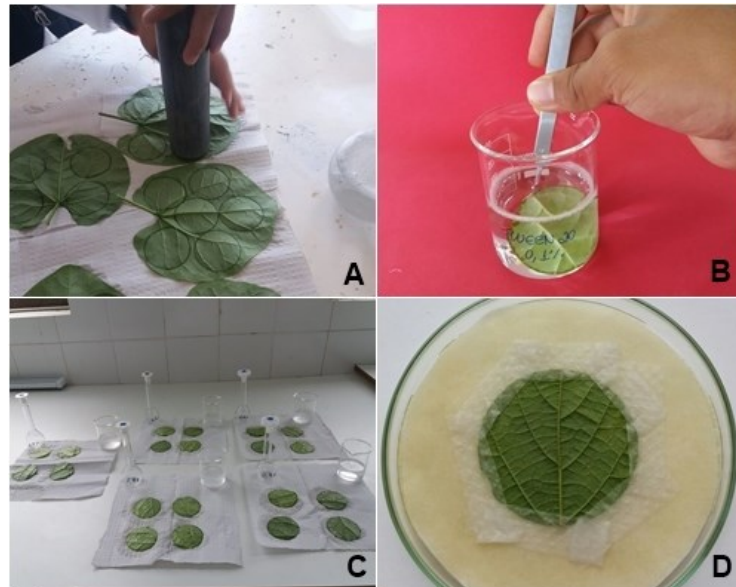
4.4 BIOENSAIOS

A avaliação da toxicidade por contato residual foi de acordo com o método N° 4 da série de métodos de testes de suscetibilidade do Insecticide Resistance Action Committee (IRAC, 2009). Os óleos foram diluídos em tensoativo o Tween 20 - Gross Essential (0,1%) para as concentrações 0,3; 0,6; 0,9; 1,2 e 1,5%. As concentrações foram definidas com base na concentração usualmente recomendada pelos fabricantes dos acaricidas sintéticos. As aplicações foram realizadas através da imersão de discos de folha de feijão-de-porco (3 cm), por 5 segundos, em Beckers que continham os óleos diluídos de colônia (*A. zerumbet*), manjerição (*O. basilicum*), capim-santo (*C. citratus*), citronela (*C. winterianus*), menta (*M. piperita*) e alecrim-de-vaqueiro (*Lippia sidoides*). O tratamento controle consistiu de uma solução do tensoativo a 0,1%. Após a imersão, os discos permaneceram em temperatura ambiente por aproximadamente 30 minutos para secarem. Decorrido o tempo, os discos foram transferidos, com a face abaxial voltadas para cima, para placas de Petri (9 cm) contendo uma espuma de polietileno e um papel filtro saturados com água destilada. As bordas do disco foram cobertas com tiras de papéis para evitar a fuga dos ácaros e manter a turgescência do material vegetal (Fig. 3).

Posteriormente, 10 fêmeas adultas do ácaro-rajado, com idade desconhecida, foram transferidas para os discos com o auxílio de pincel de cerdas finas e microscópio binocular, as placas foram mantidas abertas em câmara climatizada (B.O.D). O delineamento foi inteiramente casualizado com cinco

concentrações e três tempos de avaliação para cada espécie de planta (isoladamente), sendo que cada concentração foi repetida quatro vezes. Cada óleo essencial das espécies foi avaliado individualmente, para evitar possível efeito de outros OE no interior da BOD.

Figura 3: Etapas do bioensaio, corte dos discos (A), aplicação dos tratamentos (B), secagem em temperatura ambiente (C) e confecção da arena em placa de Petri.



As avaliações foram realizadas ao final de 24, 48 e 72 horas, contando-se os ácaros mortos. Considerando mortos os ácaros não apresentavam movimento ou incapazes de se deslocarem por uma distância superior ao comprimento do seu corpo após serem estimulados com um toque com pincel de cerdas macias (Fig. 4).

Figura 4: Avaliação do efeito dos óleos essenciais sobre *Tetranychus urticae* ao final de cada período de tempo.



Foto: Carvalho, A. N. M. de.

A mortalidade acumulada foi calculada levando em consideração a persistência dos OE sobre *T. urticae*, ou seja, o somatório das mortalidades que ocorreram em cada concentração após 24, 48 e 72h de exposição dos ácaros.

4.5 ANÁLISES

Os dados de mortalidade obtidos foram corrigidos (ABBOTT, 1925) e submetidos às análises de variância e de regressão ($p \leq 0,05$) com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2010). Foi analisada a interação entre os fatores tempo e concentrações para cada OE.

A correção de mortalidade foi realizada pela fórmula de Abbott (1925):

$$M_c = \left\{ \frac{(M_o - M_t)}{(100 - M_t)} \times 100 \right\}$$

Onde,

M_c é a mortalidade corrigida, em função do tratamento testemunha;

M_o é a mortalidade observada no tratamento com o óleo essencial;

M_t é a mortalidade observada no tratamento testemunha.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa para a interação entre os fatores tempo de exposição dos ácaros aos OE e concentrações dos tratamentos (espécies de plantas). Porém, quando avaliado os fatores de forma independente, houve diferença significativa.

Foram analisadas as mortalidades em cada tempo de exposição, independente da concentração (Fig. 8). Das seis espécies que o óleo essencial causou mortalidade ao ácaro-rajado, apenas três apresentaram regressões significativas para as concentrações, independente do tempo de exposição, *Lippia sidoides* (Fig. 5), *Cymbopogon winterianus* (Fig. 6) e *Ocimum basilicum* (Fig. 7). No tratamento controle nenhuma mortalidade foi registrada, indicando que o Tween a 0,1% é inócuo a *T. urticae* e (Fig. 8).

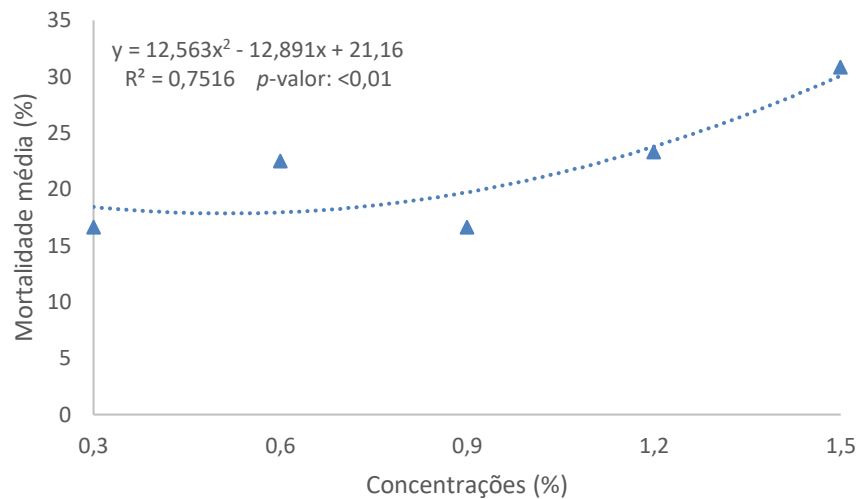
De acordo com a análise da curva de regressão, a toxicidade de alecrim-de-vaqueiro, *L. sidoides*, independente do período de avaliação, se ajustou a uma equação polinomial de segundo grau, com coeficiente de determinação (R^2) de 75,16%, indicando o quanto o modelo de regressão explica os dados coletados, com significância $<0,01$. As mortalidades variaram de 16,66% na menor concentração a 30,83% na maior concentração (Fig. 5).

Cavalcanti *et al.* (2010) avaliaram a atividade acaricida de quatro acessos de *L. sidoides* e seus componentes majoritários timol e carvacrol sobre fêmeas adultas de *T. urticae* e verificaram uma CL_{50} variando de 0,010 $\mu\text{L/L}$ a 0,036 $\mu\text{L/L}$ de ar entre os OE dos acessos e seus compostos majoritários.

As mortalidades discrepantes verificadas no presente trabalho e o citado anteriormente podem estar relacionadas ao método de aplicação. Uma vez que, o OE aplicado por fumigação foi mais tóxico aos ácaros adultos que por contato residual. Born *et al.* (2018) verificaram diferenças nas toxidades do OE de *Lippia gracilis* sobre

T. urticae quando comparado ao efeito do contato residual ($LC_{50} = 29,70 \mu\text{L mL}^{-1}$) com a ação por fumigação ($LC_{50} = 0,06 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar), sendo este último mais tóxico.

Figura 5: Mortalidade média (%) de fêmeas adultas do ácaro-rajado, *Tetranychus urticae*, submetidas a diferentes concentrações de óleo essencial de alecrim-de-vaqueiro, *Lippia sidoides*, em laboratório

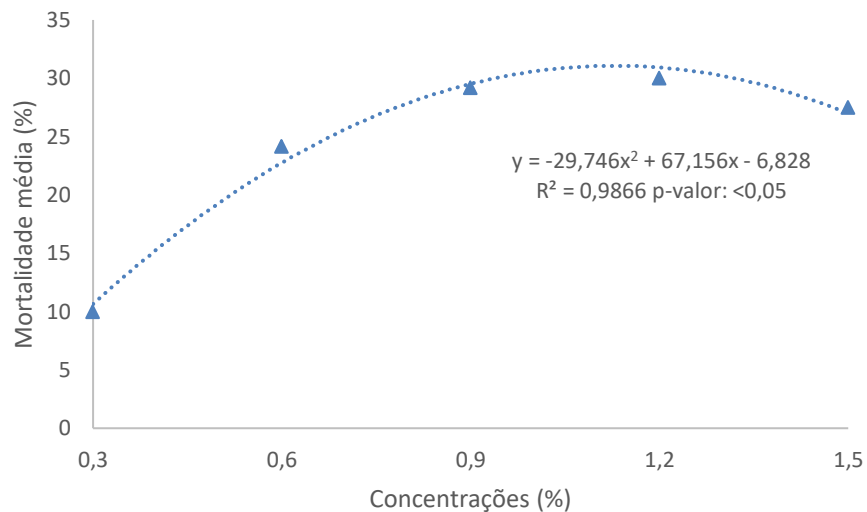


Os autores sugerem que essa maior toxicidade se deva à ação dos vapores do óleo (altamente voláteis) nas vias respiratórias dos ácaros, que pela ingestão ou contato.

Embora a aplicação de OE por fumigação tenha se revelado mais tóxica às fêmeas adultas do ácaro rajado, deve ser levado em consideração as limitações na utilização desse método de aplicação. Uma vez que, a atividade fumigante dos OE fica mais restrita às pragas que ocorrem em ambientes fechados como em armazéns, estufas e casa de vegetação (TOPUZ; MADANLAR; ERLER, 2018). Dessa forma, o método de contato residual pode ser uma opção de utilização em plantas hospedeiras do ácaro-rajado cultivadas em locais abertos, no campo propriamente dito, mas também em locais fechados.

A análise da curva de regressão mostra que os dados de mortalidade causada pelo OE de citronela, *C. winterianus*, se ajustaram a uma regressão polinomial de segundo grau, com coeficiente de determinação (R^2) de 98,66% e significância <5%. A mortalidade máxima (30%) foi verificada na concentração de 1,2%, quando houve um pequeno declínio de mortalidade na concentração de 1,5% (Fig. 6).

Figura 6: Mortalidade média (%) de fêmeas adultas do ácaro-rajado, *Tetranychus urticae*, submetidas a diferentes concentrações de óleo essencial de citronela, *Cymbopogon winterianus*, em laboratório



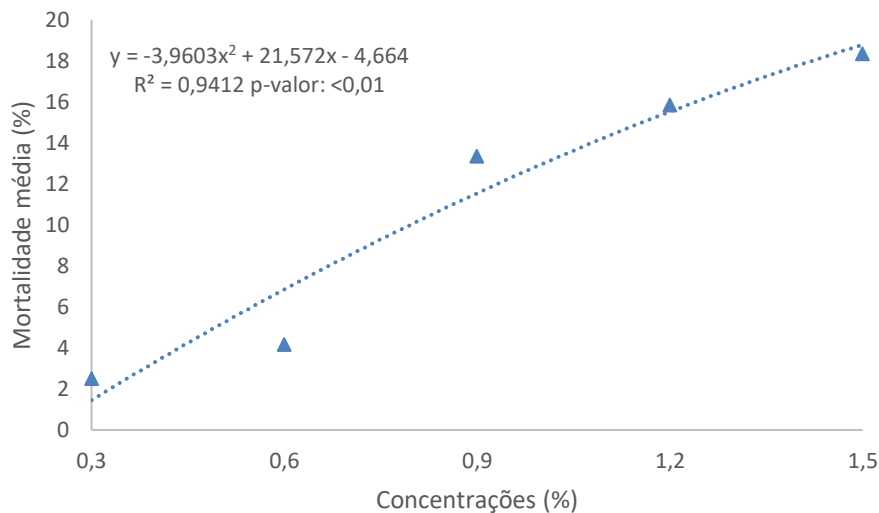
O estudo de Vicentini *et al.* (2015), constatou mortalidade de 78,9% de fêmeas adultas de *T. urticae* quando submetidas ao extrato etanólico de *C. winterianus* após 120h de exposição. Pesquisas para verificar a atividade acaricida do OE de *C. winterianus* sobre *T. urticae* ainda são incipientes na literatura. Entretanto, a ação de outras espécies do gênero *Cymbopogon* tem sido registrada na literatura. A exemplo do estudo de Han *et al.* (2010) que testaram a ação de *C. nardus* por fumigação e obtiveram uma $CL_{50} = 22,5 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ sobre *T. urticae*.

Os dados de mortalidades registrados quando utilizado o OE de manjeriço, *O. basilicum*, se mostraram significativos ($<0,01$) ajustando-se a uma regressão polinomial de segundo grau, com coeficiente de determinação de 94,12%. A mortalidade mínima registrada foi de 2,5% e máxima de 18,33% nas concentrações de 0,3 e 1,5%, respectivamente (Fig. 7).

O OE de manjeriço demonstrou ação acaricida, embora pouco expressiva. Existe a possibilidade do OE ter atuado de outras formas sobre o ácaro-rajado, porém, não foi avaliado nesse estudo. Para que houvesse uma taxa de mortalidade mais alta, concentrações maiores precisariam ser aplicadas. Nesse sentido, a viabilidade econômica precisaria ser levada em conta.

Pavela *et al.* (2016) testaram a atividade fumigante do OE de *O. basilicum* ($15 \mu\text{l L}^{-1}$ ar) sobre fêmeas adultas e ovos de *T. urticae*, que resultou em 100% de mortalidade das fêmeas, inibiu a fertilidade em 92,4% e ação ovicida de 63,2%.

Figura 7: Mortalidade média (%) de fêmeas adultas do ácaro-rajado, *Tetranychus urticae*, submetidas a diferentes concentrações de óleo essencial de manjeriço, *Ocimum basilicum*, em laboratório

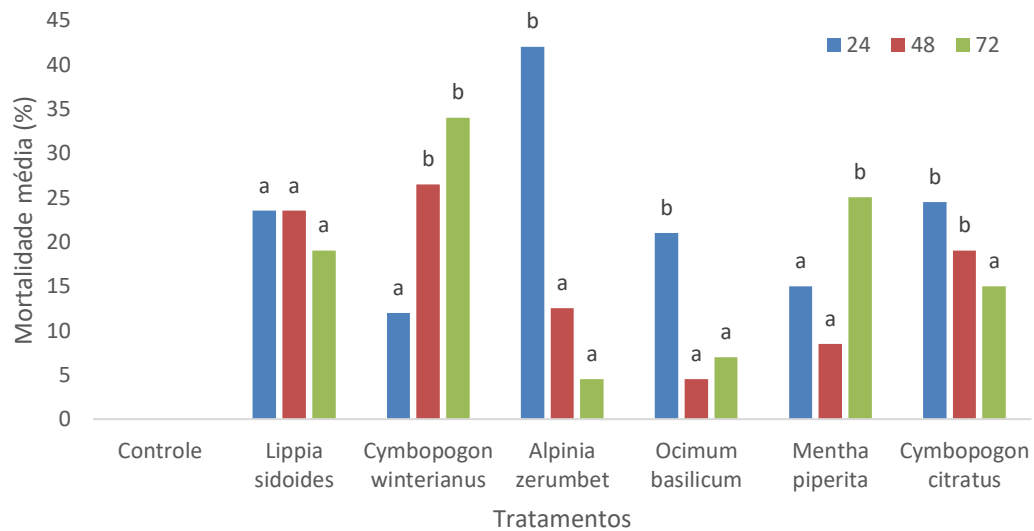


Em estudos realizados por Han *et al.* (2010) foram testadas a ação de OE de 10 espécies vegetais sobre *T. urticae* e como resultado verificaram que o OE de *O. basilicum* aplicado na forma de fumigação em populações suscetíveis e resistentes à abamectina obtiveram $CL_{50} = 39,5 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ e $CL_{50} = 65,3 \mu\text{g}/\text{cm}^3$, sendo uma das mais altas entre as espécies testadas. Outros estudos, visando avaliar atividade acaricida de óleos essenciais em ácaros fitófagos, também foram efetuados. Bezerra *et al.* (2019) verificaram efeito repelente do OE de *O. basilicum* sobre o ácaro *Tetranychus ludeni* (Zacher) em algodoeiro *in vitro*.

Quando analisada a mortalidade média dos ácaros dentro de cada tempo de avaliação (24, 48 e 72h), percebe-se que o efeito tóxico dos OE de colônia (42%) e manjeriço (21%) foram mais significativos nas primeiras 24h, e de capim-santo (19-24,5%) até 48h, indicando ação mais rápida sobre os ácaros. Enquanto que o OE de citronela atuou de forma significativa de 48 a 72h (26,5-34%) e de menta (25%) após 72h, indicando um efeito mais tardio sobre *T. urticae*. As mortalidades causadas pelo OE de alecrim-de-vaqueiro (19-23,5%) não foram significativas dentro do tempo de avaliação, mantendo-se constante (Fig. 8).

Embora os OE não tenham causado mortalidades expressivas em cada período de avaliação (Fig. 8), quando analisada a persistência desses OE, indicada pela mortalidade média acumulada (Tabela 1), alguns resultados são bastantes promissores.

Figura 8: Mortalidade média (%) de fêmeas adultas de *Tetranychus urticae* após 24, 48 e 72 horas de exposição aos óleos essenciais. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os períodos de avaliação ($p < 0,05$).



Como é possível observar, ao fim do experimento contabilizou-se mortalidades de até 92,5% na concentração de 1,5% do OE de alecrim-de-vaqueiro (*L. sidoides*) e de 87,5; 90; e 82,5% de mortalidade no OE de citronela (*C. winterianus*) nas concentrações 0,9; 1,2; e 1,5%, respectivamente. Pode-se inferir que os OE dessas espécies atuam lenta e continuamente sobre *T. urticae*, reduzindo significativamente a população do ácaro.

Tabela 1: Mortalidade média (%) acumulada de *Tetranychus urticae* Koch após expostos às concentrações de óleos essenciais das espécies vegetais testadas. Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre as concentrações testadas a um nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Concentrações (%)	Espécies vegetais					
	<i>Lippia sidoides</i>	<i>Alpinia zerumbet</i>	<i>Cymbopogon citratus</i>	<i>Cymbopogon winterianus</i>	<i>Ocimum basilicum</i>	<i>Mentha piperita</i>
0,3	50 a	55 a	75 a	30 a	7,5 a	35 ab
0,6	67,5 ab	65 a	67,5 a	72,5 ab	12,5 ab	65 c
0,9	50 a	47,5 a	52,5 a	87,5 b	40 bc	55 bc
1,2	70 ab	67,5 a	47,5 a	90 b	47,5 c	32,5 a
1,5	92,5 b	60 a	50 a	82,5 b	55 c	55 bc
p-valor	<0,01	>0,05	>0,05	<0,01	<0,01	<0,01
CV (%)	21,56	40,73	36,09	31,78	38,82	20,1

As maiores taxas de mortalidades registradas para o OE de manjerição não variaram de 47,5 a 55% nas concentrações de 1,2 e 1,5%. As mortalidades causadas pelo OE de menta teve comportamento diferente dos demais, visto que a maior mortalidade foi registrada na concentração de 0,6%, com média de 65%. Não houve diferença significativa para os OE de colônia e capim-santo. Esses resultados indicam que, nas condições em que o experimento foi conduzido, os OE agiram lentamente sobre os ácaros, causando baixas mortalidades, mas com frequência. Provavelmente, decorrente da persistência dos compostos dos OE durante o período de avaliação.

Embora a atividade dos OE sobre os ácaros, muitas vezes tenha sido associada aos compostos majoritários, vale salientar que os OE são compostos complexos e que podem agir sinergicamente, de forma aditiva ou antagônica (ATAÍDE *et al.*, 2020). Araújo *et al.* (2020) testaram o efeito dos OE de folhas de *Melaleuca leucadendra* L., frutos verdes de *Schinus terebinthifolius* Raddi e a combinação de ambos na proporção 1:1. Os autores verificaram efeito antagônico por fumigação e aditivo por contato sobre a mortalidade de fêmeas adultas de *T. urticae* em casa de vegetação. Provavelmente, a combinação dos OE de *A. zerumbet*, *C. citratus*, *O. basilicum* e *M. piperita*, os quais causaram mortalidades inferiores a 80% (Tabela 1), seriam mais eficazes na mortalidade de fêmeas adultas de *T. urticae*.

O local de ação dos OE sobre os ácaros/insetos ainda não é bem esclarecido, provavelmente atuem no neuromodulador octopamina, presente em todos os invertebrados, ou ainda nos canais de cálcio modulados pelo GABA (ISMAN, 2006). Uma vez que a octopamina atua como neurohormônio, neurotransmissor e neuromodulador, atuando na regulação de batimentos cardíacos, nos movimentos e metabolismo (ROEDER, 1999). Alguns estudos indicam que os OE podem atuar inibindo a enzima acetilcolinesterase, o citocromo P450 e a capacidade de excitação do GABA (ácido gama-aminobutírico) (DE-OLIVEIRA *et al.*, 1997; RYAN; BYRNE, 1988; CORREA *et al.*, 2015).

Os OE podem ainda desativar a síntese de proteínas devido ao seu papel de lipofilicidade (RYAN; BYRNE, 1988; PAVELA, 2015). O citocromo P450 tem sido estudado, pois trata-se de uma família de proteínas desintoxicantes em artrópodes (SNYDER; GLENDINNING, 1996). Alguns casos na Europa de resistência a abamectina, milbemectina (XUE *et al.*, 2020), etoxazol, clofentezina, ciflumetofeno, fenpiroximato e espirodiclofeno foram associados ao citocromo P450 em *T. urticae* (PAPAPOSTOULOU *et al.*, 2020).

Levando em consideração que, o uso indiscriminado dos acaricidas sintéticos podem deixar resíduos em produtos alimentícios e ainda contaminar o meio ambiente (MORRISSEY *et al.* 2015), os resultados da pesquisa são oportunos. Visto que podem servir de embasamento para o desenvolvimento de novas tecnologias, como a formulação de bioprodutos, para o controle do ácaro-rajado em diferentes culturas; além de contribuir para redução dos casos de resistência, contaminação ambiental e de resíduos em alimentos.

Além disso, este estudo permitiu conhecer a potencialidade da espécie *L. sidoides* que ocorre naturalmente no bioma caatinga. Embora os resultados tenham sido promissores para os OE de alecrim-de-vaqueiro (*L. sidoides*) e citronela (*C. winterianus*) com maiores taxas de mortalidade, necessita-se que experimentos futuros sejam realizados buscando avaliar o método de transferência dos óleos por contato direto; a seletividade a inimigos naturais; realização de testes a nível de semi-campo e campo, para verificar a degradação dos óleos e fitotoxicidades às espécies hospedeiras do ácaro-rajado.

6 CONCLUSÃO

Os OE das famílias botânicas Poaceae, Lamiaceae, Verbanaceae e Zingiberaceae apresentam potenciais atividades acaricidas sobre *T. urticae*;

Os OE de colônia (*A. zerumbet*) e manjerição (*O. basilicum*) são mais tóxicos ao ácaro-rajado nas primeiras 24 horas de exposição e capim-santo (*C. citratus*) após 48h;

O OE de citronela (*C. winterianus*) apresenta maior toxicidade ao ácaro-rajado entre 48 e 72h de exposição;

O OE de menta (*M. piperita*) causa mortalidade significativa do ácaro-rajado após 72h exposição;

Os OE de alecrim-de-vaqueiro (*L. sidooides*) e citronela (*C. winterianus*) apresentaram-se como as espécies mais promissoras para controle de *T. urticae* devido à alta taxa de mortalidade apresentada.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of on insecticide. **Journal Economic Entomology**, v.18, n.2, p.265-267, 1925.
- AGUT, B.; PASTOR, V.; JAQUES, J.; FLORS, V. Can plant defence mechanisms provide new approaches for the sustainable control of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*? **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 2, p. 1-20, 2018.
- AL-ASSIUTY, B. A.; NENAAH, G. E.; AGEBA, M. E. Chemical profile, characterization and acaricidal activity of essential oils of three plant species and their nanoemulsions against *Tyrophagus putrescentiae*, a stored-food mite. **Experimental and Applied Acarology**, v. 79, n. 3-4, p. 359-376, 2019.
- ALVARENGA, I. C. A.; LOPES, O. D.; PACHECO, F. V.; OLIVEIRA, F. G.; MARTINS, E. R. Fator de resposta do alecrim-pimenta a diferentes lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 462-468, 2012.
- APRD. Arthropod Pesticide Resistance Database. 2021. Disponível em: <<http://www.pesticideresistance.org>>. Acessado em: 27 jan. 2021.
- ARAÚJO, M. J. C. de; CÂMARA, C. A. G. da; BORN, F. de S.; MORAES, M. M. de. Acaricidal activity of binary blends of essential oils and selected constituents against *Tetranychus urticae* in laboratory/greenhouse experiments and the impact on *Neoseiulus californicus*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 80, n. 3, p. 423-444, 2020.
- ARAÚJO, M. J. C.; CÂMARA, C. A. G.; BORN, F. S.; MORAES, M. M.; BADJI, C. A. Acaricidal activity and repellency of essential oil from *Piper aduncum* and its components against *Tetranychus urticae*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, n. 2, p. 139-155, 2012.
- ASLAN, İ.; ÖZBEK, H.; ÇALMAŞUR, Ö.; ŞAHİN, F. Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. **Industrial Crops And Products**, v. 19, n. 2, p. 167-173, 2004.
- ASSIS, C. P. O.; GONDIM JUNIOR, M. G. C.; SIQUEIRA, H. A. A. Synergism to acaricides in resistant *Neoseiulus californicus* (Acari: phytoseiidae), a predator of *tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Crop Protection**, v. 106, p. 139-145, 2018.

ASSIS, J. S.; LIMA FILHO, J. M. P. Aspectos fisiológicos da videira irrigada. In: LEÃO, P. C. S., SOARES, J. M. **A viticultura no semiárido brasileiro**. Petrolina: EMBRAPA, 2000. Cap. 7, p. 129-145.

ATAÍDE, J. O.; LOUZADA, I. da C.; ZAGO, H. B.; MENINI, L.; PIROVANI, V. D. Susceptibility of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to essential oil mixtures. **American Journal of Essential Oils and Natural Products**, v. 2, n. 8, p. 12-17, 2020.

AVOSEH, O.; OYEDEJI, O.; RUNGQU, P.; NKEH-CHUNGAG, B.; OYEDEJI, A. Cymbopogon species; Ethnopharmacology, Phytochemistry and the Pharmacological importance. **Molecules**, v. 20, n. 5, p. 7438-7453, 2015.

BADAWY, M. E. I.; EL-ARAMI, S. A. A.; ABDELGALEIL, S. A. M. Acaricidal and quantitative structure activity relationship of monoterpenes against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 52, n. 3, p. 261-274, 2010.

BARBOSA, M. A. G.; FREITAS, D. M. S.; RIBEIRO JUNIOR, P. M.; BATISTA, D. da C. Doenças da videira. **Informe Agropecuário**, v. 37, n. 291, p. 86-98, 2016.

BEZERRA, Y. B. de S.; OLIVEIRA, J. V. de; RAMALHO, T. K. dos A.; BARBOSA, D. R. e S.; OLIVEIRA, C. R. F. de; OLIVEIRA, C. H. C. M. de; LIMA NETO, I. F. A. Atividade acaricida de óleos essenciais sobre *Tetranychus ludeni* (Zacher) (Acari: Tetranychidae) em duas cultivares de algodoeiro. **Nativa**, v. 7, n. 5, p. 469-477, 2019.

BHULLAR, M. B.; KAUR, P.; KUMAR, S.; SHARMA, R. K.; KUMAR, R.; KUMARI, S.; SINGH, V.; KAUR, A.; KAUR, J.; SHARMA, U.; KAUR, J. Management of mites with homemade neem fruit aqueous extract in capsicum under protected cultivation. **Persian Journal of Acarology**, v. 10, n. 1, p. 85-94, 2021.

BORN, F. de S.; CAMARA, C. A. G. da; MELO, J. P. R. de; MORAES, M. M. de. Acaricidal property of the essential oil from *Lippia gracilis* against *Tetranychus urticae* and a natural enemy, *Neoseiulus californicus*, under greenhouse conditions. **Experimental And Applied Acarology**, v. 75, n. 4, p. 491-502, 2018.

CARVALHO JÚNIOR, W.G.O; MELO, M.T.P; MARTINS, E.R. Fenologia do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) em área de Cerrado, no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 2, p. 223-229, 2011.

CASSOL, D.; FALQUETO, A. R.; BACARIN, M. A. Fotossíntese em *Mentha piperita* e *Melissa officinalis* sob sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.2, p.576- 578, 2007.

CASTRO, K. N. de C.; LIMA, D. F.; VASCONCELOS, L. C.; SANTOS, R. C.; PEREIRA, A. M. L.; FOGAÇA, F. H. dos S.; CANUTO, K. M.; BRITO, E. S. de; CALVET, R. M. Composição química e eficácia do óleo essencial e do extrato etanólico de *Alpinia zerumbet* sobre *Staphylococcus aureus*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, p. 1-7, 2016.

CAVALCANTI, S. C. H.; NICULAU, E. dos S.; BLANK, A. F.; CÂMARA, C. A. G.; ARAÚJO, I. N.; ALVES, P. B. Composition and acaricidal activity of *Lippia sidoides* essential oil against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch).

Bioresource Technology, v. 101, n. 2, p. 829-832, 2010.

CHAE, S. H.; KIM, S. II; YEON, S. H.; PERUMALSAMY, H.; AHN, Y. J. Fumigant Toxicity of summer savory and lemon balm oil constituents and efficacy of spray formulations containing the oils to B- and Neonicotinoid-Resistant Q-Biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 1, p. 286-292, 2014.

CORREA, A. J. C.; LIMA, C. E.; COSTA, M. C. C. D. *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burt & R. M. Sm. (Zingiberaceae): levantamento de publicações nas áreas farmacológica e química para o período de 1987 a 2008. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, n.1, p.113-119, 2010.

CORREA, Y. del C. G.; FARONI, L. R. A.; HADDI, K.; OLIVEIRA, E. E.; PEREIRA, E. J. G. Locomotory and physiological responses induced by clove and cinnamon essential oils in the maize weevil *Sitophilus zeamais*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 125, p. 31-37, 2015.

COSTA, A. V.; ALMEIDA, B. R.; GONÇALVES, L. V.; CRICO, K. B.; IGNACCHITI, M. D. C.; PEREIRA JUNIOR, O.; PINHEIRO, P. F.; QUEIROZ, V. T. Efeito moluscicida do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae) sobre *Lymnaea columella* (Say, 1817) e *Biomphalaria tenagophila* (D'Orbigny, 1835). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 41, p. 707-712, 2015.

COSTA, A. V.; PINHEIRO, P. F.; RONDELLI, V. M.; QUEIROZ, V. T. DE; TULER, A. C.; BRITO, K. B.; STINGUEL, P.; PRATISSOLI, D. *Cymbopogon citratus* (Poaceae) essential oil on *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1840–1847, 2013.

COSTA, M. M. **Triagem fitoquímica e avaliação da atividade antioxidante da espécie *Hyptis pectinata***. 2016. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) -Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016.

DELETRE, E.; CHANDRE, F.; BARKMAN, B.; MENUT, C.; MARTIN, T. Naturally occurring bioactive compounds from four repellent essential oils against *Bemisia tabaci* whiteflies. **Pest Management Science**, v. 72, p. 179–189, 2015.

DE-OLIVEIRA, A. C.; RIBEIRO-PINTO, L. F.; PAUM-GARTTEN, J.R. In vitro inhibition of CYP2B1 monooxygenase by beta-myrcene and other monoterpene compounds. **Toxicology Letters**, v.92, n.1, p. 39-46, 1997.

DOMINGOS, C. A.; MELO, J. W. S.; OLIVEIRA, J. E. M.; GONDIM, M. G. C. Mites on grapevines in northeast Brazil: occurrence, population dynamics and within-plant distribution. **International Journal of Acarology**, v. 40, n. 2, p. 145-151, 2014.

DUTRA, K.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; GUEDES, C.; CRUZ, G.; NAVARRO, D.; MONTEIRO, A.; AGRA, A.; LAPA NETO, C.; TEIXEIRA, Á. Toxicity of essential oils of leaves of plants from the genus piper with influence on the nutritional parameters

of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: noctuidae). **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 23, n. 2, p. 213-229, 2020.

EBADOLLAHI, A.; DAVARI, M.; RAZMJOU, J.; NASERI, B. Separate and combined effects of *Mentha piperita* and *Mentha pulegium* essential oils and a pathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* against *Aphis gossypii* (Hemiptera: aphididae). **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 3, p. 1025-1030, 2017.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2020. FAOSTAT-AGRICULTURE. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 30 jan. 2021.

FELIPE, L. O.; BICAS, J. L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química Nova na Escola**, v. 39, p. 120-130, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FIEDLER, Z. Interaction between beneficial organisms in control of spider mite *Tetranychus urticae* (Koch). **Journal of Plant Protection Research**, v. 52, p. 226-229, 2012.

FOERSTER, L. A. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides, p. 95-114. In PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (eds.), **Controle biológico no Brasil: Parasitoides e predadores**. São Paulo, Manole, 609p. 2002.

GERSON, U.; WEINTRAUB, P. G. Mites (Acari) as a factor in greenhouse management. **Annual Review of Entomology**, v. 57, n. 1, p. 229-247, 2012.

GRBIC, M. *et al.* The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. **Nature**, v. 472, p. 487-492, 2011.

GRBIC, M.; KHILA, A.; LEE, K. Z.; BJELICA, A.; GRBIC, V.; WHISTLECRAFT, J.; VERDON, L.; NAVAJAS, M.; NAGY, L. Mity model: *Tetranychus urticae*, a candidate for chelicerate model organism. **Bioessays**, v. 29, n. 5, p. 489-496, 2007.

GUIMARÃES, L. G. L.; CARDOSO, M. das G.; SOUZA, R. M. de.; ZACARONI, A. B.; SANTOS, G. R. dos. Essential oil of *Lippia sidoides* native to Minas Gerais: composition, secretory structures and antibacterial activity. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 267-275, 2014

HAN, J.; CHOI, B. R.; LEE, S. G.; KIM, S. I.; AHN, Y. J. Toxicity of plant essential oils to acaricide-susceptible and -resistant *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 4, p. 1293-1298, 2010.

HARLEY, R. M.; ATKINS, S.; BUDANTSEV, A. L.; CANTINO, P. D.; CONN, B. J.; GRAYER, R. J.; HARLEY, M. M.; DE KOK, P. J.; KRESTOVSKAJA, T. V.; MORALES, R.; *et al.* Labiatae. In: **The families and genera of vascular plants**, 1 ed.; KUBITZKI, K., KADEREIT, J. W., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, v. 7, p. 167-275, 2004.

HELLE, W.; GUTIERREZ, J.; BOLLAND, H. R. A study on sex-determination and karyotypic evolution in Tetranychidae. **Genetica**, v. 41, n. 1, p. 21-32, 1970.

HORTIFRUTI BRASIL: anuário 2019-2020. Piracicaba, 2020. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2019-2020-retrospectiva-2019-perspectivas--2020-dos-hf-s.aspx>. Acesso em: 02 nov. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 02 nov. 2020.

IRAC. Insecticide Resistance Action Committee. Method N° 4, 2009. Disponível em https://irac-online.org/content/uploads/2009/09/Method_004_v3_june09.pdf. Acesso em 07 nov. 2020.

ISMAN M. B., SEFFRIN R. Natural Insecticides from the Annonaceae: a unique example for developing biopesticides. In: Singh D. (eds) **Advances in Plant Biopesticides**. p. 21-33, 2014.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v.51, n. 1, p.45-66, 2006.

JARAMILLO, C.B.E.; DUARTE, R.E.; DELGADO, W. Bioactividad del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* colombiano. **Revista Cubana de Plantas Medicinai**s, v. 17, n. 1, p. 54-64,2012.

KERDCHOECHUEN, O.; LAOHAKUNJIT, N.; SINGKORNARD, S.; MATTA, F. B. Essential oils from six herbal plants for biocontrol of the maize weevil. **Hortscience**, v. 45, n. 4, p. 592-598, 2010.

KERDUDO, A.; ELLONG, E. N.; BURGER, P.; GONNOT, V.; BOYER, L.; CHANDRE, F.; ADENET, S.; ROCHEFORT, K.; MICHEL, T.; FERNANDEZ, X. Chemical composition, antimicrobial and insecticidal activities of flowers essential oils of *Alpinia zerumbet* (Pers.) from Martinique Island. **Chemistry & Biodiversity**, v. 14, n. 4, p. 1-26, 2017.

KHANUJA, S. P. S.; SHASANY, A. K.; PAWAR, A.; LAL, R. K.; DAROKAR, M. P.; NAQVI, A. A.; RAJKUMAR, S.; SUNDARESAN, V.; LAL, N.; KUMAR, S. Essential oil constituents and RAPD markers to establish species relationship in *Cymbopogon* Spreng. (Poaceae). **Biochemical Systematics And Ecology**, v. 33, n. 2, p. 171-186, 2005.

KNOWLES, C. O. Mechanisms of resistance to acaricides. In **Molecular mechanisms of resistance to agrochemicals**. Springer Science & Business Media: Berlin, Germany, p. 57–77, 1997.

KUMAR, S.; SINGH, A. Biopesticides: present status and the future prospects. **Journal of Biofertilizers & Biopesticides**, v. 06, n. 02, p. 1-2, 2015.

LAGHA, R.; ABDALLAH, F. B.; AL-SARHAN, B.; AL-SODANY, Y. Antibacterial and biofilm inhibitory activity of medicinal plant essential oils against *Escherichia coli* isolated from UTI patients. **Molecules**, v. 24, n. 6, p. 1-12, 2019.

LI, M.; LIU, B.; BERNIGAUD, C.; FISCHER, K.; GUILLOT, J.; FANG, F. Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) oil: a promising miticidal and ovicidal agent against sarcoptes scabiei. **Plos Neglected Tropical Diseases**, v. 14, n. 4, p. 1-10, 2020.

LIM, E. G.; ROH, H. S.; COUDRON, T. A.; PARK, C. G. Temperature-dependent fumigant activity of essential oils against twospotted spider Mite (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 104, n. 2, p. 414-419, 2011.

LIMA, A. E. F.; CASTRO, E. A.; FERREIRA, D. A.; MYRLA, C.; ABREU, W. S.; COELHO, E. L.; SÁ, D. M. A. T. Rendimento, caracterização química e atividade antibacteriana do óleo essencial de capim limão em diferentes horários. **Magistra**, v. 28, n. 3/4, p.369-378, 2016.

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. das G.; MORAES, J. C.; CARVALHO, S. M.; RODRIGUES, V. G.; GUIMARÃES, L. G. L. Chemical composition and fumigant effect of essential oil of *Lippia sidoides* Cham. and monoterpenes against *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 664-671, 2011.

MACÊDO, D. S.; ARAÚJO, F. Y. R.; CARVALHO, A. F.; MORAES, M. E.; MORAES, M. O. *Alpinia zerumbet*. In: VIANA, G. S. B.; LEAL, L. K. A. M.; VASCONCELOS, S. M. M. **Plantas medicinais da Caatinga: atividades biológicas e potencial terapêutico**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2013. 492 p.

MAFRA, N. S. C.; EVERTON, G. O.; FERREIRA, A. M.; SALES, E. H.; SANTOS JÚNIOR, P. S.; MOUCHREK FILHO, V. E. Potenciais biológicos do óleo essencial de *Ocimum basilicum* Linn coletada na região Pré-Amazônica do Maranhão. **Research, Society And Development**, v. 9, n. 8, p. 1-29, 2020.

MAJOLO, C.; PILARSKI, F.; CHAVES, F. C. M.; BIZZO, H. R.; CHAGAS, E. C. Antimicrobial activity of some essential oils against *Streptococcus agalactiae*, an important pathogen for fish farming in Brazil. **Journal Of Essential Oil Research**, v. 30, n. 5, p. 388-397, 2018.

MAJOLO, C.; ROCHA, S. I. B. da; CHAGAS, E. C.; CHAVES, F. C. M.; BIZZO, H. R. Chemical composition of *Lippia* spp. essential oil and antimicrobial activity against *Aeromonas hydrophila*. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 5, p. 1-8, 2017.

MARCIC, D. Acaricides in modern management of plant-feeding mites. **Journal of Pest Science**, v. 85, n. 4, p. 395-408, 2012.

MELLO, E. J. R. Resistência do “ácaro rajado” do algodoeiro à ação de produtos fosforados. In: Anais da I Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Entomologia, Piracicaba, 1968, p. 65-66.

MIGEON, A.; DORKELD, F. Spider mites web: a comprehensive database for the Tetranychidae, 2021. Disponível em: <http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>. Acessado em: 27 jan. 2021.

MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M. B. Botanical insecticides inspired by plant–herbivore chemical interactions. **Trends in Plant Science**, v. 19, n. 1, p. 29–35, 2014.

MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M.B. Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. **Journal of Economic Entomology**, v. 90, p. 2015-2023, 2006.

MONTEIRO, V. B.; GONDIM JUNIOR, M. G. C.; OLIVERIA, J. E. M.; SIQUEIRA, H. A. A.; SOUSA, J. M. Monitoring *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) resistance to abamectin in vineyards in the Lower Middle São Francisco Valley. **Crop Protection**, v. 69 p. 90-96, 2015.

MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. **Manual de acarologia**: Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, Holos, 2008. 308p.

MORAES, M. M. de; CAMARA, C. A. G. da; SANTOS, M. L. dos; FAGG, C. W. Essential oil composition of *Eugenia langsdorffii* O. Berg.: relationships between some terpenoids and toxicity against *Tetranychus urticae*. **Journal of The Brazilian Chemical Society**, v. 23, n. 9, p. 1647-1656, 2012.

MORRISSEY, C. A.; MINEAU, P.; DEVRIES, J. H.; SANCHEZ-BAYO, F.; LIESS, M.; CAVALLARO, M. C.; LIBER, K. Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates: a review. **Environment International**, v. 74, p. 291-303, 2015.

OHTSUKA, K.; OSAKABE, M. Deleterious effects of Uv-B radiation on herbivorous spider mites: they can avoid it by remaining on lower leaf surfaces. **Environmental Entomology**, v. 38, n. 3, p. 920-929, 2009.

OLIVEIRA, A. P.; SANTOS, A. A.; SANTANA, A. S.; LIMA, A. P. S.; MELO, C. R.; SANTANA, E. D. R.; SAMPAIO, T. S.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; CRISTALDO, P. F. Essential oil of *Lippia sidoides* and its major compound thymol: toxicity and walking response of populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Crop Protection**, v. 112, p. 33-38, 2018.

OLIVEIRA, J. E. de M.; HAJI, F. N. P.; MOREIRA, F. R. B.; PARANHOS, B. A. J. Pragmas. In: LIMA, M. F.; MOREIRA, F. R. B. (Ed.). **Uva de mesa**: fitossanidade. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, cap. 6, p. 71-87. 2012. (Frutas do Brasil, 14).

PAES, J. P. P.; RONDELLI, V. M.; COSTA, A. V.; VIANNA, U. R.; QUEIROZ, V. T. de. Caracterização química e efeito do óleo essencial de erva-de-santa-maria sobre o ácaro-rajado de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 346-354, 2015.

PAPAPOSTOLOU, K. M.; RIGA, M.; CHARAMIS, J.; SKOUFA, E.; SOUCLAS, V.; ILIAS, A.; DERMAUW, W.; IOANNIDIS, P.; VAN LEEUWEN, T.; VONTAS, J. Identification and characterization of striking multiple-insecticide resistance in a *Tetranychus urticae* field population from Greece. **Pest Management Science**, v. 77, n. 2, p. 666-676, 2020.

PAVELA, R. Acute toxicity and synergistic and antagonistic effects of the aromatic compounds of some essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say larvae. **Parasitology Research**, v. 114, n. 10, p. 3835-3853, 2015.

PAVELA, R. Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the *Spodoptera littoralis* Boisd. (Lep., Noctuidae) larvae. **Industrial Crops and Products**, v. 60, p. 247–258, 2014.

PAVELA, R.; STEPANYCHEVA, E.; SHCHENIKOVA, A.; CHERMENSKAYA, T.; PETROVA, M. Essential oils as prospective fumigants against *Tetranychus urticae* Koch. **Industrial Crops And Products**, v. 94, p. 755-761, 2016.

PEIXOTO, M. I.; BÚ, E. A.; LIMA, E. L. M.; ANDRADE, E. T. S. Plantas medicinais utilizadas por idosos da zona rural de Fagundes – PB. Congresso Internacional de envelhecimento Humano. **Anais 4º CIEH – Congresso Internacional de Envelhecimento Humano**, v. 2, n. 1, 2015.

PEREIRA, P. de S.; PAULA, L. L. R. J. de. Ações terapêuticas do capim-santo: uma revisão de literatura. **Revista Saúde em Foco**, v. 10, p. 259-263, 2018.

PEREIRA, R. C. A.; MOREIRA, A. L. M. Manjerição: cultivo e utilização. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2011. 31 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/42208/1/DOC11004.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2020.

PINHEIRO, P. F.; QUEIROZ, V. T. de; RONDELLI, V. M.; COSTA, A. V.; MARCELINO, T. de P.; PRATISSOLI, D. Insecticidal activity of citronella grass essential oil on *Frankliniella schultzei* and *Myzus persicae*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 2, p. 138-144, 2013.

PINTO, Z. T.; SÁNCHEZ, F. F.; SANTOS, A. R. dos; AMARAL, A. C. F.; FERREIRA, J. L. P.; ESCALONA-ARRANZ, J. C.; QUEIROZ, M. M. de C. Chemical composition and insecticidal activity of *Cymbopogon citratus* essential oil from Cuba and Brazil against housefly. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 24, n. 1, p. 36-44, 2015.

RAJAMMA, A. J.; DUBEY, S.; SATEESHA, S. B.; TIWARI, S. N.; GHOSH, S. K. Comparative larvicidal activity of different species of *Ocimum* against *Culex Quinquefasciatus*. **Natural Product Research**, v. 25, n. 20, p. 1916-1922, 2011.

REDDY, S. G. E.; DOLMA, S. K. Acaricidal activities of essential oils against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. **Toxin Reviews**, v. 37, n. 1, p. 62-66, 2017.

RIBEIRO, N.; CAMARA, C.; RAMOS, C. Toxicity of essential oils of *Piper marginatum* Jacq. against *Tetranychus urticae* Koch and *Neoseiulus californicus* (McGregor). **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 76, n. 1, p. 71-76, 2016.

ROEDER, T. Octopamine in invertebrates. **Progress in Neurobiology**, v. 59, n. 5, p. 533-561, 1999.

RYAN, M. F.; BYRNE, O. Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. **Journal of Chemical Ecology**, v. 14, n. 10, p. 1965-1975, 1988.

SAITO, Y. The concept of 'life types' in Tetranychinae – An attempt to classify the spinning behaviour of Tetranychinae. **Acarologia**, v. 24, n. 4, p. 377-391, 1983.

SANTOS, A.; PADUAN, R. H.; GAZIN, Z. C.; JACOMASSI, E.; OLIVEIRA, P. S. D'; CORTEZ, D. A. G.; CORTEZ, L. E. R. Determinação do rendimento e atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf em função de sazonalidade e consorciamento. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 2, p. 436-441, 2009.

SANTOS, C. M. G. **Fisiologia e metabolismo da videira cv. Syrah no Submédio do Vale do São Francisco sob três estratégias de irrigação**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu. 2012. 145 p.

SANTOS, M. C. dos. **Controle varietal e bioatividade do óleo essencial de *Lippia gracilis* no manejo de *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

SARAIVA, A. G. Q.; SARAIVA, G. D.; ALBUQUERQUE, R. L.; NOGUEIRA, C. E. S.; TEIXEIRA, A. M. R.; LIMA, L. B.; CRUZ, B. G.; SOUSA, F. F. de. Chemical analysis and vibrational spectroscopy study of essential oils from *Lippia sidoides* and of its major constituent. **Vibrational Spectroscopy**, v. 110, p. 1-7, 2020.

SEGADE, S. R.; GIACOSA, S.; TORCHIO, F.; PALMA, L. de; NOVELLO, V.; GERBI, V.; ROLLE, L. Impact of different advanced ripening stages on berry texture properties of 'Red Globe' and 'Crimson Seedless' table grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 160, p. 313-319, 2013.

SILVA, C. T. dos S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; CUNHA, F. M. da; OLIVEIRA, J. V. de; DUTRA, K. de A.; NAVARRO, D. M. do A. F.; TEIXEIRA, Á. A. C. Biochemical parameters of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) treated with citronella oil (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor) and its influence on reproduction. **Acta Histochemica**, v. 118, n. 4, p. 347-352, 2016.

SILVA, F. M.; BERTINI, L. M.; ALVES, L. A.; MOURA, L. F.; BARBOSA, P. T.; FERNANDES, A. B. D. Análise da composição química do óleo essencial de capim santo (*Cymbopogon citratus*) obtido através de extrator por arraste com vapor d'água construído com materiais de fácil aquisição e baixo custo. **Holos**, v. 4, p. 144-152, 2014.

SILVA, P. C. G. da; COELHO, R. C. Caracterização social e econômica da cultura da videira. In: LEÃO, P.C de. S. (org.), **Cultivo da Videira**. 2 ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em: <

http://www.cpatia.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/Caracterizaca_social_da_%20videira.html >. Acesso em: 30 jan. 2021.

SILVA, V. M.; COSTA-CARVALHO, R. R.; FONTES, M. G.; LARANJEIRA, D.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B. Effect of essential oils from *Lippia sidoides* and *Lippia gracilis* on growth inhibition of *Rhizoctonia solani*. **Acta Horticulturae**, n. 1198, p. 31–34, 2018.

SINGH, R.; SHUSHNI, M. A. M.; BELKHEIR, A. Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 8, n. 3, p. 322-328, 2015.

SNYDER, M. J.; GLENDINNING, J. I. Causal connection between detoxification enzyme activity and consumption of a toxic plant compound. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 179, p. 255–261, 1996.

SOARES, A. M. dos S.; PENHA, T. A.; ARAÚJO, S. A. de; CRUZ, E. M. O.; BLANK, A. F.; COSTA-JUNIOR, L. M. Assessment of different *Lippia sidoides* genotypes regarding their acaricidal activity against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 25, n. 4, p. 401-406, 2016.

SOUZA, A. M.; MEIRA, M. R.; FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R. Óleos essenciais: aspectos econômicos e sustentáveis. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 10, p. 1-11, 2010.

SOUZA, G. S.; OLIVEIRA, U. C.; SILVA, J. S.; LIMA, J. C. Crescimento, produção de biomassa e aspectos fisiológicos de plantas de *Mentha piperita* L. cultivadas sob diferentes doses de fósforo e malhas coloridas. **Global Science and Technology**, v. 6, n. 3, p.35-44, 2013.

SOUZA, J. S. I. **Uvas para o Brasil**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 791 p.

SOUZA, M. A. A.; ARAUJO, O. J. L.; FERREIRA, M. A.; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. A; SOUZA, S. R. Produção de biomassa e óleo essencial de hortelã em hidroponia em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.1, p. 41-48, 2007.

SOUZA, T. de A. de; LOPES, Marcio B. P.; RAMOS, A. de S.; FERREIRA, J. L. P.; SILVA, J. R. de A.; QUEIROZ, M. M. C.; ARAÚJO, K. G. de L.; AMARAL, A. C. F. Alpinia essential oils and their major components against *Rhodnius nasutus*, a vector of chagas disease. **The Scientific World Journal**, v. 2018, p. 1-6, 2018.

STEINKRAUS, D.; ZAWISLAK, J.; LORENZ, G.; LAYTON, B.; LEONARD, R. **Spider mites on cotton in the mid-South**. Cotton Inc., Arkansas University, 8p. 2003.

STUMPF, N.; NAUEN, R. Cross-resistance, inheritance, and biochemistry of mitochondrial electron transport inhibitor-acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 1577-1583, 2001.

TAK, J. H.; ISMAN, M. B. Acaricidal and repellent activity of plant essential oil-derived terpenes and the effect of binary mixtures against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Industrial Crops and Products**, v. 108, p. 786–792, 2017.

- TOPUZ, E.; MADANLAR, N.; ERLER, F. Chemical composition, toxic and development- and reproduction-inhibiting effects of some essential oils against *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) as fumigants. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 125, n. 4, p. 377-387, 2018.
- TOPUZ, E.; MADANLAR, N.; ERLER, F. Evaluation of fumigant toxicity of *Mentha pulegium* essential oil against *Tetranychus cinnabarinus* under greenhouse conditions. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 21, n. 9, p. 2739–2745, 2012.
- TORRES, N. H.; AMÉRICO, J. H. P.; FERREIRA, L. F. R.; GRANJA, A. C. R.; HARDER, M. N. C. Aproveitamento sustentável dos subprodutos da madeira e das folhas para extração de óleos essenciais. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, v. 4, n. 1, p. 09-22, 2014.
- UDDIN, M. N.; ALAM, M. Z.; MIAH, M. R. U.; MIAN, M. I. H.; MUSTARIN, K. E. Life table parameters of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on different bean varieties. **African Entomology**, v. 23, n. 2, p. 418-426, 2015.
- VACANTE, V. **The handbook of mites of economic plants**: identification, bioecology and control. Oxfordshire, UK: Boston, MA. 2015. 832p.
- VAN LEEUWEN, T.; DERMAUW, W.; GRBIC, M.; TIRRY, L.; FEYEREISEN, R. Spider mite control and resistance management: does a genome help? **Pest Management Science**, v. 69, n. 2, p. 156-159, 2012.
- VAN LEEUWEN, T.; VANHOLME, B.; VAN POTTELBERGE, S.; VAN NIEUWENHUYSE, P.; NAUEN, R.; TIRRY, L.; DENHOLM, I. Mitochondrial heteroplasmy and the evolution of insecticide resistance: non-mendelian inheritance in action. **Proceedings Of The National Academy of Sciences**, v. 105, n. 16, p. 5980-5985, 2008.
- VERAS, H. N. H.; RODRIGUES, F. F. G.; BOTELHO, M. A.; MENEZES, I. R. A.; COUTINHO, H. D. M.; COSTA, J. G. M. da. Antimicrobial effect of *Lippia sidoides* and thymol on *Enterococcus faecalis* Biofilm of the *Bacterium* isolated from rootCanals. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p. 1-5, 2014.
- VICENTINI, V. B.; PRATISSOLI, D.; QUEIROZ, V. T. de; COSTA, A. V.; PINHEIRO, P. F.; ZINGER, F. D.; RONDELLI, V. M. Ethanol extract of *Cymbopogon winterianus* on mortality and number of eggs of *Tetranychus urticae*. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1154-1159, 2015.
- VIEIRA, M. R., L. DE S. CORREA, T. M. M. G. DE CASTRO, L. F. S. DA SILVA, M. DE S. MONTEVERDE. Efeito do cultivo do mamoeiro (*Carica papaya* L.) em ambiente protegido sobre a ocorrência de ácaros fitófagos e moscas-brancas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n.3, p. 441-445, 2004.
- VLASE, L. Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities and phenolic profile for *Hyssopus officinalis*, *Ocimum basilicum* and *Teucrium chamaedrys*. **Molecules**, v. 28, n. 19, p. 5490–5507, 2014.

WU, S.; GUO, J.; XING, Z.; GAO, Y.; XU, X.; LEI, Z. Comparison of mechanical properties for mite cuticles in understanding passive defense of phytoseiid mite against fungal infection. **Materials & Design**, v. 140, p. 241–248, 2018.

XUE, W.; SNOECK, S.; NJIRU, C.; INAK, E.; DERMAUW, W.; VAN LEEUWEN, T. Geographical distribution and molecular insights into abamectin and milbemectin cross-resistance in European field populations of *Tetranychus urticae*. **Pest Management Science**, v. 76, n. 8, p. 2569-2581, 2020.

ZHU, F.; DU, B.; ZHENG, L.; LI, J. Advance on the bioactivity and potential applications of dietary fibre from grape pomace. **Food Chemistry**, v. 186, p. 207-212, 2015.