

CHROMOBACTERIUM SUBTSUGAE COMO FONTE DE METABÓLITOS INSETICIDAS E ACARICIDAS: UMA ALTERNATIVA ECO-FRIENDLY

Willian Mesquita MENDES¹; João Arthur dos Santos OLIVEIRA^{2*}

1. Universidade Estadual de Maringá. 2. Departamento de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular da Universidade Estadual de Maringá. – joaoarthur_oliveira@hotmail.com

RESUMO: O agronegócio tem sido reconhecido como um setor importante no crescimento econômico brasileiro. Muitos são os fatores que podem influenciar o desempenho da produção agrícola, como a ocorrência de fitopatógenos ou insetos-praga. Bactérias e fungos produtores de metabólitos secundários com propriedades ativas contra estes patógenos são particularmente atraentes para o desenvolvimento de novos produtos sustentáveis. Bactérias do gênero *Chromobacterium*, como *C. subtsugae*, são capazes de produzir metabólitos com propriedades inseticidas. Neste trabalho, apresentamos uma breve revisão de literatura demonstrando a aplicação de *C. subtsugae* e seus metabólitos secundários como ferramenta *eco-friendly* na agricultura no controle de insetos-praga. A violaceína, pigmento hidrofóbico produzido por *C. subtsugae*, é o principal composto produzido por esta espécie de bactéria. Além da violaceína, outros metabólitos produzidos por *C. subtsugae* apresentaram resultados positivos contra ninfas de *Bemisia tabaci*, *Myzus persicae* e *Phenacoccus verde*, adultos de *Diabrotica virgifera*, *D. undecimpunctata*, *Bemisia tabaci* e *N. viridula* e em larvas de *Leptinotarsa decemlineata*, *D. undecimpunctata*, *Aethia túmida* e *Plutella xylostella*. A atividade acaricida contra *Tenuipalpus pacificus* e *Tetranychus urticae* e contra tripes *Frankliniella occidentalis*, também foram relatadas. O uso destes metabólitos na agricultura torna-se relevante pois muitos insetos-praga causam desfolha severa e atraso no desenvolvimento das culturas acometidas, além de interferirem no desenvolvimento das plantas ocasionando frutos deformados e de baixa qualidade. Estes metabólitos atuam sob os hábitos alimentares, reprodutivos e mortalidade, evitando o desenvolvimento de populações prejudiciais de insetos e ácaros. O inseticida comercial orgânico Grandevo® desenvolvido a partir dos metabólitos produzidos por *C. subtsugae* corroboram as aplicações dessa espécie de bactéria como uma ferramenta biotecnológica sustentável para o setor agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: *Chromobacterium*. Insetos-praga. Violaceína. Grandevo. Agricultura.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a produção agropecuária brasileira vêm destacando-se quanto sua produção. O agronegócio tem sido reconhecido como um setor importante no crescimento econômico brasileiro. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), para safra 2021/22 espera-se uma área a ser cultivada no país de cerca de 71 milhões de hectares, e indica um volume de produção de 288 milhões de toneladas, 14,2% superior ao obtido na safra 2020/21 (CONAB, 2021).

Muitos são os fatores que podem influenciar o desempenho da produção agrícola, como a ocorrência de fitopatógenos ou insetos-praga, a deficiência hídrica ou nutricional e as condições climáticas. Considerando o controle de patógenos, notadamente empregando defensivos químicos, entre 2015 e 2019 houve um aumento de aproximadamente 6,5% na utilização de herbicidas na agricultura brasileira (FAOSTAT, 2021).

Embora estes defensivos químicos apresentem-se efetivos no controle dos patógenos no campo, eles são extremamente

nocivos ao meio ambiente e a saúde humana. Alternativamente, o controle biológico empregando microrganismos ou produtos oriundos deles como metabólitos secundários, vem ganhando cada vez mais destaque por desempenharem os mesmos papéis destas substâncias químicas, entretanto, sem os efeitos adversos no meio ambiente (TERHONEN et al., 2018; TALAAT, 2019; CINTRA; MELO; MENEZES, 2020). Algumas bactérias do gênero *Bacillus*, como *B. subtilis* e *B. thuringiensis*, são empregadas como agentes de controle biológico (BORGES, 2018; MACIEL, 2020; VILARINHO, 2020).

Bactérias e fungos produtores de metabólitos secundários com propriedades ativas contra fitopatógenos e insetos-praga são particularmente atraentes como agentes para o desenvolvimento de novos produtos (MONNERAT et al., 2020).

Chromobacterium subtsugae são bactérias do gênero *Chromobacterium* capazes de produzir metabólitos com propriedades inseticidas (MARTIN et al., 2007; MARTIN; HIROSE; ALDRICH, 2007; MARTIN et al., 2014; LACEY, 2016; LEMUS-SORIANO et

al., 2017; WISE et al., 2018; YEE, 2020) sugerindo seu potencial biotecnológico para a aplicação no setor agrícola.

Diante desta perspectiva, neste trabalho, apresentamos uma breve revisão de literatura demonstrando a aplicação de *C. subtsugae* e seus metabólitos secundários como ferramenta *eco-friendly* na agricultura para controle de insetos-praga.

MATERIAL E MÉTODO

As pesquisas foram realizadas utilizando as plataformas online Google Acadêmico e Scopus empregando os descritores em português e inglês *Chromobacterium* AND controle biológico (*biological control*) OR *Chromobacterium subtsugae* AND controle biológico (*biological control*), *Chromobacterium* AND metabólitos secundários (*secondary metabolites*) e *Chromobacterium* AND aplicações na agricultura (*agriculture applications*).

Para a escolha dos trabalhos (artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses) empregando esses descritores, foram adotados três critérios: (i) presença de *C. subtsugae* no título, (ii) leitura do resumo do trabalho para verificar a prospecção dessa bactéria no setor agrícola, especialmente no controle de insetos-praga e (iii) descrição da produção e/ou caracterização de metabólitos bioativos dessa bactéria de interesse agrícola.

A lista de nomes procarióticos (LSPN – <https://www.bacterio.net/>) também foi utilizada para verificar as informações taxonômicas referentes ao gênero *Chromobacterium*, como o número de espécies, uma vez que esta lista possui informações de referência sobre nomenclatura de procariontes (PARTE et al., 2020).

Dentre os trabalhos, priorizou-se aqueles publicados nos últimos 10 anos (2012 a 2022), entretanto, alguns trabalhos anteriores que se demonstraram relevantes quanto aos critérios apresentados anteriormente também foram inseridos (2000-2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 28 artigos foram selecionados de acordo com os critérios

estabelecidos. Observamos uma carência de trabalhos relacionados ao estudo e bioprospecção de *C. subtsugae* no setor agrícola.

Chromobacterium é um gênero de β -proteobactérias gram-negativas com pigmentação violeta e mobilidade flagelar. São bactérias anaeróbias facultativas podendo ser encontradas no solo e/ou água, tanto em climas tropicais quanto subtropicais (MONNERAT et al., 2020).

De acordo com o LPSN - *List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature* (<https://www.bacterio.net/>) (PARTE et al., 2020) até então são conhecidas 14 espécies de *Chromobacterium*: *C. violaceum*, *C. subtsugae*, *C. aquaticum*, *C. haemolyticum*, *C. pseudoviolaceum*, *C. piscinae*, *C. vaccinii*, *C. amazonense*, *C. rhizoryzae*, *C. alkanivorans*, *C. sphagni*, *C. fluvatile*, *C. paludis* e *C. phragmitis*.

As bactérias deste gênero apresentam crescimento ótimo na temperatura de 25 °C, em pH entre 6 a 8 com até 1,5% de NaCl adicionado ao meio de cultivo. Dentro deste gênero, *C. subtsugae* tem ganhado destaque especialmente por suas aplicações na agricultura, seja por sua aplicação direta ou seus metabólitos secundários (MARTIN et al., 2007; MARTIN; HIROSE; ALDRICH, 2007; BRIAR et al., 2018).

A violaceína é o principal metabólito produzido por esta bactéria. Esse metabólito é um pigmento hidrofóbico e apresenta atividades antimicrobiana, antitumoral e antiparasitária (AUGUST et al., 2000; PITLOVANCIV et al., 2006).

A estrutura química da violaceína consiste em três subunidades estruturais: 5-hidroxiindol, 2-oxoindol e 2-pirrolindona. Para a síntese deste pigmento, a bactéria necessita do oxigênio molecular e condensação de duas moléculas de triptofano (AUGUST et al., 2000).

C. subtsugae também produz o pigmento desoxiviolaceína, outro metabólito secundário, o qual difere da violaceína na porção 5-hidroxiindol pela ausência do grupo hidroxila, sendo assim menos polar (AUGUST et al., 2000; HOSHINO; MOMEN, 2000).

O papel fisiológico destes pigmentos sintetizados pela bactéria para o seu metabolismo ainda não é completamente

elucidado, no entanto, sabe-se que estes pigmentos só ocorrem sob condições aeróbias. A partir da determinação do elevado coeficiente de extinção molar da violaceína e sua baixa solubilidade em água, sugeriu-se seu envolvimento na proteção contra efeitos da radiação solar sobre o microrganismo. Outros estudos sugeriram que o pigmento poderia estar relacionado à regulação da concentração do triptofano, uma vez que esse aminoácido em elevadas quantidades seria tóxico para a bactéria (PITLOVANCIV et al., 2006).

A produção de violaceína por *C. subtsugae* pode estar sob controle de um sistema de regulação chamado de “*Quorum sensing*” pela molécula sinal N-hexanoil homoserina lactona (HHL), cuja concentração é proporcional ao aumento da população bacteriana em um determinado meio (BRAZILIAN NATIONAL GENOME PROJECT CONSORTIUM, 2003).

Além da violaceína e desoxiviolaceína, *C. subtsugae* produz cromamidas (*chromamide*) e algumas proteínas (MARRONE, 2019; GALLARDO; SECA, 2022) ainda não totalmente elucidadas, que atuam de maneira sinérgica na ação inseticida sob diferentes classes de insetos (MARTIN et al., 2007; BEZERRA, 2008; MARTIN et al., 2014).

Dessa forma, algumas pesquisas vêm investigando as atividades inseticidas dessa bactéria. Hirose (2005), avaliou a ação inseticida de *C. subtsugae* em adultos do percevejo *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomoidea). Ao tratar os adultos, Hirose (2005) observou que a ação inseticida teve início após 4 dias do tratamento, atingindo 100% de mortalidade após 7 dias. Além disso, esse autor encontrou mortalidades iguais entre machos e fêmeas desse inseto, sugerindo que está bactéria é capaz de controlar igualmente os dois.

Martin et al. (2007) avaliaram a mortalidade de 10 insetos em diferentes estágios de desenvolvimento quando tratados com a bactéria *C. subtsugae*. Aproximadamente 90% dos tratamentos avaliados por esses autores apresentaram resultados promissores quanto sua mortalidade em adultos de *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae), *D. undecimpunctata* (Coleoptera: Chrysomelidae), *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) e *N.*

viridula, em larvas de *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae), *D. undecimpunctata*, *Aethia tùmida* (Coleoptera: Nitidulidae) e *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), e por fim, em ninfas de *Bemisia tabaci*. Martin et al. (2007) sugerem que *C. subtsugae* atua principalmente na inibição da alimentação desses insetos, notadamente nos estágios larvais.

Ray e Hoy (2014) observaram que o ácaro da espécie *Tenuipalpus pacificus* (Trombidiformes: Tenuipalpidae) teve sua população reduzida em 84% após a exposição à *C. subtsugae*, com a mortalidade tendo aumento após 72 horas da aplicação. Lemus-Soriano et al. (2017) ao estudarem os efeitos de *C. subtsugae* sobre o ácaro *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) e o tripses *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) em plantas de amora, constataram que duas aplicações com intervalos de 7 dias entre si foram suficientes para reduzirem as populações de ambos os insetos-alvo em até 21 dias após a 2ª aplicação. Estes autores retomam as ideias de Martin et al. (2007) ao inferirem que a atividade inseticida de *C. subtsugae* está relacionada a perca de apetite alimentar, reduzindo assim a reprodução e aumentando a mortalidade desses insetos-praga.

Shannag e Capinera (2018) avaliaram a eficácia de *C. subtsugae* em duas pragas de importância mundial, o pulgão de pêssego verde, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), e o mealybug madeira, *Phenacoccus verde* (Hemiptera: Pseudococcidae). A exposição de ninfas jovens reduziu a sobrevivência de ambas as espécies de insetos de forma significativa dependente da concentração, assim como o tempo de exposição. *C. subtsugae* reduziu em 47% a sobrevivência de ninfas de ambos os insetos após 72 h de tratamento.

O trabalho de Yee (2020) sugere que *C. subtsugae* também possui ação sobre a mortalidade de *Rhagoletis inferens* (Diptera: Tephritidae). Mesmo não atuando sobre sua ovoposição, o extrato dessa bactéria, demonstrou ser efetivo na mortalidade dessas moscas.

O uso dos metabólitos produzidos por *C. subtsugae* na agricultura torna-se relevante pois muitos destes insetos-praga causam desfolha severa e atraso no desenvolvimento das culturas

acometidas, além de interferirem no desenvolvimento das plantas ocasionando frutos deformados e de baixa qualidade (LEMUS-SORIANO et al., 2017).

Os compostos produzidos por esta espécie de bactérias, como violaceína, desoxiviolaceína e cromamidas, atuam sob os hábitos alimentares, reprodutivos (fecundidade e ovoposição) e mortalidade, evitando o desenvolvimento de populações prejudiciais de insetos e ácaros (MARTIN et al., 2014; LEMUS-SORIANO et al., 2017; MARRONE, 2019; GALLARDO; SECA, 2022).

Por suas atividades inseticidas, em 2016, o extrato de *C. subtsugae* foi aprovado pela EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – U. S. Environmental Protection Agency) para uso como inseticida orgânico que agora está comercialmente disponível com o nome comercial Grandevo® (BLACKBURN et al., 2016; OLIVEIRA-

HOFMAN et al., 2021).

De acordo com o site do próprio fabricante, *Marrone Bio Innovations* (<https://marronebio.com/products/grandevo/>), Grandevo é um inseticida a base de *C. subtsugae* com compostos ativos que repelem, diminuem a alimentação, reduzem a reprodução e induzem a mortalidade para evitar o desenvolvimento de populações prejudiciais de insetos, moscas e ácaros. Sua aplicação pode ser no solo ou por meio da pulverização.

Embora seja notório que esse inseticida microbiano é capaz de atuar em uma gama de classes de insetos, notadamente sob larvas e ninfas, sua ação parece ser menos danosa no ambiente em comparação aos inseticidas químicos. Enquanto os inseticidas químicos afetam drasticamente as populações alvo e não alvo, o Grandevo é capaz de preservar muitas comunidades naturais (OLIVEIRA-HOFMAN et al., 2021).

CONCLUSÃO

Bactérias *C. subtsugae* demonstraram sua capacidade no controle de insetos de diferentes classes como dípteros, coleópteros, lepidópteros e hemípteros, além de ácaros e tripses. Sua atividade biocontroladora ocorre por meio da produção de metabólitos bioativos que atuam nos diferentes estágios do desenvolvimento dos insetos-praga alvos que atingem as culturas de interesse agrônomo, notadamente as hortaliças.

De fato, encontramos poucos trabalhos que trazem uma abordagem química para caracterização e identificação dos compostos produzidos por *C. subtsugae*. Para diminuir essa falta de informação químicas, encorajamos que

trabalhos futuros empregando técnicas de cromatografia e espectrometria de massas sejam desenvolvidas para contribuir ainda mais com a descoberta de compostos produzidos por esta bactéria, ou de outras espécies, com atividades de interesse biotecnológico para agricultura. Uma vez caracterizados quimicamente, estes compostos podem ter seus mecanismos bioativos de ação mais bem elucidados.

No geral, os produtos desenvolvidos a partir dessa espécie de bactéria como o Grandevo® são de suma importância para desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável, visando especialmente, a diminuição dos efeitos adversos no meio ambiente dos agroquímicos.

CHROMOBACTERIUM SUBTSUGAE AS A SOURCE OF INSECTICIDES AND ACARICIDES METABOLITES: AN ECO-FRIENDLY ALTERNATIVE

ABSTRACT: The Agriculture business has been recognized as an important sector in Brazilian economic. There are many factors that can influence the performance of agricultural production, such as the occurrence of phytopathogens or pest insects. Bacteria and fungi may produce secondary metabolites with action against these pathogens are particularly attractive for the development of new sustainable products. Bacteria of the *Chromobacterium* genus, such as *C. subtsugae*, can produce metabolites with insecticidal properties. In this work, we carry out a brief literature review demonstrating the application of *C. subtsugae* as an *eco-friendly* tool to control insect pests. Violacein, a hydrophobic pigment produced by *C. subtsugae*, is the main compound produced by this bacterium. In addition to violacein, other metabolites produced by *C. subtsugae* have already shown positive results against nymphs of *Bemisia tabaci*, *Myzus persicae* and *Phenacoccus verde*, adults of *Diabrotica virgifera*, *D. undecimpunctata*, *Bemisia tabaci* and *N. viridula*, and larvae *Leptinotarsa decemlineata*, *D. undecimpunctata*, *Aethia tùmida* and *Plutella xylostella*. Acaricide activity against *Tenuipalpus pacificus* and *Tetranychus urticae* and against thrips *Frankliniella occidentalis* have also been

reported. The use of these metabolites in agriculture becomes relevant because many insect pests cause severe defoliation and delay in the development of affected crops, in addition to interfering with plant development, causing deformed and poor-quality fruits. These metabolites act on dietary, reproductive, and mortality habits, preventing the development of harmful insect and mite populations. The commercial organic insecticide Grandevo® developed from metabolites produced by *C. subtsugae* corroborates the applications of this species of bacteria as a sustainable biotechnological tool for the agricultural sector.

KEYWORDS: *Chromobacterium*. Pest insects. Violacein. Grandevo. Agriculture.

REFERÊNCIAS

AUGUST, P. R.; GROSSMAN, T. H.; MINOR, C.; DRAPER, M. P.; MACNEIL, I. A.; PEMBERTON, J. M.; CALL, K. M.; HOLT, D.; OSBURNE, M. S. Sequence Analysis and Functional Characterization of the Violacein Biosynthetic Pathway from *Chromobacterium violaceum*. *Journal of Mechanisms in Medicine and Biology*, v. 2, n. 4, p. 513–519, 2000.

BEZERRA, W. M. **Expressão de uma proteína yd de *Chromobacterium violaceum* em sistemas heterólogos: potencial no controle de pragas e fungos**. 2018. 53 f. Dissertação (Mestrado em bioquímica), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

BLACKBURN, M. B.; SPARKS, M. E.; GUNDERSEN-RINDAL, D. E. The genome of the insecticidal *Chromobacterium subtsugae* PRAA4-1 and its comparison with that of *Chromobacterium violaceum* ATCC 12472. *Genomics Data*, v. 10, p. 1-3, 2016.

BRAZILIAN NATIONAL GENOME PROJECT CONSORTIUM. The complete genome sequence of *Chromobacterium violaceum* reveals remarkable and exploitable bacterial adaptability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 100, n. 20, p. 11660–11665, 2003.

BORGES, I. V. V. **Aplicação de multilocus sequence analysis (mlsa) para identificação de linhagens de *Chromobacterium* sp.** 2018. 119 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) – Setor de Microbiologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

BRIAR, S. S.; ANTWI, F.; SHRESTHA, G.; SHARMA, A.; REDDY, G. V. P. Potential biopesticides for crucifer flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae) management under dryland canola production in Montana. *Phytoparasitica*, v. 46, p. 247–254, 2018.

CINTRA, P. H. N.; MELO, O. F. P. DE; MENEZES, J. O. S. DE. Produção agrícola: uma revisão bibliográfica sobre as mudanças climáticas e produtividade de plantas graníferas no Brasil. *Revista Agrotecnologia*, v. 11, p. 87–94, 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – safra 2021/22**. - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-86, 2021.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations - Statistics**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 22. nov. 2021.

GALLARDO, E.; SECA, A. M. L. Secondary metabolites ad their applications. *Applied Sciences*, v.12, p.2317-2322, 2022.

HIROSE, E. **Estudo de simbiotes associados a *Nezara viridula* (L.) (Hemíptera: pentatomidae)**. 2005. 139 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Setor de Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

HOSHINO, T.; MOMEN, A. Z. M. Biosynthesis of violacein. Intact incorporation of the tryptophan molecule on the oxindole side, with intramolecular rearrangement of the indole ring on the 5-hydroxynindole side. *Biotechnology and Biochemistry*, v. 64, n. 3, p. 539–549, 2000.

LACEY, L. *Microbial control of insect and mite pests: from theory to practice*. 1. ed. Academic Press. Amsterdam (The Netherlands) and Boston (Massachusetts): Elsevier, 2016.

LEMUS-SORIANO, B. A.; ALONSO-BUENAVENTURA, M. B.; OSEGUERA-ALONSO, M. A.; PÉREZ-AGUILAR, D. A. Efectividad biológica de Grandevo® (*Chromobacterium subtsugae*) sobre *Tetranychus urticae* Koch (PROSTIGMATA: TETRANYCHIDAE) Y *Frankliniella occidentalis* Pergande (THYSANOPTERA: THRIPIDAE) en zarzamora. *Entomología Agrícola*, v. 4, p. 310–314, 2017.

LPSN - List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature. Disponível em: <<https://www.bacterio.net/>>. Acesso em: 31 ago. 2022.

MACIEL, J. L. *Eficiência de Bacillus spp. No controle biológico da mancha aureolada do cafeeiro em campo*. 2020. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal De Uberlândia, Monte Carmelo 2020.

MARTIN, P. A. W.; GUNDERSEN-RINDAL, D.; BLACKBURN, M.; BUYER, J. *Chromobacterium subtsugae* sp. nov., a betaproteobacterium toxic to Colorado potato beetle and other insect pests. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 57, p. 993–999, 2007.

MARTIN, P. A. W.; HIROSE, E.; ALDRICH, J. R. Toxicity of *Chromobacterium subtsugae* to Southern Green Stink Bug (Heteroptera: Pentatomidae) and corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *Biological and microbial control*, v. 100, p. 680–684, 2007.

MARTIN, P. A. W.; SHROPSHIRE, A. D. S.; GUNDERSEN-RINDAL, D. E.; BLACKBURN, M. B. *Chromobacterium subtsugae* sp. nov. and use for control of insect pests. 2014. Disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/e8/8c/55/68cbde75ca82d6/US8691219.pdf>. Acesso em: 22. nov. 2021.

MORRONE, P. G. Pesticidal natural products – status and future potential. *Pest Management Science*, v. 75, p.2325-2340, 2019.

MARRONE BIO INNOVATIONS. Grandevo® WDG Bioinsecticide for Modern Pest Management. Disponível em: <<https://marronebio.com/products/grandevo/>>. Acesso em: 31 ago. 2022.

MONNERAT, R. G.; QUEIROZ, P. R. M.; MARTINS, E. S.; PRAÇA, L. B.; SOARES, C. M. S. Controle de artrópodes-praga com bactérias enteropatogênicas. In: FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLES, M. C. *Controle biológico de pragas da agricultura*. (Eds.). Brasília: Embrapa, 2020. p. 167-175.

OLIVEIRA-HOFMAN, C.; COTTHELL, T. E.; BOCK, C.; MIZELL, R. F.; WELLS, L.; SHAPIRO-ILAN, D. I. Impact of a biorational pesticide on the pecan aphid complex and its natural enemies. *Biological control*, v. 161, p. 104709, 2021.

PARTE, A.C.; SARDÀ CARBASSE, J.; MEIER-KOLTHOFF, J.P.; REIMER, L.C.; GÖKER, M. List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature (LPSN) moves to the DSMZ. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 70, p. 5607-5612, 2020.

PITLOVANCIV, A. K.; CARIS, M. E.; PORTO, L. M.; PEDROSA, R. C.; ANTÔNIO, R. V. Condições de cultivo e produção de pigmentos por *Chromobacterium violaceum*. *Biotemas*, v. 19, n. 1, p. 13–18, 2006.

RAY, H. A.; HOY, M. A. Effects of reduced-risk insecticides on three orchid pests and two predacious natural enemies. *Florida Entomologist*, v. 97, n. 3, p. 972–978, 2014.

SHANNAG, H. K.; CAPINERA, J. L. Comparative effects of two novel betaproteobacteria based insecticides on *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) and *Phenacoccus madeirensis* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Florida Entomological Society*, v. 101, n. 2, p. 212–218, 2018.

TALAAT, N. B. Effective microorganisms: An innovative tool for inducing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) salt tolerance by regulating photosynthetic rate and endogenous phytohormones production. *Scientia Horticulturae*, v. 250, p. 254-265, 2019.

TERHONEN, E.; KOVALCHUK, A.; ZARSAV, A.; ASIEGBU, F. O. Biocontrol potential of forest tree endophytes. In: PIRTILÄ, A. M.; FRANK, A. C. (Eds.). *Endophytes of Forest Trees Biology and Applications*, Springer: 2. ed., 2018. p. 283-318.

VILARINHO, C. O. **Nematoides entomopatogênicos e *Bacillus* spp. no controle de bicho-mineiro em condições de laboratório.** 2020. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2020.

WISE, J. C.; VANDERPOPPEN, R.; VANDERVOORT, C.; O'DONNELL.; ISAACS, R. Control of Spotted Wing Drosophila in Blueberries. *Arthropod Management Test*, v. 43, n. 1, p. 1–2, 2018.

YEE, W. L. Evaluation of *Cyantraniliprole*, *Spinetoram*, and *Chromobacterium subtsugae* extract in bait for killing and reducing oviposition of *Rhagoletis indifferens* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, v. 113, p. 1356–1362, 2020.