

Prospecção Tecnológica de Inseticidas para Controle de *Tribolium Castaneum* em Produtos Armazenados

Technological Prospection of Insecticides for the Control of *Tribolium Castaneum* in Stored Products

Lays Nogueira Miranda¹

Luciano Aparecido Meireles Grillo¹

¹Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil

Resumo

Tribolium castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae) é uma das principais pragas por causar danos quantitativos e qualitativos aos produtos pós-colheita, gerando prejuízos de centenas de milhões de dólares em diversos setores econômicos. Sendo assim, este estudo tem como objetivo identificar invenções inseticidas para controle do *T. castaneum* em produtos armazenados. Trata-se de um estudo de prospecção tecnológica realizado por meio da ferramenta de pesquisa de patente Derwent Innovations Index e das bases Espacenet e Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Foram identificadas 86 patentes relacionadas a produtos com potencial inseticida contra *T. castaneum*, sem duplicata. Destas, a maioria trata de inseticidas químicos sintéticos (66,3%), seguidos de bioinseticidas (23,2%) e produtos transgênicos (10,5%). As patentes relacionadas a bioinseticidas são de origem botânica (70%), de bactéria (25%) e de fungo (5%). Os resultados deste estudo apontam para a importância de serem desenvolvidas tecnologias utilizando-se novas fontes de produtos naturais com potencial inseticida para controle dessa praga que sejam seguros para o meio ambiente e para a saúde humana.

Palavras-chave: Controle de Pragas. Biotecnologia. Prospecção.

Abstract

Tribolium castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae) is one of the main pests for causing quantitative and qualitative damage to post-harvest products, generating losses of hundreds of millions of dollars in various economic sectors. Thus, this study aimed to identify insecticide inventions to control *T. castaneum* in stored products. This is a study of technological prospecting carried out through the patent research tool Derwent Innovations Index and the Espacenet and INPI bases. 86 patents related to products with potential insecticide against *T. castaneum*, without duplicate, were identified. Among these, most are synthetic chemical insecticides (66,3%), followed by bioinsecticides (23,2%) and transgenic products (10,5%). Patents related to bioinsecticides are of botanical origin (70%), bacteria (25%) and fungus (5%). The results of this study point to the importance of developing technologies using new sources of natural products with insecticide potential to control this pest, safe for the environment and human health.

Keywords: Pest Control. Biotechnology. Prospecting.

Área Tecnológica: Biotecnologia. Biodiversidade e Recursos Naturais. Meio Ambiente e Sustentabilidade.



1 Introdução

Entre as pragas de insetos, o *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) é uma das principais por causar danos quantitativos e qualitativos aos produtos pós-colheita, gerando prejuízos de centenas de milhões de dólares em diversos setores econômicos em todo o mundo. Acrescenta-se a isso o fato de apresentar alta adaptabilidade, principalmente em ambientes com alta umidade, e expressiva resistência aos inseticidas sintéticos ao longo dos anos (AJAHA *et al.*, 2019; ALCALA-OROZCO *et al.*, 2019; OPIT *et al.*, 2012).

Essa espécie geralmente se alimenta de farinha de trigo, cereais, massas, biscoitos, feijão, nozes, cacau e outros produtos alimentares, causando elevado impacto na economia global, sendo responsável por causar danos em 10 a 40% do total de produtos mundiais (PHANKAEN *et al.*, 2017). Estima-se que a perda anual, em decorrência da infestação por esse inseto-praga, chegue a 36 milhões de toneladas no mundo, ocasionando uma perda em receita de 500 milhões a um bilhão de dólares nos países em desenvolvimento (AL-SHWELLY; AL-GIZY, 2021; ATTIA *et al.*, 2020).

No mais, as infestações de produtos armazenados por *T. castaneum* geralmente estão associadas a fungos de armazenamento, particularmente *Aspergillus flavus*, que liberam toxinas, a exemplo da aflatoxina B1, que induz a geração de radicais livres no corpo, contribuintes para desenvolvimento de doenças cardiovasculares, neurodegenerativas e câncer. Nesse contexto, o consumo de alimentos contaminados representa um risco à saúde do ser humano e de outros animais (UPADHYAY *et al.*, 2019).

Esse inseto, também conhecido como besouro de farinha vermelha, é uma praga cosmopolita, difícil de controlar, uma vez que explora fissuras, fendas e refúgios dentro dos equipamentos ou na estrutura dos edifícios. Além disso, desenvolveu resistência contra todos os inseticidas utilizados para seu controle, incluindo a fosfina, que tem sido o fumegante mais utilizado mundialmente em virtude do seu baixo custo, rápida difusão e ausência de resíduos nos produtos tratados (HAOUEL-HAMDI *et al.*, 2020; HASSAN; SILEEM; HASSAN, 2020).

Em virtude dessas características, estudos desenvolvidos em diversos países indicam a necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias para o controle do *T. castaneum*, com ênfase na produção de alternativas seguras ecológicas e eficazes para seu controle (BRARI; THAKUR, 2018; GHARSAN *et al.*, 2018; HASHEN *et al.*, 2020; JUNG *et al.*, 2020). Porém, observa-se que o uso de inseticidas químicos sintéticos ainda é a primeira escolha para o controle desse inseto-praga, o que provoca uma preocupação geral sobre os impactos negativos para o ambiente e para a saúde humana decorrentes da utilização desses produtos, a exemplo do efeito adverso nos ecossistemas e seu acúmulo no meio ambiente (BERINE *et al.*, 2018).

Assim, os estudos de prospecção tecnológica surgem como uma estratégia de inteligência competitiva, a fim de nortear as atividades de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico para a identificação de diferenciais no mercado de produtos inseticidas para controle de *T. castaneum* em produtos armazenados, uma vez que permitem a identificação de novas possibilidades e redução de incertezas nos processos de tomada de decisão a partir da utilização de informações que possam orientar o futuro desse setor (PARANHOS; RIBEIRO, 2018).

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão patentária a fim de identificar invenções inseticidas para controle do *T. castaneum* em produtos armazenados. O desenvolvimento deste estudo justifica-se pela necessidade de delimitar o panorama mun-

dial de biotecnologias eficazes para auxiliar no combate a essa praga cosmopolita e reduzir os impactos econômicos em todo o mundo.

2 Metodologia

Trata-se de um estudo de prospecção tecnológica realizado em janeiro de 2021 na ferramenta de pesquisa de patente Derwent Innovations Index e nas bases de patente Espacenet e Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), por meio da estratégia de busca *Tribolium castaneum* AND *insecticide*. A associação dessas palavras-chaves com o operador booleano AND deu-se pela necessidade de direcionar a busca para produtos com potencial inseticida, uma vez que a utilização de algoritmos baseados em linguagem booleana torna a recuperação de informação mais qualificada e assertiva (SOBRAL; MIRANDA; SILVA, 2018).

A busca por documentos de patente na ferramenta Derwent e na base Espacenet deu-se a partir das palavras-chave em inglês, por meio do campo tópico da busca básica para a ferramenta e do campo título ou resumo da busca avançada para a base. Por sua vez, a busca na base de patente INPI deu-se com as palavras-chave em português por meio do campo resumo da busca básica. Ressalta-se que em nenhuma das buscas fez-se limitação do intervalo de tempo de depósito, uma vez que este estudo busca identificar todas as produções tecnológicas patenteadas para o controle de *T. castaneum* ao longo dos anos.

As bases e as ferramentas de busca de patentes foram selecionadas com base na sua importância e abrangência para a indexação de pedidos de patentes no Brasil e no mundo. Sobre a ferramenta Derwent, é importante ressaltar que esta é considerada uma ferramenta de pesquisa importante por indexar patentes de 59 autoridades emissoras de patente em todo o mundo (CLARIVATE, 2021). Por sua vez, a base de patente Espacenet, desenvolvida pelo Escritório Europeu de Patentes (European Patent Office – EPO) em parceria com os estados-membros da Organização Europeia de Patentes, contém dados sobre mais de 120 milhões de documentos de patentes do mundo (EPO, 2021) e, por fim, a base de patentes do INPI dá acesso às concessões de patentes fornecidas no Brasil (INPI, 2021).

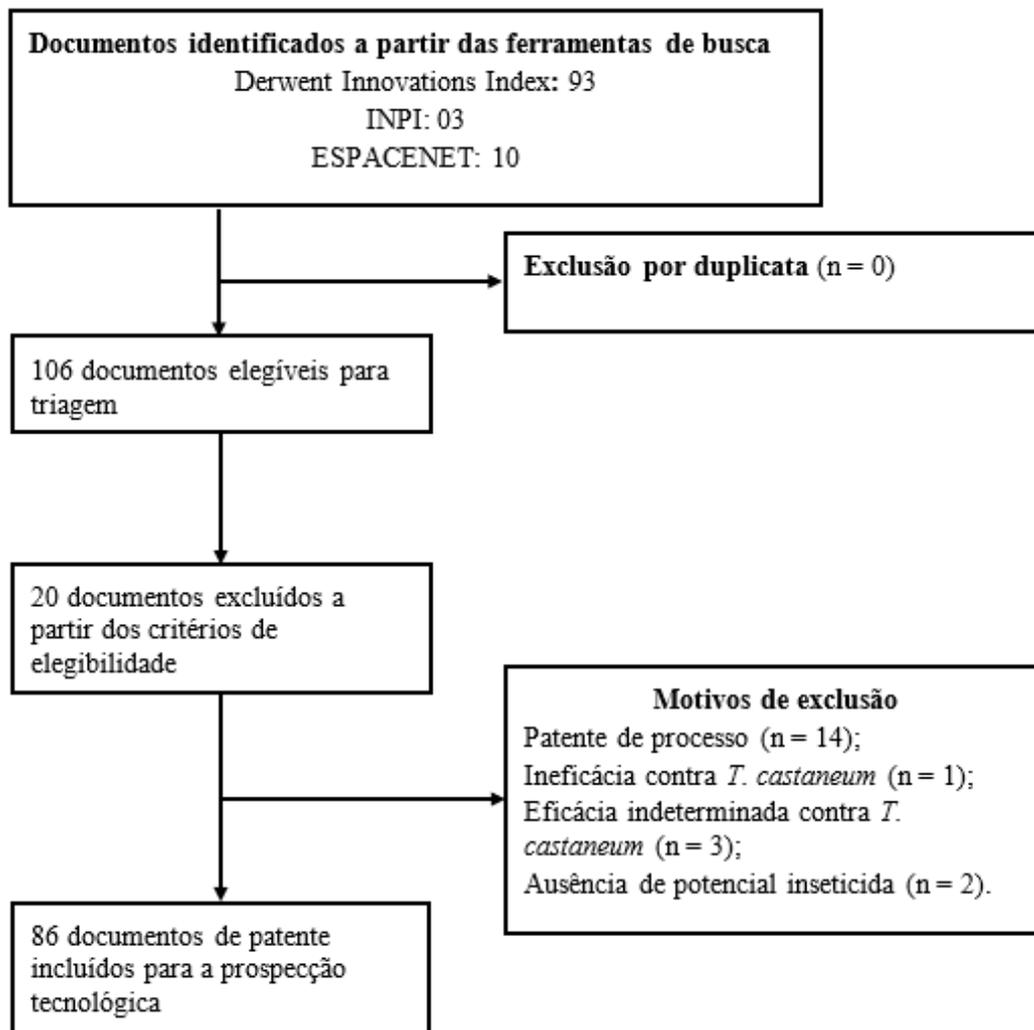
Para a identificação de documentos de patentes relacionadas a produtos inseticidas para controle de *T. castaneum* em produtos armazenados, foram estabelecidos os seguintes critérios de elegibilidade: para inclusão dos documentos de patentes neste estudo, eles deveriam apresentar, no resumo ou na descrição detalhada, o potencial inseticida contra *T. castaneum* e tratar-se de patente de invenção associada a produto, de modo que as patentes associadas a processos foram excluídas. O fluxograma de identificação e de seleção dos documentos de patente é apresentado na Figura 1.

Após a identificação das patentes elegíveis foi criado um banco de dados do estudo, utilizando o *software* Microsoft Office Excel® (versão office 365), contendo as seguintes informações: número da patente, ano de publicação, país do depositante, código de Classificação Internacional de Patentes (CIP) (*IPC – International Patent Classification*), produto base, origem do produto, nome dos inventores e código de classe Derwent, para as patentes identificadas por meio dessa ferramenta.

O banco de dados produzido por meio deste estudo permitiu a elaboração de gráficos para a análise quantitativa das patentes identificadas, os quais são apresentados no tópico resultados

e discussão deste artigo, e, em seguida, realizou-se uma análise qualitativa dos documentos de patente, a fim de elucidar os componentes envolvidos nas invenções, suas formas de aplicação e mecanismos de ação. Por fim, os dados encontrados foram associados aos achados da literatura atual sobre o tema em questão, com o intuito de relacionar as tecnologias empregadas para a solução dessa problemática de interesse mundial com suas possíveis vantagens e desvantagens.

Figura 1 – Fluxograma de identificação e de seleção de documentos de patente para prospecção tecnológica de inseticidas para controle de *T. castaneum* em produtos armazenados



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2021)

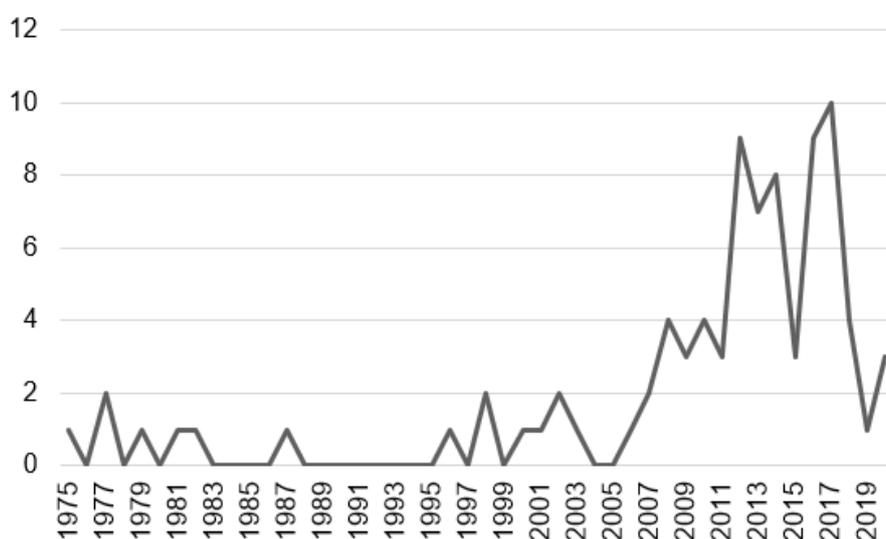
3 Resultados e Discussão

A partir das buscas nas bases de patentes, foi possível identificar 86 patentes relacionadas a produtos com potencial inseticida contra *T. castaneum*, sem duplicata. Dessas, 76 estavam indexadas na base Derwent Innovations Index (88,3%), sete na base Espacenet (8,1%) e três na base do INPI (3,5%). Tal dado reforça a importância da ferramenta Derwent na realização de estudos de prospecção tecnológica, uma vez que a busca por meio dessa ferramenta permite o acesso a mais de 30 milhões de invenções descritas em mais de 65 milhões de documentos de patentes.

Com relação ao ano de publicação dos documentos de patente (Gráfico 1), identificou-se um aumento das publicações a partir do ano de 2008, de modo que o período de 2008 a 2020 soma 79,1% da publicação mundial acerca de tecnologias inseticidas contra *T. castaneum*, com destaque para os anos de 2012, 2016 e 2017, que apresentaram o maior quantitativo de patentes publicadas (9, 9 e 10, respectivamente). O aumento do número de patentes a partir do ano de 2008 corrobora com o perfil mundial de publicação de patentes que apresentou aumento exponencial a partir do mesmo ano (crescimento de 5,8% ao ano), com exceção do ano de 2009, no qual houve ligeira queda (crescimento de 3,8%), segundo dados da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) (WIPO, 2018).

O perfil mundial de aumento de número de patentes a partir do ano de 2008 mostra-se relacionado com o aumento da participação da China em produção e inovação no período de 2007 a 2017, superando o número de inscrições do *European Patent Office* (EPO) e da República da Coreia em 2005, do Japão em 2010 e dos Estados Unidos em 2011, sendo considerado o maior escritório de patentes do mundo em número de inscrições, enquanto a participação dos outros quatro escritórios diminuiu no mesmo período (WIPO, 2018). Estudiosos da área apontam que o crescimento exponencial de patentes na China relaciona-se com a intensificação da pesquisa e desenvolvimento da economia chinesa, aumento de investimento estrangeiro direto nesse país e alteração das leis de patentes, que passaram a favorecer os detentores de patentes (HU; PENG; LIJING, 2017).

Gráfico 1 – Evolução anual dos depósitos de patentes relacionadas a produtos inseticidas contra *T. castaneum*



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2021)

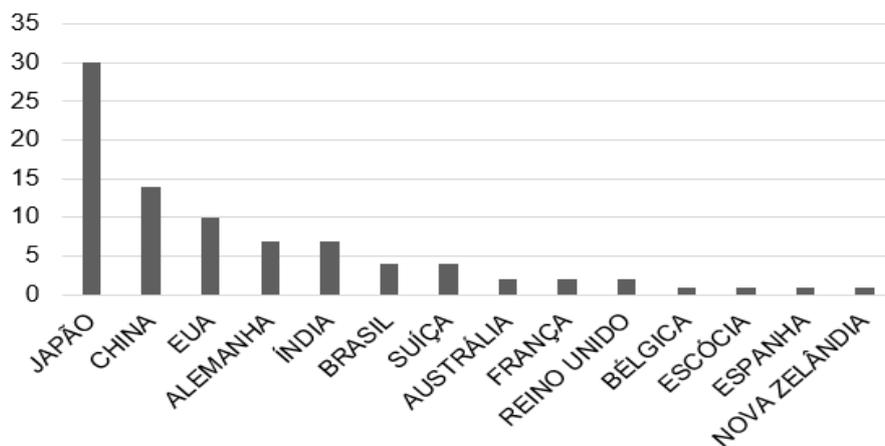
Quanto aos países requerentes das patentes de interesse deste estudo (Gráfico 2), destacam-se aqueles pertencentes ao Continente Asiático, que detêm 59,3% das patentes identificadas, acompanhados do Continente Europeu (20,9%), América (16,3%) e Oceania (3,5%). Torna-se importante ressaltar que a Ásia ocupava quatro lugares no *ranking* dos dez maiores escritórios de pedidos de patente do mundo no ano de 2017, sendo esses lugares ocupados pela China (1º), Japão (3º), República da Coreia (4º) e Índia (7º). Destes, os três primeiros escritórios de propriedade intelectual asiáticos destacam-se por receber a maior parte de inscrições de candi-

dados residentes, em contraste ao que é observado nos EUA e no Canadá, por exemplo, com mais inscrições de candidatos não residentes (WIPO, 2018).

A Ásia também ocupa lugar de destaque no mercado global de alimentos, tendo sido responsável por pouco mais de 48% da produção mundial de cereais em 2019 (FAO, 2021). China e Índia ganham destaque na produção de trigo e arroz, ocupando o primeiro e o segundo lugar, respectivamente, na produção desses grãos, enquanto a China é o segundo maior produtor de milho (ECONOMIC REPORT, 2016). Esses cereais estão entre aqueles suscetíveis a perdas pós-colheita em virtude de infestação de insetos, como *T. castaneum*, com relatos de perda de 13% da produção da China por essa razão (JUNG *et al.*, 2020).

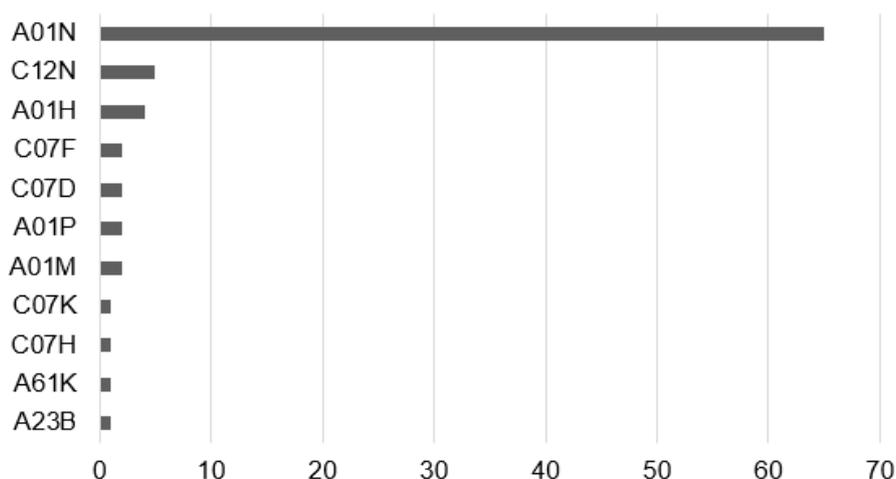
O Japão apresenta-se como o maior país requerente de patentes de interesse deste estudo (34,9%), fato que pode estar relacionado à limitação de terras agricultáveis desse país em virtude da alta densidade populacional. No Japão, 12,8% das terras são destinadas à agricultura, o que equivale a, aproximadamente, 46.861 km², enquanto no Brasil, por exemplo, destinam-se 664.248 km² para essa finalidade, equivalente a 7,8% do território brasileiro (BERNARDES; CALVENTE, 2014). Além da limitação de terras agricultáveis, estima-se que esse país desperdice a cada ano oito milhões de toneladas de alimentos comestíveis pós-colheita, o que levou o governo japonês a introduzir uma política destinada a reduzir o desperdício na indústria de alimentos a partir de 2012 (MUNESUE; MASUI; FUSHIMA, 2014).

Gráfico 2 – Ranking de países requerentes das patentes, segundo o número de depósitos, relacionadas a produtos inseticidas contra *T. castaneum*



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2021)

As patentes identificadas por meio deste estudo são majoritariamente pertencentes à classificação CIP A01N, a qual pertence à seção A – Necessidades Humanas e relaciona-se com “conservação de corpos de seres humanos ou animais ou plantas ou partes dos mesmos; Biocidas, por exemplo, desinfetantes, pesticidas, herbicidas; repelentes ou atrativo de pestes; reguladores de crescimento de planta”, a qual possui relação direta com o objeto de interesse deste estudo. As demais se relacionam a temas como engenharia genética (C12N), reprodução de plantas (A01H), compostos acíclicos, carbocíclicos ou heterocíclicos (C07F), compostos heterocíclicos (C07D) e outros (WIPO, 2021). Todas as classificações CIP relacionadas às patentes de produtos inseticidas contra *T. castaneum* são apresentadas no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Classificação CIP dos depósitos de patentes relacionadas a produtos inseticidas contra *T. castaneum*

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2021)

Os produtos inseticidas desempenham um papel importante na agricultura e saúde pública, pois possibilitam o aumento da produção de alimentos e reduzem os danos às produções agrícolas causados por pragas. Esses inseticidas são divididos pela literatura em dois grupos: o primeiro composto de inseticidas sintéticos atribuídos a grupos com base no modo de ação tóxica, a exemplo de organoclorados, organofosforados e carbamatos; e o segundo são inseticidas naturais, a exemplo da azadiractina, rotenona, espinosade e abamectina (MOSSA; MOHAFLASH; CHANDRASEKARAN, 2018).

Por meio do desenvolvimento deste estudo de prospecção, foi possível identificar que a maioria das patentes de produtos inseticidas contra *T. castaneum* diz respeito a inseticidas químicos sintéticos, com 57 produtos (66,3%), seguidos de 20 produtos bioinseticidas (23,2%) e de nove produtos transgênicos (10,5%). Tal dado confirma os apontamentos da literatura sobre o uso de inseticidas químicos sintéticos como principal estratégia no manejo de insetos-praga, o que acarreta efeitos colaterais, incluindo poluição ambiental, resistência a inseticidas, ressurgimento de pragas secundárias e toxicidade para organismos não alvos, a exemplo de micro-organismos do solo, polinizadores, peixes e até humanos (EBADOLLAHI; SETZER, 2020).

Porém, é possível perceber, por meio da análise qualitativa dos documentos de patentes, que algumas delas apresentam a preocupação com a preservação do meio ambiente e da saúde humana ao proporcionar produto químico sintético atóxico (CN104026122-A), com baixa toxicidade para animais de sangue quente (JP2010254629-A) ou biodegradável (WO2014001121-A1). Todas produzidas a partir do ano de 2010, demonstrando que essa é uma preocupação recente, quando comparada ao início da produção tecnológica nessa área.

Outra vantagem apresentada por seis produtos químicos sintéticos identificados relaciona-se ao efeito sinérgico do produto proposto, fornecido por meio da associação de mais de um componente ativo (CN103004866-A, WO2012163960-A1, WO2008129967-A1, WO2008129966-A1, WO2008072783-A1 e DE10110570-A1). Assim, uma vez que a resistência a inseticidas é codificada, majoritariamente, por gene único e que a resistência poligênica é pouco comum, a utilização de misturas de componentes químicos mostra-se como uma excelente estratégia para prevenção da resistência em insetos (SOUTH; HASTINGS, 2018).

Ainda no contexto da resistência a inseticidas, as patentes WO2014114250-A1, WO2014079937-A1 e WO2011054871-A1 apresentam produtos eficazes para insetos resistentes a agentes organofosforados e carbamatos, demonstrando a preocupação no desenvolvimento de alternativas aos inseticidas largamente utilizados para controle de insetos-praga, para os quais o *T. castaneum* desenvolveu resistência ao longo dos anos (JULIO *et al.*, 2017).

Com relação aos métodos de aplicação dos produtos químicos sintéticos, entre as 57 patentes identificadas neste estudo, observam-se diversos métodos de aplicação do produto, a exemplo de aplicação direta no inseto, como visto nas patentes WO2018199175-A1 e JP2017122055-A, aplicação no *habitat* da praga, a exemplo de WO2017043385-A1 e WO2017043386-A1, pulverização (exemplo: WO2014100206-A1, WO2014001121-A1) e fumigação (US2010135914-A1 e DE10110570-A1). A literatura aponta que esses métodos de aplicação se mostram eficazes contra *T. castaneum* por atingir os insetos que se encontram depositados diretamente nos grãos ou inseridos em fissuras e fendas nos equipamentos ou estruturas de armazenamento (HASSAN; SILEEM; HASSAN, 2019).

Os fumegantes químicos são os métodos mais utilizados para o controle de pragas de produtos armazenados por serem reconhecidamente eficazes, a exemplo do brometo de metila e fosfina, porém, devido à propriedade de destruição da camada de ozônio subjacente ao brometo de metila e à potencial genotoxicidade da fosfina para animais de sangue quente, o uso desses inseticidas foi restrito. Surgiu, assim, a necessidade de identificação de produtos naturais, como aqueles derivados de espécies botânicas, com potencial inseticida para fazer frente aos inseticidas químicos sintéticos (GAO *et al.*, 2020).

Nesse contexto, a utilização de inseticidas baseados em compostos que protegem naturalmente as plantas contra várias pragas é uma das práticas incorporadas à agricultura sustentável, com o propósito de atender às necessidades alimentares da população mundial em crescimento contínuo, sem comprometer a mesma necessidade para gerações futuras (MUŽINIĆ; ŽELJEŽIĆ, 2018). As patentes originadas desses produtos, identificadas por meio deste estudo, tiveram como países depositantes Índia (seis patentes), China (cinco patentes), EUA (cinco patentes), Austrália, Brasil, Japão e Nova Zelândia (uma patente cada).

Diversas são as fontes de bioinseticidas, a exemplo de micro-organismos entomopatogênicos, inimigos naturais dos insetos, e fontes botânicas, uma vez que as plantas desenvolveram e aperfeiçoaram uma diversidade considerável de mecanismos de defesa contra artrópodes herbívoros, a exemplo da produção de metabólitos secundários tóxicos. A respeito dos micro-organismos entomopatogênicos, estes podem ser fungos, bactérias, protozoários e nematoides (KAVALLIERATOS *et al.*, 2013; PINTO-ZEVALLOS *et al.*, 2013).

Neste estudo foram identificadas 20 patentes relacionadas a bioinseticidas contra *T. castaneum*, sendo 14 de origem botânica (70%), cinco de bactéria (25%) e uma de fungo (5%). Em relação aos organismos mencionados nessas invenções, tem-se, para plantas: extrato de *Chrysanthemum cinerariaefolium* (JP2020176105-A), extrato de semente de *Citrullus lanatus* (IN201304991-I4), composto químico derivado de parte aérea de *Artemisia pallens* (IN201402530-I1), composto químico derivado da casca de *Piper nigrum* maduro (CN105152877-A), composto químico derivado das folhas de *Lantana camara* (IN201204227-I4), composto químico derivado do caule de *Nothapodites foetida* (WO2012176145-A1), composto químico derivado de *Alpinia galanga* (IN200600397-I1), extrato de raiz de *Decalepis hamiltoni* (IN200500775-I1) e conversão termoquímica do fruto do *Syagrus coronata* (BR 10 2019 007434 5 A2).

Outros produtos de origem botânica referem-se a um *mix* de vegetais contendo, por exemplo: 1. *Sophora flavescens*, *Melia azedarach*, *Radix stemonae* e *Euphorbia fischeriana* (CN103098831-A); 2. Huangjing, folhas de eucalipto, peônia terrestre e pimenta (CN106490026A) e 3. *Fructus forsythia*, *Chenopodium ambrosioides*, *Cymbopogon citratus* e cravo-da-índia (CN106490058A). Quanto ao método de aplicação dos produtos de origem vegetal, observa-se que estes são, majoritariamente, aplicados diretamente nos grãos, a exemplo das patentes WO2012176145-A1, IN201304991-I4 e JP2020176105-A, ou por meio de biofumigação (WO2018141020-A1 e IN201402530-I1).

Os inseticidas à base de plantas, por serem naturais e orgânicos, podem caracterizar-se como alternativa eficaz para o controle de insetos-praga, sem representar muita ameaça à saúde humana e à deterioração da qualidade dos grãos. Nesse contexto, alguns estudos apresentam o potencial inseticida em sistema de grãos armazenados de vários extratos naturais de plantas, os quais podem auxiliar no manejo de pragas, repelindo os insetos, impedindo a alimentação e oviposição e, ao mesmo tempo, podendo atuar como inseticidas (AHMAD *et al.*, 2019).

Algumas patentes de bioinseticidas identificadas neste estudo utilizam extratos de plantas para o controle de *T. castaneum*, mas a literatura também aponta outra fonte de compostos bioativos derivados de plantas com potencial inseticida, sendo eles os óleos essenciais. Esses óleos são metabólitos secundários derivados de plantas aromáticas, caracterizados por misturas complexas de constituintes químicos com diferentes grupos funcionais (GAIRE; SCHARF; GONDHALEKAR, 2019).

Entre os estudos que comprovaram o potencial inseticida de alguns óleos essenciais de plantas, encontram-se aqueles contra espécies como *Acrobasis advenella*, *Musca domestica*, *Culex quinquefasciatus*, *Podisus nigrispinus*, *Anopheles stephensi*, *Cimex lectularius* e outras (GAIRE; SCHARF; GONDHALEKAR, 2019; KATHER; GEDEN, 2019; LI; LAN; LIU, 2009; MAGIEROWICZ; GÓRSKA-DRABIK; SEMPRUCH, 2020; XU *et al.*, 2020). Entretanto, este estudo de prospecção não identificou patentes relacionadas ao uso de óleos essenciais contra *T. castaneum*. Tal fato, associado ao baixo número de patentes de bioinseticidas contra *T. castaneum*, quando comparado ao quantitativo de inseticidas químicos sintéticos, exemplifica a importância do desenvolvimento de estudos acerca de novas fontes de produtos naturais com potencial inseticida para controle desse inseto-praga.

Porém, ressalta-se que os estudos desenvolvidos precisam ser convertidos em patentes, considerando que estas são caracterizadas por serem instrumentos competitivos, uma vez que apenas a empresa detentora da patente pode explorar a tecnologia protegida, eliminando a concorrência, além de possibilitar a remuneração da pesquisa científica e do desenvolvimento tecnológico (ADRIANO; ANTUNES, 2017; FERREIRA; GUIMARÃES; CONTADOR, 2009).

No que concerne aos produtos originados de bactérias, foram identificadas cinco patentes relacionadas a diferentes endotoxinas produzidas pelo micro-organismo *Bacillus thuringiensis*, a exemplo de CryET29, CryET33 e CryET34 (CN111647058-A, PI 9711554-1 B1, PI 9713219-5 B1, AR010993A1 e WO9813497A1), enquanto o produto derivado de fungo não teve a identificação da espécie fúngica apresentada na descrição detalhada da patente (WO2014136070-A1), mas sua ação ocorre por meio da indução de infecção da planta com o endófito fúngico, que a torna mais resistente à ocorrência de pragas.

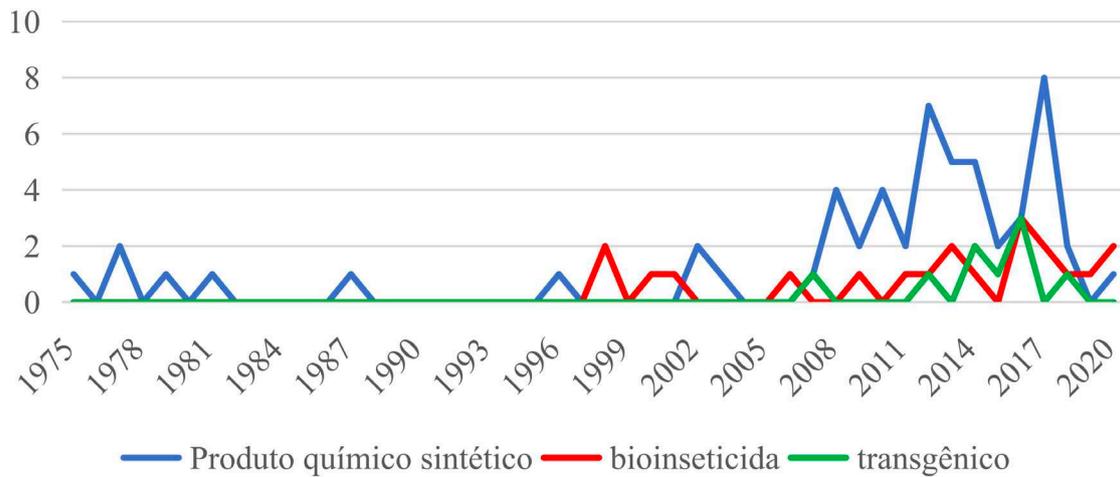
As patentes relacionadas às proteínas cristais, produzidas pela bactéria gram-positiva *B. thuringiensis*, demonstram o potencial de toxicidade dessas proteínas quando misturadas à dieta do inseto e apontam como vantagem do seu uso o fato de serem tóxicas para insetos-alvo específicos, mas inofensivas para plantas e outros organismos não alvos, apontando-as como inseticidas ambientalmente aceitáveis.

Por fim, as nove patentes envolvendo produtos transgênicos referem-se a tecnologias capazes de produzir plantas resistentes contra insetos-praga a partir da transformação da célula vegetal por meio da introdução de molécula de ácido nucleico e posterior cultivo da planta obtida, a exemplo das patentes WO2018204398-A1, WO2016110691-A1, WO2014100878-A2 e WO2014100879-A2. Os documentos de patente analisados apontam como vantagem dessa tecnologia a possibilidade de produzir plantas capazes de promover alterações importantes no metabolismo dos insetos-alvo, por meio do silenciamento de genes induzido por hospedeiro, levando à morte.

A comercialização de plantas transgênicas iniciou em meados da década de 1990, porém ainda existem algumas preocupações por parte da comunidade científica quanto ao impacto ao meio ambiente, à biodiversidade e à saúde humana, a exemplo de sua possível alergenicidade e toxicidade. Em virtude disso, foram criados protocolos rigorosos de testagem de alimentos geneticamente modificados antes de sua comercialização e a adoção de rotulagem obrigatória desses alimentos para garantir a transparência para o consumidor final (LEE; HU; LEUNG, 2017; RUIZ; KNAPP; GARCIA-RUIZ, 2018).

Nesse contexto, a Organização Mundial da Saúde (OMS) afirma que não é possível fazer declarações gerais sobre a segurança dos alimentos transgênicos, de modo que a segurança deve ser avaliada caso a caso, e que os alimentos disponíveis no mercado internacional foram aprovados na avaliação de segurança, não tendo sido demonstrado nenhum efeito sobre a saúde humana como resultado do consumo desses alimentos pela população em geral (WHO, 2014).

A partir da análise da evolução anual dos depósitos de patente por tipo de produto inseticida, é possível perceber que a produção tecnológica de bioinseticidas e produtos transgênicos é mais recente que a produção de inseticidas químicos sintéticos, demonstrando que o desenvolvimento de resistência e os impactos para o meio ambiente e a saúde humana, produzidos por esses últimos, levaram a comunidade científica e de produção tecnológica a investirem na identificação de alternativas promissoras ao uso desses inseticidas químicos sintéticos. Os produtos transgênicos, mais recentemente, constituem a tecnologia mais produzida com essa finalidade (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Evolução anual dos depósitos de patente por tipo de produto inseticida contra *T. castaneum*

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2021)

4 Considerações Finais

Por meio do desenvolvimento deste estudo de prospecção tecnológica, foi possível identificar patentes de produtos inseticidas eficazes para o controle de *T. castaneum* em grãos armazenados, sendo classificadas em três grandes grupos: produtos químicos sintéticos, bioinseticidas e produtos transgênicos. Os inseticidas químicos sintéticos surgiram em maior número, porém tiveram sua produção reduzida a partir do ano de 2018, fato que pode estar relacionado aos impactos negativos que esses inseticidas provocam ao meio ambiente e à saúde humana.

A preocupação da comunidade científica e de produção tecnológica com os impactos provocados ao meio ambiente pela utilização de inseticidas químicos sintéticos resultou na busca por produtos reconhecidamente seguros, apontando que os inseticidas com baixo ou nenhum impacto ambiental se mostram como diferenciais de mercado e orientam o futuro desse setor, apesar de ser uma área ainda pouco explorada para o controle de *T. castaneum*, havendo evidências na literatura de outras fontes para identificação desses produtos que ainda não foram exploradas, a exemplo dos óleos essenciais produzidos por plantas aromáticas.

Por fim, o continente asiático surge como importante produtor de tecnologias para o controle de *T. castaneum*, podendo estar relacionado com sua demanda de consumo de alimento e redução de terras agricultáveis, e a ferramenta Derwent mostrou-se relevante para a realização de estudos de prospecção tecnológica, uma vez que possibilita o acesso a diversas patentes de invenção, a exemplo da maioria das patentes identificadas por meio deste estudo.

5 Perspectivas Futuras

Espera-se o desenvolvimento de novas tecnologias eficazes para controle de *T. castaneum* em grãos armazenados, com ênfase para o controle de insetos resistentes aos principais grupos de inseticidas utilizados na atualidade. As tendências do mercado apontam para a necessidade de oferta de inseticidas de origem natural, por representarem baixo ou nenhum impacto ao

ambiente e à saúde humana ou para a deterioração dos grãos. As plantas surgem como fontes atrativas e eficazes para a identificação dessas novas tecnologias, uma vez que apresentam muitos constituintes tóxicos para herbívoros e com baixo impacto ambiental.

Porém, é imprescindível que o desenvolvimento de estudos para identificação de biotecnologias seguras e eficazes para controle de insetos-praga se revertam em registro de propriedade intelectual, uma vez que as patentes favorecem a competitividade empresarial e possibilitam o retorno financeiro da pesquisa científica e de desenvolvimento tecnológico.

Referências

- ADRIANO, E.; ANTUNES, M. T. P. Proposta para Mensuração de Patentes. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 21, n. 1, p. 126-141, jan.-fev. 2017.
- AHMAD, F. *et al.* Comparative insecticidal activity of different plant materials from six common plant species against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Saudi Journal of Biological Sciences**, [s.l.], v. 26, n. 7, p. 1.804-1.808, Nov. 2019.
- AJAHA, A. *et al.* Effect of 20-Hydroxyecdysone, a Phytoecdysteroid, on Development, Digestive, and Detoxification Enzyme Activities of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Insect Science**, [s.l.], v. 19, n. 5, p. 1-6, Oct. 2019.
- ALCALA-OROZCO, M. *et al.* Repellent and Fumigant Actions of the Essential Oils from *Elettaria cardamomum* (L.) Maton, *Salvia officinalis* (L.) Linnaeus, and *Lippia organoides* (V.) Kunth Against *Tribolium castaneum* and *Ulomoides dermestoides*. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, [s.l.], v. 22, n. 1, p. 18-30, Mar. 2019.
- AL-SHWELLY, A. A. N.; AL-GIZY, S. T. A. Contamination with Aerobic Bacteria Accompanying to Seeds of *Triticum Aestivum*. L that are Stored and Infected with Different Numerical Levels of Rusty Flour Beetle Insect *Tribolium castaneum* (Herbst) Coleoptera: Tenebrionidae. **Annals of the Romanian Society for Cell Biology**, [s.l.], v. 25, n. 4, p. 959-97, Apr. 2021.
- ATTIA, M. A. *et al.* Stored grain pest prevalence and insecticide resistance in Egyptian populations of the red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) and the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.). **Journal of Stored Products Research**, [s.l.], v. 87, May 2020.
- BERINE, F. *et al.* Microbial and viral chitinases: Attractive biopesticides for integrated pest management. **Biotechnology Advances**, [s.l.], v. 36, n. 3, p. 818-838, May-Jun. 2018.
- BERNARDES, J. R.; CALVENTE, M. C. M. H. Imigração japonesa e relação com a terra: estudo em Assaí-PR. **Boletim de Geografia.**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 17-34, jan.-abr. 2014.
- BRARI, J.; THAKUR, D. R. Larvicidal effects of eight essential oils against *Plodia interpunctella* and *Tribolium castaneum*, serious pests of stored products worldwide. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, [s. l.], v. 6, n. 5, p. 738-742, 2018.
- CLARIVATE. **Plataforma Web of Science**: Derwent Innovations Index. 2021. Disponível em: <https://clarivate.libguides.com/webofscienceplatform/dii> Acesso em: 07 jan. 2021.
- EBADOLLAHI, A.; SETZER, W. N. Evaluation of the Toxicity of *Satureja intermedia* C. A. Mey Essential Oil to Storage and Greenhouse Insect Pests and a Predator Ladybird. **Foods**, [s.l.], v. 9, n. 712, p. 1-12, Jun. 2020.

ECONOMIC REPORT. **Asia-pacific**: agricultural perspectives. Utrecht: Rabobank, 2016.

EPO – EUROPEAN PATENT OFFICE. **Pesquisa de patentes Espacenet**. 2021. Disponível em: <https://www.epo.org/searching-for-patents/technical/espacenet.html> Acesso em: 7 jan. 2021.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Crops. **FAOSTAT**, 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 5 jun. 2021.

FERREIRA, A. A.; GUIMARÃES, E. R.; CONTADOR, J. C. Patente como instrumento competitivo e como fonte de informação tecnológica. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 16, n. 2, p. 209-221, abr.-jun. 2009.

GAIRE, S.; SCHARF, M. E.; GONDHALEKAR, A. D. Toxicity and neurophysiological impacts of plant essential oil components on bed bugs (Cimicidae: Hemiptera). **Scientific Reports**, [s.l.], v. 9, n. 2.961, p. 1-12, 2019.

GAO, S. *et al.* Insecticidal Activity of *Artemisia vulgaris* Essential Oil and Transcriptome Analysis of *Tribolium castaneum* in Response to Oil Exposure. **Frontiers in genetics**, [s.l.], v. 11, n. 589, p. 1-19, June, 2020.

GHARSAN, F. *et al.* Toxicity of five plant oils to adult *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae). **Florida Entomologist**, [s.l.], v. 101, n. 4, p. 592-596, 2018.

HAOUEL-HAMDI, S. *et al.* Susceptibility of *Tribolium castaneum* to *Laurus nobilis* essential oil and assessment on semolina quality. **International Journal of Tropical Insect Science**, [s.l.], v. 40, p. 667-675, 2020.

HASHEM, A. *et al.* Pimpinella anisum Essential Oil Nanoemulsion Toxicity against *Tribolium castaneum*? Shedding Light on Its Interactions with Aspartate Aminotransferase and Alanine Aminotransferase by Molecular Docking. **Molecules**, [s.l.], v. 25, n. 20, p. 1-17, 2020.

HASSAN, A. M.; SILEEM, T. M.; HASSAN, R. S. Verification of atmospheric plasma irradiation as an alternative control method for *Tribolium castaneum* (Herbst). **Brazilian Journal of Biology**, [s.l.], v. 80, n. 3, p. 673-679, jul.-set. 2020.

HU, A. G. Z.; PENG, Z.; LIJING, Z. China as Number One? Evidence from China's most recent patenting surge. **Journal of Development Economics**, [s.l.], v. 124, p. 107-119, Jan. 2017.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. 2021. Disponível em: <https://dados.gov.br/organization/about/instituto-nacional-da-propriedade-industrial-inpi> Acesso em: 7 jan. 2021.

JULIO, A. H. F. *et al.* Multiple resistance to pirimiphos-methyl and bifenthrin in *Tribolium castaneum* involves the activity of lipases, esterases, and laccase2. **Comparative Biochemistry and Physiology**, [s.l.], v. 195, p. 27-43, May, 2017.

JUNG, J. M. *et al.* Estimating economic damage to cocoa bean production with changes in the spatial distribution of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) in response to climate change. **Journal of Stored Products Research**, [s.l.], v. 89, p. 1-9, Dec. 2020.

KATHER, H. F.; GEDEN, C. J. Efficacy and repellency of some essential oils and their blends against larval and adult house flies, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). **Journal of Vector Ecology**, [s.l.], v. 44, n. 2, p. 256-263, Dec. 2019.

- KAVALLIERATOS, N. G. *et al.* Evaluation of the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Isaria fumosorosea* for Control of *Sitophilus oryzae*. **Journal of Food Protection**, [s.l.], v. 77, n. 1, p. 87-93, 2014.
- LEE, T. H.; HU, H. K.; LEUNG, T. F. Genetically modified foods and allergy. **Hong Kong medical journal**, [s.l.], v. 23, n. 3, p. 291-295, Jun. 2017.
- LI, T.; LAN, Q.; LIU, N. Larvicidal Activity of Mosquito Sterol Carrier Protein-2 Inhibitors to the Insecticide-Resistant Mosquito *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). **Journal of Medical Entomology**, [s.l.], v. 46, n. 6, p. 1430-1435, Nov. 2009.
- MAGIEROWICZ, K.; GÓRSKA-DRABIK, E.; SEMPRUCH, C. The effect of *Tanacetum vulgare* essential oil and its main components on some ecological and physiological parameters of *Acrobasis advenella* (Zinck.) (Lepidoptera: Pyralidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [s.l.], v. 162, p. 105-112, Jan. 2020.
- MOSSA, A. T. H.; MOHAFRASH, S. M. M.; CHANDRASEKARAN, N. Safety of Natural Insecticides: Toxic Effects on Experimental Animals. **Biomed Research International**, [s.l.], n. 4308054, p. 1-17, Oct. 2018.
- MUNESUE, Y.; MASUI, T.; FUSHIMA, T. The effects of reducing food losses and food waste on global food insecurity, natural resources, and greenhouse gas emissions. **Environmental Economics and Policy Studies**, [s.l.], v. 17, p. 43-77, May, 2014.
- MUŽINIĆ, V.; ŽELJEŽIĆ, D. Non-target toxicity of novel insecticides. **Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju**, [s.l.], v. 69, p. 86-102, June, 2018.
- OPIT, G. P. *et al.* Phosphine Resistance in *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica* from Stored Wheat in Oklahoma. **Journal of Economic Entomology**, [s.l.], v. 105, n. 4, p. 1.107-1.114, Aug. 2012.
- PARANHOS, R. C. S.; RIBEIRO, N. M. Importância da Prospecção Tecnológica em Base de Patentes e seus Objetivos da Busca. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 5, p. 1.274-1.292, dez. 2018.
- PHANKAEN, Y. *et al.* Toxicity and repellent action of *Coffea arabica* against *Tribolium castaneum* (Herbst) adults under laboratory conditions. **Journal of Stored Products Research**, [s.l.], v. 71, p. 112-118, Mar. 2017.
- PINTO-ZEVALLOS, D. P. *et al.* Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 9, p. 1.395-1.405, 2013.
- RUIZ, M. T. G.; KNAPP, A. N.; GARCIA-RUIZ, H. Profile of genetically modified plants authorized in Mexico. **GM Crops and Food**, [s.l.], v. 9, n. 3, p. 152-168, Nov. 2018.
- SOBRAL, N. V.; MIRANDA, Z. D.; SILVA, F. M. Estratégia para a recuperação de informação científica sobre as doenças tropicais negligenciadas: análise comparativa da Scopus, PubMed e Web of Science. **Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud**, [s.l.], v. 29, n. 1, p. 35-53, Ene.-Mar. 2018.
- SOUTH, A.; HASTINGS, I. M. Insecticide resistance evolution with mixtures and sequences: a model-based explanation. **Malaria Journal**, [s.l.], v. 17, n. 80, p. 1-20, Feb. 2018.

UPADHYAY, N. *et al.* Assessment of *Melissa officinalis* L. essential oil as an eco-friendly approach against biodeterioration of wheat flour caused by *Tribolium castaneum* Herbst. **Environmental Science and Pollution Research**, [s.l.], v. 26, n. 14, p. 14.036-14.049, May 2019.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Food, genetically modified**, 2014. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/food-genetically-modified> Acesso em: 6 jun. 2021.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **Publicação IPC**: versão 2020.1. 2021. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20200101&symbol=none&menulang=pt&lang=pt&viewmode=f&fipcp=no&showdeleted=yes&index=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart> Acesso em: 8 jan. 2021.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **World Intellectual Property Indicators 2018**. Geneva: WIPO, 2018.

XU, Y. *et al.* Chemical composition and larvicidal activities of essential oil of *Cinnamomum camphora* (L.) leaf against *Anopheles stephensi*. **Journal of the Brazilian Society of Tropical Medicine**, [s.l.], v. 53, p. 1-5, 2020.

Sobre os Autores

Lays Nogueira Miranda

E-mail: laysnm@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3770-4370>

Mestre em Enfermagem pela Universidade Federal de Alagoas em 2015.

Endereço profissional: Instituto de Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Alagoas, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió, AL. CEP: 57072-900.

Luciano Aparecido Meireles Grillo

E-mail: lucianomeirelesgrillo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8812-6342>

Pós-Doutor em Genômica Funcional pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 2018.

Endereço profissional: Instituto de Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Alagoas, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió, AL. CEP: 57072-900.