

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ANNA PAULA MARTINS GARCIA

MICROORGANISMO DO ALIMENTO LARVAL DE ABELHA SEM FERRÃO NO
CONTROLE DE *Meloidogyne incognita*

UBERLÂNDIA

2024

ANNA PAULA MARTINS GARCIA

**MICROORGANISMO DO ALIMENTO LARVAL DE ABELHA SEM FERRÃO NO
CONTROLE DE *Meloidogyne incognita***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Nilvanira Donizete Tebaldi

UBERLÂNDIA

2024

ANNA PAULA MARTINS GARCIA

**MICROORGANISMO DO ALIMENTO LARVAL DE ABELHA SEM FERRÃO NO
CONTROLE DE *Meloidogyne incognita***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Nilvanira Donizete Tebaldi

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 19/03/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Nilvanira Donizete Tebaldi

Orientadora

Me. Guilherme Nunes Moreira Costa

Membro da Banca

Me. Ana Carolina Pires Jacinto

Membro da Banca

UBERLÂNDIA

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por guiar meu caminho durante toda jornada acadêmica.

Aos meus pais, pelo apoio e incentivo durante a graduação e no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos, pela ajuda empregada neste trabalho quando era necessário e pelo incentivo ao longo da graduação.

Agradeço aos professores, por todas as aulas ministradas, que foram de grande importância para a fundamentação teórica do trabalho.

Agradeço imensamente a Professora Dr^a Nilvanira Donizete Tebaldi, pela orientação neste trabalho. Agradeço ao meu coorientador Guilherme Nunes Moreira Costa, pelo auxílio ao longo de todo o desenvolvimento do experimento e pelos conhecimentos transmitidos.

RESUMO

As culturas de forma geral podem ser acometidas por pragas e doenças, destacando-se os fitonematoides, responsáveis por perdas significativas na economia. O *Meloidogyne incognita* é um dos principais parasitas que atacam culturas de grande importância econômica. O controle biológico mostrou-se eficiente na redução populacional dos fitonematoides, principalmente formulados à base de fungos e bactérias. Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito nematicida da bactéria Mq-MCK-07 do gênero *Providencia* sp. em *M. incognita*. O experimento foi composto por quatro tratamentos: 1- plantas não inoculadas (sem nematoides); 2- plantas inoculadas com *M. incognita*; 3- plantas inoculadas com *M. incognita* e bactéria Mq-MCK-07; 4- plantas inoculadas com *M. incognita* e Nemat®. Para cada tratamento foram semeados 10 vasos com a cultivar de soja Brasmax 8473 RSF, obtendo um total de 40 parcelas. A avaliação do experimento foi realizada com 60 dias após a inoculação do nematoide. Diante disso, obteve-se a massa seca da parte aérea das plantas e a massa de raiz. Realizou-se a extração dos nematoides do solo e da raiz, submetendo as suspensões à leitura de juvenis e ovos no microscópio com o auxílio da câmara de Peters. A partir disso, os parâmetros avaliados foram massa de raiz, massa seca, número de nematoides na raiz e número de nematoides por grama de raiz. Para a análise e interpretação dos dados, utilizou-se o programa estatístico Sisvar com o teste de Tukey a 5% de significância, comparando se o tratamento foi efetivo no controle de *M. incognita*. Observou-se que a bactéria Mq-MCK-07 diminuiu a população do nematoide na raiz, apresentando efeito nematicida próximo ao produto comercial Nemat®. No entanto, é necessário realizar o sequenciamento do genoma da bactéria a fim de identificar a espécie, além de testes adicionais para elucidação dos mecanismos da atividade nematicida do microrganismo.

Palavras-chave: controle biológico, nematoide das galhas, bactéria.

ABSTRACT

In general, crops can be affected by pests and diseases, with nematodes being particularly noteworthy for causing significant economic losses. *Meloidogyne incognita* is one of the main parasites that target economically important crops. Biological control has proven effective in reducing nematode populations, especially formulations based on fungi and bacteria. Thus, the objective of this study was to evaluate the nematicidal effect of the bacterium Mq-MCK-07 from the genus *Providencia* sp. on *M. incognita*. The experiment consisted of four treatments: 1 - plants without nematodes; 2 - plants with *M. incognita*; 3 - plants with *M. incognita* and bacterium Mq-MCK-07; 4 - plants with *M. incognita* and Nemat®. Ten vases were used for each treatment, totaling 40 plots. The experiment was dismantled 60 days after nematode inoculation. Dry mass of the aboveground plant parts and root mass were measured. Nematodes were extracted from the soil and roots, and the suspensions were examined for juveniles and eggs under a microscope using a Peters chamber. The evaluated parameters included root mass, dry mass, number of nematodes in the root, and number of nematodes per gram of root. Statistical analysis and data interpretation were performed using the Sisvar program with the Tukey test at a 5% significance level to assess the effectiveness of each treatment in controlling *M. incognita*. The results showed that the bacterium Mq-MCK-07 reduced the nematode population in the roots, demonstrating a nematicidal effect comparable to the commercial product Nemat®. However, genome sequencing of the bacterium is needed to identify the species and further tests is necessary to identify the mode of action.

Keywords: biological control, root-knot nematode, bacteria.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração do esquema experimental	14
Figura 2 - Realização do experimento	15
Figura 3 - Ilustração da avaliação do experimento.....	16
Figura 4 - Ilustração da extração de nematoides da raiz	17
Figura 5 - Ilustração da extração de nematoides do solo	18
Gráfico 1 - Nematóide por grama de raiz dos microrganismos da CoMisBee testados na triagem	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias dos tratamentos aos 60 dias após a inoculação de <i>Meloidogyne incognita</i> . Uberlândia, MG. Novembro, 2023	20
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Obtenção dos microrganismos	12
3.2 Inóculo de nematoides	12
3.3 Triagem de microrganismos com potencial nematicida	12
3.4 Validação do potencial nematicida do isolado Mq-MCK-07	13
3.5 Extração dos nematoides	15
3.5.1 Extração dos nematoides da raiz	16
3.5.2 Extração dos nematoides do solo	17
3.6 Contagem de juvenis e ovos	18
3.7 Análise estatística	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 Triagem de microrganismos com efeito nematicida	19
4.2 Validação do potencial nematicida da bactéria Mq-MCK-07	19
5. CONCLUSÃO	21

1. INTRODUÇÃO

As culturas de forma geral podem ser acometidas por pragas e doenças, podendo ser suscetíveis a altos riscos fitossanitários (Teixeira, 2013). A soja, principal commodity do Brasil, com destaque no âmbito da exportação, apresentou um prejuízo estimado em cerca de R\$ 15 bilhões de reais devido ao ataque de fitonematoides (Conab, 2023; Sistema Faeb, 2023). O *Meloidogyne incognita* é classificado como fitonematoide endoparasita sedentário, responsável por causar danos severos nas mais de 1700 espécies que parasita, dentre elas culturas de importância econômica como a soja, o café, algodão e feijão (Ferraz e Brown, 2016; Castro, 2021).

O *M. incognita* induz a formação de galhas nas raízes, sendo o local de principal dano na planta (Carneiro et al., 2016; Kepenekci et al., 2016). Somado a isso, o parasitismo pode provocar a redução na área foliar e no sistema radicular, clorose e a perda prematura das folhas, comprometendo a produção (Teixeira, 2013).

A princípio, o parasitismo pode passar despercebido durante os ciclos de plantio em virtude da dificuldade de identificar os fitonematoides. Diante disso, é importante realizar o monitoramento de maneira constante, visando empregar esta estratégia antes do aparecimento dos sintomas. As medidas de controle mais recomendadas são nematicidas químicos e biológicos, rotação de cultura e uso de variedades resistentes, com o intuito de manter os níveis populacionais dos nematoides abaixo do nível de dano econômico (Silva, 2022; Silva 2015).

Atualmente, prioriza-se estratégias que aumentem a produtividade e de forma simultânea não prejudiquem o meio ambiente. A partir disso, o controle biológico destaca-se por não causar desequilíbrio na biota do solo, não apresentar residual do produto aplicado e ter o potencial de contribuir com a supressividade do solo (Silva, 2015; Soares, 2006).

O controle biológico consiste no uso de organismos vivos, sejam eles residentes ou introduzidos em uma determinada área, com o propósito de evitar ou reduzir os prejuízos causados à produtividade das plantas (Machado et al., 2012). Atualmente, o Brasil se sobressai no uso de biosoluções, responsáveis por movimentar cerca de R\$ 2,9 bilhões na safra 2021/2022, sendo os bionematicidas responsáveis por 40% deste valor. Além disso, representam 94% do mercado de nematicidas vendidos para a cultura da soja na safra 2021/2022 (Gottens, 2023; Bettiol e Medeiros, 2023).

Produtos formulados à base de bactérias, fungos ou uma combinação de ambos, alcançaram resultados superiores na redução das populações de nematoides quando

comparados aos nematicidas químicos (Bettioli e Medeiros, 2023). A influência destes microrganismos sobre os nematoides ocorre através de várias estratégias, como parasitismo, produção de antibióticos, toxinas e enzimas, interferência no reconhecimento planta-hospedeiro e indução de resistência, além de promover o desenvolvimento saudável das plantas (Machado et al., 2012).

As bactérias do gênero *Bacillus* revelam-se notáveis nesse mercado, presentes em 96 produtos registrados como bionematicidas (Bettioli e Medeiros, 2023). Também se destacam em pesquisas sobre a diversidade bacteriana associada às abelhas sem ferrão, sendo identificadas no alimento larval de 14 espécies (Santos, 2022; Machado, 1971).

O alimento larval tem como função nutrir a prole da colônia, constituindo-se de uma mistura de pólen maturado, mel e secreções glandulares. Nesse composto também são encontrados microrganismos como bactérias, leveduras e fungos filamentosos. Em diversas espécies de abelhas, foi constatada a presença de bactérias dos gêneros *Bacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Providencia*, *Serratia* e *Vagococcus* associadas ao alimento larval (Santos, 2022; Marçal, 2017).

O gênero *Providencia* é encontrado em vários ambientes em associação com vertebrados e invertebrados, incluindo animais e seres humanos. Observou-se a espécie *Providencia vermicola* apresentando ação inseticida utilizando algumas espécies de nematoides como vetores (Andolfo et al., 2021; Somvanshi et al., 2006; Yi et al., 2007; Park et al., 2011). Além disso, outras espécies como *P. rettgeri*, *P. alcalifaciens*, *P. sneebia*, *P. burhododranariaea* e *P. entomophila* também possuem efeito inseticida descrito na literatura (Parte et al., 2020; Ksentini et al., 2019).

Com isso, este trabalho buscou avaliar a eficiência da bactéria Mq-MCK-07 pertencente ao gênero *Providencia*, encontrada no alimento larval de abelhas sem ferrão, no controle de *M. incognita*.

2. OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo avaliar o efeito nematicida da bactéria Mq-MCK-07 do gênero *Providencia* ao nematoide *Meloidogyne incognita*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção dos microrganismos

Os fungos e bactérias utilizados neste trabalho foram obtidos da coleção de microrganismos isolados do alimento larval de abelhas sem ferrão (CoMisBee) do Laboratório de Genética da Universidade Federal de Uberlândia.

As bactérias foram reativadas em ágar BHI e incubadas por 24 h a 37 °C. Uma alçada foi transferida para 50 mL de meio Luria Berthani (LB) e incubada a 37 °C ±1 por 48 h a uma agitação de 200 rpm. Para obtenção do sobrenadante, o meio foi centrifugado a 10.000 g por 4 minutos para sedimentação das células bacterianas e o sobrenadante foi separado do precipitado e filtrados a 22 µm.

Os fungos foram reativados em meio BDA e incubados por 120 h a 30 °C, e após a formação do tapete de esporos foram lavados com 1 mL de salina a 0,9% e coletados.

3.2 Inóculo de nematoides

O inóculo inicial de *Meloidogyne incognita* foi cedido pelo Laboratório de Nematologia da Universidade Federal de Uberlândia.

Após esse período, as raízes foram processadas pela técnica de Bonetti e Ferraz (1981) com modificações. As raízes foram colocadas em um liquidificador por 20 segundos em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% e vertidas em peneiras de 100 e 500 mesh sobrepostas. O conteúdo da peneira de 500 mesh foi coletado e a suspensão com ovos de *M. incognita* foi calibrada para a concentração desejada.

3.3 Triagem de microrganismos com potencial nematicida

Para avaliar o efeito nematicida realizou-se uma triagem com 10 microrganismos da CoMisBee, contendo cinco fungos e cinco bactérias. Os fungos foram nomeados pelos códigos: Fv-SAB-01; Mq-OAT-03; Ms-BDA2-35; Ms-ISP-46C; Ta-BDA2-26, enquanto as bactérias receberam os códigos: Mq-MCK-07; Mq-NUT-16; Ms-MSA-9; Ms-MH-21; Ms-BDA2-41C.

Em casa de vegetação, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, para cada tratamento, foram preparados 5 vasos de 1,5 L com substrato areia/argila na proporção 2:1.

Foram aplicados 10 mL de meio contendo as bactérias crescidas por 48 h ou 10 mL de suspensão com 3×10^7 esporos de fungos no sulco de plantio no momento da semeadura da cultivar de soja Brasmax 8473 RSF. Para o controle negativo foram preparados vasos apenas com as sementes de soja e para o controle positivo foram preparados vasos com o produto comercial Nemat® (utilizado para controle biológico de *M. incognita*), na dose recomendada pela bula do produto. Nos 60 vasos foram inoculados 10 mL de suspensão de *M. incognita* contendo 500 ovos/mL (5000 ovos).

Após 60 dias da inoculação, os nematoides foram extraídos das raízes e do solo, como descrito no item 3.5, e contados em uma câmara de Peters com o auxílio de um microscópio óptico. O isolado Mq-MCK-07 apresentou efeito nematicida e foi selecionado para os ensaios seguintes. Este código refere-se a espécie de abelha sem ferrão em que a bactéria foi encontrada, *Melipona quadrifasciata*, e a ordem em que este microrganismo foi isolado.

3.4 Validação do potencial nematicida do isolado Mq-MCK-07

O experimento foi conduzido de setembro a dezembro de 2023, em casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama, Uberlândia-MG, sendo adotado o delineamento inteiramente casualizado. A cultivar de soja utilizada foi Brasmax 8473 RSF, o nematoide inoculado foi o *M. incognita* e a bactéria testada foi a Mq-MCK-07 do gênero *Providencia* sp. O produto comercial Nemat® foi usado no controle positivo, uma vez que sua eficiência contra nematoides é conhecida, sendo registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como nematicida microbiológico formulado a partir do fungo *Paecilomyces lilacinus*.

O trabalho foi composto por quatro tratamentos: 1- plantas não inoculadas (sem nematoides); 2- plantas inoculadas com *M. incognita*; 3- plantas inoculadas com *M. incognita* e Mq-MCK-07; 4- plantas inoculadas com *M. incognita* e Nemat®. Para cada tratamento foram utilizados 10 vasos, totalizando 40 parcelas (Figura 1).

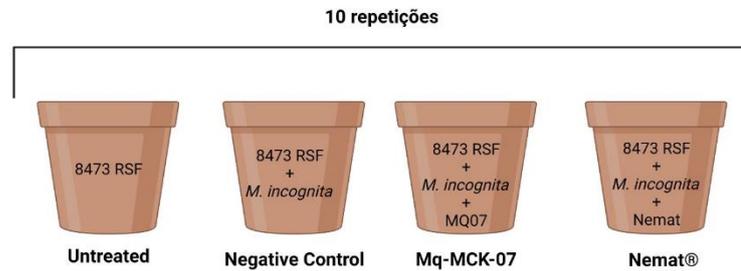


Figura 1 - Ilustração do esquema experimental (Fonte: BioRender).

Os vasos foram preenchidos com areia e argila na proporção de 2:1. O Nemat® foi aplicado em sulco de plantio antes da semeadura, conforme a recomendação da bula, assim como os 10 mL de meio de Mq-MCK-07 crescidos por 48 horas. Realizou-se a semeadura da cultivar Brasmax 8473 RSF nos 40 vasos e após nove dias inoculou 10 mL de suspensão contendo 500 ovos/mL, totalizando 5000 ovos de *M. incognita*. A condução do experimento consistiu em regas diárias e monitoramento de plantas infestantes nos vasos (Figura 2).

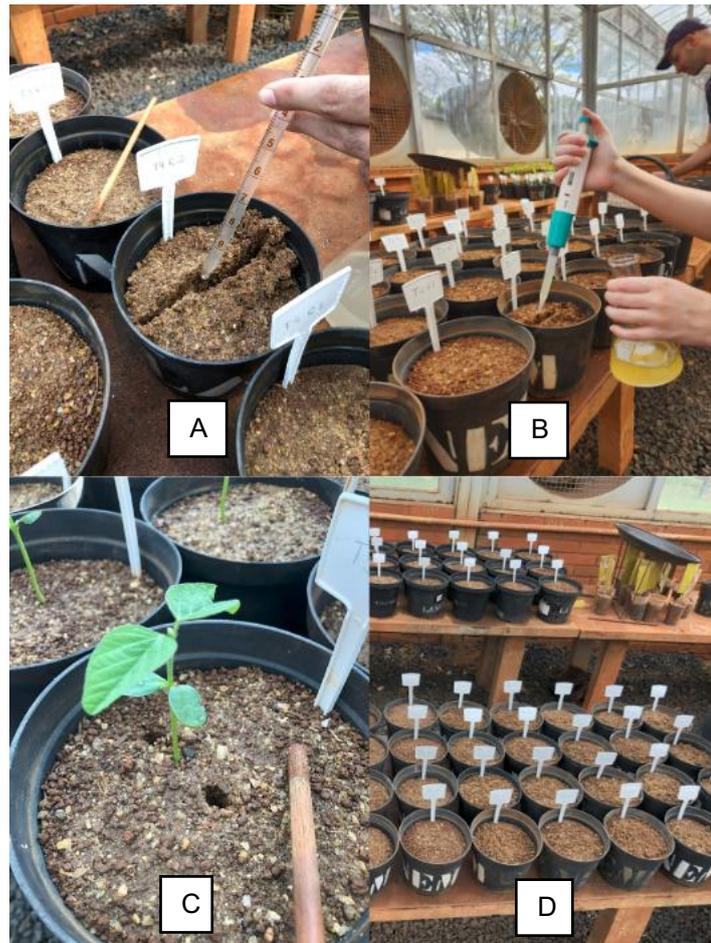


Figura 2 – Realização do experimento – A) Aplicação do Nemat®; B) Aplicação da bactéria Mq-MCK-07; C) Inoculação de *M.incognita*; D) Implantação do experimento

3.5 Extração dos nematoides

A avaliação do experimento foi realizada com 60 dias após a inoculação do nematoide. A parte aérea das 40 plantas foi cortada e condicionada na estufa até a extração de toda a umidade, com o objetivo de obter a massa seca. As raízes foram separadas do solo, lavadas em água corrente para aferição de suas massas e armazenadas em copos devidamente identificados com as parcelas, enquanto no solo separou-se uma alíquota de 150 cm³ em todas as parcelas (Figura 3).

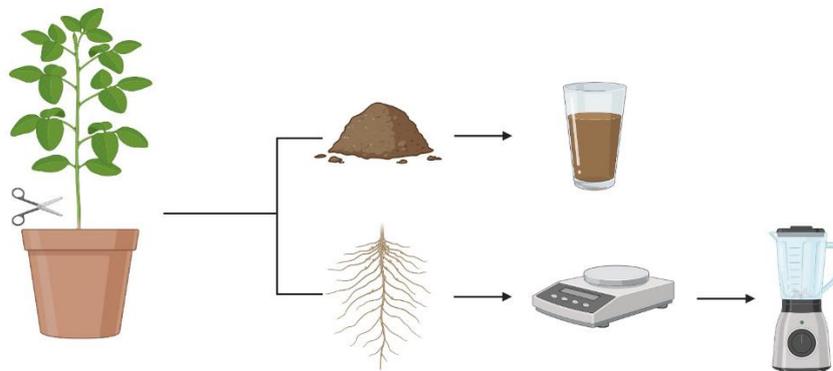


Figura 3 - Ilustração da avaliação do experimento (Fonte: BioRender).

3.5.1 Extração dos nematoides da raiz

Conforme o método de Bonetti e Ferraz (1981), as amostras de raízes condicionadas em copos foram submetidas à técnica do liquidificador doméstico. Esta técnica consiste no processamento das raízes embebidas por uma solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 20 a 30 segundos no liquidificador. As suspensões obtidas foram vertidas em peneiras de 100 e 500 mesh sobrepostas, sendo o material retido na peneira de 500 mesh coletado com a ajuda de uma pisseta, transferindo-o para um copo.

As suspensões foram centrifugadas a uma velocidade de 650 gravidade por cinco minutos, descartando o sobrenadante e adicionando a solução de sacarose, composta por 454 g de açúcar e 1 L de água. Posteriormente, realizou-se uma segunda centrifugação na velocidade de 650 gravidade por 60 segundos. As suspensões foram vertidas na peneira de 500 mesh e lavadas com água corrente, recolhendo-se os nematoides retidos com a ajuda de uma pisseta para um copo devidamente identificado com a parcela (Figura 4).

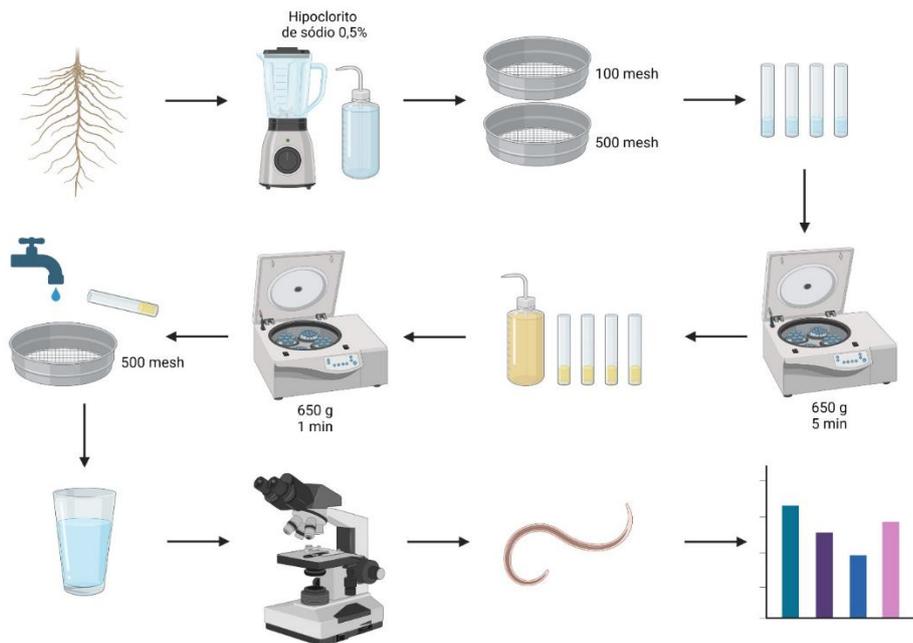


Figura 4 - Ilustração da extração de nematoides da raiz (Fonte: BioRender).

3.5.2 Extração dos nematoides do solo

Consoante ao método de Jenkins (1964), a alíquota de 150 cm³ do solo foi depositada em um balde de plástico e adicionou-se cerca de um a dois litros de água. Esta mistura foi agitada, desmanchando os torrões no processo, e deixada em repouso por 15 segundos, sendo esta suspensão filtrada em peneiras de 20 e 400 mesh sobrepostas. Assim, o conteúdo retido na peneira de 400 mesh foi recolhido com o auxílio de uma pisseta para um copo.

As suspensões obtidas foram submetidas a centrifugação por cinco minutos na velocidade de 650 gravidade, descartando o sobrenadante e adicionando a solução de sacarose. A partir disso, as suspensões foram novamente centrifugadas na mesma velocidade por 60 segundos, sendo vertidas em uma peneira de 500 mesh e lavadas em água corrente. Os nematoides retidos foram recolhidos com o auxílio de uma pisseta para um copo identificado conforme a parcela (Figura 5).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Triagem de microrganismos com efeito nematicida

Na avaliação do potencial nematicida dos 10 microrganismos testados, apenas a bactéria Mq-MCK-07 (*Providência* sp.) exibiu efeito nematicida (Gráfico 1), reduzindo a quantidade de nematoides por grama de raiz, quando comparada com o tratamento controle e os demais microrganismos.

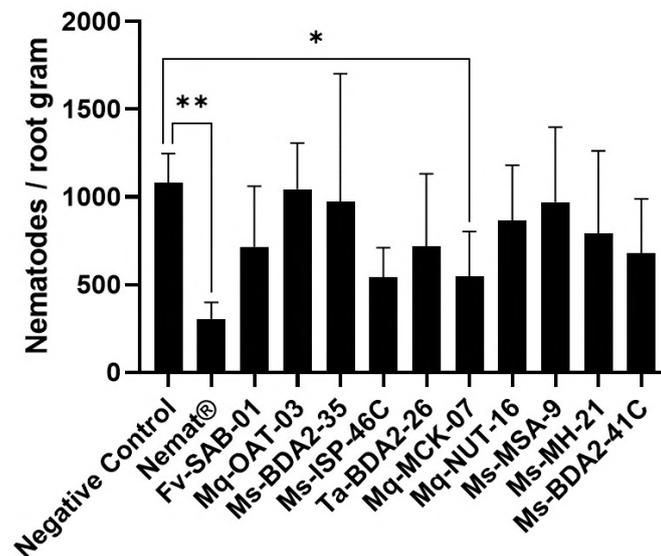


Gráfico 1 – Atividade nematicida de microrganismos isolados do alimento larval de abelha sem ferrão em *M. incognita* inoculado em vasos semeados com soja. O controle negativo foi água e o controle positivo foi o produto comercial de biocontrole Nemat® (dosagem recomendada). A análise dos dados foi realizada utilizando o teste de comparações múltiplas de Tukey.

* significativo pelo teste Tukey a 5% de significância.

4.2 Validação do potencial nematicida da bactéria Mq-MCK-07

De acordo com os resultados obtidos, a Tabela 1 representa as variáveis avaliadas dentro dos tratamentos que o experimento foi composto.

Tabela 1 – Parâmetros avaliados nas plantas de soja com 60 dias após a inoculação com *Meloidogyne incognita* e aplicação dos tratamentos. Uberlândia, MG. Novembro, 2023.

Parâmetros avaliados	Testemunha não inoculada	Testemunha inoculada	Mq-MCK-07	Nemat®	CV (%)
Massa de raiz	22.04 a	32.51 b	33.17 b	27.94 ab	17.91
Massa seca	7.72 a	7.35 a	7.45 a	6.85 a	17.40
Nº de nematoides na raiz	0.00 a	150.23 c	108.44 b	89.73 b	37.73
Nº de nematoides/ grama	0.00 a	26.45 c	18.84 b	17.12 b	37.37

Médias com letras distintas nas linhas diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A massa de raiz não diferiu significativamente das plantas inoculadas com o nematoide e das plantas tratadas com Mq-MCK-07 e Nemat®. Na variável massa seca de raiz, os tratamentos não se diferiram estatisticamente entre si.

Com relação ao número de nematoides na raiz, a testemunha em que se realizou apenas a semeadura da soja não apresentou nenhum nematoide nas suspensões, evidenciando que não houve contaminação entre os tratamentos. Não houve diferença no número de nematoides nas plantas tratadas com a bactéria Mq-MCK-07 e com o produto comercial Nemat®, porém se diferiram das plantas não tratadas. Nesse contexto, o efeito da bactéria sobre o número de nematoides na raiz se aproximou do resultado do produto comercial, reduzindo a população de nematoides nas raízes quando comparado com o tratamento onde se aplicou apenas o *M. incognita*.

A bactéria Mq-MCK-07 e o Nemat® reduziram significativamente o número de nematoides por grama de raiz, quando comparado com as plantas não tratadas com os microrganismos. Os resultados obtidos reforçaram o efeito nematicida da bactéria Mq-MCK-07, apresentado à princípio na triagem. Com base nisto, o isolado Mq-MCK-07 se apresentou como um potencial organismo para a formulação de produtos biológicos. No entanto, ainda não existe no mercado nenhum produto biológico à base do gênero *Providencia*, sendo os produtos mais utilizados e disponíveis à base de bactérias dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Streptomyces* e *Agrobacterium* (Panpatte et al., 2020).

Algumas espécies de bactéria *Providencia* spp. foram identificadas em associação com nematoides. Diante disso, a *Providencia vermicola* foi encontrada em associação com nematoides dos gêneros *Steinernema*, *Butlerius* e *Rhabditis*, apresentando ação inseticida (Somvanshi et al., 2006; Yi et al., 2007; Park et al., 2011). De acordo com Guerfali et al. (2018),

a *Providencia rettgeri* apresentou ação inseticida à mosca do mediterrâneo (*Ceratitis capitata*), sendo isolada do intestino deste díptero.

O efeito nematicida da bactéria *Providencia vermicola* já foi descrito reduzindo a eclosão de ovos de *Meloidogyne javanica* (Aish et al., 2019) e de *M. incognita in vitro* (Panpatte et al., 2020), além de reduzir o número de juvenis de *M. javanica* no tratamento do solo, na cultura do tomate (Aish et al., 2019). Similarmente aos resultados obtidos por Aish et al. (2019), observou-se a redução do número de nematoides no teste *in vivo* conduzido neste trabalho. Vale ressaltar que ambos os microrganismos avaliados não perderam sua ação no solo.

A partir do teste *in vitro* conduzido por Aish et al. (2019), identificou-se que os secretados da *P. vermicola* são os responsáveis pelo efeito nematicida que interfere na eclosão de ovos e conseqüentemente na sobrevivência de juvenis. Dessa forma, visando conhecer o modo de ação da bactéria Mq-MCK-07, é necessário a realização de testes adicionais.

Além disso, com o intuito de identificar a espécie, é fundamental realizar o sequenciamento do genoma da bactéria, possibilitando novos estudos acerca do seu efeito nematicida, a definição da melhor dosagem para aplicação e a possível formulação de um produto biológico à base deste microrganismo.

5. CONCLUSÃO

A bactéria *Providencia* sp. isolado Mq-MCK-07 apresentou efeito nematicida ao *M. incognita*. No entanto, são necessários testes adicionais, a fim de obter o modo de ação e a dosagem ideal de aplicação da Mq-MCK-07 para a sua utilização no controle biológico.

REFERÊNCIAS

- AISH, A. A., SULAIMAN, M. M., YOUSSEF, S. A., MASSOUD, S. I. *Providencia vermicola* mediated growth alteration and inhibited gall formation on tomato plants infected with the root knot nematode *Meloidogyne javanica*. **Plant Archives**, v. 19, n. 2, 2019.
- ANDOLFO, G., SCHUSTER, C., GHARSA, H. B., RUOCCO, M., LECLERQUE, A. Genomic analysis of the nomenclatural type strain of the nematode-associated entomopathogenic bacterium *Providencia vermicola*. **BMC genomics**, v. 22, n. 1, p. 1-21, 2021.
- BETTIOL, W., DE MEDEIROS, F.H.V. Como o Brasil se tornou o maior produtor e consumidor de produtos de biocontrole. **Embrapa, Circular técnica**, 2023.
- BioRender: Scientific Image and Illustration Software. Toronto: Shiz Aoki, 2017.
- BONETI, J.I.S. & FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v.6, p. 553, 1981.
- CARNEIRO, R. M. D. G., MONTEIRO, J. M. S., SILVA, U. C., GOMES, G. Gênero *Meloidogyne*: diagnose através de eletroforese de isoenzimas e marcadores SCAR. **Diagnose de fitonematoides**. Vol. 1, p. 47–70, 2016.
- CASTRO, M.V. Atividade nematicida e promoção de crescimento de isolados de *Bacillus spp.* contra *Meloidogyne incognita*. 2021. 31 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2021.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). (2023). Conab atualiza a estimativa da safra de grãos 2023/2024, que deve chegar a 316,7 milhões de toneladas. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5258-conab-atualiza-a-estimativa-da-safra-de-graos-2023-2024-que-deve-chegar-a-316-7-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 26 de janeiro de 2024.
- FERRAZ, L. C. C. B., BROWN, D. J. F. *Nematologia de plantas: fundamentos e importância*. **Manaus: Norma Editora**, 2016. 251p. ISBN: 978-85-99031-26-1.
- GOTTEMS, L. Mercado de bionematicidas movimentou R\$ 1,15 bi no Brasil. Agrolink, 2023. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/mercado-de-bionematicidas-movimentou-r--1-15-bi-no-brasil_477271.html. Acesso em: 01 de fevereiro de 2024.
- GUERFALI, M.M., DJOBBI, W., CHARAABI, K., HAMDEN, H., FADHL, S., MARZOUKI, W., DHAOUEDI, F., CHEVRIER, C. Evaluation of *Providencia rettgeri* pathogenicity against laboratory Mediterranean fruit fly strain (*Ceratitidis capitata*). **PloS one**, v. 13, n. 5, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196343>.
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48:692, 1964.

KEPENEKCI, I., HAZIR, S., LEWIS, E. Evaluation of entomopathogenic nematodes and control of the root-knot nematodes *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne arenaria*. **Pest Management Science**, v. 72, p. 327–334, 2016.

KSENTINI, I., GHARSALLAH, H., SAHNOUN, M., SCHUSTER, C., AMRI, S.H., GARGOURI, R., TRIKI, M.A., KSANTINI, M., LECLERQUE, A. *Providencia entomophila* sp. nov., a new bacterial species associated with major olive pests in Tunisia. **PLoS One**, v.14, n.10, 2019.

MACHADO, V., BERLITZ, D.L, MATSUMURA, A.T.S, SANTIN, R. de C.M., GUIMARÃES, A., SILVA, M.E. da., FIUZA, L.M. Bactérias como agentes de controle biológico de fitonematóides. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 2, p. 165-182, 2012.

MACHADO, J. O. Simbiose entre as abelhas sociais brasileiras (*Meliponinae*, *Apidae*) e uma espécie de bactéria. **Ciência e cultura**, v. 23, n. 5, p. 625-633, 1971.

MARÇAL, Lorena Nacif. Comunidades bacterianas associadas a colônias de abelhas amazônicas sem ferrão da espécie *Melipona seminigra*: diversidade e potencial enzimático. 2017. 134 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

PANPATTE DEEPAK, G., SHELAT HARS, N., JHALA YOGESHVARI, K., VYAS RAJABABU, V. *Providencia vermicola* AAU PR1-a new bioinoculant for agriculture with multiple utility. **Ind. J. Pure App. Biosci**, v. 8, n. 5, p. 185-194, 2020.

PARK, H.W., KIM, Y.O., HA, J.S., YOUN, S.H., KIM, H.H., BILGRAMI, A.L., SHIN, C.S. Effects of associated bacteria on the pathogenicity and reproduction of the insect-parasitic nematode *Rhabditis blumi* (Nematoda: Rhabditida). **Canadian journal of microbiology**, v. 57, n. 9, p. 750-758, 2011.

PARTE, A.C., CARBASSE, J.S., 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, n. 11, p. 5607-5612, 2020.

SANTOS, A.C.C. Microbioma do alimento larval de abelhas sem ferrão: diversidade e potencial biotecnológico. 2022. 80 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

SOMVANSHI, V.S., LANG, E., STRÄUBLER, B., SPRÖER, C., SCHUMANN, P., GANGULY, S., SAXENA, A.K., STACKEBRANDT, E. *Providencia vermicola* sp. nov., isolated from infective juveniles of the entomopathogenic nematode *Steinernema thermophilum*. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 56, n. 3, p. 629-633, 2006.

SILVA, K. M. Manejo de nematoides na cultura da soja. 2022. 53 f. Tese (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2022.

SILVA, J. O. *Meloidogyne incognita* na cultura do tomate: levantamento e manejo com produtos biológicos. 2015. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SISTEMA FAEB. (2023). Os 3 principais produtores de grãos do mundo. Disponível em: <https://sistemafaeb.org.br/os-3-principais-produtores-de-graos-do-mundo/>. Acesso em: 26 de janeiro de 2024.

SOARES, P. L. M. Estudo do controle biológico de fitonematoides com fungos nematófagos. 2006. 252 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2006.

TEIXEIRA, R.A. Reação de cultivares de soja a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. 2013. 63 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

YI, Y.K., PARK, H.W., SHRESTHA, S., SEO, J., KIM, Y.O., SHIN, C.S., KIM, Y.G. Identification of two entomopathogenic bacteria from a nematode pathogenic to the oriental beetle, *Blitopertha orientalis*. **Journal of microbiology and biotechnology**, v. 17, n. 6, p. 968-978, 2007.