

# Prospecção Tecnológica, com Ênfase nas Atividades Biológicas Nematicida e Larvicida, do Óleo Essencial do Cravo-da-Índia e do Eugenol

## *Technological Prospection of Clove Essential Oil and Eugenol With an Emphasis in the Nematicide and Larvicida Activities*

Paulo Sérgio de Araujo Sousa<sup>1</sup>

Marciele Gomes Rodrigues<sup>1</sup>

Elenice Monte Alvarenga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina, PI, Brasil

### Resumo

Neste estudo de prospecção, buscou-se mapear as atividades biológicas nematicida e larvicida do óleo essencial do cravo-da-Índia e do eugenol. A prospecção foi realizada nas bases de artigos científicos PubMed, Scielo, Scopus e Web of Science, como também nas bases de depósitos de patentes da EPO, INPI, USPTO e WIPO, para isso, foram utilizadas palavras-chave específicas e combinações conhecidas das palavras-chave. Após a realização das buscas nas bases de dados de artigos, notou-se que pouco vem sendo pesquisado sobre as aplicações nematicida e larvicida do óleo essencial do cravo-da-Índia e do eugenol, tendo poucos artigos publicados acerca de tais ações biológicas, sendo estes encontrados em sua maioria em bases de artigos científicos internacionais. No que se refere às bases de depósitos de patentes nacionais e internacionais, identificou-se que não há nenhum depósito de patente acerca da atividade nematicida do óleo essencial do cravo-da-Índia e do eugenol, no entanto, algumas patentes elucidam o potencial larvicida do eugenol, demonstrando que há grandes oportunidades de pesquisas com as atividades biológicas do óleo essencial do cravo-da-Índia e do eugenol.

Palavras-chave: Óleo essencial do cravo-da-Índia. Eugenol. Biopesticida.

### Abstract

In this prospective study, we sought to map the nematicidal and larvicidal biological activities of the essential oil of the Indian clove and eugenol. The prospection was carried out in the bases of scientific articles PubMed, Scielo, Scopus and Web of Science, as well as in the patent deposit bases of EPO, INPI, USPTO and WIPO. Specific keywords and combinations of the keywords. After the search in the article databases, it was noticed that little has been researched on the nematicidal and larvicidal applications of the essential oil of the Indian clove and eugenol, having few published articles about such biological actions, being the same ones found mostly on the basis of international scientific articles. With respect to the national and international patent deposit bases, it has been identified that there is no patent filing of the nematicidal activity of the clove essential oil and eugenol, however, some patents elucidate the larvicidal potential of eugenol, demonstrating that there are great research opportunities with the biological activities of India's clove essential oil and eugenol.

Keywords: Clove essential oil. Eugenol. Biopesticide.

Área Tecnológica: Biotecnologia.



## 1 Introdução

Atualmente, a busca e a utilização de métodos agrícolas alternativos que diminuam os impactos ao meio ambiente causados pela utilização de pesticidas químicos no controle de organismos prejudiciais à cultura agrícola vêm se tornando cada vez mais intensas, refletindo a preocupação do homem com a conservação dos recursos biológicos e sua utilização sustentável (GUIMARÃES *et al.*, 2012; TAVANTI *et al.*, 2014). No entanto, pouco se tem pesquisado sobre o potencial químico dos extratos bioativos das plantas, especificamente, para a produção de biopesticidas, que possam vir a substituir a demasiada utilização de defensivos químicos, especialmente dos larvicidas e nematicidas no meio agrícola (QUEIROZ *et al.*, 2014).

Os biopesticidas, ou pesticidas orgânicos, são agentes microbianos que não produzem danos significativos ao meio ambiente e que, dependendo da composição química atribuída a eles, apresentam nocividade somente a determinadas pragas agrícolas, favorecendo o controle de algumas espécies biologicamente patogênicas, responsáveis pelas perdas de rendimento em culturas agrícolas (ZANARDI *et al.*, 2015; EL-ABBASSI *et al.*, 2017; MARIANO *et al.*, 2017).

Entre as plantas pouco exploradas na pesquisa de desenvolvimento de defensivos naturais, pode-se mencionar o cravo-da-Índia, pertencente à espécie *Syzygium aromaticum*, apresentando como componente majoritário o eugenol,  $C_{10}H_{12}O_2$  (até 71%) (RAINHA *et al.*, 2001). Em relação ao seu potencial biológico, a principal atividade biológica conhecida do eugenol é a antibacteriana oral (CAI; WU, 1996; MILADI *et al.*, 2017), mas pouco se sabe sobre a utilização dessa substância como agente larvicida ou nematicida.

Nesse contexto, o mapeamento de informações acerca das atividades biológicas de substâncias extraídas de óleos essenciais e de seus respectivos componentes apresentam-se como uma ferramenta útil, já que ao realizar buscas sobre termos específicos em bases de depósitos de patentes e artigos, pode-se mapear diversas aplicações tecnológicas do conhecimento científico relacionados à inovação (ALVARENGA; FREITAS; MEDEIROS, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Dessa forma, a presente prospecção tecnológica tem como objetivo apresentar o mapeamento tecnológico das aplicações do óleo essencial do cravo-da-Índia (*Syzygium aromaticum*) e do eugenol, com ênfase nas atividades biológicas nematicida e larvicida, e na utilização de tais compostos para a produção de biopesticidas, em bases de depósitos de patentes e de artigos nacionais e internacionais.

## 2 Metodologia

O estudo foi realizado a partir de buscas sobre o cravo-da-Índia e o eugenol em bases de dados nacionais e internacionais de artigos científicos, a saber: PubMed, Web of Science™, Scopus e Scielo. As análises de patentes depositadas envolvendo o cravo-da-Índia e o eugenol, por sua vez, foram feitas nos respectivos sites de depósitos de patentes: European Patent Office (EPO), na World Intellectual Property Organization (WIPO), no United States Patent and Trademark Office (USPTO) e no Instituto Nacional de Propriedade Industrial do Brasil (INPI) (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2014; ALVARENGA; FREITAS; MEDEIROS, 2015). Para a busca, envolvendo o período desde o início dos registros nas bases até a data da realização da presente prospecção (outubro de 2017), foram considerados os documentos que apresentaram no título e no resumo

as seguintes palavras-chave: clove essential oil, eugenol, *Syzygium aromaticum*, biopesticide, nematodes, óleo essencial do cravo-da-Índia, eugenol, *Syzygium aromaticum*, biopesticida, nematódeos. Para aumentar o alcance das buscas em relação ao mapeamento de patentes e de artigos científicos, foram estabelecidas combinações conhecidas entre as palavras-chave.

### 3 Resultados e Discussão

As buscas na base de artigos do PubMed, mostraram que para a palavra-chave “clove essential oil” há um total de 424 publicações, reportando, majoritariamente, as atividades biológicas larvicida, antibacteriana, antibiofilme e anti-inflamatória (SILVA FILHO; RODRIGUES, 2012; SHARMA *et al.*, 2017; ZHANG *et al.*, 2017). Na busca com a palavra-chave, “eugenol” foram identificados 5.486 artigos, elucidando principalmente as atividades biológicas do composto, tais como: antibacteriana, antioxidante, citotóxicas e antileishmania (ZHANG *et al.*, 2017; SHARMA, *et al.*, 2017). Os resultados retornados para a busca “*Syzygium aromaticum*” revelaram um total de 1.063 artigos, que versam sobre as atividades biológicas, os efeitos do extrato da planta para aplicações odontológicas e caracterizações da atividade bioquímica anti-inflamatória (IBRAHIM *et al.*, 2017). Quanto à palavra-chave “biopesticide”, foram obtidos 733 resultados, e tais dados discorrem sobre testes com enzimas antioxidantes, exposições de animais aos pesticidas orgânicos e respostas biológicas, além de testes bioquímicos frente ao biopesticida *Bacillus thuringiensis* (ALAK *et al.*, 2017). Para a busca “nematodes”, foram identificados 76.960 artigos publicados, sendo abordados nestes estudos testes com nematoides em diferentes substâncias, afim de averiguar diversas funções biológicas das substâncias químicas no organismo-modelo.

Ainda na mesma base de artigos, no que concerne aos resultados com combinações de palavras-chave, obteve-se 13 artigos retornados para a combinação “eugenol” e “nematodes”, que abordam a toxicidade dos compostos de óleos voláteis e a composição química deles. Finalmente, para a combinação “*Syzygium aromaticum*” e “nematodes”, foram listados apenas quatro resultados, nos quais um artigo, publicado em 2008, elucida o efeito do óleo essencial da planta frente a nematódeos *Meloidogyne incognita* (MEYER *et al.*, 2008a).

Na base de dados nacional Scielo, as buscas para a pesquisa individual das palavras-chave “óleo essencial do cravo-da-Índia” e “biopesticida” não retornaram nenhum resultado, enquanto para o termo “eugenol”, foi identificada a existência de 253 publicações, nas quais observou-se em um artigo a atividade nematicida do eugenol frente a nematódeos *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* (MOREIRA *et al.*, 2013). Para o termo “*Syzygium aromaticum*”, obteve-se um total de 43 artigos publicados, entre estes, um artigo aborda a atividade larvicida do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* no controle de *Aedes aegypti* e um artigo aborda a eficácia da espécie *Syzygium aromaticum* no controle de fitonematoides (SALGADO; CAMPOS, 2003; ARAUJO *et al.*, 2016). Na busca por “nematódeos”, obteve-se um total de 161 artigos, no entanto, nenhum dos artigos abordados era sobre a utilização desses organismos em testes de atividade biológica nematicida. Não foi encontrado artigo algum com as combinações de palavras-chave.

Na base de artigos do Scopus, para a busca com o termo “clove essential oil” foram identificados 1.250 resultados, com apenas um artigo reportando a atividade larvicida das relações estrutura-atividade de derivados do eugenol contra o *Aedes aegypti* (BARBOSA *et al.*, 2012). A busca com a palavra-chave “eugenol” retornou um total de 9.836 resultados, apresentando

pesquisas com o efeito larvicida, frente a testes com larvas de *Aedes aegypti* e o efeito sinérgico do eugenol com outras substâncias em larvas de carrapatos (PEREIRA *et al.*, 2014; GOVINDA-RAJAN *et al.*, 2016). Para a busca com o termo “*Syzygium aromaticum*”, obteve-se um total de 1.833 artigos, no entanto, apenas em dois artigos são citadas as atividades larvicidas, sendo um deles a atividade repelente dos compostos do óleo essencial do cravo-da-Índia (FAYEMIWO *et al.*, 2014; ARAUJO *et al.*, 2016; HARISMAH *et al.*, 2017). Para a busca com o termo “biopesticida”, foram identificados 3.691 artigos publicados, com um artigo apresentando o efeito do óleo essencial do cravo-da-Índia como agente microbicida e um resultado do óleo essencial do cravo-da-Índia como estratégia alternativa no controle do gorgolho do feijão (SAMEZA *et al.*, 2016; VITERI JUMBO *et al.*, 2014). Para as buscas com o termo “nematodes” retomaram 76.262 artigos, de modo que os resultados não apresentaram aplicações do óleo essencial do cravo-da-Índia ou do eugenol como agentes nematicidas.

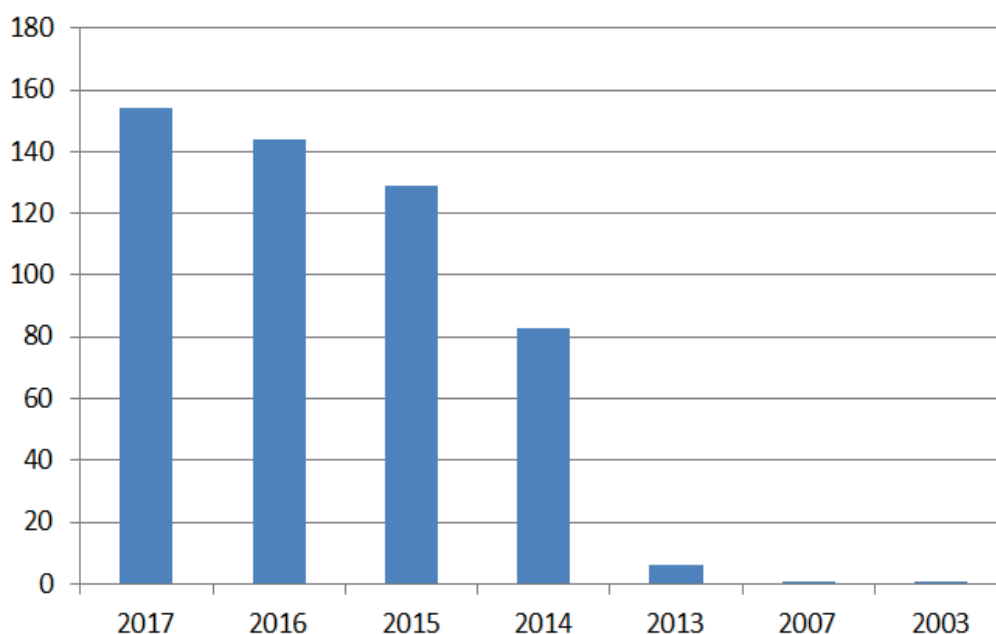
Na base de artigos Web of Science™, retornaram-se 1.071 resultados para a palavra-chave “clove essential oil”, nos quais dois artigos abordaram a atividade larvicida do óleo essencial do cravo-da-Índia e um artigo abordou a atividade de pequenas concentrações do óleo essencial do cravo-da-Índia em nematódeos (PARK *et al.*, 2005). Com a busca do termo “eugenol”, foram identificados 5.426 artigos, mas um dos artigos reportou a atividade antifúngica do eugenol e do óleo essencial do cravo-da-Índia, a atividade larvicida do acetato de eugenila, atividade ascaricida do iso-eugenol, atividade inseticida do eugenol e de derivados do eugenol e atividade antibactericida. Ademais, quatro artigos elucidaram a ação nematicida do eugenol, atividade sinérgica do eugenol em nematódeos e a inatividade do eugenol contra nematódeos do tipo *M. incognita* (WALKER; MELIN, 1996; PARK *et al.*, 2007; NTALLI *et al.*, 2010a; NTALLI *et al.*, 2010b; LI *et al.*, 2013; BAI *et al.*, 2016; ALJABR *et al.*, 2017; GROSS *et al.*, 2017; JING *et al.*, 2017; MACHADO *et al.*, 2017). Para o termo “*Syzygium aromaticum*”, retornaram 536 resultados, nos quais dois artigos trataram sobre a atividade nematicida do óleo essencial do cravo-da-Índia e a fraca atividade do óleo essencial do cravo-da-Índia contra alguns tipos de nematódeos (MEYER *et al.*, 2008b; IBRAHIM; ALAHMADI, 2015; ARAUJO *et al.*, 2016). Com o termo “biopesticide” foram encontrados um total de 2.080 artigos, um elucidando a toxicidade de um bionematicida e a ação do bionematicida DiTera® no crescimento de plantas, no entanto, não foram encontrados dados que relacionassem a utilização de biopesticidas a partir do óleo essencial do cravo-da-Índia com o termo pesquisado (CHELINHO *et al.*, 2017; SPENCE; LEWIS, 2010). Com a palavra-chave “nematodes”, a base de dados retornou 63.096 artigos publicados, voltados para análises gerais das áreas de Agricultura, Biologia, Química, Bioquímica e Agronomia, e milhares de artigos voltadas para testes de atividades biológicas nestes organismos, no entanto, não foram identificados artigos sobre as atividades nematicidas do óleo essencial do cravo-da-Índia e do eugenol.

Em relação aos resultados para a combinação de palavras-chave, ainda na base Web of Science™, retornaram 19 resultados para os termos “eugenol” e “nematodes”, nos quais apenas um artigo elucidou a atividade nematicida do óleo essencial do cravo-da-Índia em nematódeos *Meloidogyne incognita* (CARLETTI *et al.*, 2011). Para o termo “eugenol” e “biopesticide”, foram encontrados três artigos publicados, porém, nenhum deles envolvia o efeito nematicida e larvicida da substância. Para a combinação “*Syzygium aromaticum*” e “nematodes”, foram encontrados sete artigos publicados, com apenas um artigo elucidando o efeito do óleo essencial do cravo-da-Índia no controle de nematódeos (CARLETTI *et al.*, 2011). Para o termo “clove essential

oil” e “nematodes”, foram identificados 12 artigos publicados, nos quais dois deles elucidaram a atividade nematocida do óleo essencial do cravo-da-Índia (CARLETTI *et al.*, 2011). Para o termo “clove essential oil” e “biopesticide”, foi reportado apenas um resultado, elucidando o potencial biológico do cravo-da-Índia (RANGER *et al.*, 2009).

Em relação ao número de patentes depositadas na base EPO, para o termo “clove essential oil”, foram encontrados 417 depósitos entre os anos 1909 e 2017, demonstrando que, nos anos de 2013 (9%), 2014 (8%), 2015 (16%), 2016 (19%) e 2017 (12%), foram obtidas as maiores quantidades de depósitos de patentes envolvendo o óleo essencial do cravo-da-Índia, tendo sido os principais países depositantes: a China (61%), o Japão (10%) e os Estados Unidos (5%). Em relação à CIP, identificou-se que a grande maioria das patentes está inserida nas classificações A61 (54%), A01 (20%), A23 (11%), C11 (5%), C08 (3%) e D06 (2%), com isso, nota-se que as aplicações do óleo essencial do cravo-da-Índia estão voltadas para a medicina, as ciências veterinárias, a higiene, a agricultura, os alimentos, os óleos animais e vegetais, os componentes macromoleculares orgânicos e os tecidos. Em relação ao termo “eugenol”, obteve-se um total de 1.757 patentes depositadas entre os anos de 2003 e 2017 (Figura 1), tendo os anos de 2017, 2016, 2015 e 2014 recebido os maiores números de depósitos com o termo eugenol, nos quais os principais países depositantes foram os Estados Unidos e a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI).

**Figura 1** – Informações sobre a quantidade de depósitos por ano envolvendo a palavra-chave “eugenol” na base do EPO

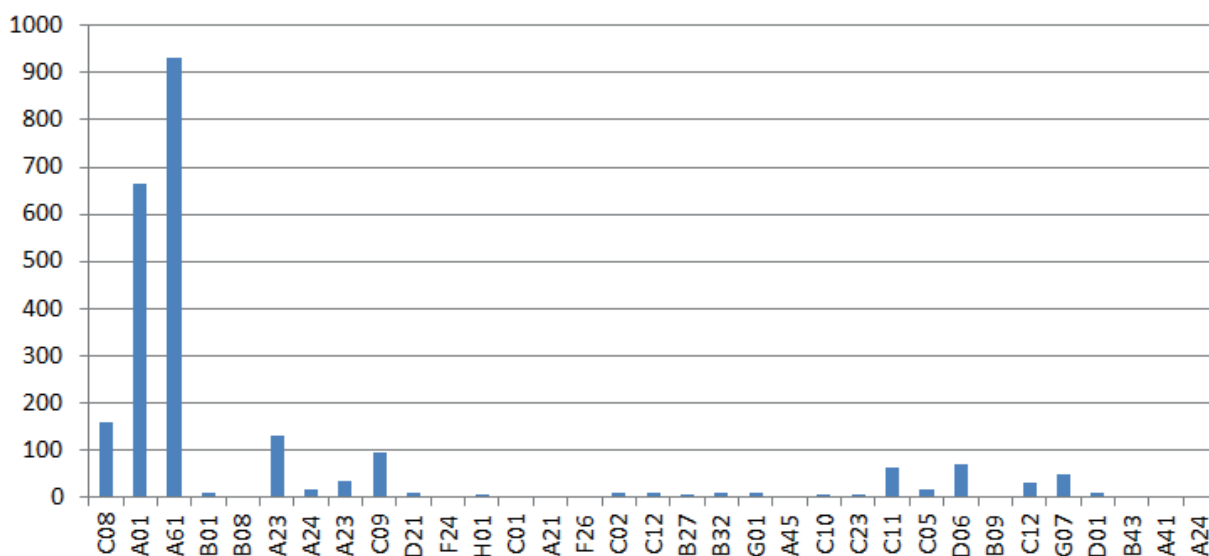


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

Sobre a área de depósito das patentes na base do EPO com o termo “eugenol”, elas se encontram inseridas principalmente nas categorias A61 e A01 (Figura 2). Os dados aferidos demonstram que o emprego das patentes envolve principalmente as áreas da saúde e agricultura, e que o Brasil, apesar de sua grande biodiversidade, encontra-se como um dos países com menor número de depósitos em relação ao eugenol.



**Figura 2** – Informações sobre a CIP envolvendo a palavra-chave “eugenol” na base EPO



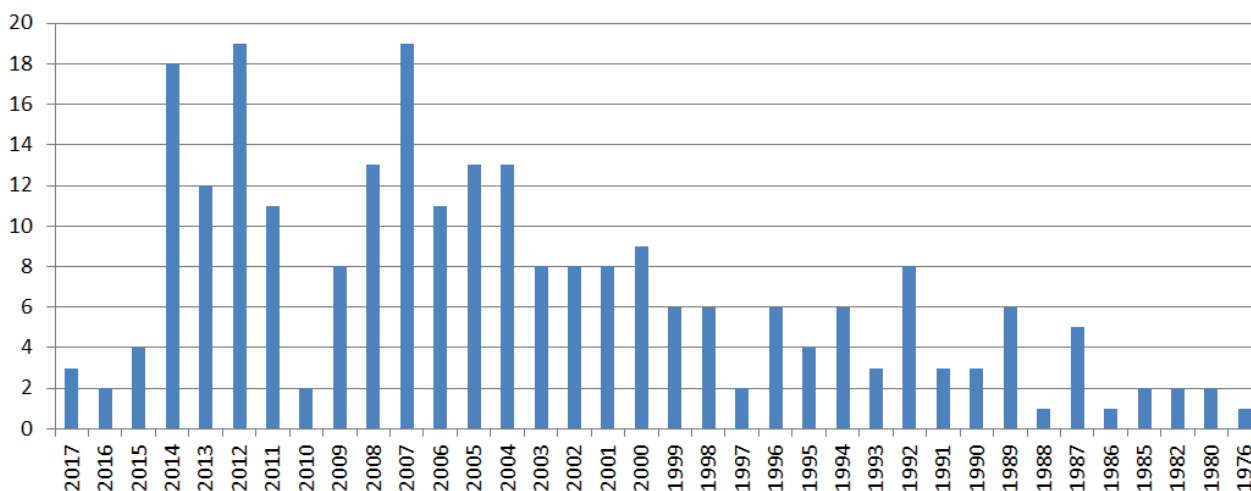
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

Ainda na base de depósitos de patentes da EPO, para a palavra-chave “*Syzygium aromaticum*”, retornaram 756 resultados, tendo os depósitos de patentes ocorridos nos anos de 2017 (11%), 2016 (31%), 2015 (31%), 2014 (24%) e 2013 (3%), tendo os anos de 2016 e de 2015 alcançado as maiores quantidades de depósitos, com quase três vezes mais números de patentes depositadas do que em 2017. Com relação aos países depositantes, identificou-se que a China é o país que mais depositou patentes nos últimos anos, com 93% das patentes depositadas pelo país. Tais patentes, em sua maioria, estão depositadas na classificação A61, que tem 58% dos depósitos inseridos nesta categoria, 25% na classificação A23, 10% na categoria A01, 2% na categoria C11 e 1% nas categorias C05 e C09. Nota-se que as principais aplicações de patentes com o termo *Syzygium aromaticum*, estão voltadas para a medicina, ciências veterinárias, higiene, engenharia de alimentos, agricultura, óleos animais e vegetais, fertilizantes e aplicações em materiais orgânicos. Em relação ao termo “biopesticide”, ainda na mesma base, obteve-se um total de 573 resultados de depósitos envolvendo o termo, que ocorreram durante os anos de 2017 e 1988, tendo as maiores quantidades de depósitos em 2015 (22%), 2016 (15%), 2014 (11%), 2013 (11%) e 2017 (10%). Tais dados elucidam que os depósitos que ocorreram em 2015 são o dobro dos que ocorreram nos anos de 2013 e 2017, demonstrando que ainda faltam incentivos à pesquisa para que novas patentes sejam criadas. No que se trata dos países depositantes, observou-se que os principais são China (66%), Estados Unidos (15%), Coreia (6%), WIPO (5%) e EPO (4%). Ademais, com relação à CIP, notou-se que as maiores quantidades de depósitos se encontram nas categorias A01 (45%), C12 (19%), C05 (5%), C07 (4%), G01 (2%) e A61 (2%), demonstrando que os estudos desenvolvidos estão voltados para a área da agricultura, bioquímica, microbiologia, fertilizantes, química orgânica, mensuração, testes, medicina e medicina veterinária. Em relação à palavra-chave “nematodes”, obteve-se um retorno de 4.811 depósitos, nos quais envolvem os anos de 2017 e 1999, tendo as maiores quantidades de depósitos ocorridas nos anos de 2016 (44%), 2017 (31%), 2015 (22%), 2007 (1%) e 2005 (1%). Em relação aos países depositantes, nota-se que as maiores quantidades de depósitos estão com a China (33%), os Estados Unidos (27%), a WIPO (15%), a EPO (12%) e a Austrália (3%). No que se refere à CIP, notou-se que os principais depósitos estão inseridos

nas categorias A01 (44%), C12 (14%), C07 (12%), C05 (7%), A61 (4%) e G01 (2%), com isso, nota-se que as principais aplicações das patentes envolvem a agricultura, bioquímica, fertilizantes, microbiologia, química orgânica e medicina veterinária. Acerca das combinações com as palavras-chave, com o termo “clove essential oil” e “biopesticide” foram retornadas apenas duas patentes, depositadas em 2017 e 2012, sendo as duas depositadas pela China e inseridas na categoria A01, que se refere à agricultura, no entanto, as patentes não possuem aplicações nematicidas e larvicidas. Com o termo “eugenol” e “biopesticide” identificaram-se duas patentes depositadas no período de 2017 e 2015, novamente ambas foram depositadas pela China e inseridas na categoria A01, no entanto, com a combinação “eugenol” e “nematodes”, encontraram-se duas patentes depositadas em 2014 e 1988 pelo Japão, nas classificações A01 e A61, demonstrando interesse em áreas da agricultura, medicina, higiene e medicina veterinária. Com o termo “*Syzygium aromaticum*” e “biopesticide” foi reportado apenas um resultado depositado pela China, que aborda a preparação de um biopesticida com o extrato da planta. Com o termo “*Syzygium aromaticum*” e “nematodes”, foi-se obtido apenas um resultado depositado pela China, inserido na categoria A01, que aborda a preparação de extrato aquoso protetor de plantas contra as pragas agrícolas.

Na base de patentes do INPI, não houve resultados reportados para depósitos de patentes com a palavra-chave “óleo essencial do cravo-da-Índia”, enquanto que, para a palavra-chave “eugenol” houve um retorno de 34 patentes, depositadas entre os anos de 1985 e 2017. Tais dados demonstram que a maior quantidade de depósitos ocorreu durante os anos de 2014 e 2006, em que cada um destes dois anos representa um total de 16% da quantidade de depósitos de patentes, totalizando 32% da quantidade de patentes depositadas. Em relação aos países depositantes, nota-se que os principais países a depositarem patentes, na referida base, foram os Estados Unidos (50%), Reino Unido (17%) e a EPO (12%), que juntos, somam 79% dos depósitos de patentes com o termo “eugenol”. No que se refere à CIP, nota-se que as principais aplicações dos inventos estão inseridas nas classificações A01 (53%), C07 (34%), C12 (9%), A61 (12%), G01 (1%) e A23 (1%). Tais dados remetem que as novas criações com o eugenol estão voltadas para aplicações nas áreas da agricultura, química orgânica, bioquímica, microbiologia, medicina, higiene e ciências veterinárias. Com a palavra-chave “biopesticida”, obteve-se um total de 18 patentes, depositadas entre os anos de 2014 e 1992, sendo os principais países depositantes os Estados Unidos (39%), a EPO (22%) e a Índia (11%). Em relação à CIP das patentes, nota-se, novamente, que a principal a categoria da CIP é a A01 (82%), A61 (12%) e C12 (6%), demonstrando que as principais aplicações da espécie *Syzygium aromaticum* estão voltadas para a agricultura, medicina, ciências veterinária, higiene e bioquímica. No que se refere às buscas com a palavra-chave “nematódeos”, retornou um total de 233 patentes, depositadas entre os anos de 2017 e 1976 (Figura 3).

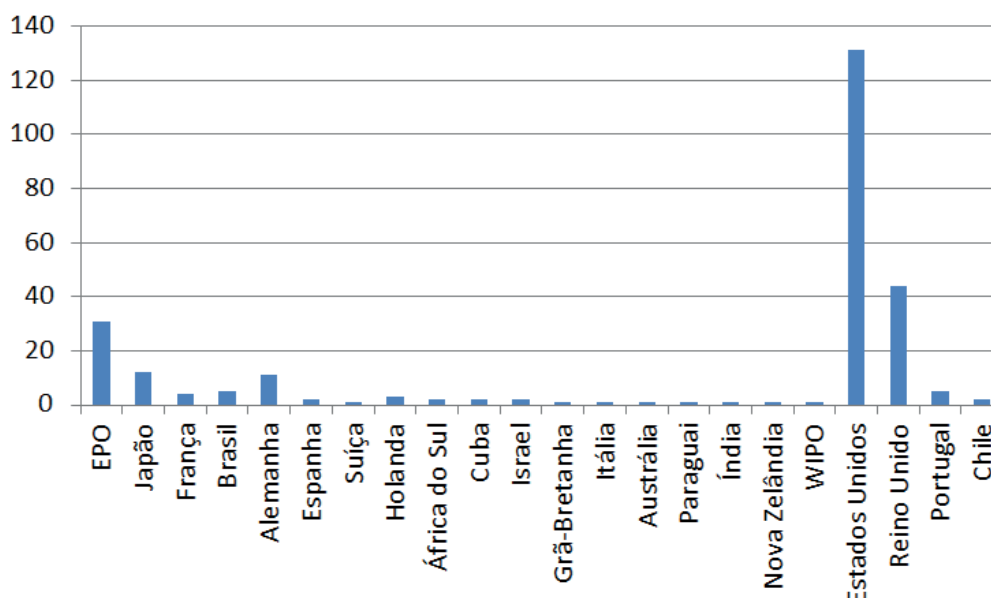
**Figura 3** – Informações sobre a quantidade de depósitos por ano com a palavra-chave “nematódeos” na base do INPI



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

Desse modo, para o termo “nematódeos” na base do INPI, a maior quantidade de depósitos aconteceu durante os anos de 2012, 2007 e 2014, nos quais, os principais países a depositarem as maiores quantidades de patentes foram os Estados Unidos, o Reino Unido e a EPO (Figura 4).

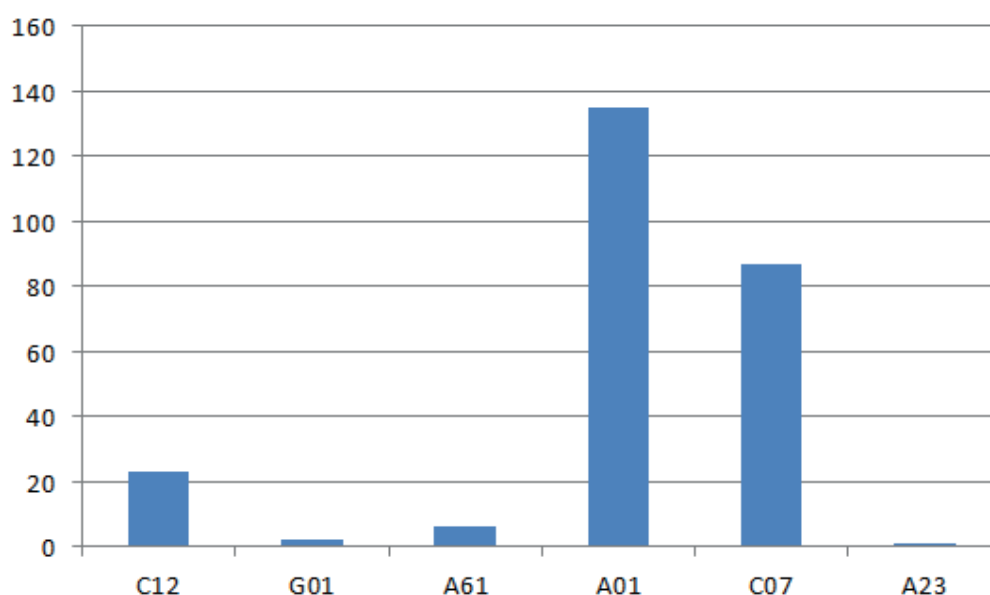
**Figura 4** – Informações sobre os países depositantes de patentes com o termo “nematódeos” na base do INPI



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

Referindo-se à CIP de patentes para a palavra-chave “nematódeos” no INPI, percebe-se que os principais depósitos ocorrem nas seguintes categorias: A01 (agricultura), C07 (química orgânica), C12 (bioquímica, microbiologia, enzimologia), A61 (medicina, higiene, medicina veterinária), A23 (alimentos e tratamentos de alimentares) e G01 (mensuração e testes) (Figura 5).



**Figura 5** – Informações sobre a CIP envolvendo a palavra-chave “nematódeos” na base do INPI

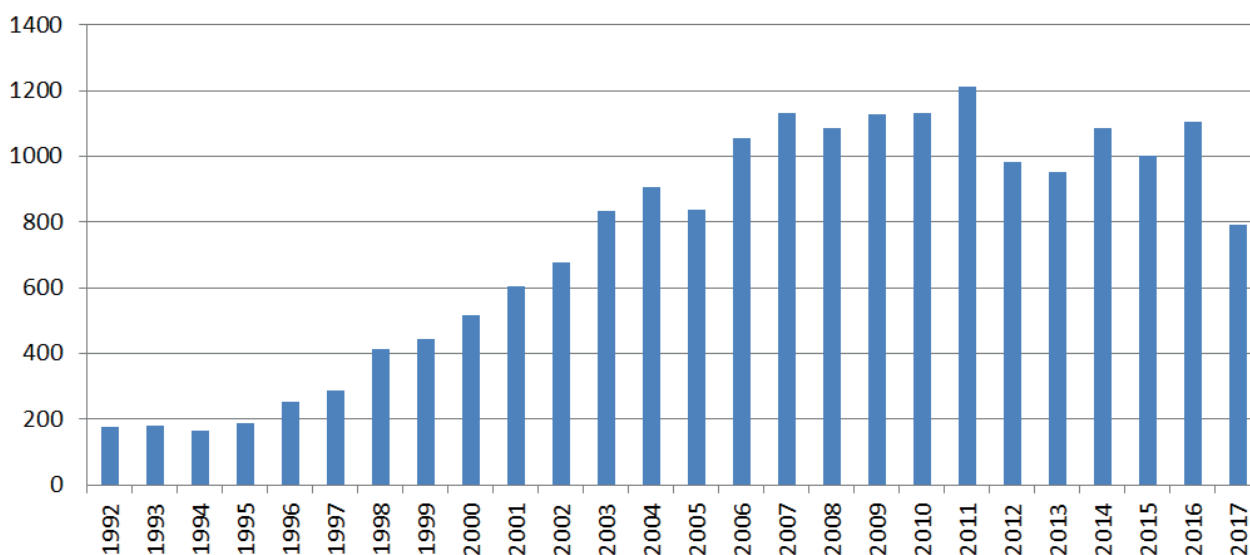
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

Na base de depósitos do USPTO, com a busca do termo “clove essential oil”, foram encontradas seis patentes que envolviam o respectivo termo, sendo estas depositadas entre os anos de 2013 e 1999, nas quais os maiores depósitos ocorreram durante os anos de 2009 (33%), 2012 (17%), 2006 (17%), 1999 (17%) e 2013 (16%). Em relação aos principais países depositantes, nota-se que os Estados Unidos (43%) e a China (15%) estão entre os países com maiores números de depósitos, seguidos do Canadá (14%), México (14%) e Inglaterra (14%). Com relação à CIP, percebe-se que as aplicações com o óleo essencial do cravo-da-Índia envolvem as categorias A61 (31%), A01 (23%), A23 (20%), C11 (20%), A21 (3%) e C12 (3%). Com tais dados, identifica-se que as patentes com o termo “clove essential oil” estão voltadas para as aplicações na medicina, ciências veterinárias, agricultura, engenharia de alimentos, aplicações com óleos animais e vegetais, tratamento e conservação de massas e aplicações bioquímicas. Os resultados com o termo “eugenol” demonstram que há 85 patentes envolvendo a substância até o presente momento, depositadas durante os anos de 2017 e 1977, com os anos de 2000 (6%), 1987 (6%), 2011 (5%), 2001 (5%), 1996 (5%) e 1993 (5%) envolvendo os maiores depósitos. Em relação aos principais países depositantes, nota-se, novamente, que os Estados Unidos (41%) lideram o topo da lista de depositantes, seguido por França (14%), Japão (8%), Canadá (6%) e México (4%). Tais patentes encontram-se inseridas principalmente nas categorias A61 (28%), A01 (24%), C12 (13%), C08 (10%), C07 (9%) e A23 (8%), demonstrando que as utilidades das patentes estão voltadas para as áreas da medicina, ciências veterinária, agricultura, bioquímica, estudos com compostos macromoleculares orgânicos, química orgânica e produtos alimentícios. Com o termo “*Syzygium aromaticum*”, identificaram-se um total de cinco patentes, depositadas entre os anos de 2009 e 1996, com o ano de 2004 obtendo o maior número de depósito, tendo apenas dois países depositantes, os Estados Unidos e a Índia, com as patentes inseridas na categoria A61 e A01, demonstrando o interesse nas áreas da saúde e agricultura.

Ainda na base de depósitos do USPTO, com o termo “biopesticide”, foi identificado 34 patentes com a respectiva palavra-chave. Tais patentes encontram-se depositadas durante os anos de 2016 e 1987, sendo os principais anos de depósitos 2014 (12%), 2012 (9%), 2000 (9%), 2015 (6%) e 2007 (6%). Em relação aos principais países depositantes das patentes, notou-se que os Estados Unidos (71%) estão no topo dos depositantes novamente, seguido por França (8%), Canadá (6%), Alemanha (3%), Bélgica (3%) e Japão (3%). No que se refere à CIP, observou-se que as principais categorias nas quais as patentes estão inseridas são A01 (50%), C12 (18%), A61 (13), C07 (9%), C05 (6%) e G01 (3%), que fomentam criações com relação a agricultura, bioquímica, ciências médicas, medicina veterinária, química orgânica, fertilizantes, medições e testes. Com a pesquisa da palavra-chave “nematodes” na base, retornou um total de 667 patentes, depositadas entre os anos de 2017 e 1973, sendo os principais anos de depósitos de patentes 1995 (6%), 2014 (4%), 1994 (4%), 1993 (4%) e 2013 (3%). Em relação à CIP, observa-se que as principais categorias depositadas são A01 (44%), C07 (39%), C12 (9%), A61 (7%) e G01 (1%), tendo suas respectivas aplicações voltadas para a agricultura, química orgânica, bioquímica, medicina, ciências veterinárias, medições e testes.

Na base de depósitos do WIPO, para o termo “clove essential oil” foram encontrados 20.626 documentos de patentes envolvendo o óleo essencial do cravo-da-Índia, tendo os primeiros depósitos de patentes sidos iniciados no ano de 1972, tendo o ano de 2011 recebido a maior quantidade de depósitos (Figura 6).

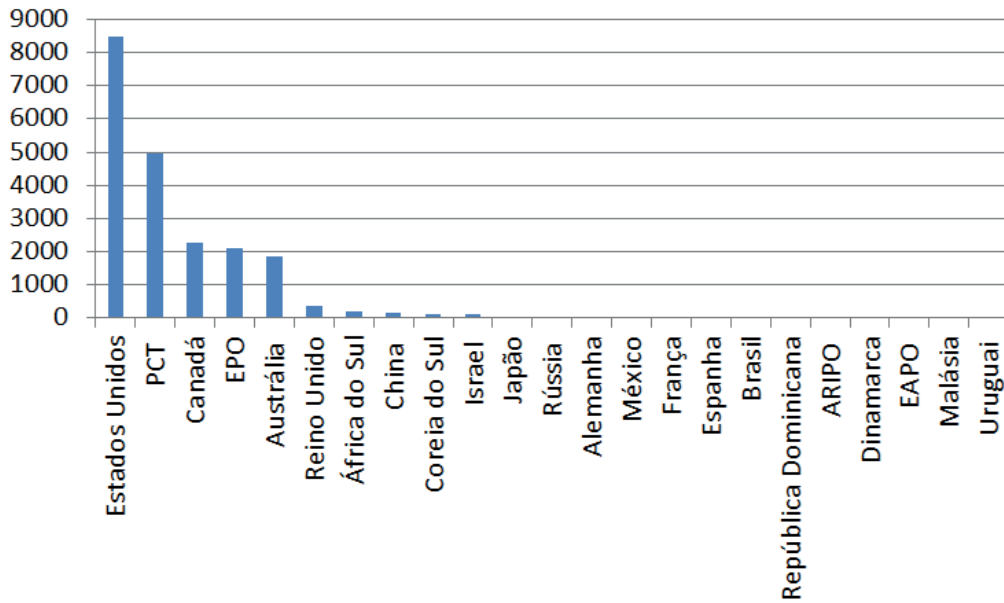
**Figura 6** – Informações sobre a quantidade de depósitos por ano envolvendo a palavra-chave “clove essential oil” na base do WIPO



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

Com relação aos países depositantes, ainda na mesma base, nota-se, outra vez, que a maior quantidade de patentes pertence aos Estados Unidos, país que lidera a posição, seguido do PCT (Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes), Canadá e, em seguida, da EPO (Figura 7).

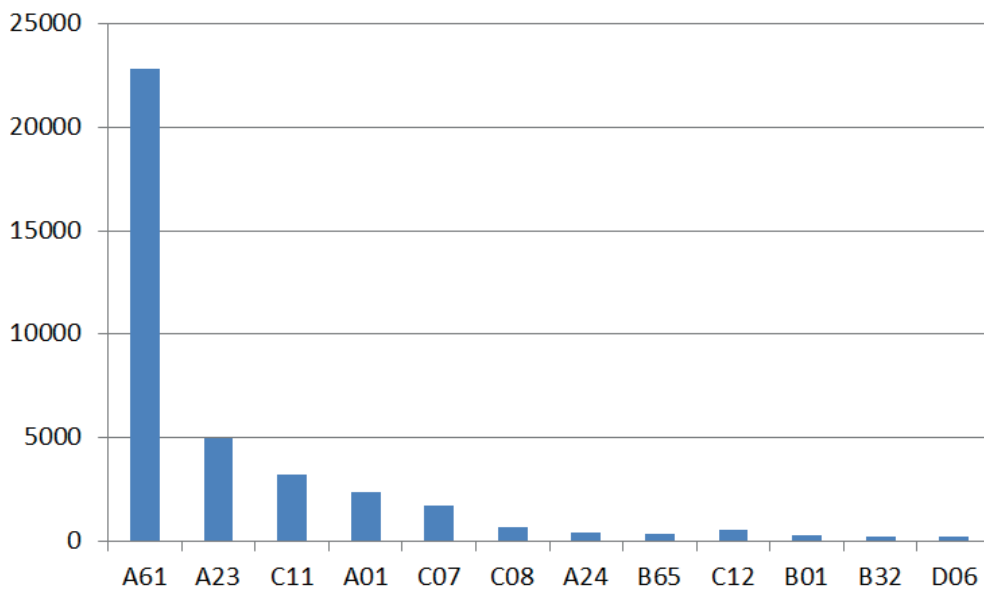
**Figura 7** – Informações dos países que depositaram patentes com o termo “clove essencial oil” na base de depósitos do WIPO



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

Sobre a CIP das patentes, nota-se que as principais classificações das patentes estão inseridas nas categorias A61, A23, C11, A01 e C07 (Figura 8), demonstrando que as principais aplicações das patentes estão voltadas para o desenvolvimento dos eixos da medicina, aplicações veterinárias, engenharia de alimentos, óleos vegetais e animais, agricultura e química orgânica.

**Figura 8** – Informações sobre a CIP de patentes com o termo “clove essencial oil” na base de depósitos do WIPO



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

No que se refere às buscas com o termo “eugenol” no WIPO, foram encontrados 41.613 resultados de patentes depositadas na base, com isso, pode-se observar que os principais países

depositantes foram os Estados Unidos (30%), PCT (21%), Alemanha (7%), Canadá (7%) e Austrália (5%). Tais depósitos estão inseridos nas seguintes categorias da CIP: A01, com 50% dos depósitos inseridos nessa classificação, C11, com 14% dos depósitos, C07, com 10% dos depósitos nessa classificação, A01 e C08, com cada uma, respectivamente, tendo 8% do total das demais classificações. Para as buscas para a palavra-chave “*Syzygium aromaticum*” foram retornadas um total de 1.730 patentes, com os maiores depósitos ocorridos em 2015 (12%), 2016 (11%), 2012 (10%), 2014 (10%), 2010 (6%) e 2009 (6%), tendo os principais países depositantes à China (26%), Estados Unidos (19%), Japão (14%), PCT (13%) e a Coreia do Sul (6%). No que se refere à CIP, nota-se que os maiores depósitos ocorreram nas categorias A61 (67%), A23 (13%), A01 (11%), C12 (3%) e C11 (2%), demonstrando que os principais interesses estão voltados para a medicina, higiene, ciências veterinárias, alimentos, agricultura, bioquímica, óleos vegetais e animais. Para o termo “biopesticide”, foram retornadas 2.878 patentes, depositadas entre os anos de 1992 e 2017, nos quais os anos que obtiveram o maior número de depósitos foram 2015 (12%), 2014 (11%), 2016 (11%), 2012 (7%), 2013 (7%) e 2011 (6%), tendo os principais países depositantes Estados Unidos (26%), PCT (22%), China (12%), Austrália (9%) e EPO (7%). Em relação a CIP, os principais depósitos encontram-se nas categorias A01 (55%), C07 (20%), C12 (17%), A61 (5%) e C05 (2%), tais dados demonstram que as principais invenções estão voltadas para a área da agricultura, química orgânica, bioquímica, medicina, ciências veterinárias, higiene e fertilizantes. Com o termo “nematodes”, identificaram-se um total de 48.477 resultados, depositados durante os anos de 2007 e 2017, tendo recebido as maiores quantidades de depósitos os anos de 2011 (7%), 2009 (6%), 2010 (6%), 2012 (6%), 2013 (6%) e 2014 (6%), tendo os maiores números de depósitos registrados os países: Estados Unidos (41%), PCT (18%), Canadá (10%), Austrália (9%) e EPO (9%). No que se refere à CIP, nota-se que as principais categorias depositadas são A01 (35%), C07 (22%), C12 (21%), A61 (17%) e G01 (3%), demonstrando que as patentes estão voltadas para a agricultura, química orgânica, bioquímica, medicina, medicina veterinária, higiene, medições e testes. A busca com a combinação “eugenol” e “nematodes” revelaram cerca de 1.586 patentes, tendo os maiores depósitos acontecidos em 2014, 2016 e 2015, nos quais os principais países depositantes foram o PCT e os Estados Unidos, com apenas uma patente tratando-se do tratamento de nematódeos com o eugenol (12450511). Com o termo “eugenol” e “biopesticide” retomaram 297 resultados, depositadas principalmente pela EPO, Canadá e China, porém, não foi identificado nenhum depósito de um biopesticida a base de eugenol. A busca para a combinação “*Syzygium aromaticum*” e “nematodes” retornou um total de 46 patentes, depositadas entre os anos de 2017 e 1999, com os principais países depositantes Estados Unidos, PCT, Canadá e Austrália, não foi identificada nenhuma patente com aplicações diretas voltadas ao óleo essencial do cravo-da-Índia ou do eugenol em nematódeos. Com a combinação “*Syzygium aromaticum*” e “biopesticide” foram retornados sete documentos de patentes depositadas entre os anos de 2016 e 2011, nos quais os principais depositantes, novamente, são os Estados Unidos, PCT, Austrália e Canadá, sendo que as patentes para essa busca não possuíam aplicações nematicidas ou larvicidas. Para a combinação “clove essential oil” e “biopesticide” retomaram 43 resultados de depósitos, ocorrendo principalmente entre os anos de 2017 e 2008, e tendo como os principais depositantes os Estados Unidos, PCT e o Canadá, no entanto, não foi verificado nenhum depósito de patente envolvendo a ação nematicida e larvicida do eugenol ou do óleo essencial do cravo-da-Índia com a respectiva combinação. Com o termo “clove essential oil” e “nematodes” retomaram 403 resultados, depositados entre os anos de 2017 e 1995, tendo

como os principais depositantes os Estados Unidos, a PCT e a Austrália. Na busca identificou-se apenas um depósito de patente que envolve o tratamento de nematódeos com o eugenol, no entanto, nenhum resultado de depósito com ação larvicida na busca foi retornado.

## 4 Considerações Finais

Com os resultados da busca em bases de artigos científicos (PubMed, Web of Science™, Scopus e Scielo) para a ação nematicida e larvicida do cravo-da-Índia e do eugenol, identificou-se que pouco vem sendo publicado acerca de tais atividades biológicas dos compostos, demonstrando que são poucas as pesquisas realizadas e publicadas sobre tais compostos e suas aplicações químicas e biológicas. No entanto, observou-se que o efeito nematicida e larvicida do eugenol tem sido timidamente explorado, corroborando para que novas pesquisas sejam desenvolvidas com estas substâncias.

No que se refere às buscas nas bases de patentes do EPO, WIPO, USPTO e INPI para as atividades biológicas nematicida e larvicida do óleo essencial do cravo-da-Índia e do eugenol, observa-se, de forma geral, que poucos são os depósitos envolvendo as ações biológicas de tais compostos, principalmente a nematicida e larvicida. Nas bases de patentes, identificou-se que os principais países depositantes das tecnologias foram a China e os Estados Unidos, com tais propriedades intelectuais inseridas, majoritariamente, nas CIP A61, A01 e A23.

A partir dos resultados obtidos com tal prospecção científica e tecnológica, conclui-se que pouco vem sendo explorado sobre as atividades biológicas nematicida e larvicida do óleo essencial do cravo-da-Índia e do eugenol, fazendo-se necessário que novas pesquisas acerca desses compostos, principalmente com relação a atividades biológicas, sejam realizadas, possibilitando assim o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para a agricultura.

## Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Processo n. 800805/2016-0).

## Referências

ALAK, G. *et al.* Assessment of 8-hydroxy-2-deoxyguanosine activity, gene expression and antioxidant enzyme activity on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) tissues exposed to biopesticide. **Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol**, [S.l.], v. 203, p. 51-58, out. 2017.

ALJABR, A. M. *et al.* Toxicity of Plant Secondary Metabolites Modulating Detoxification Genes Expression for Natural Red Palm Weevil Pesticide Development. **MOLECULES**, [S.l.], v. 22, p. 169, jan. 2017.

ALVARENGA, E. M.; FREITAS, R. M.; MEDEIROS, J. V. R. Prospecção Tecnológica da Atividade Biológica, com Ênfase em Atividade Antidiarreica, de Carvacrol e Acetato de Carvacrolila. **Revista Geintec**, [S.l.], v. 5, p. 1.639-1.651, fev. 2015.



- ARAUJO, A. F. O. *et al.* Larvicidal activity of *Syzygium aromaticum* (L.) Merr and *Citrus sinensis* (L.) Osbeck essential oils and their antagonistic effects with temephos in resistant populations of *Aedes aegypti*. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, [S.l.], v. 111, n.7, p. 443-449, jul. 2016.
- BAI, W. M. *et al.* Extract of *Syringa oblata*: A new biocontrol agent against tobacco bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [S.l.], v. 134, p. 79-83, nov. 2016.
- BARBOSA, J. D. F. *et al.* Structure-activity relationships of eugenol derivatives against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. **Pest Manag Sci**, [S.l.], v. 68, p. 1.478-1.483, jun. 2012.
- CAI, L.; WU, C. D. Compounds from *Syzygium aromaticum* Possessing Growth Inhibitory Activity Against Oral Pathogens. **J. Nat. Prod**, [S.l.], v. 59, n. 10, p. 987-990, maio, 1996.
- CARLETTI, B. *et al.* Effects of a Clove Oil Extract on Eggs and Second-Stage Juveniles of *Meloidogyne Incognita* (Kofoid et White, 1919) Chitwood, 1949. **Redia-Giornale di Zoologia**, [S.l.], v. 94, p. 13-19, dez. 2011.
- CHELINHO, S. *et al.* Toxicity of the bionematicide 1,4-naphthoquinone on non-target soil organisms. **Chemosphere**, [S.l.], v. 181, p. 579-588, ago. 2017.
- EL-ABBASSI, A. *et al.* Potential applications of olive oil mill wastewater as biopesticide for crops protection. **Science of the Total Environment**, [S.l.], v. 576, p. 10-21, out. 2017.
- FAYEMIWO, K. A. *et al.* Larvicidal efficacies and chemical composition of essential oils of *Pinus sylvestris* and *Syzygium aromaticum* against mosquitoes. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, [S.l.], v. 4, p. 30-34, jan. 2014.
- GOVINDARAJAN, M. *et al.* Eugenol,  $\alpha$ -pinene and  $\beta$ -caryophyllene from *Plectranthus barbatus* essential oil as eco-friendly larvicides against malaria, dengue and Japanese encephalitis mosquito vectors. **Parasitology Research**, [S.l.], v. 115, p. 807-815, fev. 2016.
- GROSS, A. D. *et al.* Interaction of plant essential oil terpenoids with the southern cattle tick tyramine receptor: A potential biopesticide target. **Chemico-Biological Interactions**, [S.l.], v. 263, p. 1-6, dez. 2017.
- GUIMARÃES, M. *et al.* Estudo de Avaliação de Risco de 19 Biopesticidas sobre o Microcrustáceo *Daphnia Similis*. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2012, Jaguariúna. **Anais [...]**, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012, p. 1-10.
- HARISMAH, K. *et al.* Protection capacity of mosquito repellent ink from citronella (*Cymbopogon nardus* L.) and clove leaf oils (*Syzygium aromaticum*) against *Aedes aegypti*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY, AND INDUSTRIAL APPLICATION - GREEN PROCESS, MATERIAL, AND ENERGY: A SUSTAINABLE SOLUTION FOR CLIMATE CHANGE, 3, Indonesia. **AIP Conference Proceedings**, Indonésia, 2017. p. 020023-1-020023-6.
- IBRAHIM, R. A.; ALAHMADI, S. S. Effect of *Syzygium aromaticum* cloves on larvae of the rhinoceros beetle, *Oryctes agamemnon* (Coleoptera: Scarabaeidae). **African Entomology**, [S.l.], v. 23, p. 458-466, set. 2015.
- IBRAHIM, F. M. *et al.* Biochemical characterization, anti-inflammatory properties and ulcerogenic traits of some cold-pressed oils in experimental animals. **Pharmaceutical Biology**, [S.l.], v. 55, n. 1, p. 740-748, dez. 2017.

JING, C. *et al.* In vitro and in vivo activities of eugenol against tobacco black shank caused by *Phytophthora nicotianae*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [S.l.], v. 142, p. 148-154, out. 2017.

LI, H. Q. *et al.* Chemical Composition and Nematicidal Activity of Essential Oil of *Agastache rugosa* against *Meloidogyne incognita*. **Molecules**, [S.l.], v. 18, p. 4.170-4.180, abr. 2013.

MACHADO, J. R. *et al.* Synthesis of eugenyl acetate by immobilized lipase in a packed bed reactor and evaluation of its larvicidal activity. **Process Biochemistry**, [S.l.], v. 58, p. 114-119, jul. 2017.

MARIANO, W. S. *et al.* Arapaima gigas, exposto a um biopesticida a base de *Bacillus thuringiensis*: perfil Leucocitário e análise da mucosa intestinal. In: EBI 2017 – XXII ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, 22., 2017, Porto Seguro. **Anais Ebi 2017 – XXII Encontro Brasileiro De Ictiologia**. Porto Seguro: Universidade Federal do Sul da Bahia, 2017. p. 728-732.

MEYER, S. L. F. *et al.* Dose-response effects of clove oil from *Syzygium aromaticum* on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. **Pest Manag Sci**, [S.l.], v. 64, p. 223-229, dez. 2008a.

MEYER, S. L. F. *et al.* Phytotoxicity of clove oil to vegetable crop seedlings and nematotoxicity to root-knot nematodes. **Horttechnology**, [S.l.], v. 18, p. 631-638, out./dez. 2008b.

MILADI, H. *et al.* Synergistic effect of eugenol, carvacrol, thymol, p-cymene and  $\alpha$ -terpinene on inhibition of drug resistance and biofilm formation of oral bacteria, **Microbial Pathogenesis**, [S.l.], v. 112, p. 156-163, nov. 2017.

MOREIRA, L. C. B. *et al.* Ação nematicida do eugenol em tomateiro. **Pesqui. Agropecu. Trop**, [S.l.], v. 43, n. 3, jul.-set. 2013.

NTALLI, N. G. *et al.* Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematicidal activity of essential oils from seven plants indigenous to Greece. **Pest Management Science**, [S.l.], v. 67, p. 341-351, dez. 2010a.

NTALLI, N. G. *et al.* Phytochemistry and Nematicidal Activity of the Essential Oils from 8 Greek Lamiaceae Aromatic Plants and 13 Terpene Components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S.l.], v. 58, p.7856-7863, jul. 2010b.

OLIVEIRA, A. P. *et al.* Prospecção Científica e Tecnológica de *Chenopodium ambrosioides*, com ênfase nas atividades farmacológicas. **Cad. Prospec.**, [S.l.], v. 8, n. 4, p. 828-838, out.-dez. 2015.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. G. *et al.* Prospecção Tecnológica do Gênero *Annona* (*Annonaceae*). **Revista Geintec**, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 850-858, jan. 2014.

PARK, I. K. *et al.* Nematicidal activity of plant essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and cinnamon (*Cinnamomum verum*) oils against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). **Nematology**, [S.l.], v. 7, p. 767-774, set. 2005.

PARK, I. K. *et al.* Nematicidal activity of plant essential oils and components from ajowan (*Trachyspermum ammi*), allspice (*Pimenta dioica*) and litsea (*Litsea cubeba*) essential oils against pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). **Journal of Nematology**, [S.l.], v. 39, p. 275-279, set. 2007.

PEREIRA, Á. I. S. *et al.* Antimicrobial activity in fighting mosquito larvae *Aedes aegypti*: Homogenization of essential oils of linalool and eugenol. **Educacion Quimica**, [S.l.], v. 25, p. 446-449, out. 2014.

- QUEIROZ, J. C. C. *et al.* Busca Tecnológica do Uso de Plantas da Família Annonaceae no Tratamento da Dor. **Revista Geintec**, [S.l.], v. 4, n. 4, p. 1.351-1.360, out. 2014.
- RAINA, V. K. *et al.* Essential oil composition of *Syzygium aromaticum* leaf from Little Andaman, India. **Flavour And Fragrance Journal**, [S.l.], v. 16, p. 334-336, mar. 2001.
- RANGER, C. M. *et al.* Toxicity of Botanical Formulations to Nursery-Infesting White Grubs (Coleoptera: Scarabaeidae). **Journal of Economic Entomology**, [S.l.], v. 102, p. 304-308, fev. 2009.
- SALGADO, S. M.; CAMPOS, V. P. Ecloração e mortalidade de *Meloidogyne exigua* em extratos e em produtos naturais, **Fitopatol. Bras**, [S.l.], v. 28, n. 2, mar.-abr. 2003.
- SAMEZA, M. L. *et al.* Evaluation of Clove Essential Oil as a Mycobiocide Against *Rhizopus stolonifer* and *Fusarium solani*, Tuber Rot Causing Fungi in Yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). **Journal of Phytopathology**, [S.l.], v. 164, p. 433-440, ago. 2016.
- SHARMA, U. K. *et al.* Pharmacological activities of cinnamaldehyde and eugenol: antioxidant, cytotoxic and anti-leishmanial studies. **Cellular and Molecular Biology**, [S.l.], v. 63, p. 73-78, jul. 2017.
- SILVA FILHO; J. E.; RODRIGUES, S. S. F. B. Prospecção Tecnológica do uso do óleo essencial de cravo-da-Índia (*Eugenia caryophyllata*) e do eugenol na formulação de produtos para higiene pessoal, alimentos e medicamentos. **Cadernos de Prospecção**, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 152-158, 2012.
- SPENCE, K. O.; LEWIS, E. E. Biopesticides with complex modes of action: direct and indirect effects of DiTera (R) on *Meloidogyne incognita*. **Nematology**, [S.l.], v. 12, p. 835-846, 2010.
- TAVANTI, T. R. *et al.* Ocorrência de *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, e uso de biopesticidas no controle de mancha angular na abobrinha “Menina Brasileira”. **Agrarian Academy**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 109-124, dez. 2014.
- VITERI JUMBO, L. O. *et al.* Potential use of clove and cinnamon essential oils to control the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say, in small storage units. **Industrial Crops and Products**, [S.l.], v. 56, p. 27-34, maio, 2014.
- WALKER, J. T.; MELIN, J. B. *Mentha x piperita*, *Mentha spicata* and effects of their essential oils on *Meloidogyne* in soil. **Journal of Nematology**, [S.l.], v. 28, p. 629-635, dez. 1996.
- ZANARDI, O. Z. *et al.* Bioactivity of a matrine-based biopesticide against four pest species of agricultural importance. **Crop Protection**, [S.l.], v. 67, p. 160-167, out. 2015.
- ZHANG, Y. *et al.* Antibacterial and antibiofilm activities of eugenol from essential oil of *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L. M. Perry (clove) leaf against periodontal pathogen *Porphyromonas gingivalis*. **Microbial Pathogenesis**, [S.l.], v. 113, p. 396-402, dez. 2017.

## Sobre os Autores

### Paulo Sérgio de Araujo Sousa

E-mail: psergio.araujosousa@gmail.com

Licenciado em Química.

Endereço profissional: Rodovia PI 213, km 21, Zona Rural, Cocal, PI. CEP: 64.235-000.

**Marcielle Gomes Rodrigues**

*E-mail:* marcielerodrigues01@gmail.com

Licenciada em Química.

Endereço profissional: Rodovia PI 213, km 21, Zona Rural, Cocal, PI. CEP: 64.235-000.

**Elenice Monte Alvarenga**

*E-mail:* elenice\_ma@hotmail.com

Doutora em Biotecnologia.

Endereço profissional: Rodovia PI 213, km 21, Zona Rural, Cocal, PI. CEP: 64.235-000.