



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CAMPUS LAGOA DA CONFUSÃO
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

IDELVANDRO BRITO RIBEIRO JÚNIOR

**CONTROLE DE *MELOIDOGYNE INCOGNITA* COM NEMATICIDAS
MICROBIOLÓGICOS EM PLANTAS DE FEIJÃO-CAUPI**

LAGOA DA CONFUSÃO
2024



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CAMPUS LAGOA DA CONFUSÃO
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

IDELVANDRO BRITO RIBEIRO JÚNIOR

**CONTROLE DE *MELOIDOGYNE INCOGNITA* COM NEMATICIDAS
MICROBIOLÓGICOS EM PLANTAS DE FEIJÃO-CAUPI**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do Título de Engenheiro agrônomo,
do Curso Superior de Engenharia
Agrônômica, do Instituto Federal do
Tocantins, Campus Lagoa da Confusão.

Orientador: **Prof. Juliano Magalhães
Barbosa**

LAGOA DA CONFUSÃO
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

R484c Ribeiro Junior, Idelvando Brito
 CONTROLE DE MELOIDOGYNE INCOGNITA COM
 NEMATICIDAS MICROBIOLÓGICOS EM PLANTAS DE FEIJÃO
 CAUPI : Controle de meloidogyne incognita com nematicidas
 microbiológicos em plantas de feijão caupi / Idelvando Brito Ribeiro
 Junior. – LAGOA DA CONFUSAO, TO, 2024.
 20 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Tocantins, Campus Lagoa da Confusão, LAGOA DA CONFUSAO,
TO, 2024.

Orientador: Dr. Juliano Magalhães Barbosa

1. Feijão Caupi. 2. Controle de diferentes Nematicida na cultura
do Feijão Caupi. 3. Meloidogyne Incognita. I. Barbosa, Juliano
Magalhães. II. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).

IDELVANDRO BRITO RIBEIRO JÚNIOR

**CONTROLE DE MELOIDOGYNE INCOGNITA COM NEMATICIDAS
MICROBIOLÓGICOS EM PLANTAS DE FEIJÃO-CAUPI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia
do Tocantins, *Campus* Avançado Lagoa da
Confusão, como exigência à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia
Agrônômica.

Aprovado em: 26/06/2024

BANCA EXAMINADORA



Dr. Juliano Magalhães Barbosa
Orientador

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins



Dra. Aline dos Anjos Souza
Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins



Me. Elisvanir Ronaldo Simões
Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins

RESUMO

A cultura do feijão-caupi tradicionalmente plantada no Nordeste brasileiro, vem migrando para outras regiões do país em decorrência da sua alta adaptabilidade sobre o ambiente tropical e seu baixo custo de produção. No entanto, entre os agentes fitossanitários capazes de causar danos econômicos relevantes para os produtores de feijão, estão os nematoides. Nos cultivos de feijão-caupi, a presença do nematoide-das-galhas (*Meloidogyne incognita*) é facilmente detectada pelo aparecimento de galhas sobre o sistema radicular do feijoeiro. O controle biológico de fitonematoídeos vem despontando como uma alternativa ecologicamente viável, por meio da aplicação de nematicidas microbiológicos para o controle e recuperação de áreas infestadas. Perante isso, este projeto de pesquisa tem como objetivo geral realizar a avaliação do desempenho de produtos comerciais, à base de microrganismos, como método de controle biológico de *M. incognita* em plantas de feijão-caupi. A condução do bioensaio será realizada na casa de vegetação do Instituto Federal do Tocantins – IFTO, no município de Lagoa da Confusão/TO. As sementes de feijão-caupi (BRS Guariba) adquiridas no comércio local, serão semeadas em vasos de 1,5 litros preenchidos com a mistura de solo e areia (2:1, v:v) previamente autoclavada (2 horas à 120°C). A inoculação dos isolados de *M. incognita* será realizada após a abertura do primeiro par de trifólios do feijoeiro. Para tanto, serão aplicados 4 mL da solução constituída de ovos e juvenis de *M. incognita* em cada vaso experimental. Antes da inoculação dos isolados, realizara-se a aplicação dos nematicidas microbiológicos via suco. Serão avaliados: massa fresca da parte aérea (MFPA) e das raízes (MFRA), comprimento de raízes (CR) e o diâmetro do caule (DC) das plantas de feijão-caupi. Utilizara-se o delineamento inteiramente casualizado – DIC, com 4 repetições e cinco tratamentos: T1 (controle – plantas não inoculadas e não tratadas), T2 (controle – plantas inoculadas e não tratadas), T3 (Trich Protection®), T4 (Nema Protection®) e T5 (Arvatico®). Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância F ($F \leq 0,05$), e quando observada diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), se utilizará o teste de Tukey para comparação de médias será utilizado o software SISVAR. Os resultados alcançados com a execução deste projeto de pesquisa poderão auxiliar o manejo fitossanitário do nematoide-de-galhas na cultura do feijão-caupi.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp.; fitonematoídeo; controle biológico

ABSTRACT

The cowpea crop, traditionally planted in the Brazilian Northeast, has been migrating to other regions of the country due to its high adaptability to the tropical environment and its low production cost. However, among the phytosanitary agents capable of causing significant economic damage to bean producers are nematodes. In cowpea crops, the presence of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) is easily detected by the appearance of galls on the bean root system. Biological control of phytonematodes has emerged as an ecologically viable alternative, through the application of microbiological nematicides for the control and recovery of infested areas. In view of this, the general objective of this research project is to evaluate the performance of commercial products, based on microorganisms, as a method of biological control of *M. incognita* in cowpea plants. The bioassay will be carried out in the greenhouse of the Federal Institute of Tocantins – IFTO, in the municipality of Lagoa da Confusão/TO. Cowpea seeds (BRS Guariba) purchased from local stores will be sown in 1,5 liter pots filled with a mixture of soil and sand (2:1, v:v) previously autoclaved (2 hours at 120°C). The inoculation of *M. incognita* isolates will be carried out after opening the first pair of bean trefoils. To this end, 4 mL of the solution consisting of eggs and juveniles of *M. incognita* will be applied to each experimental vessel. Before inoculating the isolates, microbiological nematicides were applied via juice. The following will be evaluated: fresh mass of the shoot (MFPA) and roots (MFRA), root length (CR) and stem diameter (DC) of cowpea plants. A completely randomized design – DIC was used, with 4 replications and five treatments: T1 (control – non-inoculated and untreated plants), T2 (control – inoculated and untreated plants), T3 (Trich Protection®), T4 (Nema Protection®) and T5 (Arvatico®). The data obtained will be subjected to analysis of variance F ($F \leq 0.05$), and when a significant difference between treatments is observed ($p < 0.05$), the Tukey test will be used to compare means, using the SISVAR software. The results achieved with the execution of this research project may assist in the phytosanitary management of root-knot nematodes in cowpea crops.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp.; phytonematode; biological control

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. JUSTIFICATIVA	5
3. OBJETIVOS	5
3.1 OBJETIVOS GERAIS	5
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
4. REVISÃO DE LITERATURA	5
4.1 A CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI	5
4.2 NEMATOIDE-DAS-GALHAS	7
4.3 CONTROLE DE NEMATÓIDES	8
5. METODOLOGIA	10
6. ORÇAMENTO	13
7. CRONOGRAMA	14
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	14
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) também conhecido popularmente como feijão-de-corda ou feijão-fradinho, é essencial para a agricultura brasileira, especialmente no Norte e Nordeste (BASTOS et al. 2012; SILVA et al. 2018).

O consumo do feijão-caupi representa uma importante opção alimentar e econômica (cultura de subsistência) para as populações de baixa renda da região Nordeste do Brasil. Apresenta um alto valor nutritivo, sendo cultivado principalmente para a produção de grãos secos ou verdes para alimentação humana (MEDEIROS et al. 2008).

As condições fitossanitárias do feijoeiro estão entre os principais entraves da produção de feijão-caupi, podendo ocasionar grandes prejuízos ao produtor, sendo um obstáculo significativo para o cultivo eficiente dessa cultura (CARDOSO, 2000).

A presença de nematoides nos cultivos de feijão-caupi, em especial os nematoides-das-galhas (*Meloidogyne* spp.), representam um dos principais problemas fitossanitários inerentes a essa cultura devido à grande disponibilidade de hospedeiros e à elevada habilidade de sobrevivência em áreas de solo arenoso, favorecendo a sua proliferação (HUSSIAN; PARVEEN, 2023; ADEGBITE, 2011).

Existem vários métodos de controle disponíveis para nematoides: controle cultural, proteção, erradicação, exclusão e imunização (resistência). O uso de genótipos resistente é uma estratégia também adotada para o controle de nematoides. A rotação de culturas, através do cultivo de plantas antagonistas (milho e milheto) podem reduzir as populações de nematoides e viabilizar o retorno da agricultura em áreas altamente infestadas. O controle químico é outra alternativa para o manejo de nematoides na cultura do feijão-caupi, embora não proporcione a erradicação completa do parasita na área tratada (SILVA et al. 2007; CARNEIRO et al. 2007; ADEGBITE, 2011).

Considerando a atenuação dos efeitos dos produtos químicos sintéticos sobre o meio ambiente e uma agricultura cada vez mais sustentável, uma opção de controle ecologicamente desejável vem sendo empregado mediante à presença de nematoides em áreas agrícolas, denominado de controle biológico de fitonematoides (MACHADO et al. 2016). O método consiste na aplicação de nematicidas microbiológicos que além de antagonistas de fitopatógenos, também contribuem para o desenvolvimento das plantas (FERNANDES et al. 2014; ROESE et al. 2017).

2. JUSTIFICATIVA

Diante da importância socioeconômica e socioambiental do feijoeiro caupi no cenário agrícola brasileiro, e perante a necessidade de se utilizar formas de manejo mais rentáveis e sustentáveis no seu cultivo e no controle de fitopatógenos, cresce a busca por alternativas mais eficientes e sustentáveis.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GERAIS

-Avaliar o desempenho de produtos comerciais microbiológicos para o controle de *Meloidogyne incognita* (nematoide-das-galhas) em plantas de feijão-caupi.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o produto comercial mais eficiente;
- Identificar o nível de controle no desempenho no desenvolvimento da planta de feijão-caupi
- Avaliar a produtividade do feijão-caupi.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI

De origem africana, o cultivo do feijoeiro caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) no Brasil teve início durante o século XVI devido à inserção da cultura pelos colonizadores portugueses no estado da Bahia (FREIRE FILHO, 1988). A partir disso, a cultura do feijão-caupi foi disseminada para todas as regiões do país, tornando-se uma das principais culturas de interesse agrícola na região Nordeste brasileira (DIAS, 2008).

A planta de feijão-caupi é uma espécie leguminosa *Dicotyledonea*, autógama, que possui metabolismo fotossintético do grupo C3, com ciclo de desenvolvimento anual, pertencente à família *Fabaceae*, com a subespécie *unguiculata*, subdividida em: *Unguiculata*, *Sesquipedalis*, *Biflora* e *Textilis* (SINGH et al. 2002; ALLANTOSPERMUM, 2016). Apresenta ramo principal curto e ereto com ramos secundários pequenos (porte ereto) ou ramo principal longo e curvado com ramos secundários compridos (prostrado). A maturação dos grãos varia de 60 (ciclo superprecoce) a 91 (ciclo tardio) dias após a semeadura (CAVALCANTE; GOES, 2011).

As características do tipo de solo para o desenvolvimento da cultura do feijão-caupi estão compreendidas em uma ampla faixa de textura (arenosa ou argilosa) e fertilidade (média ou baixa) do solo. Em relação a condições climáticas, os fatores intrínsecos à temperatura, fotoperíodo e disponibilidade hídrica, são os principais responsáveis por influenciarem no crescimento do feijoeiro. Nesse sentido, a planta desenvolve-se plena em ambiente com temperatura entre 20 e 30°C, com uma quantidade de água em torno de 650 mm, distribuídos regularmente durante o seu ciclo de desenvolvimento (OLIVEIRA; CARVALHO, 1988; CAVALCANTE; GOES, 2011).

Embora sejam cultivadas várias espécies de feijoeiro pelos agricultores brasileiros, apenas o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e o feijão-caupi (*V. unguiculata*), são regulamentados e reconhecidos como feijão pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2008). Entre as diversas nomenclaturas atribuídas ao feijão-caupi, algumas se destacam em relação a sua região de uso, como no Nordeste brasileiro, onde esse tipo de feijão é também conhecido como feijão-macassa ou feijão-de-corda, enquanto no Norte é chamado de feijão-de-praia, feijão-da-colônia e feijão-de-estrada, sendo ainda conhecido como feijão-miúdo, no Sul do país (FREIRE FILHO; CARDOSO; ARAÚJO, 1983).

Quanto as cultivares desenvolvidas nos últimos anos, o programa de melhoramento genético do feijão-caupi da Embrapa, juntamente com outras empresas, tem contribuído significativamente para a diversificação dos genótipos empregados para o desenvolvimento da cultura à nível nacional. Isto é, nos últimos 15 anos, 56% das cultivares de feijão-caupi lançadas no mercado, são oriundas do programa de melhoramento da Embrapa, destacando-se entre elas a BR 14-Mulato (grupo Mulato); BR 17-Gurguéia, BRS Rouxinol e BRS Marataoã, (tipo comercial Sempre-verde); Monteiro, BRS Milênio e BRS Urubuquara (tipo Brancão); e BRS Paraguaçu e BRS Guariba (tipo comercial Branco) (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2021).

Em relação a área plantada, estima-se que são demandados cerca de 12,5 milhões de hectares em todo o mundo para a produção de feijão-caupi, com aproximadamente 64% dessas áreas sendo cultivadas na região central e oeste do continente africano (DAMACENO E SILVA et al., 2016). Segundo o levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, no cenário nacional, considerando a sazonalidade da época de colheita do feijão, a produtividade média

de feijão-caupi na safra 2022/23 foi de 509 kg ha⁻¹, em especial devido à contribuição significativa da produção obtida nos Estados da região Nordeste (CONAB, 2023).

4.2 NEMATOIDE-DAS-GALHAS

Os problemas fitossanitário inerentes a outros cultivos de interesse econômico, também acompanham a produção de feijão-caupi no território nacional e em alguns países, interferindo negativamente no desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, no seu desempenho produtivo. Dentre os principais agentes danosos às culturas agrícolas, estão os fungos, bactérias e nematoides, que além de causarem prejuízos econômicos, direta ou indiretamente aos agricultores, em situações de infecção severa podem contribuir para a morte do vegetal (LIMA, 2017).

Entre os fitopatógenos mais relevantes para a cultura do feijão-caupi, encontra-se os nematoides, os quais são organismos vermiformes encontrados no solo que prejudicam o crescimento e a produção do feijoeiro, em razão do abortamento de flores e vagens, contribuindo para perdas em torno de 30% nas áreas de produção de feijão (SILVA, 2005; HUSSIAN; ADEGBITE, 2011; PARVEEN, 2023). Nas regiões de clima tropical e subtropical, as espécies de nematoides do gênero *Meloidogyne*, também conhecidos como nematoides-das-galhas, representam um dos grupos fitopatogênicos mais importante nas áreas de produção agrícola, o que pode ser atribuído ao seu hábito endoparasitário, alimentação polífaga e vasta distribuição geográfica (FERRAZ; BROWN, 2016).

O processo infeccioso ocorre pela penetração de juvenis de segundo estágio (J2) de *Meloidogyne* spp. nas raízes das plantas, percorrendo os espaços internos das células com destino ao cilindro vascular radicular. Onde, então, se alimentam do conteúdo celular através de um estilete que é introduzido nas células das raízes para também injetar secreções que favorecem a sua nutrição (CAILLAUD et al. 2008). Os sintomas externados pela planta em resposta aos danos causados por esse gênero de nematoide durante a sua nutrição (substâncias secretadas), são observados devido a formação de galhas (hiperplasia e hipertrofia) no sistema radicular (CARVALHO, 2018; MITKOWSKI; ABAWI, 2003).

Em razão da raiz ser o órgão vegetal precursor dos danos provocados pelo nematoide-das-galhas, as plantas infectadas demonstram capacidade limitada de absorção e transporte de água e solução nutritiva, mesmo em condições ideais de umidade e nutrientes no solo. Além do mais, durante o processo de translocação dos

nutrientes, os fotoassimilados, produzidos pela planta hospedeira na fotossíntese, também são drenados pelas galhas do nematoide (MACHADO; ARAÚJO FILHO, 2010; NUNES et al. 2010; KIRSCH, 2016).

Dentre as mais de 100 espécies de nematoides-das-galhas catalogadas, os nematoides fitopatogênicos da espécie *Meloidogyne incognita* (Kofoed & White) Chitwood se destacam, devido a sua disseminação por todo o planeta (FREITAS et al. 2001; MONTEIRO, 2016). No Brasil, cerca de 97% das plantas infectadas por nematoides-das-galhas são parasitadas por *M. incognita* ou *M. javanica*, com mais de 3.000 espécie de hospedeiros, incluindo plantas de feijão-caupi (CAMPOS, 2000; SILVA, 2015).

De hábito endoparasitário (sedentário), o nematoide-das-galhas (*M. incognita*) inicia o seu ciclo biológico mediante a deposição de 400 a 500 ovos pelas fêmeas no parênquima cortical (interna) ou na superfície das raízes (externo) das plantas. Em seguida, após o desenvolvimento embrionário, ocorre a ecdise dos juvenis de primeiro estágio (J1), concebendo os juvenis de segundo estágio (J2) dentro do próprio ovo. Na fase J2, o fitopatógeno é considerado pré-infectivo, libertando-se do interior do ovo de maneira mecânica e enzimática com o auxílio do seu estilete, tendo em vista o sistema radicular das plantas como fonte de nutrição (FERRAZ, 2001).

Além da presença do hospedeiro na área, a temperatura do ambiente é o principal fator abiótico que condiciona a permanência do nematoide-das-galhas nos diferentes agroecossistemas de cultivo. Dessa forma, durante o ciclo de desenvolvimento do patógeno, a faixa de temperatura entre 23 e 30°C é a mais favorável para sua sobrevivência e manutenção do ciclo de vida junto às raízes das plantas (FERRAZ, 2001; FERRAZ; BROWN, 2016).

Como a sua identificação na área de cultivo apenas é possível após o estabelecimento (formação das galhas) e disseminação no solo, em detrimento a vários ciclos de reprodução, o *M. incognita* geralmente apresenta-se como um agente fitopatogênico oculto aos olhos do produtor de feijão-caupi, o que pode influenciar diretamente o controle dessa espécie de nematoide nas áreas de produção agrícola (MOENS et al. 2009; SAWADOGO et al. 2009; SILVA, 2015).

4.3 CONTROLE DE NEMATOIDES

Os prejuízos econômicos para a agricultura mundial desencadeados pela presença do nematoide-das-galhas nas áreas de produção de feijão-caupi alcançam

valores próximos a 157 bilhões de dólares por ano (ARAÚJO FILHO, 2011). Um dos fatores que contribui para as perdas elevadas é o difícil manejo da infestação do *Meloidogyne* ssp. nas áreas cultivadas, uma vez que sua eliminação é geralmente impossível após a introdução no solo. Buscando-se, então, conviver com o fitopatógeno, reduzindo a sua população abaixo do limiar de dano econômico, por meio de diferentes métodos de manejo (LOPES, 2009).

O controle do nematoide-das-galhas pode ser realizado através de métodos culturais, mecânicos, químicos e biológicos. Entretanto, para que o manejo fitossanitário do problema transcorra de maneira sustentável e economicamente viável, faz-se necessário compreender as interações existentes entre o agente patogênico e a planta hospedeira. Entre as práticas de manejo utilizadas para a redução populacional de nematoides, destacam-se o controle cultural, o plantio de genótipos resistentes e a aplicação de produtos químicos sintéticos (MORALES, 2007).

O manejo fitossanitário fundamentado na resistência varietal ou genética para o feijão-caupi dispõem do genótipo cv. CE-31 ("Pitiúba") que apresentam comprovada resistência a *M. incognita*. No entanto, apesar da disponibilidade de uma gama de genótipos resistente, ainda são demandados elevados custos e longos períodos de tempo para a obtenção de respostas eficientes pelos programas de melhoramento genético sobre o desenvolvimento de cultivares resistentes ao nematoide-das-galhas (SILVA, 2001; ARAÚJO FILHO, 2011; SANTINI, 2014).

No controle químico, o uso de nematicidas na agricultura mundial, desde o início dos anos 80, vem perdendo espaço em razão da restrição imposta pelo mercado à uma gama de produtos. Justificada pelas suas aplicações descompensadas, elevada persistência no solo e efeitos deletérios à fauna do planeta (COSTA, 2015). Sobre as aplicações de produtos químicos, estas são realizadas como tratamento de sementes e nos sulcos abertos no solo para semeadura, entretanto, a proteção nesse tipo de controle é garantida somente no período de 25 a 30 dias após a aplicação, se mostrando ineficiente em função do ciclo fenológico da cultura cultivada (KUBO et al. 2012; FAVERA, 2014).

Perante o exposto, ressalta-se que o manejo fitossanitário do nematoide-das-galhas deve ser realizado, buscando-se integrar boas práticas que possibilitem reduzir o nível de dano econômico à cultura de maneira ecologicamente sustentável ao ambiente de produção e economicamente eficiente para o produtor agrícola (TORRES

et al. 2009). Nessa conjuntura, o controle alternativo através do uso de inimigos naturais dos nematoides, vem sendo estudado em larga escala como uma estratégia de manejo promissora (COSTA et al. 2001).

No controle biológico são utilizados inimigos naturais de *Meloidogyne* spp. como bactérias e fungos, que exercem efeitos antagônicos, por exemplo, de indução de defesas do hospedeiro, antibiose e predação (LIN et al. 2013; PURNAWATI et al. 2014). As bactérias da família *Bacillaceae* são as mais usadas como nematocida microbiológico, dentre as quais se destacam as integrantes dos gêneros *Bacillus* e *Chlostridium*. Elas são encontradas habitando o solo e também em determinadas partes do tecido vegetal do hospedeiro, assim como nas próprias estruturas dos fitonematoídes (FERRAZ; BROWN, 2016; FOUSIA et al., 2015).

A ação sinérgica de supressão do nematoíde fitopatogênico e de promoção do desenvolvimento e crescimento da planta, desempenhada pelas bactérias *Bacillus* spp. acontece por meio do aumento da atividade microbiana antagonista ao nematoíde-das-galhas, na rizosfera das plantas hospedeira (TIAN et al., 2007). Como supracitado, na premissa do controle biológico procura-se aumentar a longevidade das culturas reduzindo o índice populacional do patógeno à nível de dano econômico. Contudo, deve-se levar em conta também os fatores inerentes às plantas cultivadas, tais como o estágio fenológico e estado nutricional. Neste cenário, ressalta-se a importância de mais estudos relacionados a reprodução, atuação e distribuição desses inimigos naturais, vislumbrando a sua utilização efetiva pelo agricultor a partir do registro e comercialização no mercado de produtos fitossanitários (RITZINGER, 2006; LOPES, 2009).

5. METODOLOGIA

O bioensaio será conduzido na casa de vegetação instalada no Instituto Federal do Tocantins – IFTO, localizado no município de Lagoa da Confusão/TO, sob as coordenadas de latitude 10°48'01" S e longitude 49°37'45" W. Após a coleta do solo que será utilizado no experimento, amostras do mesmo serão submetidas à análise laboratorial para a determinação dos seus atributos físicos e químicos, os quais serão apresentados em forma de tabelas.

Para tanto, serão coletadas porções de solo a um metro de profundidade, que serão transportadas até o laboratório multidisciplinar do IFTO, *Campus* Lagoa da Confusão, onde se realizará a esterilização do solo via calor úmido, com o auxílio de

uma autoclave (1 atm; 121°C; 120 minutos), em seguida o material esterilizado será acondicionado em ambiente protegido, dentro da casa de vegetação, durante 48 horas em temperatura ambiente para a secagem.

As sementes de feijão-caupi, cultivar BRS Guariba, serão adquiridas no comércio agropecuário local, elas serão semeadas em vasos com capacidade de 1,5 litros contendo uma mistura de solo e areia (2:1, v:v) previamente autoclavada por 2 horas em temperatura de 120°C. Após a expansão completa do primeiro par de trifólios do feijoeiro, realizara-se a inoculação com os isolados de *M. incognita*.

O inóculo será obtido a partir de uma população pura de *M. incognita* mantida em raízes de tomateiro. O método proposto por Boneti & Ferraz (1981) será utilizado para extrair os ovos das raízes das plantas. A suspensão será calibrada para 500 ovos e quaisquer juvenis de segundo estágio (J2) por mililitro.

As plantas serão inoculadas com uma solução contendo a suspensão de aproximadamente 2.000 ovos e juvenis de segundo estágio (J2). Após a homogeneização da solução, com o auxílio de uma seringa plástica de 20 mL cada vaso será inoculado com 4 mL da suspensão, gotejados em quatro furos equidistantes com 4 cm de profundidade no solo e ao redor da planta. Ao final da inoculação as plantas serão irrigadas (CHAVES et al. 2013).

Um dia antes da inoculação dos isolados de *M. incognita*, os produtos comerciais biológicos (nematicidas microbiológicos) serão aplicados via suco, de acordo com a Tabela 1. Plantas inoculadas não tratadas serão utilizadas como controle para comparação dos efeitos dos tratamentos. Será incluído um controle adicional (plantas não tratadas e não inoculadas) para que os parâmetros vegetativos sejam comparados (PUERARI et al. 2013).

Tabela 1 – Atributos técnicos dos produtos comerciais a serem utilizados para realização do estudo de controle biológico de *M. incognita* em plantas de feijão-caupi

Nome Comercial	Composição	Recomendações	
		Tratamento de sementes (100 kg)	Sulco
Trich Protection®	<i>Trichoderma harzianum</i>	150 mL	300 mL ha ⁻¹

Nema Protection®	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	150 mL	300 mL ha ⁻¹
Arvatico®	<i>Bacillus velezensis</i>	150 mL	300 mL ha ⁻¹

Aos 55 dias após a inoculação (DAI), os feijoeiros com os sistemas radiculares infectados pelo nematoide-das-galhas, terão os ovos e juvenis de segundo estágio (J2) extraídos, da seguinte forma: as raízes das plantas de feijão-caupi serão separadas da parte aérea, lavadas em água corrente, cortadas em pequenos fragmentos em torno de 1 cm e trituradas sob solução de hipoclorito de sódio (NaOCl 0,5%) com o auxílio de um liquidificador durante 30 segundos (BONETI; FERRAZ, 1981).

A suspensão será crivada em peneiras de 50, 200 e 500 mesh e em seguida lavada em água corrente para a retirada do excesso de hipoclorito. O conteúdo retido na peneira de 500 mesh, contendo os ovos e J2, será lavado com água e a suspensão de nematoides recolhidas em béquer serão armazenadas em tubos para ultracentrifugação de 50 ml do tipo falcon (ITO et al. 2014).

As avaliações serão realizadas aferindo-se os seguintes parâmetros: massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca da raiz (MFRA), em gramas (g), por meio de uma balança analítica digital, com duas casas decimais; comprimento de raízes (CR) que será a medida da distância da base do corte no caule até a parte apical da raiz, com auxílio de uma régua graduada expressa em centímetros (cm) e; o diâmetro do caule (DC) que será obtido com auxílio de um paquímetro digital também expresso em centímetros.

A quantidade final de *M. incognita* será determinada pela extração de uma amostra de 1 mL da solução de ovos e juvenis (J2) de cada raiz de feijoeiro, a qual será depositada em uma lâmina de contagem de Peter e observada em um microscópio de luz (Biocentrix® Modelo 1600X BIO-100). Serão realizadas três contagens do número de ovos e J2 para cada repetição, e o valor final será a média dessas três contagens. O número de nematoides (ovos e J2) por grama de raiz será obtido dividindo-se a quantidade final de nematoides pelo peso da massa fresca de raiz. (DUARTE, 2022).

O arranjo experimental utilizado para condução do estudo será o delineamento inteiramente casualizado – DIC, com 4 repetições (1 vaso por repetição) de três

tratamentos constituídos por nematicidas microbiológicos e mais dois tratamentos controles (testemunha), organizados conforme apresentado na Tabela 2. Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância F ($F \leq 0,05$), e quando observada diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), se utilizará o teste de Tukey para comparação de médias. As análises estatísticas serão realizadas utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

Tabela 2 – Caracterização dos tratamentos a serem aplicados na realização do estudo de controle biológico de *M. incognita* em plantas de feijão-caupi

Identificação	Tratamento	Fator de Constituição
T1	Controle	Plantas não inoculadas e não tratadas
T2	Controle	Plantas inoculadas e não tratadas
T3	Trich Protection®	<i>Trichoderma harzianum</i>
T4	Nema Protection®	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
T5	Arvatico®	<i>Bacillus velezensis</i>

6. ORÇAMENTO

Itens	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Vaso plástico de 1,5 L	Unid.	20	R\$ 2,00	R\$ 40,00
Seringa plástica de 20 mL	Unid.	5	R\$ 1,00	R\$ 5,00
Mudas de tomateiro	Unid.	5	R\$ 8,00	R\$ 40,00
Sementes de feijão-caupi (BRS Guariba)	kg	0,5	R\$ 20,00	R\$ 10,00
Hipoclorito de sódio	L	1	R\$ 6,00	R\$ 6,00
Trich Protection	L	1	R\$ 180,00	R\$ 180,00
Nema Protection	L	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Arvatico	L	1	R\$ 57,00	R\$ 57,00
EPI completo	Unid.	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00

Prestação de serviço laboratorial	Amostra de solo	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00
Total previsto				R\$ 648,00

7. CRONOGRAMA

Atividades	Meses do ano										
	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Julh	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Definição do título	x										
Revisão de literatura	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Instalação do experimento				x	x						
Condução do experimento					x	x	x				
Avaliação dos parâmetros							x	x			
Tabulação dos dados								x	x		
Análise dos resultados									x	x	
Elaboração do relatório									x	x	
Envio do relatório final											x

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os possíveis resultados obtidos a partir da execução deste projeto de pesquisa servirão de base para o manejo fitossanitário do nematoide-das-galhas (*M. incognita*) realizado pelos produtores de feijão-caupi e responsáveis técnicos. Desta forma, com a realização do presente estudo, serão obtidos resultados potencialmente capazes de auxiliar o controle de *M. incognita* de maneira economicamente viável, com maior eficiência e geração de rentabilidade de forma mais sustentável

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEGBITE, A. A. Avaliação da perda de produtividade do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) devido ao nematóide das galhas, *Meloidogyne incognita*, em condições de campo. **Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry**. v. 10, n. 4, p. 2042-2048, 2011.
- ARAÚJO FILHO, J. H. **Análise proteômica de raízes de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*), CV. CE-31, inoculadas com o nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita*)**. Tese (Doutorado em Bioquímica). Fortaleza, CE: Universidade Federal do Ceará. p.146., 2011.
- BASTOS, V. J.; MELO, D. A.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; SILVA, P. M. C.; TEIXEIRA JUNIOR, D. L. Avaliação da fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi submetido a diferentes manejos da vegetação natural na savana de Roraima. **Revista Agroambiente**. v. 6, n. 2, p. 133-139, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 mar. Seção 1, p. 11-14., 2008.
- CAMPOS, V. P. Doenças causadas por nematoides em tomate. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. Z. R.; COSTA, H. (Ed) **Controle de doenças de plantas – hortaliças**. Viçosa: UFV. Cap. 23, p. 801-841., 2000.
- CARDOSO, M. J. A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, (**Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28**). 264 p. il., 2000.
- CARNEIRO, R. G.; MORITZ, M. P.; MÔNACO, A. P.; NAKAMURA, K. C.; SCHERER, A. Reaction of corn, sorghum and millet cultivars to *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. paranaensis*. **Nematologia Brasileira**. v. 31, n. 2, p. 67-71, 2007.
- CAVALCANTE, E. S.; GÓES, A. C. P. O feijão-caupi no Amapá: do campo à mesa. Macapá: **Embrapa Amapá**, 59 p., 2011.
- CHAVES, P. P. N.; SANTOS, G. R. D.; SILVEIRA, M. A. D.; GOMES, L. A. A.; MOMENTÉ, V. G.; NASCIMENTO, I. R. Reação de genótipos de batata-doce a nematoides de galhas em condições de temperatura elevada. **Bioscience jornal (Online)**. p. 1869-1877, 2013.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim de Monitoramento Agrícola**. Brasília, v. 12, 2023.
- COSTA, M. A. **Biocontrole de nematoides com fungos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Entomologia Agrícola). Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista. 35p., 2015.
- COSTA, M. J. M.; CAMPOS, V. P.; OLIVEIRA, D. F.; PFENNING, L. H. Toxidade de extratos vegetais e de esterco a *Meloidogyne incognita*. **Fitopatologia brasileira**. v.27, p. 245-250, 2001.
- DAMASCENO E SILVA, K. J.; ROCHA, M. M.; MENEZES-JÚNIOR, J. A. N. A cultura do feijão-caupi no Brasil. **Embrapa Meio-Norte**. p.6-12, 2016.
- DIAS, C. C. Paiuhy: das origens a nova capital. Teresina: **Nova Expressão**, p. 324-333., 2008.
- DUARTE, J. L. P. **Efeito do Biocarvão de Lodo de Esgoto sobre *Meloidogyne incognita* em Feijão-caupi**. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Programa de Pós-graduação em Fitopatologia, Universidade de Brasília. Brasília, p.155, 2022.
- EMBRAPA MEIO-NORTE. **Feijão-caupi: Cultivares**. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao->

caupi/pre-producao/caracteristicas-e-relacoes-com-o-ambiente/cultivares>. Acesso em: 26 de abril de 2024.

FAVERA, D. D. **Plantas de cobertura, cultivares e nematicidas no manejo de *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus* em soja**. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal). Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria. 72p., 2014.

FERNANDES, R. H.; VIEIRA, B. S.; FUGA, C. A. G.; LOPES, E. A. *Pochonia chlamydosporia* e *Bacillus subtilis* no controle de *Meloidogyne incógnita* e *M. javanica* em mudas de tomateiro. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 194-200, 2014.

FERRAZ, L. C. C. B. As meloidoginoses da soja: Passado, presente e futuro. In: SILVA, J. F. V.; MAZAFFERA, P.; CARNEIRO, R. G.; ASMUS, G. L.; FERRAZ, L. L. C. B. **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina – PR, Embrapa Soja: Sociedade de Nematologia, p.127, 2001.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. Nematologia de plantas: fundamentos e importância. Manaus: **Norma Editora**, p. 251, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (Online)**. v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FOUSIA, S.; PAPLOMATAS, E. J.; TJAMOS, S. E. *Bacillus subtilis* QST 713 confers protection to tomato plants against *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* and induces plant defence-related genes. **Journal of Phytopathology**, v. 164, p. 264-270, 2015.

FREIRE FILHO, F. R. Genética do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Org.) **O caupi no Brasil**. Brasília-DF: Embrapa-CNPAP; Ibadan: IITA, p. 194-222., 1988.

FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. de. Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 12, p. 1369-1372, dez. 1983

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERRAZ, S. Introdução à nematologia. Viçosa: **Editora UFV**, 84 p., 2001.

HUSSAIN, M. A.; PARVEEN, G. Determining the damage threshold of root-knot nematode, *Meloidogyne arenaria* on *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Rhizosphere**, v. 27, p. 100714, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Produção Agrícola Municipal -2017**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 25 de abril de 2024.

ITO, L. A.; GAION, L. A.; GALATTI, F. S.; BRAZ, L. T.; SANTOS, J. M. Resistência de porta-enxertos de cucurbitáceas a nematoides e compatibilidade da enxertia em melão. **Horticultura brasileira**, v. 32, p. 297-302, 2014.

KUBO, R. K.; MACHADO, A. C. Z.; OLIVEIRA, C. M. G. Efeito do tratamento de sementes no controle de *Rotylenchulus reniformes* em duas cultivares de algodão. In: **7º Congresso Brasileiro de Algodão**. Foz do Iguaçu – PR, CV-ROM, 2012.

LIMA, C. S. Manejo de doenças. Viçosa: **Editora UFV**. p.143-170, 2017.

LIN, T.; ZHAO, L.; YANG, Y.; GUAN, Q.; GONG, M. Potential of endophytic bacteria isolated from *Sophora alopecuroides* nodule in biological control against *Verticillium wilt* disease. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, p. 139-146, 2013.

LOPES, M. J. C. **Aspectos histopatológicos e mudanças na expressão de genes em genótipos de soja resistente, durante a interação com *Meloidogyne javanica***. Tese (Doutorado em Agronomia – Fisiologia Vegetal). Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras. 92p., 2009.

MACHADO, A. C. Z.; ARAÚJO FILHO, J. V. de. Nematoides no arroz. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, v. 11 p. 12-15, 2010.

- MACHADO, A. C. Z; KANEKO, L; PINTO, Z. V. **Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle**. Instituto Mato-grossense do algodão – IMAmt. Cuiabá - MT, 2016.
- MEDEIROS, R.; SANTOS, V.; ARAÚJO, A.; FILHO, C. O. Estresse salino sobre a nodulação em feijão-caupi. **Revista Caatinga**. v. 21, n. 5, p. 202-206, 2008.
- MELO, A. S.; MELO, Y. L.; LACERDA, C. F.; VIÉGAS, P. R. A.; FERRAZ, R. L. S.; GHEYI, H. R. Water restriction in cowpea plants (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): Metabolic changes and tolerance induction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 26, n. 3, 2022.
- MITKOWSKI, N. A.; ABAWI, G. S. Nematode de galhas. (Portuguese translation by E. A. Lopes, R. Dallemole-Giareta and B. S. Vieira, 2011). **The Plant Health Instructor**, EUA, 2003. Disponível em: <DOI:10.1094/PHI-I-2011-03-29-01>. Acesso em 26 de abril 2024.
- MONTEIRO, J. M. S. **Caracterização morfológica, enzimática e molecular de populações brasileiras de *Meloidogyne* spp.: identificação e sinonimização de espécies**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília DF, Brasil. 2016.
- MORALES, A. M. R. **Análise da expressão de genes relacionados à resistência a *Meloidogyne javanica* em soja, através da técnica de PCR em tempo real**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 101p., 2007.
- NUNES, H. T.; MONTEIRO, A. C.; POMELA, A. W. V. Uso de agentes microbianos e químico para o controle de *Meloidogyne incognita* em soja. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 32, n. 3, p. 403-409, 2010.
- OLIVEIRA, I. P.; CARVALHO, A. M. A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmido e semiárido do Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P; WATT, E. E. (Ed). **O caupi no Brasil**. Brasília – DF. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa – Departamento de Publicações, p. 63-96, 1988.
- PUERARI, H. H.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; DADAZIO, T. S.; MATTEI, D.; DA SILVA, T. R.; RIBEIRO, R. C. Evaluation of acibenzolar-S-methyl for the control of *Meloidogyne javanica* and effects on the development of susceptible and resistant soybean. **Tropical Plant Pathology**. v. 38, p. 44-48, 2013.
- PURNAWATI, A.; SASTRAHIDAYAT, I. R.; ABADI, A. L.; HADIASTONO, T. Endophytic bacteria as biocontrol agents of tomato bacterial wilt disease. **The Journal Of Tropical Life Science**, v. 4, p. 33-36, 2014.
- RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematóides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331-338, ago. 2006.
- ROESE, A. D.; VIDAL, G. S.; ZIELINSKI, E. C.; DEMIO, L. L. M. Native *Trichoderma* grown on oat grains controls damping-off and enhances height in soybean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 47, n. 1, p. 102-109, 2017.
- SANTINI, L. **Análise, via RNAseq, do transcrito do feijoeiro e identificação de genes expressos em respostas à infecção pelo nematoide das galhas**. Tese (Doutorado em Ciências). Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 118p., 2014.
- SAWADOGO, A.; THIO, B.; KIEMDE, S.; DRABO, I.; DABIRE, C.; OUEDRAOGO, J.; MULLENS, T. R.; EHLERS, J. D.; ROBERTS, P. A. Distribution and prevalence of parasitic nematodes of cowpea (*Vigna unguiculata*) in Burkina Faso. **Journal of Nematology**, v.41, n.2, p.120-127, 2009.
- SILVA, F. H. A. **Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) utilizadas no Rio Grande do Norte**.

- Dissertação de Mestrado. Mossoró, RN: Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 85p., 2015.
- SILVA, G. S. Nematóides. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.) **Feijão-caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília – DF: Embrapa Informação Tecnológica, 1 ed., cap.13, p.485-497, 2005.
- SILVA, G. S.; FREIRE FILHO, F. R.; PEREIRA, A. L.; SILVA, C. L. Reação de Genótipos de Feijão Caupi a *Meloidogyne incognita* Raça 1. **Nematologia brasileira**. v. 31, n. 2, p. 85-87, 2007.
- SILVA, J. F. V. Resistência Genética de soja a nematoides do Gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J. F. V. (Org.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina – PR: Embrapa Soja/Sociedade Brasileira de Nematologia, 1 ed., cap. 4, p.95-127, 2001.
- SILVA, M. D. O.; DE CARVALHO, A. J.; ROCHA, M. D. M.; BATISTA, P. S. C.; SANTOS JÚNIOR, P. V.; DE OLIVEIRA, S. M. Desempenho agrônômico de genótipos de feijão-caupi. **Revista Ciências Agrárias**. v. 41, n. 4, p. 1059-1066, 2018.
- SINGH, B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F. R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGH, B. B.; KORMAWA, P. M.; TAMÒ, M. (Eds.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, p. 22-40, 2002.
- TIAN, B. Y.; YANG, J. K.; LIAN, L. H.; WANG, C. Y.; ZHANG, K. Q. Role of neutral protease from *Brevibacillus laterosporus* in pathogenesis of nematode. **Microbiology and Biotechnology**, v. 74, p. 372-380, 2007.
- TORRES, R. G.; RIBEIRO, N. R.; BOER, C. A.; FERNANDES, O.; FIGUEIREDO, A. G.; NETO, A. F.; CORBO, E. **Manejo integrado de nematoides em sistema de plantio direto no cerrado**. p.30, 2009. Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/4fb3f19fd70f8.pdf>>. Acesso em: 26 de abril de 2024.