



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA



ALICE MARIANA SOUZA DE ALMEIDA

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ACARICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL
DAS FOLHAS DE *Syzygium cumini* (Myrtaceae)

RECIFE
2021

ALICE MARIANA SOUZA DE ALMEIDA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ACARICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL
DAS FOLHAS DE *Syzygium cumini* (Myrtaceae)**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Licenciatura Plena em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito necessário à obtenção do grau de licenciada em Química.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Augusto Gomes da Camara

RECIFE
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A447c Almeida, Alice Mariana Souza de
Composição química e atividade acaricida do óleo essencial das folhas de *Syzygium cumini* (Myrtaceae) / Alice Mariana Souza de Almeida. - 2021.
54 f.
- Orientador: Claudio Augusto Gomes da Camara.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Química, Recife, 2021.
1. *Syzygium cumini*. 2. Óleo essencial. 3. *Tetranychus urticae*. I. Camara, Claudio Augusto Gomes da, orient. II. Título

ALICE MARIANA SOUZA DE ALMEIDA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ACARICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL
DAS FOLHAS DE *Syzygium cumini* (Myrtaceae)**

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Licenciatura Plena em Química da
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
como requisito necessário à obtenção do grau
de licenciada em Química.

____/____/____

Prof. Claudio Augusto Gomes da Camara
Orientador

Prof. Dr. Marcilio Martins de Moraes
Examinador

Prof. Dr. André Augusto Pimentel Liesen Nascimento
Examinador

Dedico o meu trabalho, com imensa gratidão e amor, aos meus pais e meu irmão, que sempre acreditaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu Deus, pois Ele tem me sustentado e sem Ele nada poderia fazer.

Agradeço aos meus pais, Júlio e Arlene, e meu irmão, Anderson, os meus maiores incentivadores, que me ensinaram a ter fé e perseverança nesta jornada.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos que estiveram presentes nesta etapa.

Agradeço aos meus amigos – Alex, Emmanuelle, José, Lucas e Thayane – que tornaram o caminho mais leve na Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Agradeço ao meu orientador, professor Claudio Camara, por toda paciência que tem comigo e toda contribuição em meu crescimento profissional.

Agradeço ao Centro de Apoio à Pesquisa (CENAPESQ) pela realização das análises químicas.

Agradeço ao LPNBio, Laboratório de Produtos Naturais e Bioativos, às colegas de laboratório Carol, Tchiara, Ariadna e todos os demais participantes deste laboratório, que nunca medem esforços em ajudar a todos os companheiros acadêmicos; assim como o Laboratórios de Biologia de Insetos, do Departamento de Agronomia da UFRPE, Vaneska e seus demais integrantes.

Por fim, agradeço a todos que, diretamente e indiretamente, contribuíram para eu chegar aqui.

Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas; glória, pois, a ele eternamente. Amém!

Romanos 11:36

RESUMO

Syzygium cumini, conhecida azeitona roxa, ou jamelão, remota a seus poderes curativos desde os primórdios de muitas sociedades, hoje confirmado através de suas propriedades antioxidantes, antidiabéticas, antifúngicas e relatos de efeitos contra diferentes artrópodes. O óleo essencial, extraído das folhas frescas, através da técnica de hidrodestilação com auxílio de um aparelho do tipo Clevenger, teve um rendimento 0,12% m/m e sua caracterização química, através da Cromatografia Gasosa acoplada ao Espectrômetro de Massas (CG-EM), forneceu como constituintes majoritários o (*Z*)- β -ocimeno (30,456%), α -pineno (15,537%) e (*E*)- β -ocimeno (15,177%). Os bioensaios de contato realizados, com objetivo de identificar os efeitos do óleo sobre o ácaro rajado, demonstraram uma toxicidade considerável do óleo. O bioensaio de contato residual, em que os ácaros são colocados em folhas já tratadas, apresentou a $CL_{50} = 7,54\mu\text{L}/\text{mL}$. Enquanto no bioensaio de pulverização, onde os ácaros são pulverizados quando estão nas folhas, apresentou uma $CL_{50} = 8,69\mu\text{L}/\text{mL}$. Além disso, o óleo também se mostrou com propriedade ovicida com uma CL_{50} estimada de $0,22\mu\text{L}/\text{mL}$. Este óleo essencial apresentou efeitos semelhantes e promissores comparado a acaricidas já comercializados, enquanto os bioensaios demonstraram como os diferentes testes agem em mecanismos distintos da praga.

PALAVRAS-CHAVE: *Syzygium cumini*, óleo essencial, *Tetranychus urticae*.

ABSTRACT

Syzygium cumini, known as purple olive, or jamul, dates back to its healing powers since the beginnings of many societies, today confirmed through its antioxidant, anti-diabetic, anti-fungal properties and reports against different arthropods. The essential oil, extracted from the fresh leaves, through hydrodistillation technique with the aid of a Clevenger type apparatus, had a yield of 0.12% m/m and its chemical characterization, through Gas Chromatography coupled to a Mass Spectrometer (GC-MS), provided as major constituents (*Z*)- β -ocimene (30.456%), α -pinene (15.537%) and (*E*)- β -ocimene (15.177%). The contact bioassays performed, with the objective of identifying the effects of the oil on the spider mite, demonstrated a considerable toxicity of the oil. The residual contact bioassay, which the mites are placed on already treated leaves, presented the $LC_{50} = 7.54\mu\text{L/mL}$. While in the spray bioassay, where the mites are sprayed when they are on the leaves, presented a $LC_{50} = 8.69\mu\text{L/mL}$. In addition, the oil was also showed an ovicidal property with an estimated LC_{50} of $0.22\mu\text{L/mL}$. this essential oil showed similar and promising effects compared to acaricides already marketed, while bioassays demonstrated how different tests act on pest instinct mechanisms.

KEYWORDS: *Syzygium cumini*, essential oil, *Tetranychus urticae*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Syzygium cumini</i>	19
Figura 2. Ocorrência confirmadas de <i>Syzygium cumini</i> no Brasil.....	19
Figura 3. Atividades biológicas do <i>Syzygium cumini</i>	20
Figura 4. Hidrodestilação usando aparelho tipo Clevenger.....	28
Figura 5. <i>Tetranychus urticae</i> Koch	29
Figura 6. Amostra exsicata depositada no Herbária PEUFR.....	31
Figura 7. Cromatógrafo gasoso e espectrômetro de massas	33
Figura 8. Torre de Potter utilizada no teste de pulverização	35
Figura 9. Cromatograma do OE de <i>Syzygium cumini</i>	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química do OE do <i>Syzygium cumini</i>	39
Tabela 2. Bioensaios realizados sobre as fêmeas e ovos do <i>T. urticae</i>	43
Tabela 3. Constituintes majoritários que possuem atividade acaricida registrada	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Componentes majoritários e atividade biológica do óleo essencial extraídos de diferentes partes da planta <i>Syzygium cumini</i>	22
Quadro 2. Levantamento de <i>Syzygium cumini</i> com α -pineno como constituinte majoritário ..	40
Quadro 3. Estrutura química dos constituintes do OE do <i>S. cumini</i>	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CG-EM – Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas

CG – Cromatografia Gasosa

EM – Espectrometria de Massa

OE – Óleo Essencial

UV – Ultravioleta

m/z – Massa/carga

eV – Elétron-volt

LPNBio – Laboratório de Produtos Naturais Bioativos

FID – Detector de ionização

CL₅₀ – Concentração Letal responsável por matar 50% da população

I.C. 95% – Intervalos de Confiança a 95%

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo geral	15
1.1.2 Objetivos específicos	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 ESPÉCIE VEGETAL	17
2.1.1 Família Myrtaceae e gênero <i>Syzygium</i>	17
2.1.2 <i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	18
2.1.3 Revisão sobre o estudo biológico da espécie <i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	21
2.2 ÓLEO ESSENCIAL	27
2.3 PROCESSO DE EXTRAÇÃO POR HIDRODESTILAÇÃO	28
2.4 <i>Tetranychus urticae</i>	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA	31
3.2 COLETA DO MATERIAL BOTÂNICO	31
3.3 OBTENÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL	32
3.4 IDENTIFICAÇÃO QUÍMICA POR CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA A ESPECTROMETRIA DE MASSA (CG-EM).	32
3.5 BIOENSAIOS	33
3.5.1 Criação do ácaro <i>Tetranychus urticae</i>	34
3.5.2 Bioensaio de contato residual sobre as fêmeas do <i>T. urticae</i>	34
3.5.3 Bioensaio de pulverização sobre as fêmeas do <i>T. urticae</i>	35
3.5.4 Bioensaio ovicida sobre os ovos do <i>T. urticae</i>	36
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO DO <i>Syzygium cumini</i>	38
4.2 TOXICIDADE DO ÓLEO DE <i>Syzygium cumini</i> SOBRE AS FÊMEAS E OVOS DO <i>T. urticae</i>	42
5 CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

Os produtos naturais vêm ganhando a cada dia mais espaço nas atividades humanas. Os óleos essenciais, que são misturas complexas de substâncias químicas voláteis, têm sido utilizados em larga escala devido suas propriedades biológicas. Além disso, indústrias de diversos seguimentos têm optado pelos aditivos naturais na conservação dos alimentos, como forma de substituir produtos artificiais prejudiciais à saúde humana e ambiental. (MACHADO e JÚNIOR, 2011)

As plantas, de onde provém os óleos essenciais, produzem uma grande diversidade química de substâncias. Os metabólitos secundários são substâncias responsáveis pela autodefesa da planta contra o meio externo, inclusive microrganismos e artrópodes. Por este motivo, serve como alternativa para desenvolvimento de novos produtos para uso como acaricida e/ou inseticida. Em geral, estes produtos naturais, apresentam baixa toxicidade aos mamíferos, além de serem biodegradáveis, o que permite ser um agente de controle de pragas mais seguro. (CORRÊA e SALGADO, 2011)

A família Myrtaceae, nativa dos trópicos, é uma das principais floras encontradas no Brasil, com vinte e três gêneros e cerca de cento e trinta espécies. Neste trabalho, destaca-se a espécie *Syzygium cumini* (L.) Skeels (*S. cumini*) (*syn Eugenia jambolana*). Esta planta é reconhecida por seu fruto, a azeitona roxa, que também é chamada de jamelão ou ameixa preta. (KOMAL, *et al.*, 2019)

A análise fitoquímica dos constituintes fixos da planta revela a presença de taninos, flavonoides, polifenóis, antraquinonas, alcaloides, ligninas e terpenoides. O óleo essencial (OE) extraído do *S. Cumini* apresenta diversas propriedades antioxidante, antimicrobiana, antifúngica, anti-inflamatória e inseticida. Além disso, o óleo essencial desta planta também é destacado no uso de medicinas alternativas desde a antiguidade. (SINGH e MUKHTAR, 2017; ABOU-TALEB, 2016; HANIF, *et al.*, 2020; KOMAL, *et al.*, 2019).

Conhecendo as diferentes atividades que óleos essenciais podem exercer, é importante enfatizar a atividade acaricida, considerando que estes são uma alternativa no controle de pragas por apresentar baixo efeito residual. Os insetos causam prejuízos diretos, quando atacam produtos que seriam comercializados, ou indiretos, quando atacam estruturas vegetais que não seriam diretamente comercializadas, mas alteram processos fisiológicos e conseqüente reprodução (TEIXEIRA *et al.*, 2016).

O *Tetranychus urticae* Koch, popularmente conhecido como ácaro rajado, é uma espécie cosmopolita e polífaga, sendo considerada praga primária em diversas culturas como algodoeiro, morangueiro, roseira, tomateiro, feijoeiro, soja, pessegueiro, entre outros. Tornando-se notório os prejuízos causados na agricultura. Dentre os mais de 1200 ácaros-aranhas, em torno de 10% podem se tornar pragas agrícolas, todavia, o *T. urticae* é considerado o mais sério. (AGUT *et al.*, 2018).

Como alternativa aos acaricidas comercializados, que muitas vezes causam danos à saúde humana, contaminação dos mananciais e promovem resistência ao ácaro, avaliamos a atividade acaricida do óleo essencial das folhas de *S. Cumini* sobre duas formas de desenvolvimento do *T. urticae*, visto que este óleo essencial não possui estudos anteriores contra o ácaro rajado, uma importante praga agrícola que tem causado sérios prejuízos na agricultura orgânica e/ou familiar de Pernambuco.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Determinar a composição química e os efeitos do óleo essencial das folhas de *Syzygium cumini* sobre *Tetranychus urticae*.

1.1.2 Objetivos específicos

Calcular o rendimento do óleo essencial obtido pela técnica de hidrodestilação das folhas de *S. cumini*;

Identificar os constituintes químicos do óleo essencial de *S. Cumini* pela técnica de Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM);

Avaliar a atividade acaricida (contato residual, pulverização e ovicida) do óleo essencial sobre o ácaro rajado (*Tetranychus urticae*).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o aumento populacional, a partir da década de 60, iniciou-se a chamada Revolução Verde. Este fato acarretou em uma alta demanda de alimentos, iniciando a monocultura extensiva. Assim, com o crescente aumento de pragas, foi necessário a mudança no seu controle, entre 1940 a 1960, que ficou conhecida como “Idade de Ouro da Descoberta de Inseticidas”. Nesse período houve a expansão de inseticidas orgânicos sintéticos, como DDT, organofosforados, ciclodienos e *N*-metilcarbamatos. Embora esta fase tenha trazido consigo grandes benefícios para o homem, a falta de conhecimento no manuseio, dosagens e excessivas pulverizações influenciaram em prejuízos comuns no meio agrícola. Dentre eles, destacam-se o aumento de pragas, contaminação de solos, lençóis d’água, além de danos a organismos não envolvidos no objetivo. (SPARKS *et al.*, 2019)

Tendo em vista os infortúnios causados pelos inseticidas comerciais, os inseticidas formados a partir de produtos naturais tem ganhado espaço. Conhecidos como inseticidas botânicos, pois são formados através de princípios ativos das plantas, estes são caracterizados pela baixa toxicidade contra o homem, ação rápida, e, também, rápida degradação. (GUO *et al.*, 2020)

As plantas podem apresentar atividades inseticidas devido seus metabólitos de defesa, chamado metabólitos secundários. Metabolismo trata-se das contínuas reações químicas que as células vão realizando. Assim, os metabólitos secundários são gerados de contínuas reações de defesas e adaptação que as plantas realizam, como resposta ao meio que se encontram. Com esse comportamento se previnem da atração de polinizadores, herbívoros, microrganismos e até de raios UV. Essa acomodação permite a acomodação sem afetar o desenvolvimento celular e processos fisiológicos das plantas. Além disso, as plantas apresentam grande número de substâncias produzidas e grande diversidade em uma única espécie. (ISAH, 2019)

Ainda sobre a produção de metabólitos secundários:

Produção dos metabólitos pelas plantas é considerada uma adaptação capacidade de lidar com restrições estressantes durante ambiente desafiador e mutante de crescimento que pode envolver a produção de tipos químicos complexos e interações na estabilização estrutural e funcional através de processos e vias de sinalização. Grande número das moléculas secundárias são biossintetizadas de metabólitos primários e acumulados nas células vegetais. (ISAH, 2019, p.1)

Com o avanço dos estudos de inseticidas botânicos, já é conhecida a atividade repelente de diversas substâncias encontradas em plantas, como piretrina, rotenona, nicotina, cevadina, veratridina, rianodina, quassinoides e azadiractina.

Os óleos essenciais, proveniente das plantas, incluindo folhas, flores, botões, raízes e outras partes, são misturas complexas de diversas substâncias. São obtidos através de destilações por arraste com vapor d'água, têm aparência oleosa a temperatura ambiente, porém diferem dos óleos fixos por serem voláteis, apresentando forte odor. Estes apresentam variados constituintes, entre misturas de hidrocarbonetos e diversos grupos funcionais, sendo alguns considerados majoritários, o que determina suas possíveis atividades. Investigações revelam que estes óleos essenciais podem não apenas possuir capacidade de repelir insetos, como também ação inseticida, seja pelas vias respiratórias ou contato direto. (WAN *et al.*, 2019; DHAKAD *et al.*, 2018)

2.1 ESPÉCIE VEGETAL

2.1.1 Família Myrtaceae e gênero *Syzygium*

Segundo Trindade *et al.* (2018), a família Myrtaceae apresenta cerca de 130 gêneros que distribuem mais de 5670 espécies, sendo encontrada nas regiões tropicais e subtropicais, especialmente na América do Sul, Austrália e Ásia Tropical. No Brasil são encontrados 23 gêneros e uma estimativa de 1000 espécies. As espécies ocorrem em vegetação de Formações Pioneiras e Floresta Ombrófila Densa, com maior representatividade nas florestas, principalmente no bioma Mata Atlântica. Está dentre as famílias que apresentam maior diversidade no país, mas também, é considerada uma das famílias mais complexas com muitos pontos não estudados ainda, devido sua abundância taxonômica. (SERAGLIO *et al.*, 2018; PELLIS, 2018)

Além da diversidade encontrada nesta família, outros pontos relevantes são suas atividades lenhosas, assim como seus cultivos voltados à economia e ornamentação. Esta família está dividida em subfamílias, são elas: Psiloxylloideae e Myrtoideae; e 17 tribos. A subfamília Psiloxylloideae é conhecida por plantas dioicas e sem presença de óleos essenciais, enquanto a Myrtoideae são plantas com presença de óleos essenciais (PELLIS, 2018). Sua importância também se dá pelos vários frutos que essa família tem, próprios para o consumo e subsistência, como a pitanga, goiaba, jabuticaba, jambo, cravo-da-índia, dentre outros.

Syzygium é um grande gênero da família Myrtaceae, sendo encontrada principalmente na África, Oceania e partes da Ásia e Américas. Todavia aparece com maior riqueza de espécies

na Malásia. O gênero, pertencente à tribo Syzygieae, além de poucos estudos taxonômicos, apresenta bastante semelhança com o gênero *Eugenia*, assim, em alguns casos nota-se espécies do gênero *Syzygium* sendo consideradas do outro gênero e vice-versa. Compreende cerca de 1000 espécies e o nome *Syzygium* significa “juntos” ou “unidos”, tem muitas especulações sobre sua escolha, uma destas atribui o nome ao seu arranjo de folhas e ramos. (FLORA BRASIL, 2020)

De acordo com Pizzardo e Antonicelli (2020), muitas espécies pertencentes ao gênero *Syzygium* foram estabelecidas em diversos países:

Foi introduzido em vários países do mundo devido a seu potencial agrícola para extração de madeira, de óleos essenciais, e principalmente frutos. As espécies introduzidas no Brasil também são comumente usadas em arborização urbana. As três espécies aqui descritas, *Syzygium cumini*, *Syzygium aqueum* e *Syzygium jambos*, são consideradas naturalizadas, mas várias outras espécies de *Syzygium* são cultivadas no Brasil, como é o caso de *Syzygium malaccense*, *Syzygium aromaticum* e *Syzygium samarangense*. (PIZZARDO & ANTONICELLI, p.1, 2020)

Muitos exemplos de plantas do gênero *Syzygium* tem ampla aplicação no dia-a-dia. A *Syzygium aromaticum*, conhecida pelo cravo da Índia, foi uma especiaria indiana com participação desde a antiguidade nas exportações. Nos dias de hoje é usada na culinária, pois tem forte aroma e sabor, e também é usada por curandeiros indianos no tratamento de doenças respiratórias e digestivas, além outras aplicações que seu constituinte majoritário, o eugenol, tem eficácia (KAUR e KAUSHAL, 2019). Outros gêneros comuns são os *Syzygium jambos*, tratando-se do jambo rosa, e o *Syzygium malaccense*, o jambo vermelho, reconhecidos pelos seus frutos.

2.1.2 *Syzygium cumini* (L.) Skeels

Classificação taxonômica:

- Reino: Plantae
- Divisão: Magnoliophyta
- Classe: Magnoliopsida
- Ordem: Myrtales
- Família: Myrtaceae
- Gênero: *Syzygium*
- Espécie: *Syzygium cumini* (L.) Skeels



Figura 1. *Syzygium cumini*
Fonte: Wikimedia Commons

O *Syzygium cumini* (L.) Skeels (syn. *Eugenia jambolana*) é um dos importantes integrantes da família Myrtaceae. Sua distribuição se dá principalmente na Índia, país onde aparece com mais frequência, mas também perpassa para o sudeste da Ásia, África e Américas. É conhecida como *jamun* ou *jambul*, em hindi, o idioma mais frequente na Índia, como também é chamada de ameixa preta, amora indiana, azeitona roxa e jamelão.

No Brasil, suas ocorrências são registradas nas regiões Norte – Amazonas e Roraima–, Nordeste – Bahia, Pernambuco e Sergipe –, Sudeste – Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo – e, por fim, no Sul do país – Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. (FLORA BRASIL, 2020)



Figura 2. Ocorrência confirmadas de *Syzygium cumini* no Brasil
Fonte: FLORA BRASIL, 2020.

Dentre as características do *Syzygium cumini* ressalta-se a presença de flores, perfumadas e pequenas, os frutos são carnosos, com semente única formando caroço. Suas folhas são verdes escuras brilhantes – são comumente usadas na alimentação de gados, devido seu alto teor nutricional. Tem um crescimento relativamente lento, chegando até os 30m de altura, e vive mais de 100 anos. (KOMAL *et al.*, 2019)

Além de ser conhecida pelo seu saboroso fruto, a azeitona roxa é considerada uma planta sagrada na Índia, desta forma é plantada perto dos templos hindus. Isso devido seus inúmeros benefícios trazidos ao longo dos anos para este povo, que hoje são confirmados por ser uma planta rica em fitoquímicos: alcaloides, terpenoides, ligninas, entre outros. (SARMA *et al.*, 2020; AYYANAR & SUBASH-BABU, 2012)

De acordo Sarma *et al* (2020), o *Syzygium cumini* apresenta diversos efeitos biológicos o que explica sua importância em seus países de origem, onde foram utilizados desde cedo como medicina alternativa.

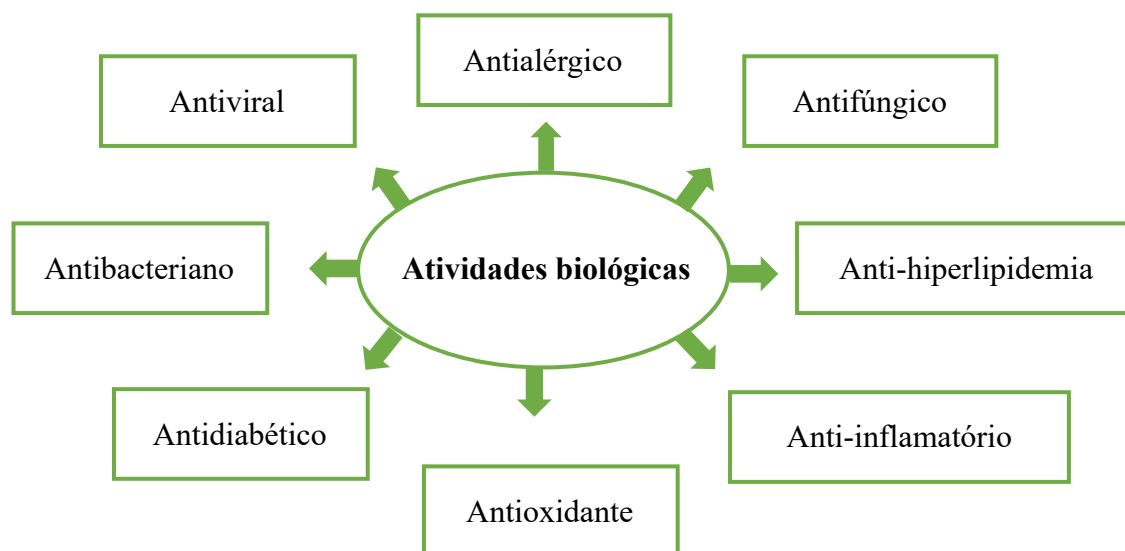


Figura 3. Atividades biológicas do *Syzygium cumini*
Fonte: Adaptado de KOMAL *et al.*, 2019

Nas últimas décadas, muitos relatos de medicamentos populares desenvolvidos com partes da planta apresentavam como resultado ações antidiabéticas, que, segundo Sarma *et al* (2020) isso é devido às sementes da planta possuírem jambosina, um alcaloide, e o glicosídeo antimelina – responsáveis por desacelerar a conversão de açúcar. Além disso, também relatavam o enriquecimento do sangue, fortalecimento dos dentes e gengivas e combate a micoses e infecções.

Todavia os usos do *Syzygium cumini* não se limitam apenas nisso, seu uso também destaca um grande potencial antioxidante, tanto nas folhas, como no fruto. Ainda mais, muitos trabalhos apresentam efeito larvicida e inseticida para espécies como *Aedes aegypt*, *Drosophila melanogaster*, *Tribolium castaneum*, entre outros que serão vistos mais à frente.

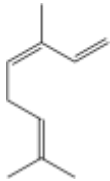
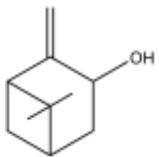
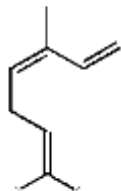

2.1.3 Revisão sobre o estudo biológico da espécie *Syzygium cumini* (L.) Skeels

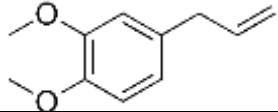

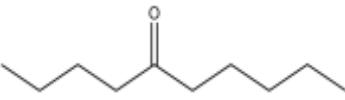

A revisão literária realizada no período de março/2021, através do SciFinder (Chemical Abstract), usando as palavras *Syzygium cumini*, assim como sua sinonímia *Eugenia jambolana*, com filtro para trabalhos com óleos essenciais. Os tipos de documentos selecionados foram artigos, revisões, jornais, *letters* e *preprint*, que forneceram o levantamento de 34 trabalhos, no período de 2000 até 2021.

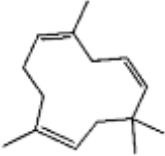

Os óleos essenciais desta planta possuem estudos químicos e biológicos relatados, entretanto, utilizando predominantemente as folhas como parte da planta. São relatados uso de extratos em poucos trabalhos, como Rohadi *et al.* (2017), que realiza extrato com as sementes de azeitona, observando o potencial antioxidante da espécie. São relatados também mais extratos realizados com as sementes, cascas e frutos (VIJAYANAND *et al.*, 2000; ABDELHADY, 2012; MEHTA *et al.*, 2012; SINGH & MUKHTAR, 2017)

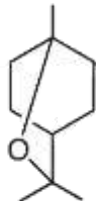


Ainda, a planta dispõe de estudos contra a mosca das frutas, *Drosophila melanogaster*, e contra o besouro castanho, o *Tribolium castaneum*, demonstrando-se como potencial inseticida. *Syzygium cumini* também é trabalhada contra o ácaro rajado, *T. urticae*, entretanto é utilizado extratos dos frutos realizados com diferentes solventes. Os frutos demonstram potencial acaricida, todavia o estudo acaricida do óleo essencial das folhas contra esta praga confere um trabalho inédito.


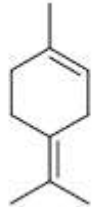
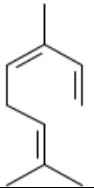
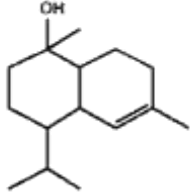
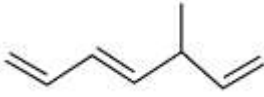
Quadro 1. Componentes majoritários e atividade biológica do óleo essencial extraídos de diferentes partes da planta *Syzygium cumini*.

Parte da Planta	Constituinte majoritário		Local de coleta	Atividade	Resultado da atividade	Referência
Fruto	cis-ocinemo (29,95%)		Índia	-	-	VIJAYANAND <i>et al.</i> , 2000
Folha	pinocarveol (15,1%)		Índia	Antibacteriana (<i>bactérias gram positivas e gram negativas</i>)	Significativo	SHAFI <i>et al.</i> , 2002
Folha	Z-ocinemo (27,2%)		Rio de Janeiro, BR	Larvicida (<i>Aedes aegypti</i>)	CL ₅₀ = 433ppm	CAVALCANTI <i>et al.</i> , 2004
Folha	α -pineno (20%)		Rio de Janeiro, BR	Anti-inflamatória	Significativo	RAMOS <i>et al.</i> , 2006
Folha	-	-	Índia	Antimicrobiana	-	CHUDASAMA & THAKER, 2011
Fruto	-	-	Egito	Acaricida	Significado	AFIFY <i>et al.</i> , 2011

				<i>(T. urticae)</i>		
Fruto	metil eugenol (22,5%)		Egito	Antimicrobiana <i>(E. coli, S. aureus, etc)</i>	Significativo	ABDELHADY, 2012
Folha	α -pineno (17,53%)		Egito	Antibacteriana <i>(bactérias gram positivas e gram negativas)</i>	Significativo	ELANSARY <i>et al.</i> , 2012
Casca	5- nonadecaneno (20,41%)		Índia	-	-	MEHTA <i>et al.</i> , 2012
Folha	-	-	Índia	Antifúngica <i>(A. flavus)</i>	Pouco significativo	MISHRA <i>et al.</i> , 2012
Folha	α -pineno (17,26%)		Egito	Antimicrobiana <i>(A. tumefaciens, E. carotovora)</i>	MIC = 650mgL ⁻¹ ; MIC = 450mgL ⁻¹	BADAWY & ABDELGALEIL, 2014
Folha	α -pineno (17,26%)		Egito	Antifúngica <i>(H. apiaria)</i>	CL ₅₀ = 157 mgL ⁻¹	MOHARED <i>et al.</i> , 2013
Folha	α -pineno (31,85%)		Maranhão, BR	Moluscida (<i>B. glabrata</i>) e Leishmanicida	CL ₅₀ = 90mgL ⁻¹ 1 CL ₅₀ = 36mgL ⁻¹ 1	DIAS <i>et al.</i> , 2013

Folha	α -cariofileno (25,24%)		Minas Gerais, BR	Anti-inflamatório, antimicobacteriano	Significativo	MACHADO <i>et al.</i> , 2013
Folha	-	-	Nepal	Antibacteriana (<i>E. coli</i> , <i>K. pneumonia</i> , etc)	MIC = 0,041mgL ⁻¹ MIC= 0,071mgL ⁻¹	DAS <i>et al.</i> , 2013
Folha	α -pineno (32,32%)		Egito	Antibacteriana (<i>bactérias gram positivas e gram negativas</i>)	Significativo	MOHAMED <i>et al.</i> , 2013
Folha	α -pineno (17,26%)		Egito	Antifúngica (<i>G. lucidum</i> , <i>H. apiaria</i>)	CL ₅₀ = 355mgL ⁻¹ CL ₅₀ = 157mgL ⁻¹	MOHAREB <i>et al.</i> , 2013
Folha	α -pineno (22,2%)		Rio de Janeiro, BR	Anti-inflamatório	Significativo	SIANI <i>et al.</i> , 2013
Folha	α -pineno (30,04%)		Ceará, BR	Bioinseticida (<i>D. melanogaster</i>)	CL ₅₀ = 5mgmL ⁻¹	SOBRAL-SOUZA <i>et al.</i> , 2013
Folha	α -pineno		Maranhão, BR	Leishmanicida	Significativo	RODRIGUES <i>et al.</i> , 2015

-	1,8-cineol (19,60%)		Egito	Inseticida (<i>T. castaneum</i>)	CL ₅₀ = >50 mgL ⁻¹	ABOU-TALEB <i>et al.</i> , 2015
Folha	α -pineno (17,2%)		Índia	Anti-fitopatígeno (<i>R. solani</i> , <i>C. cucurbitarum</i>)	Inibição: 76% Inibição: 92%	SAROJ <i>et al.</i> , 2015
Folha	α -pineno (21,5%)		Índia	Inibição da α -amilase; antioxidante	Significativo	NISHANDHINI <i>et al.</i> , 2015
Folha	α -pineno (54,74%)		Paquistão	Antimicrobiana	Significativo	SIDDIQUE <i>et al.</i> , 2015
Folha	α -pineno (<i>Variação sazonal</i>)		Amazonas, BR	Antioxidante	Pouco significativo	MORAIS <i>et al.</i> , 2016
Semente	-		Indonésia	Antioxidante	Significativo	ROHADI <i>et al.</i> , 2017
Semente	-		-	Índia	Antibacteriana (<i>bactérias gram positivas e gram negativas</i>)	-
Folha	α -pineno (48,09%)		Ceará, BR	Antibacteriana (<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i>)	MIC = 128 μ g mL ⁻¹	PEREIRA <i>et al.</i> , 2017

					MIC = 1024 μgmL^{-1}	
Fruto	-	-	Santa Catarina, BR	Antioxidante	Significativo	SERAGLIO <i>et al.</i> , 2018
Folha	α -pineno (21,2%)		Goiás, BR	Antibacteriana e citotóxica	Significativo	SILVA <i>et al.</i> , 2018
Folha	terpinoleno (19,08%)		Tailândia	Inibição da acetilcolinesterase (<i>Retardo do Alzheimer</i>)	CL ₅₀ = Não avaliado	PETRACHAIANAN <i>et al.</i> , 2019
Folhas	(<i>Z</i>)- β - ocimene (19,45%)		Índia	Varição morfológica, citológica e quimiotípica	-	SHARMA <i>et al.</i> , 2020.
Folhas	τ -cadinol (21,44%)		Índia	-	-	SARMA <i>et al.</i> , 2020.
Folhas	5-metil-1,3,6- heptatrieno (4,90%)		Paquistão	Antioxidante, antimicrobiana e antimalárica	Significativo	HANIF, <i>et al.</i> , 2020.

2.2 ÓLEO ESSENCIAL

Com o desenvolvimento das civilizações, tanto orientais, como ocidentais, surgem inúmeras utilizações de produtos naturais na medicina, cosmetologia, agricultura, entre outros, destacando-se principalmente a civilização Egípcia, Greco-romana e Chinesa. Esta busca pelos produtos naturais tem crescido nos últimos tempos, substituindo alguns produtos sintéticos considerados prejudiciais. (VIEGAS JR & BOLZANI, 2006)

Dentre os produtos naturais, uma importante classe com contínuo crescimento, destaca-se os óleos essenciais. Estes óleos são extraídos das plantas – geralmente de folhas, flores, sementes ou raízes – e são voláteis, com forte odor, pois são bastante concentrados. São ricos em metabólitos secundários, o que contribui para o uso nos diversos seguimentos industriais. Os óleos essenciais têm atividades biológicas e meios de ações semelhantes aos produtos convencionais, por este motivo, é um insumo natural aprovado em meios orgânicos - Instrução Normativa – IN – 46 do Ministério da Agricultura. (PAULETTI & SILVESTRE, 2018)

Óleos essenciais são descritos como produtos de grande potencial terapêutico, farmacológico e são frequentemente utilizados na aromaterapia. São também utilizados na fabricação de perfumes, mas também na formulação de fármacos. Além destas propriedades, destacam-se outras vantagens biológicas como a ação larvicida, antioxidante, anti-inflamatória, fungicida, entre outras. (MACHADO e JÚNIOR, 2011)

É importante destacar que os óleos essenciais são característicos de cada espécie e inclusive de cada parte da planta. Ou seja, suas composições podem variar de acordo com a área da planta extraída. Ainda, vários fatores podem contribuir para alteração dos constituintes dos óleos essenciais. O processo de extração pode causar ligeiras mudanças na composição, além disso, a região, clima, irrigação, cultivo, entre outros fatores podem também provocar a mudança. Por este motivo, muitos estudos levam em conta a variação sazonal, logo, avaliam toda mudança na composição durante o passar dos meses. (PAULETTI e SILVESTRE, 2018)

Existem diversos tipos de extrações, como destacado por Almeida *et al.* (2020), a hidrodestilação, destilação a vapor, extração por solventes orgânicos, extração com fluido supercrítico e outros. Assim, é possível observar os diversos meios de obtenção dos óleos essenciais.

Com o estudo dos óleos ao passar dos anos, é conhecido que seus componentes são complexos e diversos. Consistem em monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropanoides, flavonoides, entre outros compostos voláteis, que juntos formam uma mistura, dando origem

ao óleo. A complexidade estrutural dessas substâncias contribui para o retardo do desenvolvimento de resistência das pragas. (MACHADO e JÚNIOR, 2011)

2.3 PROCESSO DE EXTRAÇÃO POR HIDRODESTILAÇÃO

O processo de hidrodestilação para obtenção do óleo essencial é realizado com auxílio do aparelho tipo Clevenger modificado (**Figura 4**), um método recorrente nas extrações. As plantas são trituradas, para aumento da superfície de contato, e imersas em água, onde ficam em contato ao ferver. O óleo essencial consegue ser arrastado pelo vapor d'água devido sua maior pressão de vapor. (BUSATO *et al.*, 2014)

A respeito do processo de extração, Valentim e Soares (2018) explicam da seguinte forma:

A partir desse ponto, o vapor de água, saturado e superaquecido, é condição necessária para romper os vasos do tecido vegetal que armazenam os óleos essenciais, bem como elevar a pressão de vapor da mistura óleo-água contida na coluna de destilação a um valor superior ao da pressão atmosférica exercida sobre ela, destilando os componentes dos óleos essenciais em temperaturas um pouco menores que 100°C. (VALENTIM e SOARES, p. 297, 2018)

Ainda, de acordo com Valentim e Soares (2018), a extração por arraste a vapor de água é convencional e utilizada em escalas industriais e laboratoriais, isso porque possui um baixo custo e diminuição no uso de solventes tóxicos.

Após a extração, o óleo deve ser separado, tratado e armazenado em temperatura baixa, devido sua instabilidade no calor, ar, umidade, entre outros fatores.

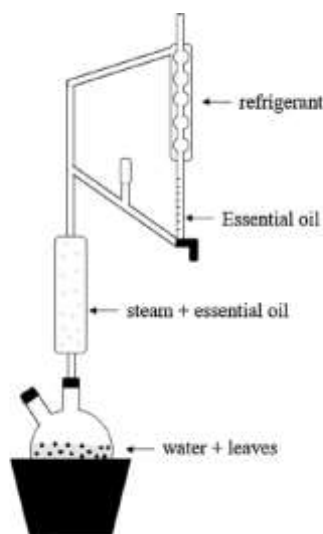


Figura 4. Hidrodestilação usando aparelho tipo Clevenger
Fonte: SILVA *et al.*, 2018.

2.4 *Tetranychus urticae*

O *Tetranychus urticae* (**Figura 5**) ganhou grande conhecimento devido ao grande prejuízo que causa à agricultura. É conhecida por atacar diversas culturas, mais de 1100 espécies de 140 famílias distintas, como exemplo o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), morangueiro (*Fragaria chiloensis*), roseira (pertencentes ao gênero *Rosa* L.), tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* L.), soja (*Glycine max* L.), entre outros. (AGUT *et al.*, 2018; AGRO BAYER, 2021). No Brasil, a praga começa a ser discutida nos anos 70, com seus ataques aparentes em plantações de algodões, na região de São Paulo, considerada, na época, um dos principais problemas de fitossanidade. (CHIAVEGATO, 1971)



Figura 5. *Tetranychus urticae* Koch
Fonte: Research Gate

Estes ácaros apresentam dois aspectos anatômicos, um para as fêmeas e outro para os machos. As fêmeas são ovaladas, são amareladas e possuem duas manchas escuras no dorso, como visto na **Figura 5**. Os machos são avermelhados, com extremidade do abdômen mais estreita. São conhecidos pela formação de teias, criando um ninho que facilita a procriação.

Esses ácaros destacam-se pelo ciclo de vida curto e maturidade precoce, com uma alta reprodução. Se desenvolvem em quatro estágios, sendo o primeiro o ovo (4-5 dias), depois a larva (2-3 dias), seguido pela protoninfa (2-3 dias) e por fim a deutoninfa (2-4 dias). Em condições ideais, chegam a se desenvolver em menos de uma semana. Destaca-se por ser uma praga prolífica, ou seja, as fêmeas não precisam de fecundação e podem produzir de 100 a 300 ovos durante sua vida. (AGUT *et al.*, 2018; AGRO BAYER, 2021)

São responsáveis por atacar o inferior das folhas, pois se alimentam do líquido celular das folhas, sendo protegido pelos raios ultravioletas. As células foliares são rompidas com o aparelho bucal picador-sugador, o que é evidenciado com o aparecimento de manchas amarelas nos locais expostos à colônia. Ocorre a alteração do conteúdo celular, diminuição de nitrogênio, fósforo e proteínas, além de secamento, diminuição do número e tamanho dos frutos, indução da maturação precoce e baixo teor de sólidos solúveis. (AGUT *et al.*, 2018; INAK *et al.*, 2019)

A utilização de inseticidas nestas culturas atacadas pelos ácaros rajados ao longo dos anos, tem levado a uma pressão seletiva sobre suas populações e consequente resistência. Muitos inseticidas têm perdido força frente a esta praga. Os ácaros podem evitar a toxina, através de mudança de sua atividade e também podem decompor os inseticidas em compostos não tóxicos. De acordo com Mota-Sanchez e Wise (2021) 551 casos de resistência são relatados, incluindo 96 compostos ativos que o ácaro tem demonstrado resistência. Como alternativa, inseticidas de origem vegetal vêm ganhado destaque, pois muitos componentes encontrados nas plantas apresentam toxicidade contra esta praga, onde influenciam a antixenose, ou seja, modificam o organismo da praga através da substância de outro ativo, no caso, a planta. (INAK *et al.*, 2019)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa foi realizada no Laboratório de Produtos Naturais Bioativos (LPNBio) do Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em parceria com os Laboratórios de Biologia de Insetos do Departamento de Agronomia da UFRPE. As análises químicas dos óleos essenciais foram realizadas no Centro de Apoio à Pesquisa (CENAPESQ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

3.2 COLETA DO MATERIAL BOTÂNICO

A espécie *Syzygium cumini* escolhida diante de sua vasta aplicação, também apresenta como vantagem sua disponibilidade no Estado de Pernambuco. A coleta foi desenvolvida no campus da UFRPE/SEDE, durante as manhãs de maio/2021.

A planta coletada foi localizada no habitat fragmento da Mata Atlântica. Planta fértil, com altura entre 4 - 5 metros. A amostra exsicata foi depositada no Herbário PEUFR, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, com número de tombamento: 55750 (**Figura 6**).



Figura 6. Amostra exsicata depositada no Herbária PEUFR

Fonte: Autora

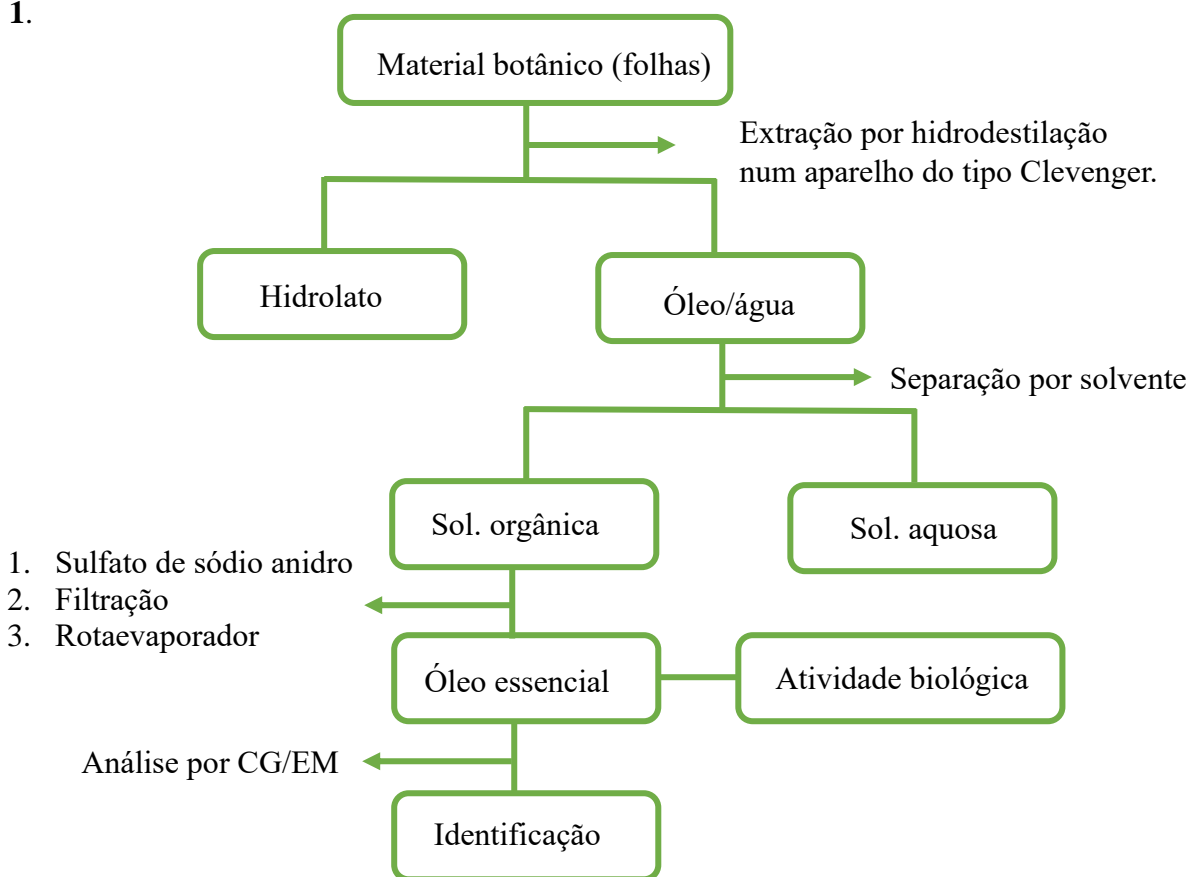
3.3 OBTENÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

As folhas da *Syzygium cumini* foram sujeitadas ao processo de hidrodestilação em aparelho do tipo Clevenger (**Figura 4**). O rendimento do óleo foi calculado após duas horas de extração, com base no peso das folhas frescas, separadas no início do processo. O óleo continua sendo extraído exaustivamente.

Para tratamento do óleo, a separação da água é feita por diferença de densidade. Entretanto, com os resquícios de água ainda presentes, é utilizado sulfato de sódio anidro. Posteriormente, o óleo é filtrado e levado ao rotaevaporador para separação do solvente.

Para armazenamento do óleo, este deve ser em recipiente de vidro, fechado e em temperatura baixa, inferior a -5°C . Todo processo e destino do óleo é representado no **Esquema 1**.

1.



Esquema 1. Extração e tratamento do Óleo Essencial

3.4 IDENTIFICAÇÃO QUÍMICA POR CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA A ESPECTROMETRIA DE MASSA (CG-EM).

A análise do óleo essencial de *Syzygium cumini* foi realizada através do sistema Varian 220-MS IT CG (**Figura 7**). Os espectros de massas foram obtidos com um impacto de elétron de 70 eV, com intervalo de varredura 0,5s de m/z 40 a 550. equipado com o detector de ionização de chama (FID).

Utilizou-se os seguintes parâmetros: gás portador = hélio; caudal = 1mLmin⁻¹ ; modo de divisão = 1:30 ; volume injetado = 1μ de solução diluída (1/100) de hexano.

A identificação dos componentes foi baseada nos índices de retenção CG-EM, com referência a uma série homóloga de *n*-alcanos C₈-C₂₄, calculada usando a equação de Van Den Dool e Kratz (1963). A identificação foi feita com base na comparação dos índices de retenção seguida pela comparação computadorizada do espectro de massa obtido com aqueles contidos na biblioteca de espectro de massas do NIST do banco de dados CG-EM (ADAMS, 2007). Bem como pela comparação direta das sugestões dos massas disponíveis na biblioteca do computador (Wiley, com 250.000 compostos), contemplando as similaridades.



Figura 7. Cromatógrafo gasoso e espectrômetro de massas
Fonte: MORAES, M. M.

3.5 BIOENSAIOS

Os bioensaios realizados para os ácaros diante do óleo essencial *S. cumini* foram realizados no Laboratório de Produtos Naturais e Bioativos (LPNBio) na UFRPE, à temperatura de 25 ± 5°C, UR de 70 ± 8% e fotófase de 12 h.

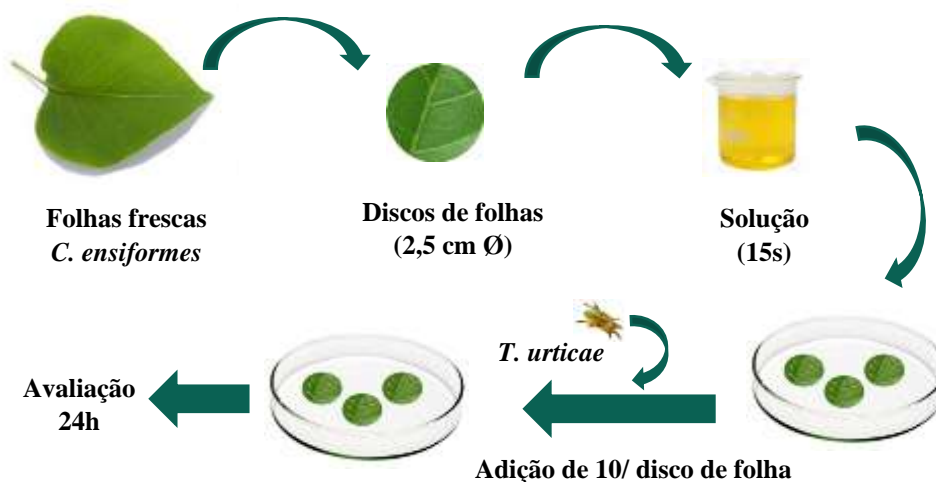
3.5.1 Criação do ácaro *Tetranychus urticae*

Os ácaros são criados sob responsabilidade do Laboratório de Investigação Química de Inseticidas Naturais do Departamento de Agronomia da UFRPE. Sua criação é mantida com auxílio das plantas de feijões de porcos (*Canavalia ensiformes* L), onde são cultivadas em vasos com capacidade de 5L, com solo arenoso, em casa de vegetação. Os vasos, que possuem as plantas no estágio adequado para criação, são levados ao laboratório e infestados.

3.5.2 Bioensaio de contato residual sobre as fêmeas do *T. urticae*

A metodologia foi adaptada de Ribeiro *et al.* (2016). Os testes de contato residual foram realizados em placas de Petri (10 cm Ø e 1,5cm de altura), onde são adicionados três discos de folhas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* L.) (2,5 cm Ø), colocados em discos de papel de filtro sobre espumas de polietileno, saturados com água. Cada disco de folha é imerso em solução do óleo essencial *S. cumini* durante 15 segundos e seco ao ar livre. Em cada disco de folha são colocadas 10 fêmeas adultas do ácaro rajado. Cada placa de Petri contém um total de 30 ácaros. (**Esquema 2**).

As concentrações aplicadas foram determinadas a partir de bioensaios preliminares de 1,0; 10,0 e 100µL/mL. Para cada concentração de óleo testado o experimento foi feito em triplicata, isto é, 90 ácaros para cada tratamento. O período de exposição dos óleos foi de 24h, depois de decorrido o tempo foi feita a avaliação. Na contagem foram considerados mortos os ácaros que apresentaram incapacidade de reagir à ação de um leve toque com o pincel de cerdas finas e caminhar uma distância superior ao comprimento de seu corpo.



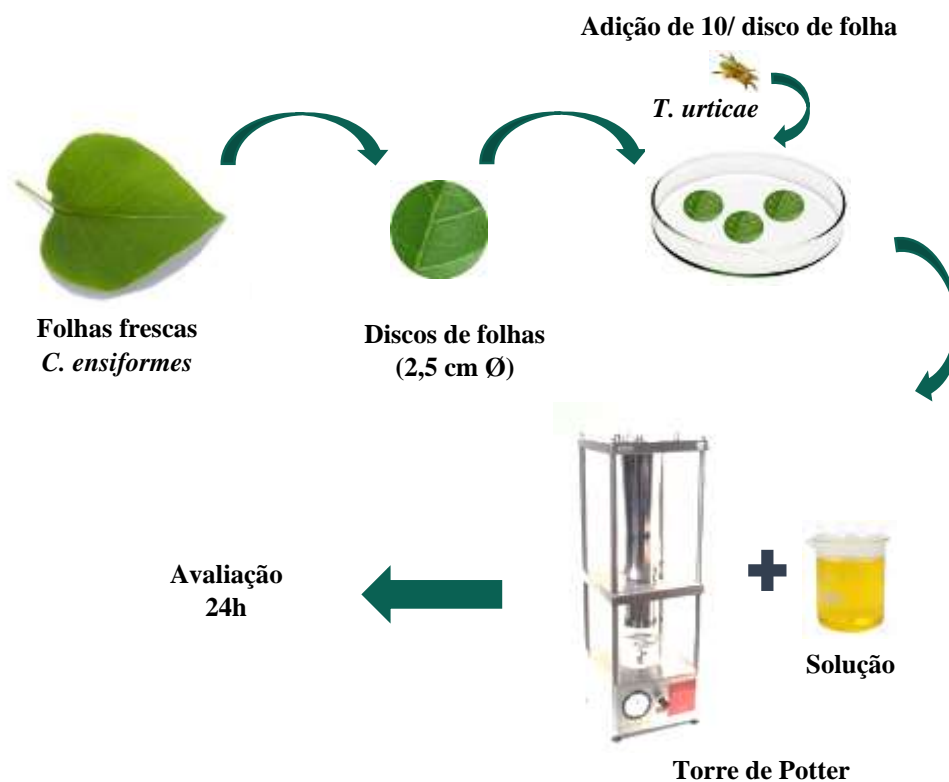
Esquema 2. Teste de contato residual do óleo essencial sobre o ácaro rajado.

3.5.3 Bioensaio de pulverização sobre as fêmeas do *T. urticae*

Os testes preliminares foram realizados com cinco concentrações diluídas dos óleos em fator 10. A partir dos testes preliminares, estabeleceu-se 7 a 9 concentrações diluídas em etanol com intervalo de 0,5 entre aquelas que promoveram, aproximadamente, mortalidade de 0 a 100% dos ácaros. Foi realizado o experimento pelo método de pulverização adaptado de Monteiro et al. 2012, com 2 mL das concentrações com auxílio da torre de Potter (**Figura 8**) (Potter 1952) calibrado com uma pressão de 10 psi o que acarretou uma deposição aproximada de 2 mg/cm² da concentração na área pulverizada. Cada concentração e controle tiveram três repetições, totalizando 30 ácaros. A mortalidade foi avaliada 24h após o tratamento, contando-se o número total de ácaros vivos e mortos por repetição. Todo este procedimento foi repetido duas vezes em dias diferentes, totalizando 60 ácaros por concentração. Foram considerados mortos, os ácaros que não caminharam pelo menos o comprimento de seu corpo, após serem tocados com um pincel de pelo N° 000. O bioensaio é representado no **Esquema 3**.



Figura 8. Torre de Potter utilizada no teste de pulverização
Fonte: Autora

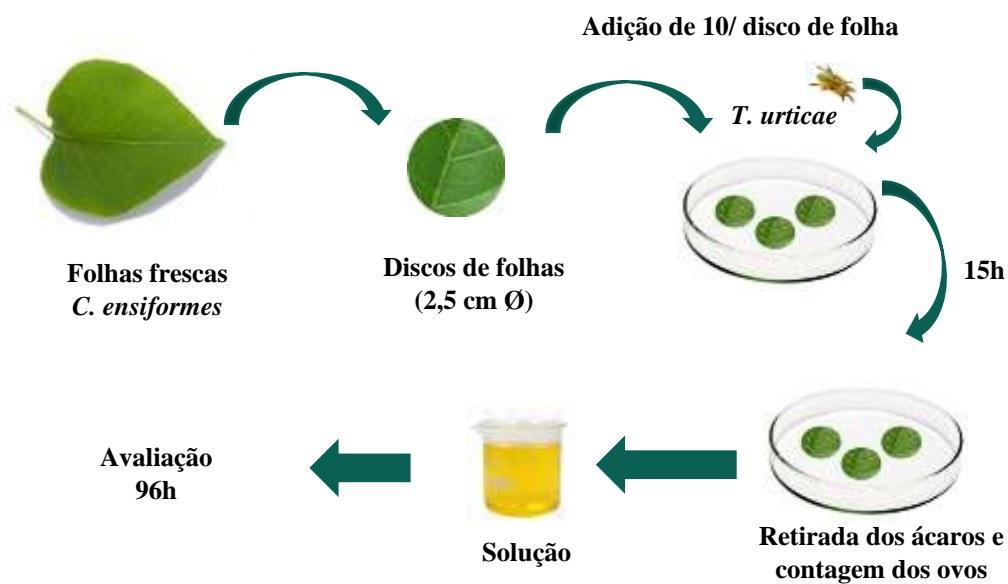


Esquema 3. Teste de fumigação com Torre de Potter sobre o *T. urticae*.

3.5.4 Bioensaio ovicida sobre os ovos do *T. urticae*

O método usado para obter o efeito ovicida do óleo essencial *S. cumini* foi obtido através de Salman *et al* (2015). Três discos de folhas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* L.) (2,5 cm) são distribuídos em placas de Petri (10 cm de diâmetro), contendo discos de papel de filtro em esponjas saturadas de água. Dez fêmeas adultas de *T. urticae* são transferidas para os discos para obtenção dos ovos. Após 15h as fêmeas são retiradas e ovos são contados, 30 ovos por disco são utilizados. O experimento é realizado em triplicata, totalizando 270 ovos por concentração. (**Esquema 4**).

Após a contagem, os discos são imersos em solução aquosa contendo o óleo essencial e 1,0% de polioxietileno sorbitano monolaurato + 0,1% de ácido dodecilbenzenossulfônico. As concentrações utilizadas foram 2 μ L/mL; 1 μ L/mL; 0,5 μ L/mL; 0,1 μ L/mL; 0,05 μ L/mL e 0,01 μ L/mL. Após 96h foi avaliada a viabilidade dos ovos, observando se após a exposição ao óleo houve ou não eclosão.



Esquema 4. Teste ovicida sobre os ovos de *T. urticae*.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após atenderem aos testes de normalidade e homogeneidade de variância (Proc Univariate) os dados de mortalidade e oviposição foram submetidos à ANOVA e as comparações das médias realizadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SAS (versão 9.0) SAS INSTITUTE 2002. Foram determinadas as concentrações letais 50 (CL₅₀) do óleo essencial de *S. cumini*, por meio da análise de PROBIT através do software POLO-PC (FINNEY, 1971).

Para o teste de repelência a distribuição da normalidade e a igualdade das variâncias foram avaliadas pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Barlett respectivamente utilizando o software SAS (versão 9.0).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO DO *Syzygium cumini*

Com a realização do tratamento do óleo do *Syzygium cumini*, o óleo obtido apresentou aparência incolor e cheiro bastante forte. Apresentou seu rendimento calculado de 0,12% m/m. A média de rendimento encontrado na literatura varia, de acordo com os meses e regiões. Moraes *et al.* (2016) relata o rendimento entre 0,08% - 0,102% m/m., ao realizar o estudo da variação sazonal em Manaus, Amazônia, com folhas frescas de *S. cumini*. Comparando o rendimento com outras regiões do Brasil, no Rio de Janeiro a planta apresenta um rendimento menor, de 0,05% m/m, de acordo com Ramos *et al.* (2006), enquanto no Maranhão um rendimento maior de 0,52% m/m, de acordo com Dias *et al.* (2013).

A análise dos constituintes químicos por CG-EM possibilitou a identificação de 20 compostos, correspondendo a 98,67% dos constituintes, como pode ser visto na **Figura 9**. Todos os constituintes identificados estão listados na **Tabela 1**, organizados de acordo com a ordem crescente de eluição em uma coluna apolar. A classificação de maior frequência são os monoterpenos, equivalente a 90% dos compostos identificados, enquanto que 10% corresponde aos sesquiterpenos não oxigenados, que são o (*Z*)-cariofileno e o γ -elemeno.

É possível observar os constituintes majoritários: o (*Z*)- β -ocimeno (30,46%), α - pineno (15,54%) e (*E*)- β -ocimeno (15,18%). Estes valores apresentam semelhança com alguns resultados encontrados na literatura. Semelhantemente, o (*Z*)- β -ocimeno é o mais abundante nos resultados de Cavalcanti, *et al.* (2004).

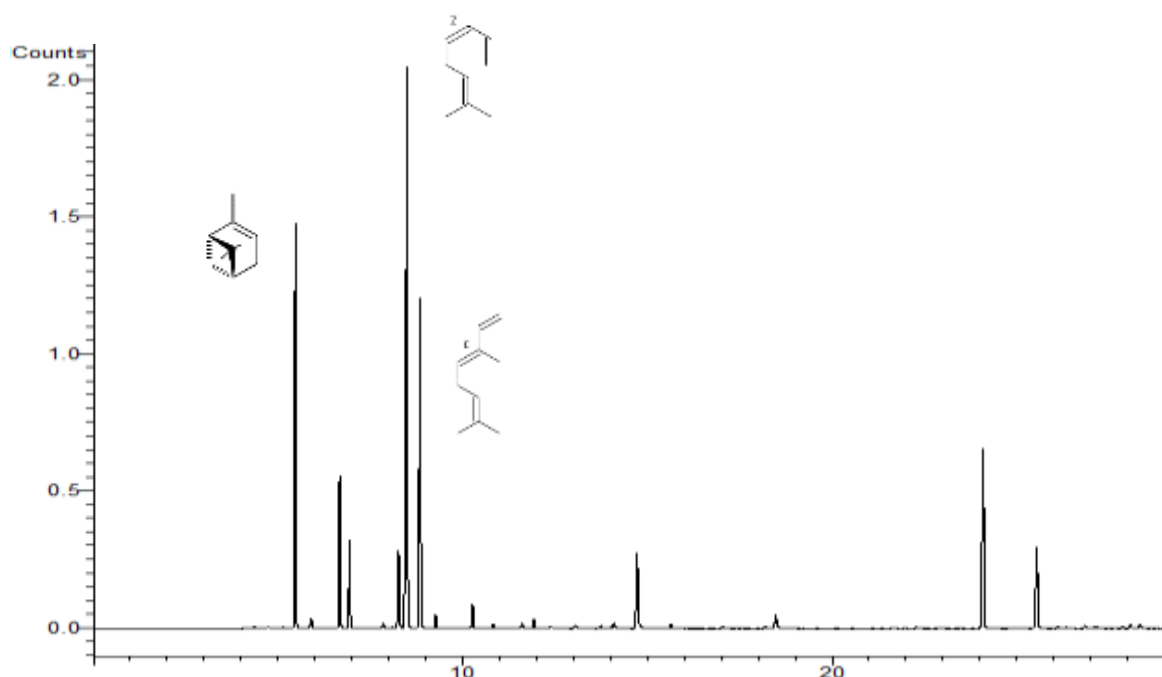


Figura 9. Cromatograma do OE de *Syzygium cumini*

Tabela 1. Composição química do OE do *Syzygium cumini*

Composto	IR ^a	IR ^b	%
α -pineno	930	932	15,54
canfeno	940	946	0,37
β -pineno	972	974	6,22
mirreno	980	988	3,40
α -terpineno	1009	1014	0,19
limoneno	1021	1024	3,60
(<i>Z</i>)- β -ocimeno	1027	1032	30,46
(<i>E</i>)- β -ocimeno	1037	1044	15,18
γ -terpineno	1049	1054	0,56
terpinoleno	1076	1086	1,12
linalol	1091	1095	0,12
endo-fenchol	1111	1114	0,23
allo-ocimeno	1119	1128	0,40
<i>cis</i> -pineno hidratado	1146	1139	0,10
isoborneol	1163	1155	0,14

γ -terpineol	1186	1199	4,19
exo-fencol acetato	1208	1229	0,10
formato de isobornila	1273	1235	0,91
(Z)-cariofileno	1405	1408	10,76
γ -elemeno	1440	1434	5,06
Monoterpenos hidrocarbonetos			55,00%
Monoterpenos oxigenados			35,00%
Sesquiterpenos hidrocarbonetos			10,00%
Não identificados			1,33%
Identificados			98,67%
Total			100,00%

I.R.^a = índice de retenção calculado; I.R.^b = índice de retenção da literatura

Os mesmos três compostos majoritários, o (Z)- β -ocimeno, α - pineno e (E)- β -ocimeno, são encontrados nos resultados de Dias *et al.* (2013) diferindo apenas na ordem, pois o α -pineno que é o mais abundante. A presença do α -pineno é bastante recorrente na espécie *Syzygium cumini*, pois, dos 34 trabalhos escolhidos para levantamento, 16 o apresentam como majoritário, todos utilizando como parte da planta as folhas. Isto pode ser visto na **Quadro 2**.

Quadro 2. Levantamento de *Syzygium cumini* com α -pineno como constituinte majoritário

Local	Abundância	Referência
Rio de Janeiro, BR	20,00%	RAMOS <i>et al.</i> , 2006
Egito	17,53%	ELANSARY <i>et al.</i> , 2012
	17,26%	MOHARED <i>et al.</i> , 2013
Maranhão, BR	31,85%	DIAS <i>et al.</i> , 2013
Rio de Janeiro, BR	22,20%	SIANI <i>et al.</i> , 2013
Ceará, BR	30,04%	SOBRAL-SOUZA <i>et al.</i> , 2013
Egito	32,32%	MOHAMED <i>et al.</i> , 2013
	17,26%	MOHAREB <i>et al.</i> , 2013
	17,26%	BADAWY & ABDELGALEIL, 2014

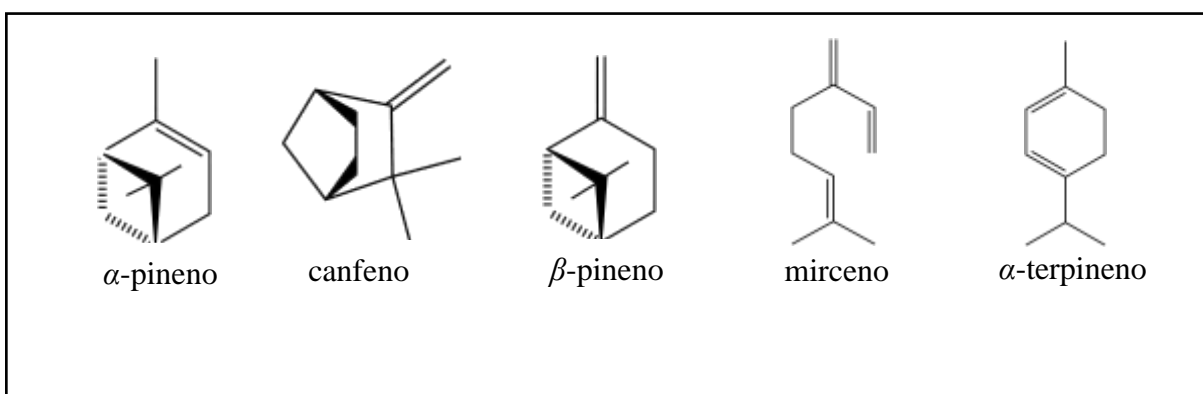
Maranhão, BR	-	RODRIGUES <i>et al.</i> , 2015
Índia	17,20%	SAROJ <i>et al.</i> , 2015
	21,05%	NISHANDHINI <i>et al.</i> , 2015
Paquistão	54,74%	SIDDIQUE <i>et al.</i> , 2015
Amazonas, BR	17,99% - 56,14%	MORAIS <i>et al.</i> , 2016
Ceará, BR	48,09%	PEREIRA <i>et al.</i> , 2017
Goiás, BR	21,20%	SILVA <i>et al.</i> , 2018

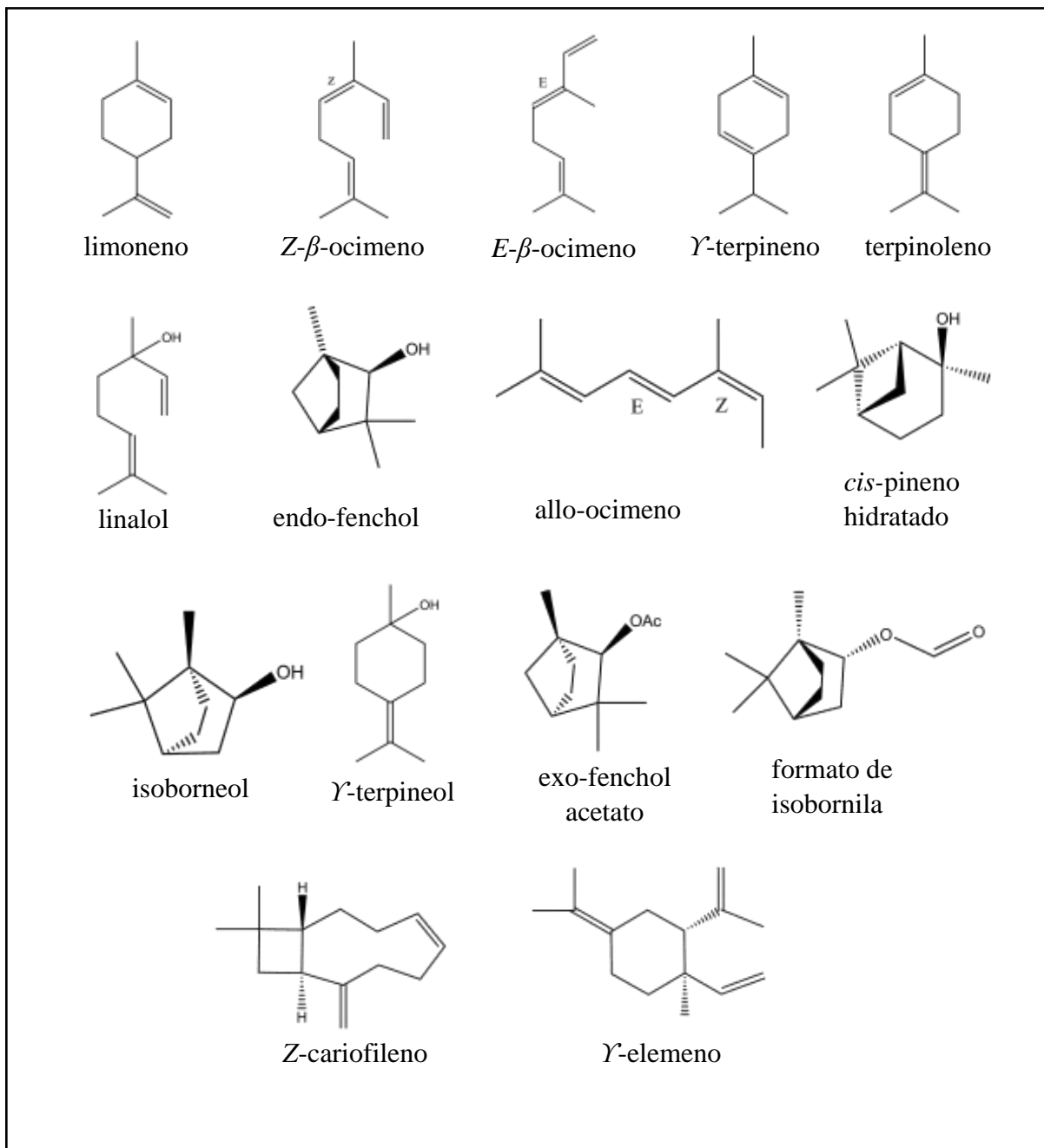
Entretanto, outros estudos revelam outros constituintes majoritários diferentes dos encontrados neste trabalho, como Petrachaianan *et al.* (2019), que trabalhou com as folhas frescas coletadas em Nakhon Nayok, na Tailândia, e reportou o terpinoleno como mais abundante, enquanto Schafi *et al.* (2002), também através das folhas, mas na região de Kerala, no sul da Índia, tem álcoois como seus três constituintes mais presentes em sua composição, sendo estes o pinocarveol (15,1%), o α -terpenol (8,9%) e o mirtenol (8,3%) .

Essa variabilidade na composição do óleo essencial, proveniente de diferentes regiões de coleta, pode ser devida a fatores genéticos, fatores fisiológicos e ambientais. De fato, a composição química de óleos essenciais é influenciada por vários fatores, incluindo período de colheita, clima e condições geográficas, dia da coleta, método de destilação da planta e estágio vegetativo da planta (DIAS *et al.*, 2013).

Abaixo, no **Quadro 3**, estão as estruturas químicas de todos constituintes identificados na composição do óleo essencial do *S. cumini*.

Quadro 3. Estrutura química dos constituintes do OE do *S. cumini*





4.2 TOXICIDADE DO ÓLEO DE *Syzygium cumini* SOBRE AS FÊMEAS E OVOS DO *T. urticae*

Os bioensaios realizados com o OE das folhas frescas de *S. cumini* sobre o ácaro rajado foram realizados em duas fases da praga: ovos e fase adulta. Com o objetivo de observar a toxicidade das fêmeas adultas, foram realizados os bioensaios de contato residual e de pulverização.

O contato residual, realizado pela imersão das folhas na solução, é assim chamado pois os ácaros tem contato com a folha após seca, sendo atingidos pelos resíduos, ao se alimentar, e pelos tarsos. Diferentemente, a pulverização, também conhecida como contato direto, os ácaros são expostos ao óleo em todo seu seguimento, além da ingestão e tarsos, este experimento também dificulta a locomoção dos ácaros, pois a superfície não fica seca imediatamente.

Ainda, o bioensaio ovicida, com objetivo de ver os efeitos do óleo sobre os ovos do *T. urticae* é realizado no período de 96 horas, tempo necessário para eclosão dos ovos. Ao ocorrer a penetração do óleo com efeito tóxico nos ovos, o período de desenvolvimento é interrompido, evidenciado pela diminuição do volume, mudança de coloração e conseqüentemente morte dos ovos.

O ácaro rajado dispõe de um mecanismo de desintoxicação, responsável pelo desenvolvimento de resistência desta praga a diversos inseticidas, como apresentado por Mota-Sanchez e Wise (2021). Em alguns casos, o ácaro consegue decompor os inseticidas em compostos menos tóxicos, resistindo aos seus efeitos. Entretanto, a mistura complexa disponível nos óleos essenciais permite a ação por diferentes vias sobre a praga, agindo no seu mecanismo de desintoxicação e apresentando um efeito rápido sobre o ácaro.

A **Tabela 2** expõe os resultados das CL₅₀ dos bioensaios realizados com o óleo essencial das folhas de *S. cumini*. Como é possível observar, o teste ovicida apresenta a menor CL₅₀, seguido do teste de residual e pulverização.

Tabela 2. Bioensaios realizados sobre as fêmeas e ovos do *T. urticae*

Bioensaios		N	CL ₅₀ (µL/mL) (95% I.C.)	Inclinação± E.P	X ²
Ovicida	<i>S. cumini</i>	1083	0,22 (0,13 – 0,35)	1,15±0,07	10,10
	Azamax®	1890	0,003 (0,002 – 0,004)	0,60 ± 0,06	5,09
Contato residual	<i>S. cumini</i>	630	7,54 4,38 – 12,07	0,57 ± 0,05	3,58
	Azamax®	630	25,82 (21,63 – 31,57)	2,46 ± 0,20	8,42
Pulverização	<i>S. cumini</i>	420	8,69 (4,91 – 13,10)	1,58±0,17	6,71

N: Número de ácaros utilizados. CL₅₀: Concentração letal média para reduzir a população em 50%. E.P.: Erro padrão. X²: Qui-quadrado.

A toxicidade do óleo sobre os ovos é alta, porém comparando com o Azamax®, acaricida botânico vendido comercialmente, não possui um efeito tão tóxico como ele. Ainda assim, dispõe de uma CL₅₀ de 0,22µL/mL, que é uma toxicidade relevante, impedindo a eclosão de novos ovos da espécie e consequente expansão da praga.

Entretanto, para o teste residual, quando comparado ao Azamax®, o óleo essencial de *Syzygium cumini* apresenta uma maior toxicidade sobre as fêmeas adultas do ácaro rajado, com uma CL₅₀ promissora de 7,54µL/mL. Comparando-se os efeitos do óleo essencial nos bioensaios de contato residual e de pulverização, foi notável que o teste por imersão obteve um resultado mais tóxico do que a pulverização.

A diferença entre os resultados com os bioensaios distintos revela que os ácaros reagem de diferentes formas à exposição do óleo. A comparação entre o bioensaio de contato residual e de pulverização sobre *Tetranychus urticae* é inédita. Todavia, estudos com outro artrópode, por Monteiro *et al.* (2012), com o ácaro *Aceria guerreronis*, revelam que entre o teste de pulverização com torre de Potter e imersão ocorrem diferenças semelhantes, e, na maioria dos testes, a pulverização apresenta um resultado menos favorável comparado com o contato residual.

De acordo com Monteiro *et al.* (2012), estes resultados podem ser explicados pelo tempo de penetração do acaricida e as respostas comportamentais, como a estimulação e inibição dos da locomoção do ácaro. Observando o comportamento do ácaro, ambos os testes podem ser usados de acordo com a disponibilidade do local, visto que não comprometem a qualidade dos resultados.

Os óleos essenciais são misturas complexas de diversos compostos e entender a toxicidade pode estar diretamente relacionado com as atividades que seus compostos desempenham sinergicamente quando misturados. Assim, um levantamento feito através dos trabalhos de Camara *et al.* (2020) e Moraes *et al.*, (2017) revelam que alguns constituintes encontrados no presente trabalho já apresentam atividade acaricida quando isolados. Isto pode ser visto na **Tabela 3**, abaixo:

Tabela 3. Constituintes majoritários que possuem atividade acaricida registrada

Composto	CL ₅₀ (µL/mL) (95% I.C.)
α-pineno	34,13 (26,38 - 44,81)

β -pineno	38,93 (31,72 - 46,91)
limoneno	76,94 (63,19 - 92,20)
terpinoleno	341,90 (206,90 - 520,83)
γ -terpineno	129,74 (86,74 - 185,72)

A toxicidade do óleo essencial de *S. cumini* sobre *T. urticae* é discutida por Afify *et al.* (2011), porém com o uso de extratos feitos a partir de frutas coletadas no Cairo, Egito. Foi observada uma notável toxicidade com os diferentes solventes utilizados na preparação do extrato, destacando-se o extrato etanólico e hexanólico. Ainda assim, as concentrações são de 75 μ L/mL ou mais, concluindo que o óleo essencial das folhas possui um maior efeito sobre o ácaro rajado. Estudos com outras plantas pertencentes ao mesmo gênero *Syzygium* demonstram também uma efetividade contra o ácaro rajado, como é o caso do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* sobre a praga, apresentando uma boa toxicidade em diferentes bioensaios realizados (KHERADMAND, *et al.* 2018).

5 CONCLUSÕES

As folhas frescas de *Syzygium cumini* forneceram um óleo essencial com seus constituintes majoritários o (*Z*)- β -ocimeno (30,46%), α -pineno (15,54%) e (*E*)- β -ocimeno (15,18%), com bom rendimento.

Este é o primeiro relato da atividade acaricida do óleo essencial das folhas de *Syzygium cumini* sobre o *T. urticae*, que demonstrou uma toxicidade relevante contra o ácaro, com CL_{50} de 7,54 μ L/mL no teste imersão, como CL_{50} de 8,69 μ L/mL em teste de pulverização. Assim, observa-se que ambos os testes possuem eficácia, apesar de agir com diferentes mecanismos sobre a praga.

Por fim, testes realizados com os ovos dos ácaros puderam concluir que o óleo também apresenta toxicidade para eclosão dos ovos (CL_{50} 0,22 μ L/mL), impedindo a multiplicação das populações de ácaro. Valores como estes permitem uma expansão do uso deste óleo essencial, visto que possui resultados mais eficazes que acaricidas já comercializados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELHADY, M. I. S. **Essential oil extracted from fruits of egyptian *Eugenia jambolana* has antimicrobial activity.** Natural products: an Indian journal. Índia, v.8, 2012.

ABOU-TALEB, H. K.; MOHAMED, M. I.E.; SHAWIR, M. S.; ABDELGALEIL, S. A. M. **Insecticidal properties of essential oils against *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase and adenosine triphosphatases.** Natural Products Research, v. 30, p. 710-714, 2016.

ADAMS, R. **Identification of essential oil components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry**, Allured Publishing Corporation, Ed. 4.1, 2007.

AFIFY, A. E. M. R.; EL-BELTAGI, H. S.; FAYED, S. A.; SHALABY, E. A. **Acaricidal activity of different extracts from *Syzygium cumini* L. Skeels (Pomposia) against *Tetranychus urticae* Koch.** Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, v. 1(5), p. 359-364, 2011.

AGRO BAYER BRASIL. **Pragas – ácaro rajado.** Disponível em: <https://www.agrobayer.com.br/essenciais-do-campo/alvos-e-culturas/pragas/acaro-rajado>. Acesso em: 27/06/2021.

AGUT, B.; PASTOR, V.; JAQUES, J.A.; FLORS, V. **Can Plant Defence Mechanisms Provide New Approaches for the Sustainable Control of the Two-Spotted Spider Mite *Tetranychus urticae*?** *Int. J. Mol. Sci.*, v. 19, p. 614, 2018.

ALMEIDA, J. C.; ALMEIDA, P. P.; GHERARDI, S. R. M. **Potencial antimicrobiano de óleos essenciais: uma revisão de literatura de 2005 a 2018.** Revista Eletrônica Nutri Time, Nº 1, v. 17, p. 8623-8633, 2020.

AYYANAR, M.; SUBASH-BABU, P. ***Syzygium cumini* (L.) Skeels: A review of its phytochemical constituents and traditional uses.** Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, p. 240-246, 2012.

BADAWY, M. E. I.; ABDELGALEIL, S. A. M. **Composition and antimicrobial activity of essential oils isolated from Egyptian plants against plant pathogenic bacteria and fungi.** Industrial Crops and Products, v. 52, p. 776-782, 2014.

BUSATO, N. V.; SILVEIRA, J. C.; COSTA, A. O. S.; JUNIOR, E. F. C. **Estratégias de modelagem da extração de óleos essenciais por hidrodestilação e destilação a vapor.** Ciência Rural, Santa Maria, v.44(9), p.1574-1582, 2014.

CAMARA, C. A. G.; LIMA, G. S.; MORAES, M. M.; SILVA, M. M. C.; MELO, J. P. R.; SANTOS, M. L.; FAGG, C. W. **Chemical composition and acaricidal activity of essential oils and selected terpenes from two species of *Psidium* in the Cerrado biome of Brazil against**

Tetranychus urticae. Boletim Latino-americano e Caribe Plantas medicinais e aromáticas, v. 19(1), p. 15-18, 2020.

CAVALCANTI, E. S. B.; MORAIS, S. M.; LIMA, M. S. A.; SANTANA, E. W. P. **Larvicidal Activity of Essential Oils from Brazilian Plants against *Aedes aegypti* L.** Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 99(5), 2004.

CHIAVEGATO, L.G. **Contribuição ao estudo dos ácaros da cultura algodoeira em algumas regiões do Estado de São Paulo.** Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP. Tese de Doutorado, 1971.

CHUDASAMA, K. S.; THAKER, V. S. **Screening of potential antimicrobial compounds against *Xanthomonas campestris* from 100 essential oils of aromatic plants used in India: an ecofriendly approach.** Archives of Phytopathology and Plant Protection, v. 45, n°. 7, p.783–795, 2012.

CORRÊA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. **Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão.** Revista Brasileira de Plantas Medicinais, Botucatu, v.13(4), p.500-506, 2011.

DAS, A. K.; CHAUDHARY, N. K.; MISHRA, P. **Isolation, spectroscopic characterization of two Novel compounds obtained from leaf of *Syzygium cumini* (jambolana) and its study the antibacterial activity.** World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, v. 2, 2013.

DHAKAD, A. K.; PANDEY, V. V.; BEG, S.; RAWAT, J. M. **Biological, medicinal and toxicological significance of *Eucalyptus* leaf essential oil: a review.** Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 198, p. 833-848, 2018.

DIAS, C. L.; RODRIGUES, K. A. F.; CARVALHO, F. A. A.; CARNEIRO, S. M. P.; MAIA, J. G. S.; ANDRADE, E. H. A.; MORAES, D. F. C. **Molluscicidal and Leishmanicidal Activity of the Leaf Essential Oil of *Syzygium cumini* (L.) Skeels from Brazil.** Chemistry & Biodiversity, v. 10, 2013.

ELANSARY, H. O.; SALEM, M. Z. M.; ASHMAWY, N. A.; YACOUT, M. M. **Chemical Composition, Antibacterial and Antioxidant Activities of Leaves Essential Oils from *Syzygium cumini* L., *Cupressus sempervirens* L. and *Lantana camara* L. from Egypt.** Journal of Agricultural Science; v. 4, n°. 10, 2012

FINNEY, D.J., **Probit Analysis**, 3rd ed. Cambridge University Press, London. 1971.

FLORA DO BRASIL 2020 em preparação. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:< <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB171>> Acesso em: 17 abr. 2021

INAK, E.; ALPKENT, Y. N.; ÇOBANOĞLU, S.; DERMAUW, W.; LEEUWEN, T. V. **Resistance incidence and presence of resistance mutations in populations of *Tetranychus***

***urticae* from vegetable crops in Turkey.** International Journal of Molecular Sciences, v. 19(2), p. 614, 2019.

ISAH, T. **Stress and defense responses in plant secondary metabolites production.** Biological Research, v. 53, 2019.

GUO, Y.; LIU, Z.; HOU, E.; MA, N.; GEN, Y.; CHE, P.; YANG, R. **Application of natural products as insecticide candidates: Semisynthesis and biological evaluation of some novel osthole-based esters.** Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, v. 30, 2020.

HANIF, M. U., HUSSAIN, A. I., KAMAL, G. M., CHATHA, S. A. S., SHAHIDA, S., KHALID, M., HUSSAIN, R., AFZAL, N. **Chemical Composition and Bioactivities of the Essential Oil from Leaves of *Syzygium cumini* (L.) Skeels native to Punjab, Pakistan.** Chemistry & Biodiversity, v. 17, 2020.

KAUR, K.; KAUSHAL, S. **Phytochemistry and pharmacological aspects of *Syzygium aromaticum*: A review.** Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 8 (1), 398-406, 2019.

KHERADMAND, K.; BEYNAGHI, S.; ASGARI, S.; GARJAN, A. S. **Toxicity and Repellency Effects of Three Plant Essential Oils Against Two-spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae).** Journal of Agricultural Science and Technology, v. 17, p. 1223-1232, 2018.

KOMAL, P., BORKAR, S., KAJAL, H., TUSHAR, K. **A review on *Syzygium cumini*.** World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, v. 7, p. 527-534, 2019.

MACHADO, B. F. M. T.; JUNIOR, A. F. **Óleos Essenciais: Aspectos gerais e usos em Terapias Naturais.** Cadernos acadêmicos, Tubarão, v. 3 (2), p. 105-127, 2011.

MACHADO, R. R. P.; JARDIM, D. F.; Souza A. R.; SCIO, E.; FABRI, R. L.; CARPANEZ, A. G.; GRAZUL, R. M.; MENDONÇA, J. P. R. F.; LESCHE, B.; AARESTRUP, F. M. **The effect of essential oil of *Syzygium cumini* on the development of granulomatous inflammation in mice.** Revista Brasileira de Farmacognosia, 2013.

MEHTA, B. K.; NIGAM, V; NIGAM, R; SINGH, A. **Gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) analysis of the hexane extract of the *Syzygium cumini* bark.** Journal of Medicinal Plants Research, v. 6, 2012.

MISHRA, P. K.; SHUKLA, R; SINGH, P; PRAKASH, B; DUBEY, N. K. **Antifungal and antiaflatoxicogenic efficacy of *Caesulia axillaris* Roxb. essential oil against fungi deteriorating some herbal raw materials, and its antioxidant activity.** Industrial Crops and Products, 2012

MOHAMED, A. A.; ALI, S. I.; EL-BAZ, F. K. **Antioxidant and Antibacterial Activities of Crude Extracts and Essential Oils of *Syzygium cumini* Leaves.** PLoS One, 2013.

MOHAREB, A. S. O.; BADAWY, M. E. I.; ABDELGALEIL, S. A. M. **Antifungal activity of essential oils isolated from Egyptian plants against wood decay fungi.** Journal of Wood Science, 2013.

MONTEIRO, V. B.; LIMA, D. B.; GONDIM, M. G. C.; SIQUEIRA, H. A. A. **Residual Bioassay to Assess the Toxicity of Acaricides Against *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) Under Laboratory Conditions.** Journal of Economic Entomology, v. 105, p. 1419 – 1425, 2012.

MORAES, M. M. CAMARA, A. G. C. SILVA, M. M. C. **Comparative toxicity of essential oil and blends of selected terpenes of *Ocotea* species from Pernambuco, Brazil, against *Tetranychus urticae* Koch.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 89(3), p. 586 – 593, 2017.

MORAIS, F. S.; LIMA, E. S.; ACHO, L. D. R.; LOPES, N. P.; TURATTI, I. C. C.; GUIMARÃES, A. C.; TAKEARA, R. **Chemical composition and antioxidant activity of essential oil of leaves fresh *Syzygium cumini* collected in the Amazon region in seasons different.** European journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences, v. 3, p. 64-70, 2016.

MOTA-SANCHEZ, D.; WISE, J. C. **The Arthropod Pesticide Resistance Database.** Michigan State University, 2021. Disponível em: <http://www.pesticideresistance.org>. Acesso em 14 de abril de 2020.

NISHANDHINI, S.; SUDHA, V.; MALLAVARAPU, G. R.; MURUGAN, R. **Chemical compositions, α -amylase inhibitory and antioxidant activities of the essential oils from unripe fruit pulp and leaves of *Syzygium cumini*.** International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, v. 7, 2015.

PAULETTI, G. F.; SILVESTRE, W. P. **Óleo essencial cítrico: produção, composição e fracionamento.** Citricultura do Rio Grande do Sul - Indicações Técnicas, 1st edn. Secretaria de Agricultura, Pecuária e Irrigação, Porto Alegre, p. 245–269, 2018.

PELLIS, V. F. **A Família Myrtaceae Juss. No Parque Municipal da Lagoa do Peri, Santa Catarina, Brasil.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

PETRACHAIANAN, T.; CHAIYASIRISUWAN, S.; ATHIKOMKULCHAI, S.; SAREEDENCHAI, V. **Screening of acetylcholinesterase inhibitory activity in essential oil from Myrtaceae.** Thai Journal of Pharmaceutical Sciences, v. 43, p. 63-68, 2019.

PEREIRA, N. L. F. *et al.* **Antibacterial activity and antibiotic modulating potential of the essential oil obtained from *Eugenia jambolana* in association with led lights.** Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology, v. 174, 2017.

PIZZARDO, R.C.; ANTONICELLI, M.C. 2020. ***Syzygium* in Flora do Brasil 2020.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB24035>>. Acesso em: 17 abr. 2021.

POTTER, C. **An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized spray fluids.** Annals of Applied Biology, v. 39 (1), p. 1-28, 1952.

RAMOS, M. F. S.; SIANI, A. C.; SOUZA, M. C.; ROSAS, E. C.; HENRIQUES, M. G. M. O. **Avaliação anti-inflamatória dos Óleos Essenciais de cinco espécies de Myrtaceae.** Revista Fitos, v. 2, 2006.

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.

RODRIGUES, K. A. F.; AMORIM, L. V.; DIAS, C. N.; MORAES, D. F. C.; CARNEIRO, S. M. P.; CARVALHO, F. A. A. ***Syzygium cumini* (L.) Skeels essential oil and its major constituent α -pinene exhibit anti-Leishmania activity through immunomodulation in vitro.** Journal of Ethnopharmacology, v. 160, 2015.

ROHADI, R.; RAHARJO, S.; FALAH, I. I.; SANTOSO, U. **Methanolic extract of Java Plum (*Syzygium cumini* Linn.) seeds as a natural antioxidant on lipid oxidation of oil-in-water emulsions.** International Food Research Journal, v. 24, p. 1636-1643, 2017.

SALMAN, S. Y.; SARITAS, S.; KARA, N.; AYDINLI, F.; AY, R.; J. **Essent Oil-Bear.** Plants, v. 18, p. 857, 2015.

SARMA, N., BEGUM, T., PANDEY, S. K., GOGOI, R., MUNDA, S., LAL, M. **Chemical Composition of *Syzygium cumini* (L.) Skeels Leaf Essential Oil with Respect to its Uses from North East Region of India.** Journal of Essential Oil Bearing Plants, v. 23, p. 609-619, 2020.

SAROJ, A.; PRAGADHEESH, V. S.; PALANIVELU; YADAV, A.; SINGH, S. C.; SAMAD, A.; NEGI, A. S.; CHANOTIYA, C. S. **Anti-phytopathogenic activity of *Syzygium cumini* essential oil, hydrocarbon fractions and its novel constituents.** Industrial Crops and Products v. 74, 2015.

SERAGLIO, S. K. T.; SCHULZ, M.; NEHRING, P.; BETTA, F. D.; VALESE, A. C.; DAGUER, H.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; COSTA, A. C. O. **Nutritional and bioactive potential of Myrtaceae fruits during ripening.** Food Chemistry, v. 239, p. 649-656, 2018.

SHAFI, P. M.; ROSAMMA, M. K.; JAMIL, K.; REDDY, P. S. **Antibacterial activity of *Syzygium cumini* and *Syzygium travancoricum* leaf essential oils.** Fitoterapia, v. 73, 2002.

SHARMA, N., SINGH, B., WANI, M. S., GUPTA, R. C., HABEEB, T. H. **Morphological, Cytological, and Chemotypic Variation of Essential Oils in *Syzygium cumini* (L.) Skeels.** Analytical Chemistry Letters, v. 10, p. 609-619, 2020.

SPARKS, T. C., WESSELS, F. J., LORSBACH, B. A., NUGENT, B. M., WATSON, G. B. **The New Age of Insecticide Discovery - The Crop Protection Industry and the Impact of Natural Products.** Pesticide Biochemistry and Physiology, v. 161, p. 12-22, 2019.

SIANI, A. C.; SOUZA, M. C.; HENRIQUES, M. G. M. O.; RAMOS, M. F. S. **Anti-inflammatory activity of essential oils from *Syzygium cumini* and *Psidium guajava*.** Pharmaceutical biology 51, 2013.

SIDDIQUE, S.; PERVEEN, Z.; NAWAZ, S.; SHAHZAD, K.; ALI, Z. **Chemical Composition and Antimicrobial Activities of Essential Oils of Six Species from Family Myrtaceae.** Journal of Essential Oil Bearing Plants, 2015.

SILVA, V. P. *et al.* **Chemical composition and in vitro leishmanicidal, antibacterial and cytotoxic activities of essential oils of the Myrtaceae family occurring in the Cerrado biome.** Industrial Crops & Products, vol 123, 638- 645, 2018.

SINGH, H.; MUKHTAR, H. M. **Pharmacognostic and antimicrobial screening studies of *Eugenia jambolana* seeds.** European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences, vol. 4, 214-220, 2017.

SOBRAL-SOUZA, C. E.; LEITE, N. F.; CUNHA, F. A. B.; PINHO, A. I.; ALBUQUERQUE, R. S.; CARNEIRO, J. N. P.; MENEZES, I. R. A.; COSTA, J. G. M.; FRANCO, J. L.; COUTINHO, H. D. M. **Cytoprotective effect against mercury chloride and bioinsecticidal activity of *Eugenia jambolana* Lam.** Arabian journal chemistry 7, 2014.

TEIXEIRA, C. S.; NUNES, C. C.; VARGAS, R.; CARVALHO, J. R.; ZAGO, H. B. **Toxicidade de Óleos Essenciais para o controle de *Tetranychus Urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae).** Revista Univap, v. 22, n. 40, Edição Especial, 2016.

TRINDADE, J. R.; ROSÁRIO, A. S.; SANTOS, J. U. M. **Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Myrtaceae.** Rodriguésia, 69(3), p. 1259–1277, 2018.

VALENTIM, J. A.; SOARES, E. C. **Extração de óleos essenciais por arraste a vapor: um kit experimental para o ensino de química.** Química Nova Escola, v. 40, nº 4, p. 297-301, 2018.

VAN DEN DOOL, E.; KRATZ, P. **A Generalization of the Retention Index System Including Linear Temperature Programmed Gas-Liquid Partition Chromatography.** Journal of Chromatography Science, Amsterdam, vol. 11, p. 463, 1963.

VIEGAS JR, C.; BOLZANI, V. S. **Os produtos naturais e a química medicinal moderna.** Química Nova, Vol. 29(2), p.326-337, 2006.

VIJAYANAND, P.; RAO L. J. M.; NARASIMHAM, P. **Volatile flavour components of jamun fruit (*Syzygium cumini* L).** Flavour and Fragrance Journal 16, 2000.

WAN, J.; ZHONG, S.; SCHWARZ, P.; CHEN, B.; RAO, J. **Physical properties, antifungal and mycotoxin inhibitory activities of five essential oil nanoemulsions: Impact of oil compositions and processing parameters.** Food Chemistry, v. 291, p. 199-206, 2019.