

**THOMAZ SOARES SANTOS**

**Patogenicidade e virulência de isolados de *Beauveria*  
spp. nativos de Sergipe sobre *Cosmopolites sordidus*  
(Coleoptera: Curculionidae)**

**São Cristóvão – SE**

**Fevereiro - 2026**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS – CCAA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA – DEA

**Patogenicidade e virulência de isolados de *Beauveria*  
spp. nativos de Sergipe sobre *Cosmopolites sordidus*  
(Coleoptera: Curculionidae)**

Monografia apresentada ao Departamento de  
Engenharia Agrônômica – Universidade  
Federal de Sergipe, como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADO em: 12/02/2026

**ORIENTADO:** Prof. Dr. Marcelo da Costa Mendonça

---

**Prof. Dr. Marcelo da Costa Mendonça**  
(Orientador)

---

**Prof. Dr. Pedro Roberto Almeida Viegas**  
(Banca examinadora)

---

**Prof. Dr. Tércio Souza Santos**  
(Banca examinadora)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, primeiramente, por me conceder força, sabedoria e perseverança ao longo de toda a minha trajetória acadêmica, guiando meus passos e tornando possível a realização deste trabalho. Aos meus pais, pelo amor, apoio incondicional e incentivo constante, fundamentais para que eu chegasse até aqui. Ao Prof. Dr. Genésio Tâmara Ribeiro e a toda a equipe do Laboratório de Entomologia Florestal (LEFLO), por terem me acolhido desde o início da graduação, proporcionando aprendizado, experiências e crescimento acadêmico e pessoal. Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo da Costa Mendonça, pela orientação, paciência e dedicação ao longo das minhas iniciações científicas e durante o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso. Agradeço de forma especial ao Sr. Rufino, produtor orgânico, por toda disposição e auxílio na coleta e dos insetos, permitindo que os experimentos fossem realizados. Ao Departamento de Engenharia Agrônômica e a todos os professores, pela dedicação, ensinamentos e compromisso com o aprendizado ao longo da graduação em Agronomia. Ao Tércio, por todo o apoio, ensinamentos e orientação durante este período no LCBiotec, e a todos os meus colegas do LCBiotec, pelo apoio, companheirismo e por fazerem deste ambiente de trabalho uma verdadeira segunda casa.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	10
<b>2.1. Cultura da banana</b> .....	10
<b>2.2. Moleque-da-bananeira (<i>Cosmopolites sordidos</i>)</b> .....	11
<b>2.3. Fungos entomopatogênicos</b> .....	12
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
<b>3.1. Origem dos insetos</b> .....	15
<b>3.2. Origem dos fungos</b> .....	15
<b>3.3. Seleção de isolados nativos de fungos entomopatogênicos para controle do <i>Cosmopolites sordidus</i></b> .....	16
<b>3.4. Comparação da efetividade de conídios e blastósporos do fungo entomopatogênico selecionado sobre <i>Cosmopolites sordidus</i></b> .....	17
<b>3.5. Avaliação da infecção do fungo entomopatogênico sobre <i>Cosmopolites sordidus</i> através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)</b> .....	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	19
<b>4.1. Seleção de fungos entomopatogênicos contra <i>Cosmopolites sordidus</i></b> .....	19
<b>4.2. Comparação da efetividade de conídios e blastósporos do fungo entomopatogênico selecionado sobre <i>Cosmopolites sordidus</i></b> .....	22
<b>4.3. Análise da infecção do fungo entomopatogênico sobre <i>Cosmopolites sordidus</i> em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)</b> .....	23
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	26
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	27

## LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1.** Avaliação da patogenicidade de diferentes isolados de fungos entomopatogênicos nativos do estado de Sergipe sobre adultos de *Cosmopolites sordidus*..... 18
- Figura 2.** Adultos de *Cosmopolites sordidus*. A = inseto vivo e mantidos em laboratório antes da aplicação do fungo entomopatogênico; B = morte confirmada pelo fungo aplicado, observando-se a esporulação externa do isolado no inseto..... 18
- Figura 3.** Sobrevivência de adultos de *Cosmopolites sordidus* tratados com diferentes isolados de fungos entomopatogênicos. A linha tracejada vermelha indica a estimativa da TL<sub>50</sub> dos isolados..... 19
- Figura 4.** Comparação da efetividade de conídios e blastósporos de SE107 (*B. bassiana*) sobre *Cosmopolites sordidus*..... 21
- Figura 5.** Microscopia eletrônica de varredura (MEV) de adultos de *Cosmopolites sordidus* não infectados evidenciam as regiões intersegmentais e estruturas externas potencialmente relevantes no processo de infecção. A = vista frontal das peças bucais; B = vista lateral: prosterno, rostró, aparelho bucal e antenas; C = vista ventral: prosterno, coxas, trocanter e fêmur; D = Região abdominal, com destaque para os segmentos intersegmentais, poros cuticulares e espiráculo..... 26
- Figura 6.** Microscopia eletrônica de varredura (MEV) de adultos de *Cosmopolites sordidus* expostos a *Beauveria bassiana*, ambos na concentração de  $1 \times 10^8$  conídios/mL. A = Conídios (Cn) e fiálides com conídios (FCC) aderidos ao tegumento, aumento de 150× (12h); B = Conídios (Cn) e fiálides com conídios (FCC) aderidos ao tegumento, aumento de 270× (12h); C = Detalhe da agregação de fiálides com conídios (FCC) na superfície do tegumento, aumento de 330× (12h); D = Detalhe do processo de penetração do conídio (Cn), evidenciando apressório (Ap) e Peg de penetração (PEG), aumento de 1.600× (48h)..... 27

## LISTAS DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Isolados de fungos entomopatogênicos utilizados no bioensaio de seleção s de <i>Cosmopolites sordidus</i> .....	13
---	----

## RESUMO

A bananicultura é amplamente cultivada em países tropicais e ocupa posição de destaque na fruticultura brasileira, com grande importância econômica e social, especialmente para a agricultura familiar. O moleque-da-bananeira (*Cosmopolites sordidus*) é a principal praga da cultura, causando danos graves ao rizoma e pseudocaule, reduzindo produtividade e tornando as plantas mais suscetíveis a doenças. O controle químico é limitado, evidenciando a necessidade de alternativas mais seguras e sustentáveis. Fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana*, têm se destacado como agentes biológicos promissores, devido à sua capacidade de infectar múltiplos hospedeiros por adesão à cutícula, produção de enzimas e toxinas, e formação de estruturas de propagação como conídios e blastósporos. A eficácia depende do isolado e das condições ambientais, sendo isolados nativos geralmente mais adaptados e eficientes. No presente estudo, adultos de *C. sordidus* foram coletados em cultivo orgânico e submetidos a bioensaios com diferentes isolados de *Beauveria* spp. As suspensões fúngicas foram padronizadas para  $1 \times 10^8$  conídios/mL, e a mortalidade dos insetos foi avaliada ao longo de 24 dias, submetidos a análise de sobrevivência pelo método Kaplan-Meier e comparação entre conídios e blastósporos. O processo de infecção foi caracterizado por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), registrando adesão, germinação e penetração do fungo na cutícula. Os resultados mostraram diferenças significativas na virulência dos isolados, sendo o SE107 o mais eficaz, com mortalidade de 99,8% e TL50 de 7,9 dias, sendo os conídios mais eficientes que os blastósporos. A infecção por MEV evidenciou a adesão e penetração do fungo na cutícula do inseto. Dessa forma, os resultados obtidos indicam que o isolado SE107, destaca-se como candidato relevante para o desenvolvimento de tecnologias no controle biológico de *C. sordidus*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bananeira; *Cosmopolites sordidus*; *Beauveria bassiana*; fungos entomopatogênicos; controle biológico..

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura da banana apresenta ampla distribuição na maioria dos países tropicais, em razão do seu melhor desenvolvimento e adaptação em condições edafoclimáticas específicas, sendo a Índia o principal produtor e o Brasil o quinto no ranking de maior produtor da fruta no cenário mundial (VIDAL, 2024). A banana destaca-se na fruticultura brasileira como a segunda fruta com maior volume produzido, tanto em área plantada como em área colhida, mantendo-se atrás apenas da citricultura (VIDAL, 2024; CNA et al., 2025).

A formação de microclimas criado pelas plantas no interior do dossel, associado à exigência de temperaturas em torno de 28°C e chuvas regulares, torna o ambiente favorável não apenas ao seu desenvolvimento, mas também condições ótimas para patógenos e pragas que acometem perdas significativas à mesma (HOLANDA et al., 2022; LIAO, 2025).

Dentre as principais patógenos e pragas associados à bananicultura, estão os nematóides parasitas, Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*), mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. Cubense), Gorgulho-do-pseudocaule-da-bananeira (*Odoiporus longicollis*) e moleque-da-bananeira (*Cosmopolites sordidus*) (KISAAKYE et al., 2021; DASSOU et al., 2023; LIAO, 2025), sendo este último, a principal praga da cultura da banana.

A infestação de *C. sordidus* em cultivos de bananeira é considerado altamente preocupante para sanidade das plantas, uma vez que tanto as larvas quanto os adultos causam danos significativos ao rizoma (MOREIRA et al., 2017). Ao se alimentar, as larvas formam extensas galerias no rizoma, enquanto os adultos realizam perfurações superficiais nos tecidos, resultando na diminuição da produtividade e tornando-as mais susceptível a doenças (MWAKA et al., 2021). O controle eficaz *C. sordidus* constitui um grande desafio, visto que grande parte da vida dele ocorre dentro da planta e no solo ao redor do rizoma.

Visto as dificuldades de controle de *C. Sordidus* devido ao hábito críptico dos adultos e da sua fase imatura no interior do rizoma, o emprego de inseticidas sintéticos sistêmicos tem sido amplamente adotado como estratégia de controle (KISAAKYE et al., 2021; SILVA et al., 2023). Porém, a intensificação das restrições relacionadas à aplicação inadequada desses produtos pelo mal uso e presença de resíduos no fruto, evidencia a necessidade de estratégias de controle mais seguras e ambientalmente sustentáveis (ANVISA, 2025).

Considerando que a bananicultura exerce papel essencial na agricultura familiar, contribuindo diretamente para a geração de renda e o desenvolvimento local, especialmente em pequenas propriedades, o manejo fitossanitário em sistemas orgânicos regulamentados no Brasil pela Lei nº 10.831/2003 deve priorizar estratégias preventivas e integradas, fundamentadas na exclusão de insumos sintéticos e na adoção de práticas sustentáveis que preservem o equilíbrio do agroecossistema (SOUSA et al, 2019).

Diante deste cenário atual, o uso de agentes biológicos como os fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* vem ganhando destaque como uma alternativa promissora no controle de *C. sordidus*, sendo avaliados tanto *in vitro* quanto em condições de campo (NASCIMENTO et al., 2021; MATOS et al., 2023). O fungo *B. bassiana* é comumente encontrado no solo, sendo um dos mais estudados no controle microbiológico por sua ampla distribuição geográfica e alto potencial no controle de inúmeros artrópodes-praga associados a diferentes culturas, sendo capaz de causar doenças em mais de 200 espécies de insetos, inclusive no *C. sordidus* (MASCARIN; JARONSKI, 2016; JORDAN et al., 2021).

A ampla variabilidade genética e distribuição geográfica de *B. bassiana* favorece a ocorrência de isolados com diferenças significativas no nível de infecção e controle, que varia com o hospedeiro e isolado (GOTTI et al., 2023). Este desempenho inconsistente na virulência dos isolados levanta uma questão muito importante na eficácia dos isolados comerciais, uma vez que podem não estar bem adaptado a ambientes distintos daqueles de sua origem, em comparação a isolados nativos, que tendem a ser mais eficientes devido à sua adaptação ao ambiente local (MEMBANG et al., 2020; ZHANG et al., 2024).

Estudos de seleção de isolados nativos são de suma importância na identificação e seleção de isolados com melhor desempenho inseticida, ou seja, aqueles que apresentam maior virulência ao hospedeiro-alvo e adaptações aos fatores abióticos locais, como temperatura, umidade e radiação solar (LI et al., 2023; ZHANG et al., 2024).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a patogenicidade e a virulência de isolados de *Beauveria* spp. sobre adultos de *C. sordidus*, por meio da mortalidade confirmada e da análise de sobrevivência, visando à seleção do isolado mais virulento, bem como comparar a eficiência entre conídios e blastósporos, e caracterizar por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) o processo de infecção do isolado selecionado.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Cultura da banana**

Originária do continente asiático, a banana é uma fruta tropical pertencente ao gênero *Musa* e família Musaceae muito importante na alimentação mundial, devido ao seu baixo custo e seu alto valor nutricional, sendo atualmente consumida em todo o mundo e produzida nos países tropicais (NOMURA, 2020). A bananeira é uma planta monocotiledônea, que possui um caule subterrâneo, chamado de rizoma e pseudocaule (tronco) que é formado pelo enrolamento das bainhas foliares que cresce até a emissão da inflorescência no centro da copa, formada por brácteas roxo-avermelhadas e flores inseridas em suas axilas, organizadas em pencas que formam o cacho. (CORDEIRO et al., 2023).

Em 2024, o Brasil ocupava o quinto lugar no ranking mundial em produção de banana, sendo responsável por produzir cerca de 5,1% da produção mundial de banana, porém exportando menos de 0,5%, sendo que quase toda produção é comercializada internamente no país devido há enorme demanda do consumo interno (NOMURA, 2020; VIDAL, 2024).

Segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA/IBGE), a banana é o segundo produto da fruticultura mais produzido no Brasil, com uma área que ultrapassa os 473 mil hectares cultivados (CNA et al., 2025). A produção nacional de banana atingiu 7,04 milhões de toneladas em 2024 e 7,23 milhões de toneladas em 2025, sendo os estados de Minas Gerais e São Paulo em destaque, com R\$ 2,5 bilhões e R\$ 2,1 bilhões, respectivamente, em valor de produção (CNA et al., 2025).

A ocorrência de pragas e doenças constitui também um problema recorrente na bananicultura, sendo favorecida por condições ambientais favoráveis que propiciam a multiplicação e a dispersão desses organismos, tornando sua presença constante nos sistemas de cultivo (MOREIRA et al., 2017).

Em destaque está o moleque-da-bananeira (*Cosmopolites sordidus*), cuja incidência em altas populações em algumas regiões produtoras tem levado à redução de até 80% na produtividade (SILVA et al., 2023). A produção de banana enfrenta sérios desafios devido à prevalência dessa praga-chave, considerada um dos principais limitantes da cultura, uma vez que altas infestações acarretam impactos substanciais ao produtor, tanto em relação aos custos associados ao controle quanto à depreciação da qualidade dos frutos (TWESIGYE et al., 2018; SILVA et al., 2023).

### **2.2. Moleque-da-bananeira (*Cosmopolites sordidos*)**

O *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) pertence à ordem Coleoptera e família Curculionidae, sendo esta a praga mais comum e severa da cultura da banana (CAMPOS, 2016). Trata-se de um besouro holometábolo, ou seja, apresenta ciclo de vida completo com estágio de ovo, larva, pupa e adulto, sendo os insetos desta família marcada com um prolongamento do rostro, no qual estão inseridas as peças bucais do tipo mastigador (SALUSTINO et al., 2015). Exibe uma coloração pardo-escura, hábitos noturnos e prefere ambientes úmidos e sombreados, encontrado comumente em touceiras, bainhas das folhas ou restos culturais (MESQUITA et al., 2014).

O ciclo biológico de *C. sordidus* ocorre dentro da bananeira. O início de seu desenvolvimento ocorre com a postura dos ovos pelas fêmeas de *C. sordidus*, em uma abertura de 2 mm na região de conexão entre o rizoma e pseudocaule da bananeira, criada pelas fêmeas adultas com seu aparelho bucal (BAKAZE et al., 2020). Após a eclosão, as larvas escavam uma complexa rede de túneis dentro do rizoma danificando seu sistema radicular e vascular, comprometendo significativamente as funções anatômicas e fisiológicas normais da planta (NASCIMENTO et al., 2021).

Após cerca de 48 dias, as larvas migram para o pseudocaule da bananeira, onde passam por sua última ecdise, transformando-se em pupa. Após um período de aproximadamente de 7 a 10 dias, emergem os insetos adultos medindo entorno de 11 mm de comprimento e 5,0 mm de largura (SALUSTINO et al., 2015). A fase adulta de *C. sordidus* pode durar até dois anos, sendo que nesse período os insetos apresentam maior mobilidade e boa fecundidade, o que amplia significativamente o potencial de disseminação da praga no bananal (MOREIRA et al., 2017; NASCIMENTO et al. 2021)

É importante ressaltar que, as injúrias provocadas pelo *C. sordidus* servem como porta de entrada para fitopatógenos como Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*), mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. Cubense), fitopatógenos comumente encontrados na cultura da bananeira (WAWERU et al., 2014; PLOETZ, 2015; AMARA et al., 2017; MWAKA et al., 2021). A associação desses agentes agrava ainda mais a fitossanidade das plantas e as perdas econômicas, podendo causar desde tombamento até a morte das bananeiras (WAWERU et al., 2014; PLOETZ, 2015; ELIAS, 2024).

Os métodos de controle químico, cultural, comportamental e biológico são os mais empregados no manejo de *C. sordidus*. O controle químico com neonicotinóides ainda é amplamente adotado devido ao hábito críptico da praga, que dificulta sua exposição, embora o uso indiscriminado desses inseticidas sistêmicos gere preocupações quanto à presença de resíduos na fruta e aos impactos ambientais (MOREIRA et al., 2017; ANVISA, 2025). O controle cultural envolve práticas como o uso de mudas sadias, eliminação de restos culturais

e utilização de iscas de pseudocaule, que auxiliam no monitoramento e na redução populacional, apresentando baixo impacto ambiental, embora dependam de manejo contínuo para maior eficiência (SILVA et al., 2023). Já o controle comportamental utiliza feromônios para monitoramento e captura de adultos, sendo específico e ambientalmente seguro, porém com eficácia limitada quando utilizado isoladamente (COSTA et al, 2021). O controle biológico baseia-se no uso de fungos entomopatogênicos, destacando-se pela seletividade e menor impacto ambiental, embora sua eficiência possa variar conforme as condições climáticas e o isolado utilizado (NOMURA et al., 2020).

Nesse contexto, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) consiste na integração racional dessas estratégias, com base no monitoramento populacional e no nível de dano econômico, visando reduzir a dependência de inseticidas e promover maior sustentabilidade ao sistema produtivo (ZHOU et al, 2024).

Portanto, torna-se necessário investir em estratégias alternativas que promovam o desenvolvimento sustentável dos cultivos de banana, com ênfase na utilização de fungos entomopatogênicos no âmbito do Manejo Integrado de Pragas (MIP), uma vez que o controle da população dessa praga é indispensável não apenas para proteger o plantio e a economia local, mas também para assegurar a segurança alimentar e a viabilidade a longo prazo da produção de bananas (FAO, 2026).

### **2.3. Fungos entomopatogênicos**

Os bioinsumos são produtos derivados de organismos vivos ou de compostos bioquímicos e semioquímicos, utilizados na agricultura para reduzir a dependência de agroquímicos (BARBOSA et al., 2025). Em 2025, o MAPA registrou 162 formulados de baixa toxicidade, incluindo biológicos, microbiológicos, extratos vegetais e produtos para agricultura orgânica, consolidando o maior número de registros de bioinsumos da história (MAPA, 2025b).

O Programa Nacional de Bioinsumos (PNB), lançado em 2020, e a Lei de Bioinsumos (Lei nº 15.070/2024) estabeleceram marcos regulatórios que ampliam a pesquisa, produção e uso desses produtos de forma sustentável (BRASIL, 2020; BRASIL, 2024; BARBOSA et al., 2025). O Brasil lidera o uso de agentes biológicos na agricultura, com crescimento da área tratada e movimentação do setor atingindo R\$ 464,5 milhões em 2025, um aumento significativo em relação a anos anteriores (VAN LENTEREN et al., 2025; MAPA, 2025a).

Os fungos entomopatogênicos são um dos principais biodefensivos utilizados no controle de pragas. Trata-se de organismos filamentosos pertencente à ordem Hypocreales e classificado em duas famílias principais, Clavicipitaceae e Cordycipitaceae. A família

Clavicipitaceae engloba os gêneros *Aschersonia*, *Hypocrella* e *Metarhizium*, enquanto a Cordycipitaceae inclui os gêneros *Beauveria*, *Cordyceps*, *Isaria* e *Lecanicillium* (MORA, 2015).

Os fungos entomopatogênicos, como a *Beauveria bassiana*, possuem características adaptativas como, a capacidade de aderência à cutícula, produção de enzimas cuticulolíticas, secreção de toxinas e metabólitos secundários e polifagia fúngica (amplo espectro de hospedeiros), que lhes permitem infectar e causar doenças em diferentes insetos (VALADARES-INGLIS et al., 2020). Esses microrganismos podem produzir diferentes estruturas de propagação assexuada, como conídios aéreos, conídios submersos e blastósporos, que variam sempre da espécie e das condições ambientais (HOLDER; KEYHANI, 2005; BERNARDO et al., 2020).

O processo de infecção da *B. bassiana* e demais fungos entomopatogênicos, inicia-se com a aderência dos propágulos à cutícula do inseto, onde germinam e formam hifas que penetram o exoesqueleto através de ação mecânica e enzimática. No interior do hospedeiro, o fungo deixa de hifas e começa a produzir corpos hifais (blastósporos) na hemolinfa, sendo proliferados pelo fluxo da hemolinfa para tecidos e órgãos, onde são produzidas toxinas letais ao hospedeiro. Posteriormente, após a exaustão dos nutrientes e morte do hospedeiro, as hifas penetram o interior da cutícula em direção ao exterior, onde irão emergir na superfície do hospedeiro, que sob condições ambientais ótimas, inicia a última fase da vida no hospedeiro, a reprodução e, posteriormente, formação de novos esporos (conídios aéreos) (VALADARES-INGLIS et al., 2020).

Em função do seu mecanismo de infecção, os fungos entomopatogênicos são agentes biológicos bastante empregados na agricultura, e vem ganhando força nos últimos anos como uma opção aos inseticidas químicos (COSTA et al., 2010; DUARTE, 2015; FERREIRA et al., 2023).

Produtos comerciais baseados em *B. bassiana* e *M. anisoplae* são empregados para o controle biológico de diversas pragas na agricultura. No entanto, sua falta de adaptação a diversas condições agroecológicas e a variabilidade na eficácia do isolado, reduz o potencial de contaminação contra as pragas-alvo, tornando a aplicação contínua desses produtos menos eficiente em determinados ecossistemas (DALBON et al., 2024).

Apesar dos fungos entomopatogênicos apresentarem ação patogênica contra diversos insetos-praga, sua bioeficácia está interligada à origem do seu isolamento (ISLAM et al., 2023). Isolados classificados como nativos são aqueles prospectados de regiões específicas, e tendem a demonstrar maior habilidade de sobrevivência, adaptação as condições ambientais locais (LI et al., 2023).

Estudos voltados à prospecção de fungos nativos e à seleção quanto à patogenicidade e virulência são fundamentais, pois a ampla diversidade genética dos isolados permite identificar linhagens mais bem adaptadas às condições locais e aos diferentes hospedeiros-alvo (ZHANG et al., 2024). Nesse sentido, a seleção de isolados superiores e a identificação de novas linhagens fúngicas com elevado potencial virulento contribuem para o aprimoramento das estratégias de controle biológico, reduzindo a dependência do uso de inseticidas químicos, especialmente em sistemas de cultivo da bananeira.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Origem dos insetos

Adultos de *C. sordidus* foram coletados em um plantio orgânico comercial de banana (*Musa* sp.), no município de Malhador/SE, povoado Adique. O cultivo orgânico foi escolhido porque os insetos não são expostos a pesticidas químicos, evitando a seleção de indivíduos resistentes e permitindo a coleta de populações mais susceptíveis. A captura foi realizada utilizando armadilhas compostas por pseudocaule de bananeira cortados horizontalmente, no modelo tipo telha (NOMURA et al., 2020).

Os insetos coletados foram transferidos para o Laboratório de Controle Biotecnológico de Pragas (LCBiotec, Emdagro – SE), e acondicionados em potes de plásticos (250 ml), contendo pedaços de rizoma ou pseudocaule de bananeira para sua alimentação. Os insetos foram mantidos em sala climatizada (25±1°C, UR 60±1%, fotofase 12 horas) em quarentena, e observados por sete dias para avaliar possíveis infecções por patógenos naturais, antes da sua utilização nos bioensaios.

#### 3.2. Origem dos fungos

Os isolados de *Beauveria* spp. utilizados nos bioensaios deste trabalho foram obtidos do Banco de Fungos Entomopatogênicos do LCBiotec/Emdagro, mantidos em BDA e criopreservados em glicerol 10% a -15°C. Os isolados foram previamente caracterizados quanto à pureza e viabilidade antes dos ensaios biológicos, por observação microscópica para detectar contaminações e teste de germinação dos conídios em BDA, considerando viáveis aqueles com ≥90% de germinação. (Tabela 1).

**Tabela 1.** Isolados de fungos entomopatogênicos utilizados no bioensaio de seleção sobre adultos de *Cosmopolites sordidus*.

Código do isolado*	Espécie	Fonte do isolamento / Hospedeiro	Local da coleta (Cidade/Estado)
SE105	<i>Beauveria bassiana</i>	Solo	Ilha das Flores / Sergipe
SE107	<i>Beauveria bassiana</i>	Solo	Neópolis / Sergipe
SE109	<i>Beauveria bassiana</i>	Solo	Boquim / Sergipe
SE111	<i>Beauveria bassiana</i>	Solo	Boquim / Sergipe
SE112	<i>Beauveria</i> sp.	<i>Cosmopolites sordidus</i>	Malhador / Sergipe
SE115	<i>Beauveria</i> sp.	<i>Cosmopolites sordidus</i>	Malhador / Sergipe

SE117	<i>Beauveria bassiana</i>	Solo	Nossa Senhora. da Glória / Sergipe
SE118	<i>Beauveria bassiana</i>	Solo	Nossa Senhora. da Glória / Sergipe
SE119	<i>Beauveria bassiana</i>	Solo	Nossa Senhora. da Glória / Sergipe

\*Código dos isolados no Banco de Fungos Entomopatogênicos da Emdagro.

### 3.3. Seleção de isolados nativos de fungos entomopatogênicos para controle do *Cosmopolites sordidus*

Os isolados de fungos entomopatogênicos foram inoculados em placa de Petri (90 x 15 cm), contendo meio de cultura Ágar Batata Dextrose (BDA), com antibiótico cloranfenicol, e incubados em câmara tipo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) a 25±1 °C e fotofase 12 h, por sete dias. Após este período, as placas com fungo crescido foram levadas para câmara de fluxo, raspada a biomassa da superfície do meio com espátula metálica e homogeneizado em solução de Tween 80<sup>®</sup> (0,05%) para a produção das suspensões fúngicas. Em seguida, a concentração da suspensão foi aferida por contagem direta de esporos em câmara Neubauer, utilizando microscópio óptico (400x). A concentração da suspensão fúngica foi padronizada para a concentração de 1 x 10<sup>8</sup> conídios/mL.

O bioensaio de patogenicidade e virulência foi realizado com 10 tratamentos, dos quais nove corresponderam aos isolados de fungos entomopatogênicos (Tabela 1) e um ao tratamento controle, com aplicação de solução de Tween 80<sup>®</sup> (0,05%) em água. Os insetos adultos de *C. sordidus* foram submersos nas suspensões de conídios por 5 segundos, bem como o controle, e, posteriormente, transferidos para potes de polietileno de 200 ml com tampa, contendo um pedaço de pseudocaule de bananeira para alimentação. A tampa dos potes foi perfurada para favorecer a ventilação e o alimento dos insetos foi substituído a cada três dias. Os potes foram mantidos em sala climatizada (25±1°C, UR 60±1% e fotofase 12 h) até o final da avaliação. Cada tratamento foi constituído por 20 repetições com cinco insetos não sexados em cada repetição, totalizando 100 insetos por tratamento.

Os insetos foram avaliados diariamente durante 24 dias, a fim de observar expressão completa da patogenicidade de *B. bassiana* e a mortalidade tardia. A avaliação da mortalidade deu-se por meio de um estímulo mecânico realizado com a aplicação de leve pressão manual no abdômen do inseto, com o uso de uma pinça entomológica. Os insetos que não apresentaram qualquer movimento após repetição do estímulo mecânico, foram considerados mortos. Após a confirmação da morte, os insetos mortos foram retirados dos potes, desinfetados com álcool etílico (70%), lavados com água destilada estéril e

transferidos individualmente para câmaras úmidas, composta por placa de Petri (35x10mm) e papel filtro umedecido com água destilada estéril. As câmaras úmidas foram mantidas em câmara de germinação tipo B.O.D. a  $25\pm 1^\circ\text{C}$  e fotofase 12 horas, por 7 dias, para promover o crescimento do fungo e confirmar seu efeito na mortalidade do inseto.

Os dados de mortalidade de *C. sordidus* obtidos no ensaio de seleção de fungos foram corrigidos com a mortalidade do controle com a equação de Abbott (1925), submetidos a Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Além disso, a mortalidade diária dos insetos tratados com os isolados de fungos entomopatogênicos com maior patogenicidade foi utilizada para construção de curva de sobrevivência, pelo método Kaplan-Meier (Log Rank: Mantel-Cox), para estimar a  $TL_{50}$  dos isolados e selecionar o isolado com maior virulência. As análises estatísticas foram realizadas através do software SPSS, versão 12.0., e os gráficos foram construídos através do software GraphPadPrism.

#### **3.4. Comparação da efetividade de conídios e blastósporos do fungo entomopatogênico selecionado sobre *Cosmopolites sordidus***

O bioensaio de avaliação comparativa da virulência entre conídios e blastósporos foi conduzido com o isolado que apresentou menor estimativa de  $TL_{50}$  no bioensaio de seleção de fungos entomopatogênicos sobre *C. sordidus* (tópico 3.3), isolado SE107. Para a produção dos blastósporos, o fungo foi repicado em meio de cultura sólido, seguindo a mesma metodologia do tópico 3.3. Após seu crescimento, foi realizado 3 discos de 0,8 cm do meio com fungo com auxílio de um furador de rolha e, em seguida, foram transferidos para erlenmeyer (250 mL) contendo 100 mL de meio líquido comercial Caldo de Batata Dextrose (Kasvi) suplementada com antibiótico cloranfenicol, previamente esterilizados em autoclave ( $120^\circ\text{C}$ , 1 atm, por 20 minutos). Posteriormente, os erlenmeyer foram acondicionados em agitador rotativo tipo shaker a  $25\pm 2^\circ\text{C}$  e  $120\pm 2$  rpm, por 7 dias.

O meio líquido com o fungo foi filtrado com gaze estéril, em ambiente estéril, para separar os blastósporos do micélio fúngico. Posteriormente, o caldo fermentado contendo blastósporos foi submetido a diluição seriada e quantificação da concentração de células com câmara Neubauer em microscópio óptico (400x). A concentração da suspensão final foi em  $1 \times 10^8$  blastósporos/mL.

A metodologia utilizada para instalação e avaliação do bioensaio de aplicação dos blastósporos do fungo sobre *C. sordidus* seguiu os mesmos parâmetros descritos na avaliação da patogenicidade dos conídios aéreos dos fungos entomopatogênicos (tópico 3.3).

Os dados de mortalidade de *C. sordidus* obtidos no ensaio de blastósporos foram corrigidos com a mortalidade do controle através da equação de Abbott (1925), submetidos a Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As médias de mortalidade

entre conídios e blastósporos foram avaliadas utilizando o teste t de Student com  $\alpha = 0,05$  para determinar a significância.

### **3.5. Avaliação da infecção do fungo entomopatogênico por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

Para o bioensaio, uma suspensão de conídios do isolado SE107 na concentração  $1 \times 10^8$  conídios/mL foi preparada, conforme metodologia descrita no item 3.3.

Antes da infecção, 52 adultos de *C. sordidos* não sexados provenientes de coleta de campo e mantido no Laboratório de Controle Biotecnológico de Praga (LCBiotec) foram separados para o bioensaio. Para inativação da microbiota epizoótica, os insetos foram submetidos à esterilização superficial do tegumento por imersão em etanol 70% durante 30 segundos, seguida de duas lavagens rápidas em água estéril.

Com objetivo de registrar diferentes estágios de desenvolvimento do fungo sobre a cutícula do inseto, adultos de *C. sordidos* foram infectados em tempos diferentes: 0, 12, 18, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas, sendo cada tratamento (tempo) composto por 4 insetos. Posteriormente, os insetos foram acondicionados em placa de petri 90 x 15mm e mantidos em câmara tipo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) a  $25 \pm 1$  °C e fotófase 12 h.

Após cada tempo de infecção, os insetos foram transferidos para tubos Falcon de 50 ml contendo 10 mL de solução fixadora Karnovsky (3% paraformaldeído, 2,5% glutaraldeído em Tampão Fosfato 0,1 M (pH 7,4) contendo 0,002 M  $\text{CaCl}_2$ ) e envolvido externamente com papel alumínio para evitar a oxidação da solução pela luz. Em seguida armazenado geladeira a 4 °C por 24 h. Após esse período, os insetos foram lavados no mesmo tampão (3 x 10 min/cada), e submetidos ao processo de desidratação em série crescente de etanol (30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e 99,5% - 3 x 10 min/cada).

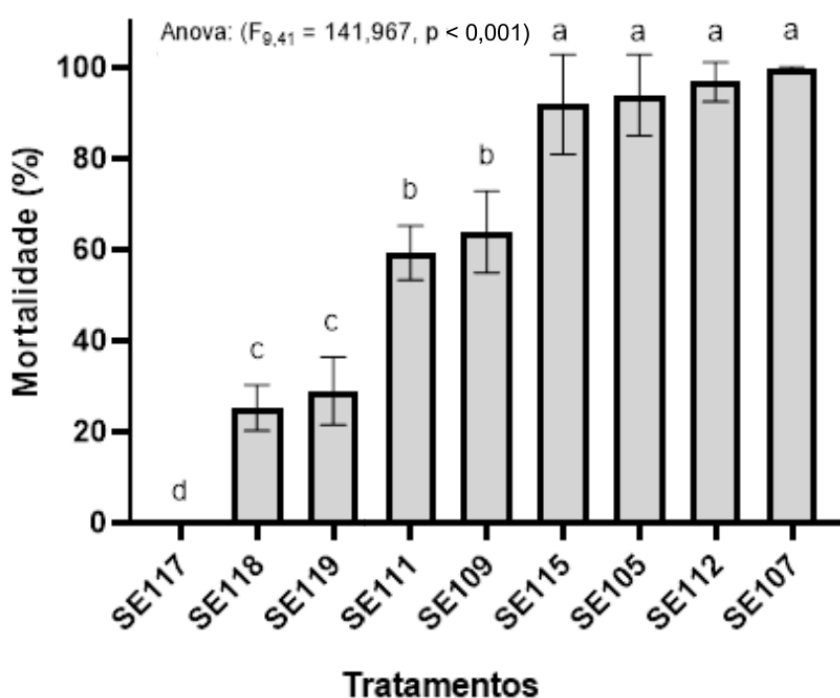
Em seguida, os insetos levados para o Núcleo de Estudos em Sistemas Coloidais (NUESC) na Universidade Tiradentes (UNIT) e processados em secador ao ponto crítico (CPD), para assegurar a preservação da microestrutura cuticular e das estruturas fúngicas aderidas (conídios, tubos germinativos e apressórios). Na sequência, os adultos de *C. sordidos* foram fixadas em stubs utilizando fita de carbono dupla face. A orientação dos insetos foi ajustada para expor as regiões de interesse (tórax, pleuras, tergitos abdominais e áreas de inoculação) para varredura no MEV. As amostras foram submetidas à metalização com ouro (Au) (Denton Vacuum Desk V), antes da observação das estruturas morfológicas do tegumento e das estruturas de infecção de *B. bassiana* em microscópio eletrônico de varredura (JEOL JSM-IT200).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Seleção de fungos entomopatogênicos contra *Cosmopolites sordidus*

Os isolados dos fungos entomopatogênicos avaliados apresentaram diferenças significativas na mortalidade de *C. sordidus* (ANOVA,  $F_{9,41} = 141,967$ ;  $p < 0,001$ ), evidenciando elevada variabilidade intraespecífica na virulência de *Beauveria* spp. A mortalidade variou de 26% a 99,8%, sendo que o isolado SE117 não promoveu mortalidade detectável, sugerindo baixa adaptabilidade ao hospedeiro (Figura 1).

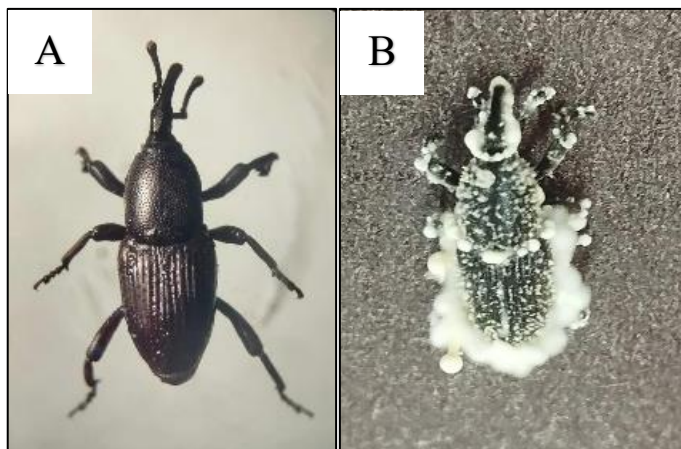
A variabilidade na patogenicidade e virulência de isolados de *B. bassiana* contra adultos de *C. sordidus* já foi registrado anteriormente por Kisaakye et al. (2021), que relatou um isolado de *B. bassiana* sem ação patogênica e níveis de mortalidade de 2,5-82,5% para os demais isolados testados, enquanto Tabima et al. 2023 registou 20-86% e Membang et al. (2020) 38-96% de variação na mortalidade, sendo os resultados reportados por esses estudos semelhantes ao encontrado neste trabalho.



**Figura 1.** Avaliação da patogenicidade de diferentes isolados de fungos entomopatogênicos nativos do estado de Sergipe sobre adultos de *Cosmopolites sordidus*.

Os isolados SE115 ( $92 \pm 10,95\%$ ), SE105 ( $94 \pm 8,94\%$ ), SE112 ( $96,93 \pm 4,32\%$ ) e SE107 ( $99,8 \pm 0,44\%$ ) apresentaram mortalidade superior a 90% e não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), indicando alto potencial para uso em programas de controle biológico (Figura 2). Esses resultados corroboram estudos prévios que demonstram ampla variação de virulência entre isolados de *B. bassiana* contra *C.*

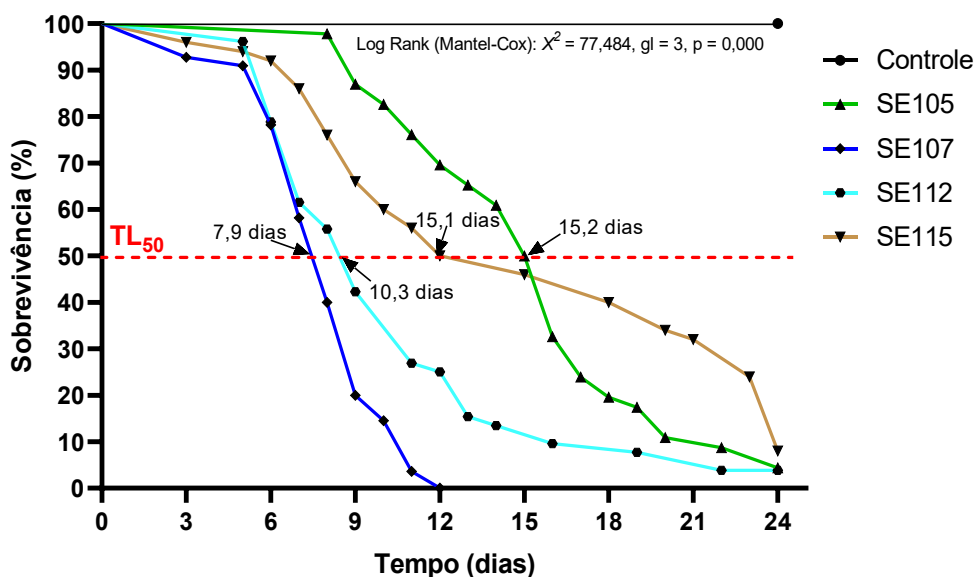
*sordidus* (SILVA, 2022; CASTILLO-ARÉVALO et al., 2025). Os demais isolados promoveram taxas de mortalidade inferior a 60%.



**Figura 2.** Adultos de *Cosmopolites sordidus*. A = inseto saudável, mantido em laboratório antes da aplicação do fungo entomopatogênico; B = morte confirmada pelo fungo entomopatogênico, destaque para esporulação externa das hifas, entre as regiões intersegmentais do corpo do inseto.

Variações semelhantes em *C. sordidus* foram registrados não apenas com *B. bassiana*, mas também com outros fungos entomopatogênicos, dentre eles *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *Isaria fumosorosea* (KISAAKYE et al., 2021; TABIMA et al., 2023; ZHANG et al., 2024). Essa variação pode ser atribuída a diferenças genéticas entre os isolados, capacidade de produção de enzimas cuticulares, tolerância a condições ambientais, e diferenças na produção de toxinas fúngicas, que influenciam a eficiência de infecção e morte do hospedeiro (LI et al., 2023; GOTTI et al., 2023).

Em relação à análise de sobrevivência dos isolados com maiores taxas de virulência, os adultos de *C. sordidus* expostos aos isolados SE107, SE112, SE115 e SE105 apresentaram diferenças significativas em sua sobrevivência de acordo com a análise de sobrevivência do método de Kaplan-Meier (Mantel-Cox), tendo o tempo letal necessário para causar a mortalidade de 50% dos insetos expostos ( $TL_{50}$ ) estimada em: SE107 = 7,9 dias, SE112 = 10,3 dias, SE115 = 15,1 dias e SE105 = 15,2 dias (Figura 3). De acordo com esses resultados, o isolado SE107 destaca-se como o isolado mais virulento, por apresentar menor estimativa de  $TL_{50}$  dentre todos os isolados avaliados (7,9 dias).



**Figura 3.** Sobrevivência de adultos de *Cosmopolites sordidus* tratados com diferentes isolados de fungos entomopatogênicos. A linha tracejada vermelha indica a estimativa da TL<sub>50</sub> dos isolados.

Estimativa de TL<sub>50</sub> semelhante de *C. sordidus* foi encontrada por Costa et al. (2010), 7,79–14,56 dias utilizando uma concentração de suspensão conidial de  $2 \times 10^8$  conídios/mL, concentração mais alta que a utilizada neste trabalho. Já Castillo-Arévalo et al. (2025) obtiveram uma TL<sub>50</sub> de 6 dias, Kisaakye et al. (2021) reportaram valores variando entre 5,3–24 dias e Dávila (2020) registrou TL<sub>50</sub> entre 11–13 dias. Estes resultados evidenciam que a virulência de *B. bassiana* contra *C. sordidus* é influenciada tanto pela concentração de conídios quanto pelo isolado utilizado.

A composição da cutícula é outro fator que influencia diretamente no processo de infecção do fungo, pois varia quanto ao conteúdo e ao grau de esclerotização entre diferentes ordens e estágios de desenvolvimento, influenciando diretamente a adesão, a penetração e o tempo letal de fungos enteropatogênicos (ORTIZ-URQUIZA; KEYHANI, 2013). Insetos com cutícula fortemente esclerotizada, como *C. sordidus*, tendem a apresentar maior resistência a penetração ou maiores tempos letais, exigindo isolados com maior potencial enzimático para aderir, penetrar, infectar e matar em menor tempo (PÉREZ et al., 2021; GOLZAN et al., 2023).

Nos fungos entomopatogênicos como *B. bassiana* e *M. robertsii*, a especificidade do hospedeiro não está ligada por interações interespecíficas de reconhecimento hospedeiro-patógeno, mas pela capacidade do fungo de sobrecarregar as defesas do hospedeiro em um processo de degradação da cutícula que permite o rompimento das barreiras físicas e químicas do inseto (XIAO et al., 2012; ORTIZ-URQUIZA; KEYHANI, 2013). Portanto, a

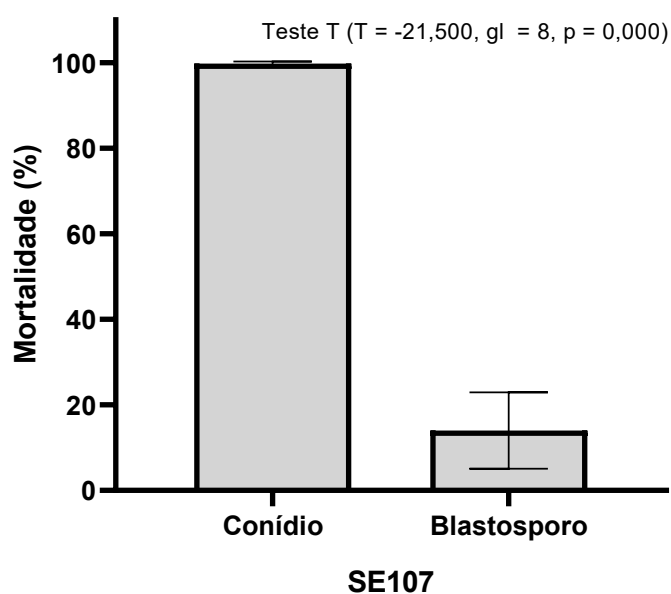
variabilidade observada na eficiência inseticida entre os isolados pode estar relacionada também a diferenças quantitativas e qualitativas na produção de enzimas hidrolíticas, como proteases, quitinases e lipases, essenciais na degradação da cutícula (ZHANG et al., 2024.)

A variação na virulência ou não patogenicidade de isolados observada no presente trabalho, pode ser explicada por fatores de variabilidade e base genética intraespecífica de cada isolado. Análises comparativas do genoma e transcriptoma realizado com 8 cepas de *B. bassiana*, demonstram que a virulência está diretamente ligada a uma base genética, uma vez que, as quatro cepas mais virulentas tinham genes específicos associados a funções como, a biossíntese de micotoxinas, transportadores de membrana, fatores de transcrição e elevada expressão de genes associadas a produção oosporeína (metabólito secundário associado a virulência) (LI et al., 2023).

Portanto, a variação na virulência entre isolados pode estar associada a diferentes fatores, como: capacidade de adesão e penetração na cutícula do inseto, produção de enzimas extracelulares e, principalmente, fatores genéticos.

#### 4.2. Comparação da efetividade de conídios e blastósporos do fungo entomopatogênico selecionado sobre *Cosmopolites sordidus*

A comparação da mortalidade entre conídios e blastósporos do isolado SE107 indicou diferenças estatísticas significativas entre as médias pelo teste T ( $T = -21,500$ ,  $gl = 8$ ,  $p = 0,000$ ), demonstrando maior eficiência dos conídios ( $99,8\% \pm 0,44$ ) aos blastósporos ( $14\% \pm 8,94$ ) sobre *C. sordidus* (Figura 4). Resultados semelhantes foram observados por Fonseca et al. (2023) ao testar blastósporos de *Beauveria caledonica* em adultos de *C. sordidus*, com taxas de mortalidade inferiores a 30%.



**Figura 4.** Comparação da efetividade de conídios e blastósporos de SE107 (*B. bassiana*)

sobre *Cosmopolites sordidus*.

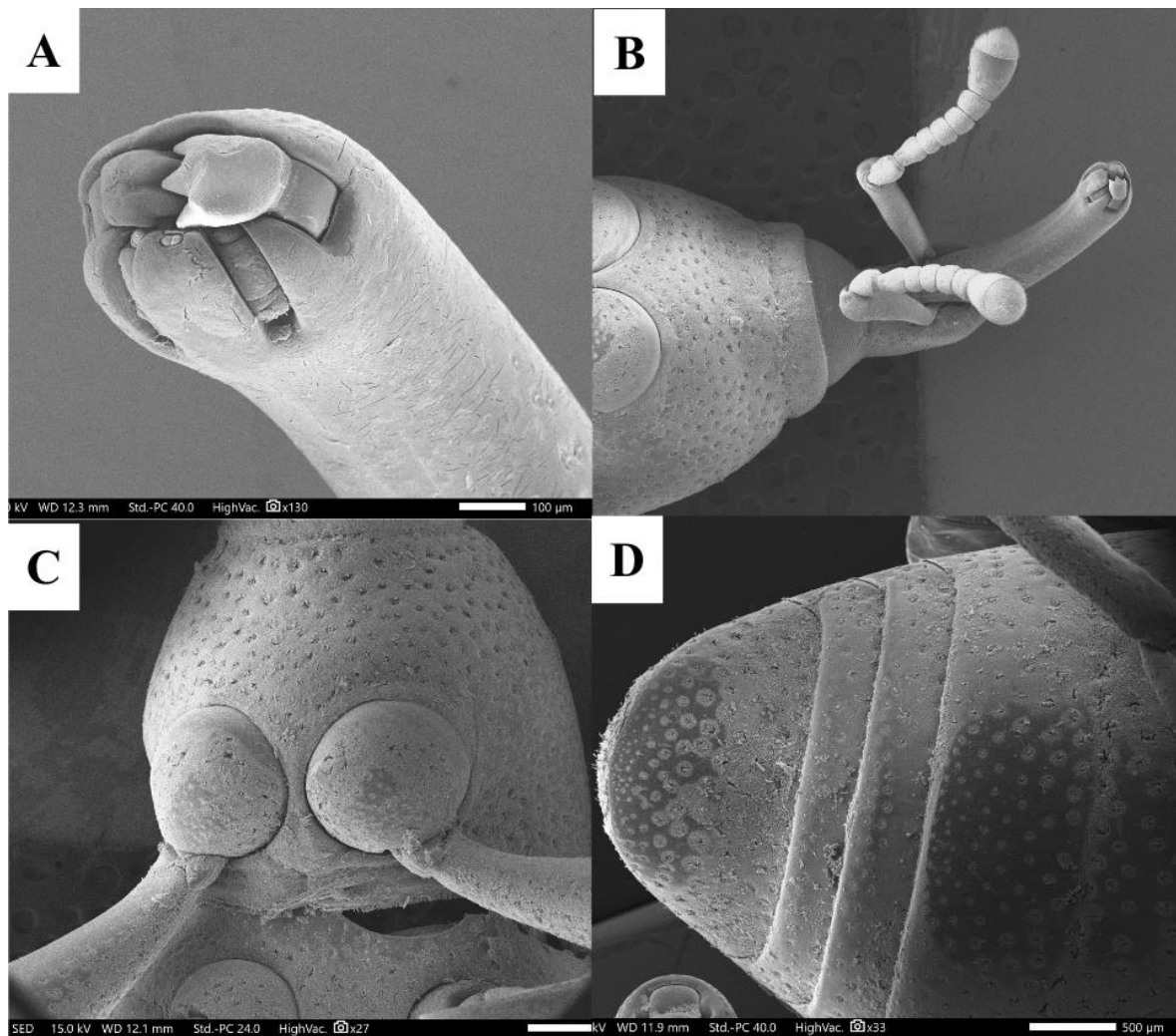
Trabalhos que compararam à virulência entre conídios e blastósporos de *B. Bassiana* demonstraram taxa de virulência superior nos tratamentos com blastósporos, em comparação aos conídios (ALKHAIBARI et al., 2018; CORRÊA et al., 2020; MOTA, 2024), porém, Lima et al. (2024) observaram valores de mortalidade inferiores a 25% para os blastósporos, resultado semelhante ao obtido neste estudo.

Os conídios são células propágativas mais resistentes e aderem com eficiência em superfícies hidrofóbicas, ao contrário dos blastósporos, que ligam-se principalmente a superfícies hidrofílicas, apresentando baixa afinidade por superfícies hidrofóbicas e sensibilidade a altas temperatura e radiação UV-B, comprometendo sua eficácia infectiva devido a sua baixa resistência a fatores ambientais comparado aos conídios (BERNARDO et al., 2020). A baixa adesão e penetração na cutícula do hospedeiro, acarretando na diminuição da quantidade de propágulos na cutícula do hospedeiro, reduzindo assim a mortalidade (CARVALHO, 2023).

A baixa virulência dos blastósporos em comparação aos conídios observada neste trabalho pode estar associada à menor resistência celular dos blastósporos a fatores abióticos, bem como à capacidade limitada de adesão e penetração na cutícula do inseto, uma vez que o exoesqueleto mais esclerotizado de *C. sordidus* dificulta o processo infectivo e aumenta a exposição dos propágulos, comprometendo assim a viabilidade das células infectivas (BERNARDO et al., 2020; GOTTI et al., 2023).

Embora a capacidade infectiva dos blastósporos de *B. bassiana* já tenha sido comprovada em diversas pragas agrícolas de importância econômica, como a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), a falsa-medideira *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) e o bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae) (MASCARIN et al., 2015; CORRÊA et al., 2020; IWANICKI et al., 2023), ainda são escassas as informações sobre a virulência de blastósporos em *Cosmopolites sordidus*, indicando a necessidade de estudos adicionais para avaliar sua eficácia contra essa praga específica.

#### **4.3. Análise da infecção do fungo entomopatogênico sobre *Cosmopolites sordidus* em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

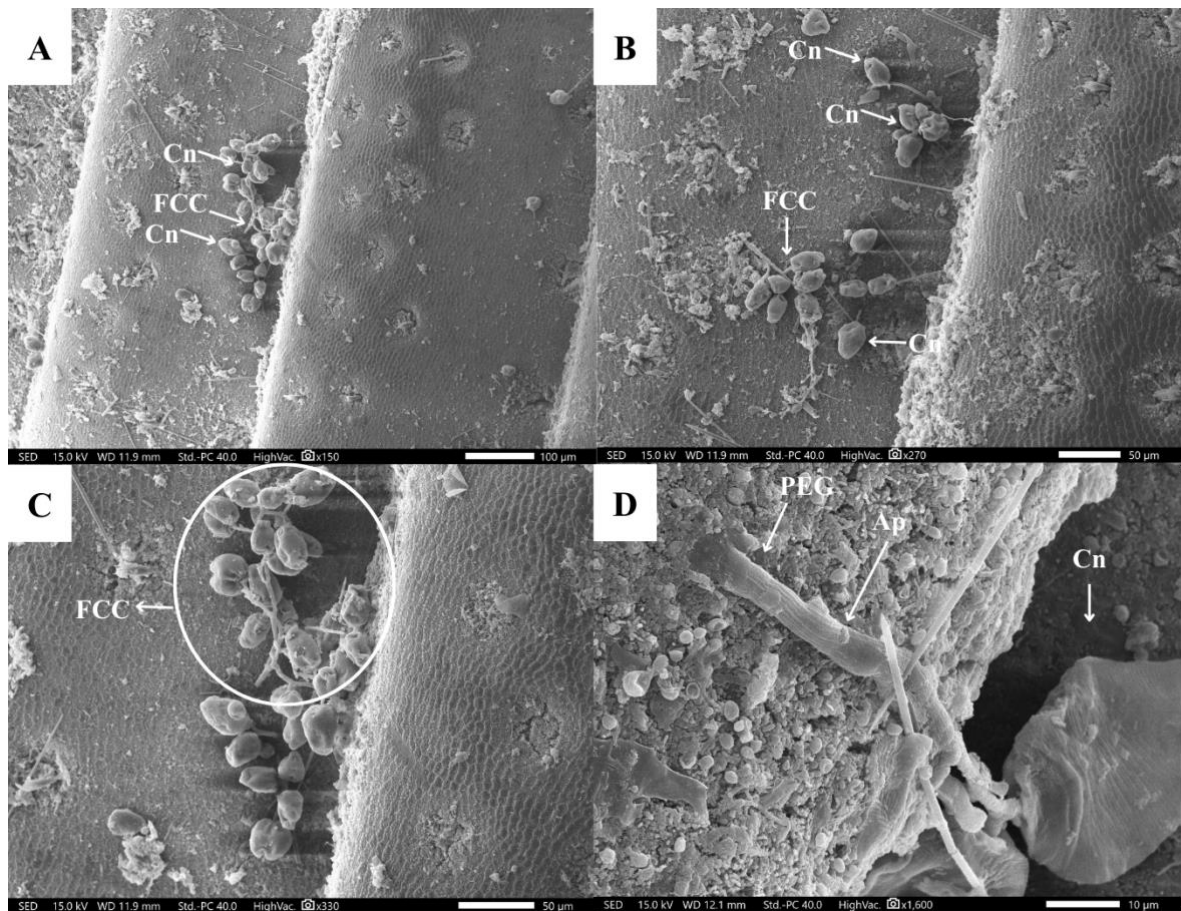


**Figura 5.** Microscopia eletrônica de varredura (MEV) de adultos de *Cosmopolites sordidus* não infectados evidenciam as regiões intersegmentais e estruturas externas potencialmente relevantes no processo de infecção. A = vista frontal das peças bucais; B = vista lateral: prosterno, rostro, aparelho bucal e antenas; C = vista ventral: prosterno, coxas, trocanter e fêmur; D = Região abdominal, com destaque para os segmentos intersegmentais, poros cuticulares e espiráculo.

As micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura evidenciam a presença de conídios de *B. bassiana* aderidos ao tegumento de adultos de *C. sordidus* em todas as amostras analisadas, embora com variação na densidade (Figura 6). Os conídios foram predominantemente observados em regiões específicas do tegumento, especialmente nas áreas pleurais e em regiões intersegmentais, reconhecidas como pontos estruturalmente mais frágeis (Figuras 6A–C).

Em maiores ampliações (x1.600), observa-se a germinação do conídio, seguida da formação do apressório e haste de penetração (peg), indicando a penetração do fungo através da cutícula (Figura 6D). A distribuição esparsa dos conídios e a baixa intensidade de colonização observadas nas imagens indicam que as condições do ensaio limitaram a análise

completa do desenvolvimento de *B. bassiana* no tegumento de *C. sordidus*, uma vez que não foi possível observar todos os tempos nem realizar comparações abrangentes entre eles.



**Figura 6.** Microscopia eletrônica de varredura (MEV) de adultos de *Cosmopolites sordidus* expostos a *Beauveria bassiana*, ambos na concentração de  $1 \times 10^8$  conídios/mL. A = Conídios (Cn) e fiálides com conídios (FCC) aderidos ao tegumento, aumento de  $150\times$  (12h); B = Conídios (Cn) e fiálides com conídios (FCC) aderidos ao tegumento, aumento de  $270\times$  (12h); C = Detalhe da agregação de fiálides com conídios (FCC) na superfície do tegumento, aumento de  $330\times$  (12h); D = Detalhe do processo de penetração do conídio (Cn), evidenciando apressório (Ap) e Peg de penetração (PEG), aumento de  $1.600\times$  (48h).

## 5. CONCLUSÕES

- Os isolados de *Beauveria* spp. avaliados demonstram elevada variabilidade na patogenicidade contra *C. sordidus*, reforçando a necessidade de seleção criteriosa de cepas para uso em controle biológico. Entre eles, os isolados SE105, SE107, SE112 e SE115 destacaram-se com mortalidade superior a 90%, sendo o SE107 o mais promissor para desenvolvimento de bioinseticida;
- Os conídios de SE107 mostraram-se significativamente mais eficientes que os blastósporos.
- As análises por microscopia eletrônica de varredura (MEV) permitiram observar etapas iniciais da infecção fúngica. Entretanto, análises complementares com maior número de amostras e diferentes tempos de incubação poderão contribuir para uma melhor compreensão da dinâmica de adesão, germinação e penetração de *B. bassiana* em *C. sordidus*.
- O isolado SE107 apresenta potencial para aplicação em programas de manejo integrado de pragas da bananeira, especialmente em sistemas orgânicos e agroecológicos;

## 6. REFERÊNCIAS

ALKHAIBARI, A. M.; MAFFEIS, T.; BULL, J. C.; BUTT, T. M. Combined use of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium brunneum*, and the mosquito predator, *Toxorhynchites brevipalpis*, for control of mosquito larvae: Is this a risky biocontrol strategy?. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 153, p. 38–50, 6 fev. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA: Relatório dos resultados das análises de amostras monitoradas no ciclo 2024 (Plano Plurianual 2023–2025)**. Brasília, DF: ANVISA, 2025.

BARBOSA, M. F.; SALES, R. M. M.; GALARZA, F. A. D.; KRUGER, C. Q.; DE LIMA FÁVARO, L. C.; QUIRINO, B. F. Biological resources driving productivity: bioinputs for sustainable plant agriculture in Brazil. **Sustainable Microbiology**, v. 2, n. 3, 1 jan. 2025.

BAKAZE, E.; DZOMEKU, B. M.; WÜNSCHE, J.-N. Banana defence responses to *Cosmopolites sordidus* feeding and methyl jasmonate application. **The Annals of applied biology**, v. 178, n. 1, p. 98–108, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lei Nº 10831, de 23 de dezembro de 2003**. Publicado no Diário Oficial da União, Brasília, 2003, Seção 1, Página 8.

BRASIL. **Decreto Nº 10.375, de 26 de Maio de 2020**. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, p. 1-6, 26 mai. 2020.

BRASIL. **Lei no 15.070, de 23 de dezembro de 2024**. Dispõe sobre a pesquisa, a produção, a comercialização e a utilização de bioinsumos; altera a Lei no 14.785, de 27 de dezembro de 2023; e dá outras providências. Brasília, 23 dez. 2024.

BERNARDO, C. D. C.; PEREIRA-JUNIOR, R. A.; LUZ, C.; MASCARIN, G. M.; FERNANDES, É. K. K. Differential susceptibility of blastospores and aerial conidia of entomopathogenic fungi to heat and UV-B stresses. **Fungal Biology**, v. 124, n. 8, p. 714–722, 3 maio 2020.

CASTILLO-ARÉVALO, T.; DÍAZ, J. U. B.; ROMERO, S. D. Determination of LD50 and LT50 at Different Doses of *Beauveria bassiana* on *Cosmopolites sordidus*. **European Journal of Agriculture and Food Sciences**, v. 7, n. 4, p. 33–37, 10 ago. 2025.

CAMPOS, T.M. **Resistência por antixenose de genótipos de milho ao ataque do gorgulho-do-milho**. Monografia (Graduação em agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. Brasília, p. 21. 2016.

CARVALHO, I. K. **Produção de *Beauveria bassiana* em meio líquido**. Monografia (Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta grossa, Paraná, 32 f. 2023.

CNA; SENAR; CIM/UFLA. **Banicultura brasileira: Mercado interno consolidado e ameaças competitivas externas**. CNA, 6 p., 2025. Disponível em: <https://cnabrazil.org.br/storage/arquivos/pdf/ativos-fruticultura-outubro-2025.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2026.

CORDEIRO, L. R. B. A.; BEZERRA, R. C. A.; NASCIMENTO, A. B. D.; DE SOUSA, A. L. M.; DA SILVA, C. L.; DE MOURA, D. P.; DA ROSA FERRAZ JARDIM, A. M.; DA SILVA, T. G. F.; MICHEREFF, S. J. Sistemas de produção da Musa spp. no Cariri cearense, Brasil: caracterização, indicadores de sustentabilidade e químicos do solo. **Revista Brasileira De Geografia Física**, v. 16, n. 6, p. 3380–3403, 29 dez. 2023.

CORRÊA, B.; DA SILVEIRA DUARTE, V.; SILVA, D. M.; MASCARIN, G. M.; JÚNIOR, I. D. Comparative analysis of blastospore production and virulence of *Beauveria bassiana* and *Cordyceps fumosorosea* against soybean pests. **BioControl**, v. 65, n. 3, p. 323–337, 10 fev. 2020.

COSTA, J. N. M.; SILVA, C. A.; TEIXEIRA, A. D.; SALLET, L. A. P.; ROCHA, R. B.; TELES, B. R. **Isolados de *Beauveria bassiana* para o controle biológico da broca-do-rizoma-da-bananeira (*Cosmopolites sordidus*, Germar) (Coleoptera: Curculionidae)**. Porto Velho, RO: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Rondônia, Embrapa Rondônia, 2010. 13 p.

COSTA, I. M. D. S.; GALVÃO, A. L. B.; DE MEDEIROS FURTADO, D. C.  $\alpha$ -copaeno como possível cairomônio de pseudocaule de banana para atração de *Cosmopolites sordidus* – revisão de literatura. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 1, p. 5–13, 24 jan. 2021.

DALBON, V. A.; ACEVEDO, J. P. M.; RIBEIRO, K. A. L., Junior; DA SILVA, J. M.; DE MEDEIROS FERRO, M. M.; JÚNIOR, A. S. N.; FONSECA, H. G.; SANTANA, A. E. G.; PORCELLI, F. Native Entomopathogenic Fungi Isolated from *Rhynchophorus palmarum* (Linnaeus, 1758) in Northeast Brazil. **Insects**, v. 15, n. 3, p. 159, 27 fev. 2024.

DASSOU, A. G.; TOVIGNAN, S.; VODOUHÈ, F.; VODOUHÈ, S. D. Meta-analysis of agroecological technologies and practices in the sustainable management of banana pests and diseases. **Environment Development and Sustainability**, v. 26, n. 9, p. 21937–21954, 13 jul. 2023.

DÁVILA, K. **Eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo *Beauveria bassiana* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en condiciones de laboratorio y campo**. 2020. Monografía (Ingeniería Agronómica) – Universidad Estatal de Quevedo, Quevedo, 99 p. 2020.

DUARTE, R. T. **Virulência de micro-organismos à *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) e compatibilidade com inseticidas**. Tese (doutorado em agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 137 p. 2015.

ELIAS, J. J. **Voláteis da bananeira com efeitos adjuvantes ao feromônio de agregação sintético *Sordidina* para manejo e controle de *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1823) (Coleoptera: Curculionidae)**. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Pós-Graduação em Proteção de Plantas, Universidade Federal de Alagoas. Rio largo, Alagoas, 71 p. 2024.

FERREIRA, J. S., ANDALÓ, V.; FUGA, C. A. G.; SOUZA, T. S.; SOARES., C. M. S. Effect of entomopathogenic fungi on the control of the coffee berry borer in the laboratory. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 90, p. 1-12, 2023. DOI: 10.1590/1808-1657000112023.

FONSECA, L. S.; CANGANI, A. C. V.; SANTOS, D. P.; OKABAYASHI, H. F.; MARINHO-PRADO, J. S. Virulência de blastósporos de *beauveria caledonica* sobre coleobrocas. In: Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica, 17., 2023, Campinas - SP. **Anais [...]**, São Paulo: CIIC, 2023.

**FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO)**. Banana facts and figures. Disponível em: <http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/bananas/bananafacts/en/>. Acesso em: 3 fev. 2026.

GOLZAN, S. R.; TALAEI-HASSANLOUI, R.; HOMAYOONZADEH, M.; SAFAVI, S. A. Role of cuticle-degrading enzymes of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in virulence on *Plodia interpunctella* (Lepidoptera, Pyralidae) larvae. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 26, n. 2, p. 102038, 16 jan. 2023.

GOTTI, I. A.; MOREIRA, C. C.; DELALIBERA, I.; DE FINE LICHT, H. H. Blastospores from *Metarhizium anisopliae* and *Metarhizium rileyi* Are Not Always as Virulent as Conidia Are towards *Spodoptera frugiperda* Caterpillars and Use Different Infection Mechanisms. **Microorganisms**, v. 11, n. 6, p. 1594, 16 jun. 2023.

HOLANDA, R. M.; DE MEDEIROS, R. M.; DE FRANÇA, M. V.; SABOYA, L. M. F.; FILHO, M. C.; DE ARAÚJO, W. R. Banana growing and its climate suitability in the municipality of Recife-Pe, Brazil. **International Journal of Science and Research Archive**, v. 6, n. 1, p. 068–077, 18 maio 2022.

HOLDER, D. J.; KEYHANI, N. O. Adhesion of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria ( Cordyceps ) bassiana* to Substrata. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 71, n. 9, p. 5260–5266, 1 set. 2005b.

ISLAM, S. M. N.; CHOWDHURY, MD. Z. H.; MIM, M. F.; MOMTAZ, M. B.; ISLAM, T. Biocontrol potential of native isolates of *Beauveria bassiana* against cotton leafworm *Spodoptera litura* (Fabricius). **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 8331, 23 maio 2023.

IWANICKI, N. S. A.; LOPES, E. C. M.; LIRA, A. C. DE; POLETTO, T. B.; FONCECA, L. Z.; DELALIBERA JÚNIOR, I. Comparative analysis of *Beauveria bassiana* submerged conidia with blastospores: yield, growth kinetics, and virulence. **Biological Control**, v. 185, p. 105314, 2023.

JORDAN, C.; SANTOS, P. L.; OLIVEIRA, L. R. S.; DOMINGUES, M. M.; GÊA, B. C. C.; RIBEIRO, M. F.; MASCARIN, G. M.; WILCKEN, C. F. Entomopathogenic fungi as the microbial frontline against the alien Eucalyptus pest *Gonipterus platensis* in Brazil. **Scientific Reports**, v.11, n. 7233, p. 1–13, mar. 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-86638-9.

KISAAKYE, J.; FOURIE, H.; COYNE, D.; CORTADA, L.; MASINDE, S.; SUBRAMANIAN, S.; HAUKELAND, S. Avaliação do potencial entomopatogênico de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* para o manejo de *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae). **Agriculture**, v. 11, n. 12, p. 1-16, 2021. DOI: 10.3390/agriculture11121290.

LI, J. X.; FERNANDEZ, K. X.; RITLAND, C.; JANCSIK, S.; ENGELHARDT, D. B.; COOMBE, L.; WARREN, R. L.; VAN BELKUM, M. J.; CARROLL, A. L.; VEDERAS, J. C.; BOHLMANN, J.; BIROL, I. Genomic virulence features of *Beauveria bassiana* as a

biocontrol agent for the mountain pine beetle population. **BMC Genomics**, v. 24, n. 390, 2023. DOI: 10.1186/s12864-023-09473-4.

LIAO, J.-R. AI-driven banana pest and disease management: methods, applications, challenges, and future directions. **Discover Internet of Things**, v. 5, n. 1, 21 out. 2025.

LIMA, V. H.; MATUGAWA, A. T.; MASCARIN, G. M.; FERNANDES, É. K. K. Complex nitrogen sources from agro-industrial byproducts: impact on production, multi-stress tolerance, virulence, and quality of *Beauveria bassiana* blastospores. **Microbiology Spectrum**, v. 12, n. 6, p. e0404023, 3 maio 2024.

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)**. Controle Biológico: Mercado de bio defensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano. 2025a. Disponível em <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/2022/feffmercado-de-bio defensivos-cresce-em-mais-de-50-no-brasil>> Acesso em 3 de fev. 2026.

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)**. Mapa divulga balanço anual de registros de agrotóxicos e bio insumos em 2025. 2025b. Disponível em <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/2022/feffmercado-de-bio defensivos-cresce-em-mais-de-50-no-brasil>> Acesso em 27 de fev. 2026.

MASCARIN, G. M.; JACKSON, M. A.; KOBORI, N. N.; BEHLE, R. W.; DELALIBERA JÚNIOR, Í. Liquid culture fermentation for rapid production of desiccation tolerant blastospores of *Beauveria bassiana* and *Isaria fumosorosea* strains. **Journal Of Invertebrate Pathology**, v. 127, p. 11-20, 2015.

MASCARIN, G. M.; JARONSKI, S. T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, n. 11, p. 177, 15 set. 2016.

MATOS, A. G. D. S.; GARCIA, G. W. R.; DE G FARIAS, G. B.; NOMURA, E. S.; MARINHO-PRADO, J. S. Validação em campo de estratégia atraí-infecta para o controle do moleque-da-bananeira. In: Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica, 17., 2023, Campinas - SP. **Anais [...]**, São Paulo: CIIC, 2023.

MESQUITA, A. L. M.; FRANCELLI, M.; BRAGA SOBRINHO, R. Efeito da frequência de coleta da broca-da-bananeira em isca de pseudocaule sobre o número de insetos capturados. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Boletim de pesquisa e desenvolvimento, v. 63, p. 18, 2014.

MEMBANG, G.; AMBANG, Z.; MAHOT, H. C.; KUATE, A. F.; FIABOE, K. K. M.; HANNA, R. Suscetibilidade de *Cosmopolites sordidus* (Germar) a isolados indígenas camaroneses de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.). **Journal of Applied Entomology**, p. 1–13, 2020.

MOREIRA, F. J. C.; DE ABREU ARAÚJO, B.; DA SILVA, V. F.; DE SOUSA LUNA, N.; ARAÚJO, O. P.; BRAGA, R. D. D. S. Controle de *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera:Curculionidae) com os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* em banana. **Revista Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 3, p. 366, 1 jul. 2017.

MORA, M. A. E. **Fungos entomopatogênicos isolados de solos de um fragmento de mata atlântica**. Dissertação (Mestrado em ciências) – Pós-Graduação em Fitossanidade Biotecnologia Aplicada, Seropédica – RJ, 137 f. 2015.

MOTA, M. **Virulência de conídios aéreos e blastósporos de Beauveria Bassiana á broca-do-café, Hypothenemus hampei (Ferrari), em condições laboratoriais**. Dissertação (Mestrado em área de concentração e informações geoespaciais). Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo – MG, 37 f. 2024.

MWAKA, H. S.; CHRISTIAENS, O.; BWESIGYE, P. N.; KUBIRIBA, J.; TUSHEMEREIRWE, W. K.; GHEYSEN, G.; SMAGGHE, G. First evidence of Feeding-Induced RNAI in banana weevil via exogenous application of DSRNA. **Insects**, v. 13, n. 1, p. 40, 29 dez. 2021.

NASCIMENTO, A. I. O.; SILVA, L. J.; CORRÊA, É. B. Controle do moleque-da-bananeira, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) em bananais orgânicos. In: I SIMPÓSIO PARAIBANO DA AGRICULTURA FAMILIAR NO SEMIÁRIDO (SIMPAGRIS), 2021, Campina Grande, PB. **Anais [...]** Campina Grande, PB: SIMPAGRIS, 2021.

NOMURA, E. S.; JÚNIOR, E. R. D.; MARUYAMA, I. S.; MENDONÇA, J. C.; SAES, L. A.; PENTEADO, L. A. C.; KOBORI, R. T.; MORAES, W. S. **Manual Técnico 82: Cultivo de Bananeira**. Campinas: Departamento de Comunicação e Treinamento, 2020.

ORTIZ-URQUIZA, A.; KEYHANI, N. Action on the Surface: Entomopathogenic Fungi versus the Insect Cuticle. **Insects**, v. 4, n. 3, p. 357–374, 2013. DOI: 10.3390/insects4030357.

PÉREZ, J. S. G.; PAREDES-ESPINOSA, R.; JUMP, G. E.; GIL, O. J. A. Selecting native entomopathogenic fungi against *Cosmopolites sordidus* (Germar) in the laboratory. **Revista De Ciências Agroveterinárias**, v. 20, n. 1, p. 093–097, 29 mar. 2021a.

PLOETZ, R. C. Management of Fusarium wilt of banana: A review with special reference to tropical race 4. **Crop Protection**, v. 73, p. 7–15, 31 jan. 2015.

SALUSTINO, S. A.; MEDEIROS, M. B.; OLIVEIRA, M. F.; OLIVEIRA, I. S. S. Atratividade olfatométrica de *Cosmopolites sordidus* Germar, 1824 (Coleoptera: Curculionidae) a dois genótipos de banana *Musa* sp. **XV Encontro Regional de Agroecologia - Bananeiras-PB-Cadernos de Agroecologia**, v. 10, 2015.

SILVA, J. F. **Manejo da broca-do-rizoma *cosmopolites sordidus* (germar) (coleoptera: curculionidae) com uso de fungo entomopatogênico e óleo essencial**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Instituto Federal do Espírito Santo, Alegre – ES, 61 f. 2022.

SILVA, J. F.; COSTA, H.; JUNIOR, J. S. Z. **Manejo integrado da broca-do-rizoma *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) na cultura da banana**: Boletim técnico N° 11. Espírito Santo: Editora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, jan. 2023.

SOUSA, K. A.; LUCAS, M. R.; SOUZA, D. O. S.; COSTA, B. B. **A produção da banana e seus impactos socioeconômicos no desenvolvimento da microrregião de Araguaína-TO**. Revista Observatório, Palmas, Vol. 5, p. 5, 2019.

TABIMA, L.; GÓMEZ, E. S.; GAIGL, A. Susceptibility of *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) to *Heterorhabditis* sp. (Poinar), *Steinernema feltiae* (Filipjev) and isolates of entomopathogenic fungi. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 33, n. 1, 23 fev. 2023.

TWESIGYE, C. K.; SSEKATAWA, K.; KIGGUNDU, A.; TUSHEMEREIRWE, W.; MATOVU, E.; KARAMURA, E. Corm damage caused by banana weevils *Cosmopolites sordidus* (Germar) collected from different banana growing regions in Uganda. **Agriculture & Food Security**, v. 7, n. 1, 19 out. 2018.

VALADARES-INGLIS, M. C.; LOPES, R. B.; FARIA, M. R. Controle de artrópodes-praga com fungos entomopatogênicos. In: FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília: Embrapa, 2020. Cap. 7, p. 201-236

VAN LENTEREN, J. C.; BUENO, V. H. P.; BETTIOL, W. Latin America has the largest area under augmentative biological control worldwide, mainly with applications in open field crops. **Biological Control**, v. 207, p. 105827, 2 jul. 2025.

VIDAL, M. F. FRUTICULTURA (BANANA). **Caderno Setorial ETENE**, v. 9, n. 362, nov. 2024.

WAWERU, B.; TUROOP, L.; KAHANGI, E.; COYNE, D.; DUBOIS, T. Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* endophytes provide field control of nematodes, improving yield of banana (*Musa* sp.). **Biological Control**, v. 74, p. 82–88, 13 abr. 2014.

XIAO, G.; YING, S. H.; ZHENG, P.; Wang, Z. L.; Zhang, S.; Xie, X. Q.; Shang, Y.; St-Leger, R. J.; Zhao, G. P.; Wang, C.; Feng, M. G. Genomic perspectives on the evolution of fungal entomopathogenicity in *Beauveria bassiana*. **Scientific Reports**, v. 2, n. 1, p. 483, 2012.

ZHOU, W.; ARCOT, Y.; MEDINA, R. F.; BERNAL, J.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; AKBULUT, M. E. S. Integrated Pest Management: An update on the Sustainability Approach to crop protection. **ACS Omega**, v. 9, n. 40, p. 41130–41147, 28 set. 2024.

ZHANG, L. W.; LU, F.F; ZHU, L.; ZHOU, C. X.; XU, X. M.; ZHANG, N.; ZHOU, L. J.; DESNEUX, N.; WANG, Y. H.; DONG, Y. C. Isolation and evaluation of indigenous isolates of *Beauveria bassiana* and synergistic control of *Spodoptera frugiperda* with the parasitoid *Microplitis prodeniae*. **Insects**, v.15, n. 877, p. 2-17, out. 2024. DOI: 10.3390/insects15110877