

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

LEIDIANE DA SILVA RODRIGUES

MANEJO DE FITONEMATOIDES NA CULTURA DO CAFEEIRO COM *Bacillus*
spp. EM MONTE CARMELO-MG

Monte Carmelo

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

LEIDIANE DA SILVA RODRIGUES

MANEJO DE FITONEMATOIDES NA CULTURA DO CAFEEIRO COM *Bacillus*
spp. EM MONTE CARMELO-MG

Trabalho de Conclusão apresentado ao
curso de Agronomia da Universidade
Federal de Uberlândia, Campus Monte
Carmelo, como requisito necessário para
a obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Bruno Sérgio Vieira

Monte Carmelo

2020

LEIDIANE DA SILVA RODRIGUES

MANEJO DE FITONEMATOIDES NA CULTURA DO CAFEEIRO COM *Bacillus*
spp. EM MONTE CARMELO-MG

Trabalho de Conclusão apresentado ao
curso de Agronomia da Universidade
Federal de Uberlândia, Campus Monte
Carmelo, como requisito necessário para
a obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Monte Carmelo, 7 de outubro de 2020

Banca Examinadora

Prof. Dr. Bruno Sérgio Vieira
Orientador

Prof^ª. Dr^ª. Gleice Aparecida de Assis
Membro da Banca

Vinicius Silva Werneck Orlando
Membro da Banca

Monte Carmelo

2020

Dedico esse trabalho à minha família, em especial aos meus avós André (in memoriam) e Joana, à minha avó Cira e à minha mãe Maria Helena (in memoriam), sem eles nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre ter me guiado e ter me dado a força, a coragem e a sabedoria necessárias para não desistir de lutar por meus objetivos nos momentos mais difíceis.

À memória do meu avô André e da minha Mãe Maria Helena que me ensinaram tudo que sou, que me amaram incondicionalmente e me apoiaram em todas as minhas decisões. Me acompanharam durante quase todo o meu percurso até aqui, sempre me apoiando e me encorajando. Infelizmente não puderam me ver concluir esse meu objetivo, mas continuam sendo o meu exemplo de força e superação. Isso que não me deixou desistir.

À minha vó Cira, a quem chamo de mãe por ter me educado como filha por longos anos, pessoa de muita sabedoria, de um coração gigante, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu namorado Cideval por ter me encorajado a realizar esse sonho de fazer Agronomia. Por toda a ajuda me dada, sempre me incentivando e me estendendo a mão quando precisei.

Ao professor Bruno Sérgio pela paciência, educação e apoio na condução dos trabalhos.

À professora Gleice por se disponibilizar a nos ajudar neste experimento. Sempre muito prestativa, atenciosa, educada e muito proativa. Sem a ajuda do seu grupo de pesquisas a colheita do experimento não teria ocorrido de forma tão ágil e eficiente. Doou seu conhecimento para nos ajudar em todas as etapas das avaliações do café. É impagável toda a ajuda oferecida.

Aos colegas Fernando e Vinicius por me permitir fazer parte deste trabalho e por terem me apoiado na execução, no desenvolvimento do experimento de campo e na análise dos dados, sem eles esse trabalho não seria possível.

À toda a equipe da Fazenda Juliana que sempre nos deram total apoio, foram muito receptivos e sempre abertos aos alunos da Universidade Federal de Uberlândia/Campus Monte Carmelo para a execução dos experimentos.

À minha colega Patrícia e ao meu irmão Alex por ter me ajudado nas avaliações fisiológicas do café no campo experimental.

Ao meu colega Patrick por ter disponibilizado materiais de estudo para me ajudar na parte escrita deste trabalho.

“Se eles prosperam, o lavrador também prospera, e se eles lutam pela sobrevivência, o lavrador também o fará. A prosperidade e a ruína do lavrador depende, pois, antes de tudo, da microvida do solo.”

Bromfield (1948)

RESUMO

A maior produção mundial de *Coffea arabica* L. está concentrada no Brasil, principalmente no Triângulo Mineiro, Alto do Paranaíba e sul de Minas Gerais. Nematoides de raízes, principalmente do gênero *Meloidogyne spp.* e *Pratylenchus spp.* são os maiores responsáveis por reduzir a produtividade das lavouras. Poucas cultivares de café arábica possuem resistência genética a esses vermes e o controle químico é extremamente tóxico tanto para aos seres humanos quanto ao meio ambiente. A aplicação de produtos biológicos é uma alternativa sustentável e eficiente para o manejo de ovos e juvenis de nematoides. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficácia de sete isolados de bactérias do gênero *Bacillus* na supressão de ovos e juvenis de nematoides presentes em lavoura cafeeira no município de Monte Carmelo-MG e as respectivas respostas fisiológicas do cafeeiro, comparando-os à inoculação do produto biológico Quartzo® e sintético Nimitz ® e a testemunha sem nenhum produto. Foram inoculados 11 tratamentos em DBC, com cinco repetições. Cada parcela foi composta por 32 plantas, sendo a parcela útil composta por 30 plantas.. As variáveis analisadas foram diâmetro de copa, altura de plantas, número e comprimento de ramos, número de gemas, produtividade e maturação de frutos. Foram realizadas duas amostras de nematoides antes da primeira aplicação (outubro de 2019) e 60 dias após a segunda aplicação (fevereiro de 2020). Os tratamentos que proporcionaram maiores produtividades foram Abamectina® e Quartzo®, B53 (*Bacillus safensis*), B18 (*Bacillus subtilis*) e B266 (*Bacillus amyloliquefaciens*), com produtividade de 28, 20,5, 19,4 e 18,4 sacas por hectare, respectivamente. Mesmo os tratamentos com maior produtividade não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos quanto ao crescimento vegetativo e índice de clorofila e tiveram uma redução maior de *Meloidogyne spp.* do que de *Pratylenchulus spp.* Demonstrando dessa forma, eficiência desses tratamentos para o controle de *Meloidogyne spp.* e aumento de vigor das plantas de café.

Palavras-Chaves: *Coffea arabica* L., controle biológico, microrganismos, bioestimulantes, nematoides.

ABSTRACT

The largest world production of *Coffea arabica* L. is centered in Brazil, mainly in the Triângulo Mineiro, Alto do Paranaíba, and south of Minas Gerais. Root nematodes, mainly of the genus *Meloidogyne* spp and *Pratylenchus* spp are the most responsible for reducing crop productivity. Few arabica coffee cultivars have genetic resistance to these and chemical control is extremely toxic to both humans and the environment. The application of biological products is a sustainable and efficient alternative for the management of eggs and juveniles of nematodes. In this sense, the objective of the present work was to evaluate the efficacy of seven isolates of bacteria of the genus *Bacillus* in the suppression of eggs and juveniles of nematodes present in a coffee plantation in the city of Monte Carmelo-MG and the respective physiological responses of the coffee tree, comparing them with the inoculation of the biological product Quartzo® and the synthetic Nimitz ® and the control without any product. Eleven DBC treatments were inoculated, with five replications. Each batch was made up of 32 plants, the useful batch being made up of 30 plants. The variables analyzed were crown diameter, plant height, number and length of branches, number of buds, productivity, and fruit maturation. Two nematode samples were taken before the first application (October 2019) and 60 days after the second application (February 2020). The treatments that provided the highest productivity were Abamectina® and Quartzo®, B53 (*Bacillus safensis*), B18 (*Bacillus subtilis*) and B266 (*Bacillus amyloliquefaciens*), with the productivity of 28, 20.5, 19.4, and 18.4 bags per hectare, respectively. Even treatments with higher productivity did not differ statistically from other treatments in terms of vegetative growth and chlorophyll index and had a greater reduction in *Meloidogyne* spp than in *Pratylenchulus* spp. Thus demonstrating the efficiency of these treatments for the control of *Meloidogyne* spp and increased vigor of coffee plants.

Key-Words: *Coffea arabica* L., biological control, microorganisms, biostimulants, nematodes.

INDICE DE TABELAS

Tabela 1. Tratamento, época de aplicação e dose aplicada/ha em área de <i>C. arabica</i> , cultivar Bourbon Amarelo com solo naturalmente infestado com fitonematoides.	33
Tabela 2. Produtividade média (sacas ha ⁻¹) e percentual médio de frutos nos estádios verde, verde cana, cereja, passa e seco em função dos tratamentos para o manejo de fitonematoides no cafeeiro.....	39
Tabela 3. Parâmetros de crescimento de cafeeiros em função de tratamentos para o manejo de fitonematoides.....	40
Tabela 4. Condições ambientais apresentadas entre outubro de 2019 e abril de 2020...	43
Tabela 5. Média do número de nematoides encontrados por 150 cm ³ de solo antes e após a aplicação dos tratamentos em plantas de cafeeiro (<i>Coffea arabica</i> cv. Bourbon Amarelo), Fazenda Juliana.	44
Tabela 6. População de <i>Meloidogyne</i> spp. em função dos tratamentos para o manejo de fitonematoides no cafeeiro.....	45
Tabela 7. População de <i>Pratylenchus</i> spp. em função dos diferentes tratamentos para o manejo de fitonematoides no cafeeiro	46
Tabela 8. Médias da porcentagem de redução/ aumento do número de nematoides por 150 cm ³ de solo antes e após a aplicação dos tratamentos em plantas de cafeiro da (<i>Coffea arabica</i> cv. Bourbon). Fazenda Juliana-Monte Carmelo-MG.	48
Tabela 9. Porcentagem média de redução/aumento e fator de reprodução da população de <i>Meloidogyne</i> spp. e de <i>Pratylenchus</i> spp. em áreas naturalmente infestadas, tratadas com diferentes tratamentos.....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estádio infectivo de *Meloidogyne* spp.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 2. Área experimental de café arábica cv. Bourbon, Fazenda Juliana, município de Monte Carmelo, MG.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 3. Área experimental com georreferenciamento dos pontos centrais de cada parcela, onde foram coletadas as amostras de solo. Fazenda Juliana, Município de Monte Carmelo, MG.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 4. Índice de clorofila em função dos tratamentos para o manejo de fitonematoides no cafeeiro, cultivar Bourbon. Experimento realizado de outubro de 2019 a fevereiro de 2020, na fazenda Juliana – Monte Carmelo, MG. A barra representa o erro padrão dos tratamentos.**Erro! Indicador não definido.**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	JUSTIFICATIVA.....	14
3	OBJETIVO	15
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
	4.1 Café Arábica	15
	4.2 Cultivar Bourbon	16
	4.3 Fitonematoides.....	16
	4.4 Formas de parasitismo	17
	4.5 Ciclo reprodutivo e infecção.....	17
	4.6 Sintomas	19
	4.7 Controle de nematoides	20
	4.8 Controle químico	21
	4.9 Controle biológico de nematoides com <i>Bacillus</i> spp.....	22
	4.10 Importância da Espécie <i>Meloidogyne Spp.</i> para a Cafeicultura	22
	4.11 Gênero <i>Pratylenchus</i> spp na Cultura do Cafeeiro	23
	4.12 Mecanismos de Ação dos Nematicidas Biológicos.....	24
	4.12.1 Antibiose.....	24
	4.12.2 Competição	26
	4.12.3 Parasitismo e predação	26
	4.13 Promoção de crescimento e indução de resistência em plantas.....	27
	4.14 O Gênero <i>Bacillus</i> spp.	28
	4.14.1 Habitat.....	28
	4.14.2 Ciclo de vida e esporulação	28
	4.15 Produtos Biológicos Registrados Para O Controle De Nematoides.....	29
	4.16 Utilização De Bionematicidas Em Associação A Nematicidas Químicos ...	29
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
	5.1 Campo experimental	30
	5.2 Preparo da solução bacteriana de estirpes de <i>Bacillus</i> spp.	34
	5.3 Nematicida biológico comercial	35
	5.4 Produtos químicos	35
	5.5 Amostragem de solo, parâmetros de crescimento e produtividade	36
	5.6 Análises estatísticas	37
6.	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	38
	6.1 Produtividade de café e uniformidade de maturação.....	38
	6.2 Crescimento vegetativo do cafeeiro.....	40

6.3 Índice relativo de clorofila (IRC)	41
6.4 Nível populacional de nematoides totais antes e após a aplicação dos tratamentos	42
6.5 População de <i>Meloidogyne</i> spp. e de <i>Pratylenchus</i> spp	44
6.7 Porcentagem de redução de nematoides.....	47
7 CONCLUSÃO.....	51
8 REFERÊNCIAS	52
ANEXO A - PRODUTOS COMERCIAIS REGISTRADOS NO BRASIL PARA CONTROLE BIOLÓGICO DE FITONEMATOIDES.....	57

1 INTRODUÇÃO

No passado, a cultura do cafeeiro foi um importante fator econômico por décadas, impulsionando investimentos em infraestrutura por todo o país. Nos dias atuais, segundo a Organização Internacional do Café (2020), o Brasil ainda é o maior exportador de café do mundo e também o terceiro maior consumidor.

A produtividade de café arábica esperada para 2020 é de 31,7 sacas por hectare e a produção nacional da espécie é estimada em 47,3 milhões de sacas, considerando ano de bienalidade positiva (CONAB, 2020).

Nas exportações, o café representa 5,3% do agronegócio quando comparado aos grãos (42,1%), carnes (17,1%), florestas (13,3) e sulcroenergéticos (6,5%) (FÁVARO, 2020).

Minas Gerais é líder na produção da espécie *Coffea arabica* L. Detém a maior área de cultivo de café, cerca de 70% da área total cultivada, o equivalente a 995.585 de hectares. 44% das exportações do agronegócio mineiro correspondem à grãos de café (CONAB, 2019).

A região do Cerrado Mineiro, que abrange 55 municípios localizados no Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Noroeste de Minas Gerais é reconhecida por produzir cafés com alta qualidade sensorial, denominados cafés especiais. As principais cidades reconhecidas por produzir esse tipo de café nessa região são: Patrocínio; Monte Carmelo; Araguari; Patos de Minas; Campos Altos; Unaí; Serra do Salitre; São Gotardo; Araxá; e Carmo do Paranaíba (G1 SUL DE MINAS, 2017).

A cultivar Bourbon Amarelo é a mais cultivada em lavouras para a produção de cafés especiais (FIGUEIREDO *et al.*, 2013). No entanto, essa cultivar, assim como a maioria das cultivares de café da espécie *C. arabica*, é suscetível ao ataque das principais pragas, doenças e nematoides que ocorrem no Brasil (SAKLYAMA *et al.*, 2015), podendo reduzir a produtividade e comprometer a qualidade da bebida.

Dentre os fitonematoides que mais causam danos ao cafeeiro estão os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*. O gênero *Meloidogynene* spp. na região paulista, é responsável por 45% de redução na produção de café (OLIVEIRA; ROSA, 2018).

Os fitonematoides se desenvolvem rapidamente em condições de alto enraizamento (grande quantidade de exsudados radiculares), temperatura entre 23 a 30

°C, umidade acima de 60% da capacidade de campo, textura do solo argilo-arenoso e em condições de baixo teor de matéria orgânica. Nessas condições, o ciclo dos nematoides se completa entre 20 e 30 dias (FERRAZ; FINLAY BROWN, 2016).

O manejo da população de fitonematoides em áreas infestadas é um dos gargalos desta cultura, pois uma vez introduzido na área não há como erradicar. Espécies do gênero *Meloidogyne*, ocupa um grande espaço geográfico no Brasil e no mundo, sendo necessário utilizar medidas que controlem a sua população a níveis que possibilitem a convivência entre o patógeno e a cultura sem causar danos econômicos (OLIVEIRA *et al.*, 2028).

Há uma grande dificuldade em manter o controle populacional dos fitonematoides em cafeeiro, uma vez que estes possuem diversos hospedeiros alternativos, impossibilitando o manejo cultural (FERRAZ; FINLAY BROWN, 2016). O manejo químico possui poucas moléculas, são muito tóxicas para o ser humano e para o ambiente e possuem um custo elevado para o produtor (AGROFIT, 2020).

Bactérias do gênero *Bacillus* spp. presentes na rizosfera, podem ser capazes de predação, matar, e de competir com nematoides por comida e por espaço. Também são capazes de estimular o crescimento das plantas e de induzir a sua resistência ao ataque desses parasitas (MOURA; CARNEIRO, 2020). Por terem amplos modos de ação esses microorganismos apresentam grande potencial para a supressão de nematoides em área de cultivo de forma sustentável e com baixo custo.

2 JUSTIFICATIVA

A região de Monte Carmelo é conhecida por estar entre os 55 municípios mineiros que fazem parte da produção de cafés especiais. A cultivar Bourbon é muito utilizada para esse fim e também é muito sensível e suscetível ao ataque de nematoides.

Os bionematicidas a base de bactérias possuem diferentes modos de ação sobre ovos e juvenis de segundo estágio de fitonematoides. Podem interromper o seu ciclo reprodutivo, solubilizar nutrientes e induzir a resistência das plantas. Podem ainda proporcionar um efeito residual mais longo que os nematicidas sintéticos e não são tóxicos.

3 OBJETIVO

Diante das dificuldades em manter o controle populacional dos fitonematoides em cafeeiro, de se obter novas cultivares resistentes e moléculas que apresentam baixo potencial tóxico para suprimir esses patógenos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia de diferentes isolados de bactérias do gênero *Bacillus* spp. na supressão de ovos e juvenis de nematoides presentes em lavoura cafeeira no município de Monte Carmelo-MG e mensurar as respostas fisiológicas das plantas em função desses tratamentos.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Café Arábica

Diferentemente das demais espécies no gênero *Coffea* que são diplóides com 22 cromossomos, a espécie *C. arabica* é uma planta alotetraplóide com 44 cromossomos e autógama. Seus frutos são do tipo drupa, que contém duas sementes no seu estágio de maturação, também chamado de fruto cereja, e pode apresentar cores vermelha ou amarela. Os estádios de maturação do fruto são divididos em chumbinho, verde, verde cana, cereja, passa e seco (SAKIYAMA *et al.*, 2015).

A raiz principal do cafeeiro é pivotante, também chamada de “pião”, desta partem as raízes oblíquas e laterais que se desenvolvem horizontalmente no solo. São a partir dessas raízes laterais que saem as radículas, estas possuem pelos absorventes capazes de extrair sais minerais e água do solo (MARCOLINE, 2018).

A espécie *C. arabica* é uma cultura bianual, ou seja, sua produtividade máxima necessita de dois anos consecutivos para ser atingida, dividido em seis fases. O primeiro ano é responsável pelo desenvolvimento vegetativo e o segundo ano pelas fases de floração e frutificação. Setembro a março, crescimento vegetativo e a formação das

gemas foliares. Julho a Agosto, repouso. Setembro a dezembro ocorre a floração e A fenologia do cafeeiro é dividido em seis fases fenológicas baseadas no comportamento das cultivares Catuaí e Mundo novo, descritas por Camargo; De Camargo (2001).

4.2 Cultivar Bourbon

Apesar de ser muito suscetível à ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e ao ataque de cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Bark. E Cooke) e de nematoides, a cultivar Bourbon é bastante utilizada na comercialização de cafés especiais, ou gourmet. Apresenta maturação precoce, uniforme e boa qualidade de bebida e produtividade considerada baixa em relação a cultivar Mundo Novo. Seu fruto pode ser vermelho (Bourbon Vermelho) ou amarelo (Bourbon amarelo) com tamanho considerado médio. O seu florescimento ocorre no período de setembro a outubro e enchimento dos frutos. A colheita é realizada a partir de Abril do próximo ano (SAKIYAMA, MARTINEZ *et al.*, 2015).

4.3 Fitonematoides

Nematoides são pertencentes ao filo Nemata, estes seres podem viver em diferentes habitats desde que contenham um ambiente úmido necessário a sua sobrevivência. Podem ser de vida livre, ou parasitas de animais e também de plantas. Os nematoides parasitas de plantas são de extrema importância para a agricultura, pois além de causarem a destruição das plantas podem ainda transmitir viroses e facilitar a entrada de patógenos por meio dos ferimentos causados (FERRAZ; FINLAY BROWN, 2016).

São várias as espécies de fitonematoides que atacam as raízes do cafeeiro, muitas vezes de forma simultânea. O ataque destes vermes às raízes podem comprometer tanto a parte radicular quanto aérea das plantas, além de facilitar a penetração de patógenos oportunistas como vírus, bactérias e fungos. (KIMATI; AMORIM *et al.*, 1995-1997).

As principais espécies que atacam a cultura do cafeeiro são: *M. exigua*, *M. coffeicola*, *M. incógnita*, *M. paranaenses*, com destaque para as espécies *M. incógnita* e *M. paranaenses*, que causam os maiores danos (MESQUITA et al., 2016), por serem parasitas que destroem as raízes causando rachaduras, diferentemente de espécies como *M. exigua* que forma pequenas galhas nas raízes finas do cafeeiro e *M. coffeicola* que parasita raízes mais grossas, não forma galhas, porém causa danos ao córtex radicular que levam a desfolha da planta (KIMAT et al., 1995-1997).

Os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* são os mais comuns de serem encontrados em diversas culturas. As espécies destes gêneros estão entre os 40% de espécies de nematoides que se reproduzem por partenogênese, por esse motivo podem atingir um alto índice populacional em um curto espaço de tempo. Tal comportamento torna extremamente difícil sua erradicação na lavoura (OLIVEIRA, 2010).

4.4 Formas de parasitismo

Os fitonematoides são classificados quanto a forma de se alimentarem do hospedeiro: endoparasitas migradores, se alimentam do conteúdo celular e se movem por meio do córtex radicular causando a morte do tecido, exemplo, gênero *Pratylenchus*; endoparasitas sedentários, ocorre a formação de um sítio de alimentação onde as fêmeas se alojam, se alimentam e se reproduzem, exemplo *Meloidogyne*; e ectoparasitas, são nematoides que introduzem seu estilete longo nas raízes das plantas para se alimentarem, porém não introduzem seu corpo no interior das células vegetais (FERRAZ; FINLAY BROWN, 2016).

4.5 Ciclo reprodutivo e infecção

A reprodução dos gêneros de nematoides *Meloidogyne* e *Pratylenchus* podem ocorrer sem a necessidade do macho, característica chamada de partenogênese. Fêmeas de fitonematoides formadores de galhas (*Meloidogyne*) podem colocar de 800 a 2.850

ovos por fêmea. O ciclo reprodutivo desses nematoides podem variar entre 20 e 45 dias, dependendo das condições de umidade e temperatura (FERRAZ; FINLAY BROWN, 2016).

A eclosão dos ovos e a infecção das raízes depende diretamente de alguns estímulos externos como temperatura, umidade, oxigenação ideais e ainda de exsudados radiculares emitidos por plantas hospedeiras. No outono e primavera ocorrem temperaturas mais altas e índice de chuva mais intenso, e é nesse período que há uma formação de radículas mais intensas e conseqüentemente maior reprodução e eclosão de ovos de nematoides (RITZINGER *et al.*, 2010).

Lordello e E. Lordello (1983), afirmaram que a temperatura influencia no ciclo reprodutivo de *Meloidogyne* spp. Aos 25 dias completou seu ciclo reprodutivo quando submetido à uma temperatura de 25,8 °C, mas quando foram submetidos a temperatura de 22 °C seu ciclo reprodutivo se estendeu para 38 dias.

Os ovos de nematoides do gênero *Meloidogyne* colocam seus ovos fora da planta, diferentemente do gênero *Pratylenchus* que ovoposita nos tecidos das plantas (FERRAZ; FINLAY BROWN, 2016).

O desenvolvimento dos nematoides acontece em quatro estádios: Juvenil 1 (J1), ocorre ainda no interior do ovo, Juvenil 2 (J2), estágio de eclosão e de maior preocupação econômica pois é nesta fase que os juvenis se movimentam no solo a procura de novas raízes hospedeiras e causam a infecção no sistema radicular, principalmente através da região da coifa. (OLIVEIRA, 2018). Após a infecção, se movimentam por meio do tecido cortical das raízes à procura de um sítio de alimentação, geralmente próximo à endoderme ou ao periciclo (PINHEIRO *et al.*, 2010).

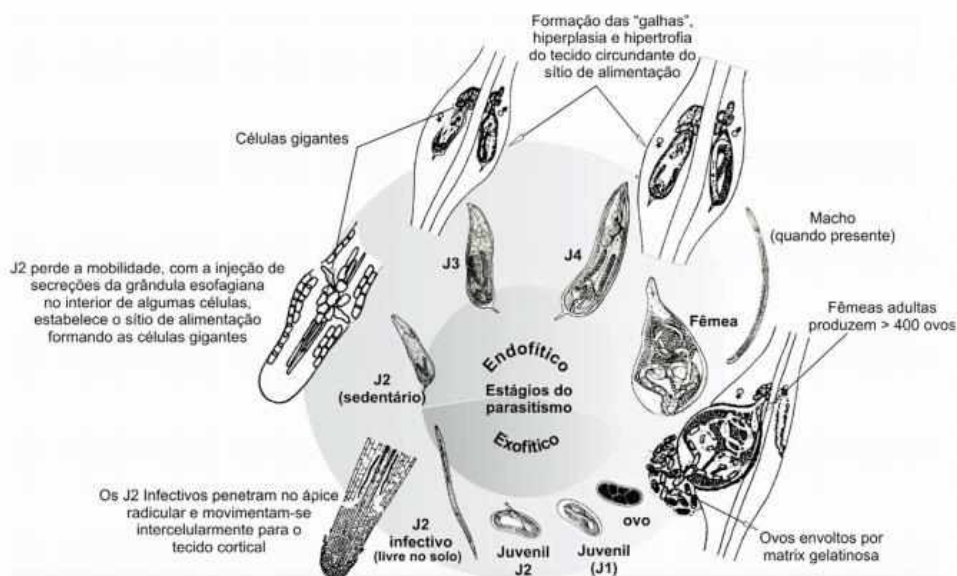
Após encontrar o sítio de alimentação os juvenis (J2) liberam substâncias que induzem o crescimento das células vegetais, transformando-as em células gigantes (OLIVEIRA, 2018).

Para atingir a sua forma adulta os nematoides se nutrirão das células vegetais gigantes até atingirem a fase adulta, passando pelas fases de Juvenil 3 (J3) e Juvenil 4 (J4), até as próximas ecdises. Nestas duas últimas fases, o juvenil não se alimenta, porém, após atingir a fase adulta, apenas as fêmeas continuam se alimentando (Figura 1) (RITZINGER *et al.*, 2010).

Nematoides do gênero *Meloidogyne* possui diferenças morfológicas bem peculiares entre fêmeas e machos. Após o desenvolvimento embrionário, as fêmeas se

tornam obesas com formato de pêra e os machos apresentam aspecto filiforme (RAIMUNDI, 2019).

Figura 1. Estádio infectivo de *Meloidogyne spp.*



Fonte: Lima *et al.*, 2019.

4.6 Sintomas

Os sintomas do ataque de nematoides em raízes de café são semelhantes a deficiências nutricionais, porém se diferem por ocorrerem em reboleiras (manchas nas lavouras). Nessas manchas podem ser observadas plantas de tamanho irregular e menos desenvolvidas, engrossamento de raízes (galhas), desfolhamento, murcha das folhas nas horas mais quentes do dia, manchas cloróticas nas folhas, queda de produtividade e necroses (KIMATI *et al.*, 1995-1997).

Nas folhas o ataque de nematoides podem causar sintomas reflexos comprometendo o desenvolvimento adequado das plantas, causando desfolha e redução no crescimento. Dependendo das condições de idade da planta, estresse hídrico ou climático ou o grau de infestação, o ataque desses patógenos pode levar o café a morte (KIMATI *et al.*, 1995-1997).

Espécies do gênero *Meloidogyne* spp podem causar formação de nódulos chamados de galhas nas raízes. Alguns nematoides causam fendilamentos e escamações dos tecidos do córtex radicular, causando destruição do tecido, como ocorre com *Meloidogyne incógnita*, *Meloidogyne paranaense*. (KIMATI *et al.*, 1995-1997).

Nematoides do gênero *Pratylenchus* são parasitas migradores, ou seja, não formam galhas. Provocam lesões nas raízes. Em cafeeiro esta espécie não causa danos severos, causa escurecimento das raízes do cafeeiro, e retarda o crescimento vegetativo da planta. No entanto, este gênero pode servir de porta de entrada para outros patógenos oportunistas nas raízes das plantas (OLIVEIRA; ROSA, 2018).

Pratylenchus spp causa escurecimento das raízes do cafeeiro, e retarda o crescimento vegetativo da planta.

4.7 Controle de nematoides

O controle de fitonematoides de solo em cultivo perene como o cafeeiro é muito difícil, pois esses parasitas, em especial espécies do gênero *Meloidogyne*, estão disseminados por todas as regiões produtoras de café e possuem uma gama de hospedeiros alternativos (FERRAZ *et al.*, 2010).

A melhor alternativa para o controle de nematoides é o preventivo: tratamento do substrato e utilização de sementes livre de patologias; plantio em áreas livres de fitonematoides, utilizar variedades resistentes (KIMATI *et al.*, 1995-1997).

Depois de instalados no solo, esses pequenos vermes são controlados com o uso de químicos como fumigantes, adição de matéria orgânica, biofumigantes, arranquio de plantas doentes seguido de tratamento químico nas covas (FERRAZ *et al.*, 2010), e atualmente o uso de bionematicidas (ARPINI *et al.*, 2018).

A fim de evitar a infestação do solo com nematoides fitopatogênicos, as mudas devem ser tratadas com nematicidas e atender às exigências sanitárias do Ministério da Agricultura para espécies de maior risco de danos como o gênero *Meloidogyne* (FERRAZ *et al.*, 2016).

4.8 Controle químico

Nos dias atuais existem apenas quatro produtos e três tipos de ingredientes ativos registrados no Brasil, para uso nematicida na cultura do cafeeiro. São eles: Counter 150 G (organofosforado), classe ambiental II e toxicológica 2; Rugby 200 CS (Organofosforado), classe ambiental II e toxicologia 4.; Nimitz EC (fluensulfona), classe ambiental III e toxicológica 5; e Verango Prime SC (benzamida), classe ambiental III e toxicológica 5. A maioria possui alto risco de toxicológico para os seres humanos e também para o meio ambiente. Os produtos a base de fluensulfona e de benzamida são os que possuem classe toxicológica mais baixa, e os organofosforados são os que mais causam danos ao meio ambiente (AGROFIT, 2020).

Existe outra molécula utilizada no controle de nematoides, é o caso da Abamectina®. Este composto está contido no grupo avermectina. A avermectina é um metabólito resultante do processo fermentativo natural da bactéria *Streptomyces avermitilis*. Esta substância age especificamente no sistema neuro muscular bloqueando os sinais nervosos de insetos, ácaros e nematoides causando paralisia e morte (KHALIL, 2013).

Na cultura do cafeeiro o nematicida a base de moléculas sintéticas Nimitz® é bastante aplicado por quimigação. Estudos realizados por Carvalho *et al.*, (2019), na cultura para controlar a população de nematoides da espécie *M. exigua* demonstraram uma redução bastante significativa de juvenis de segundo estágio de nematoides quando aplicado na dose de 1,5 litros por hectare via sistema de gotejo do produto Nimitz. Porém, para o controle de ovos o produto químico Cadusafós na dose 15 litros por hectare foi mais eficiente.

Nematicidas inorgânicos e sintéticos apesar da sua eficiência ser considerada satisfatória, seus princípios ativos são de extrema toxicidade aos seres humanos, ao ambiente, à massa microbiana responsável pelo condicionamento do solo, solubilização de nutrientes para as plantas e supressão de agentes causadores de doenças nas plantas. Os nematicidas químicos podem também causar a seleção de nematoides resistentes (KHALIL, 2013).

Muitas moléculas nematicidas já foram proibidas por serem muito tóxicas, as que estão disponíveis possuem pouca diferença de mecanismo de ação e por isso hoje em dia o uso de bionematicidas se tornou uma prioridade (ZASADA *et al.*, 2010).

4.9 Controle biológico de nematoides com *Bacillus* spp

O uso de microrganismos antagonistas tem sido uma alternativa econômica, sustentável e eficiente para o controle de diversas doenças, inclusive de nematoses, pois possuem variados mecanismos de ação que podem agir de forma direta ou indireta contra patógenos. Podem agir por antibiose, competição, parasitismo e predação, indução de resistência ou promovendo o crescimento das plantas (RAIMUNDI, 2019).

Os microrganismos podem interferir no ciclo dos nematoides diminuindo sua capacidade reprodutiva e modificando os compostos dos exsudados radiculares que são responsáveis por atrair os nematoides até às plantas, impedindo assim que estes reconheçam as raízes dos seus hospedeiros e se movimentem no solo até morrerem (MACIEL; FERRAZ, 1996).

O gênero *Bacillus* tem se destacado na agricultura como agente promotor de crescimento e de biocontrole (HAMMAM *et al.*, 2009), por ser uma bactéria epífita e endofítica (GUPTA *et al.*, 2000; ONGENA *et al.*, 2005) com grande capacidade antagonista diversificada e estimulante do crescimento vegetal.

O uso de *Bacillus* spp. para biocontrole se dá por antagonismo direto e indireto nas plantas (RYU *et al.*, 2005; ONGENA *et al.*, 2007; LEELASUPHAKUL *et al.*, 2008). O mecanismo de antagonismo direto sobre patógenos é dado pelo processo de antibiose (produção de antibióticos), síntese de compostos voláteis e substâncias tóxicas, produzidos no processo de competição por espaço e nutrientes (LEELASUPHAKUL *et al.*, 2008). Diversas espécies de *Bacillus* são responsáveis por emitir compostos voláteis (COVS), como 2,3-butanediol e acetoina que funcionam como promotores de crescimento e indutores de resistência às plantas (RYU *et al.*, 2005).

4.10 Importância da Espécie *Meloidogyne* Spp. para a Cafeicultura

A espécie de nematoide *M. incógnita* é a mais disseminada geograficamente no Brasil, seguida de *M. incógnita* e *M. incógnita* (SHIGUEOKA *et al.*, 2013). Foi relatada

e identificada por Goeldi (1887), após este constatar danos às raízes do cafeeiro nas proximidades da província do Rio de Janeiro.

O ataque por nematoides pode comprometer a absorção de nutrientes pela planta, Martins *et al.*, (2019). avaliaram por meio de imagem multiespectral RapidEye os teores de macro e micronutrientes e área infestada naturalmente com nematoides. Neste experimento foi possível identificar deficiências de N, P, K nas parcelas que apresentaram maior infestação por nematoides.

Os estados que mais sofrem com o ataque desta espécie são Paraná, São Paulo e Minas Gerais. A espécie de café arábica é bastante incógnita ao ataque destes microrganismos (FERRAZ *et al.*, 2016).

Existem cultivares oriundas do cruzamento entre conilon e arábica como IPR 100 e IPR 106, o primeiro para resistência de *M. incógnita* e o segundo para *M. Incógnita*, o porta-enxerto da cultivar robusta Apoatã IAC 2258, para resistir ao ataque de *M. Incógn*, *M. incógnitas* e *M. incógnita*. No entanto, tanto em híbridos quanto em enxertos ocorre alta taxa de segregação devido a fecundação cruzada, problemas de quebra do cavaleiro, enraizamento do enxerto em situações de plantio muito profundo e também o alto custo para aquisição das mudas (FERRAZ *et al.*, 2016).

4.11 Gênero *Pratylenchus* spp na Cultura do Cafeeiro

O gênero *Pratylenchus* spp., mais conhecido como nematoide das lesões radiculares, é a segunda espécie de fitonematoide mais disseminada e causadora de danos na cultura do cafeeiro. Apesar de causar danos, o cafeeiro não é um hospedeiro favorável a esta espécie de nematoides, porém algumas plantas daninhas podem aumentar a infestação desse nematoide na área de cultivo e provocar o ataque mais severo das raízes do cafeeiro. *Pratylenchus* spp causa escurecimento das raízes do cafeeiro, e retarda o crescimento vegetativo da planta. Três espécies deste gênero são encontradas em cafeeiro, *P. brachyurus*, mais disseminado em cafezais e *P. coffeae*, *P. jaezmi* (OLIVEIRA; ROSA 2018).

O gênero *Pratylenchus* spp é composto por nematoides endoparasitas migradores. Perfuram as zonas pilíferas das raízes e se alimentam das células do parênquima cortical. As lesões causadas por esses nematoides podem comprometer o

sistema de translocação de nutrientes da planta e ainda favorecer a entrada de outros patógenos, como fungos e bactérias, nas raízes (OLIVEIRA; ROSA 2018).

Em cafeeiro não há cultivares resistentes e também não há inspeção de nenhum órgão na produção de mudas para o gênero *Pratylenchu* spp, ainda que possa causar poucos danos ao cafeeiro, é prejudicial à outras culturas e possui uma gama de hospedeiros. Portanto a única forma de controle é a utilização de nematicidas químicos, eliminação de plantas daninhas hospedeiras e mais recentemente, o controle biológico, utilizando bactérias e fungos como agentes antagonistas (OLIVEIRA; ROSA 2018).

4.12 Mecanismos de Ação dos Nematicidas Biológicos

4.12.1 Antibiose

A competição por espaço e nutrientes induz diversos microrganismos a secretarem substâncias que podem inibir o desenvolvimento de outros microrganismos causando danos na sua fisiologia e no seu crescimento. Neste sentido, bactérias da espécie *Bacillus subtilis*, por exemplo, é capaz de produzir compostos voláteis que podem inibir o crescimento de fungos de solo causadores de doenças de plantas, como acontece com espécies de *Fusarium* (BRAGA JUNIOR *et al.*, 2017).

Bactérias do gênero *Pasteuria*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Burkholderia*, também são muito utilizadas como nematicidas na agricultura. Fungos que produzem substâncias antagonistas como antibióticos e toxinas (*Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium* e *Myrothecium*) também possuem potencial para o manejo de nematoides. Em especial, as rizobactérias mais utilizadas para o manejo de fitonematoides atualmente são *Pasteuria* spp., *Pseudomonas* spp. e *Bacillus* spp. (BERINI *et al.*, 2018).

Os *Bacillus* spp. são considerados nematicidas eficientes, uma vez que são capazes de produzir enzimas que quebram compostos a base de quitina e proteínas que compõem as cutículas dos nematoides (NIU *et al.*, 2006).

Nas fases juvenis dos nematoides, o tecido externo é constituído por uma camada complexa composta por proteínas, lipídios e carboidratos chamada de cutícula, podendo variar entre espécies e estágio de desenvolvimento (FETTERER; RHOADS,

1993).

Devido a essas características morfológicas dos nematoides, para que os microrganismos possam funcionar como bionematicidas, devem possuir a capacidade de quebrar as ligações desses compostos formadores das camadas mais externas dos ovos e dos juvenis, liberando enzimas como as proteases e quitinases (GORTARI; HOURS, 2008; KHAN *et al.*, 2004).

O modo de ação por antibiose dos bionematicidas atua na fase de maior infecção dos nematoides nas plantas, fase de juvenil de segundo estágio (J2) e ovo. Os ovos possuem camadas de tecidos constituídas de lipídios (camada interna), quitina (camada intermediária) e vitélio (camada externa). As duas camadas externas são as mais impermeáveis e resistentes e a lipídica é a camada mais frágil (GORTARI; HOURS, 2008; KHAN *et al.*, 2004).

A utilização de *B. subtilis* já é considerada uma alternativa eficaz para o controle de várias doenças e de nematoses, principalmente de juvenis de segundo estágio. Compostos identificados como uracila, 9H-purina e di-fidrouacil provenientes da metabolização desses organismos apresentaram grande eficiência no controle de juvenis de segundo estágio de nematoides da espécie *M. exigua*, em testes *in vitro* (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Bactérias da espécie *B. thuringiensis* são responsáveis por produzirem proteínas, chamadas proteínas Cry, que são extremamente tóxicas para várias espécies de insetos (DE MAAGD *et al.*, 1999), e atualmente alguns tipos de proteínas Cry tem demonstrado ser tóxicas para fitonematoides (BRAVO *et al.*, 2007; GUO *et al.*, 2008).

A proteína Cry atua nas células epiteliais do intestino do nematoide se ligando a elas, induzindo a formação de esporos e vacúolos causando a degradação completa do intestino (MARROQUIN *et al.*, 2000).

Estirpes de *B. thuringiensis* expressando thuringiensina (β -exotoxina), responsável por inibir a formação de ATP, podem matar nematoides com uma taxa de mortalidade maior do que aqueles que não expressam a molécula (ZHENG *et al.*, 2016).

O peptídeo plantazolicina, produto do gene RBAM_007470, foi identificado como o fator nematicida da estirpe *B. amyloliquefaciens* FZB42 (LIU *et al.*, 2013).

4.12.2 Competição

Microrganismos considerados competidores, colonizam rapidamente um determinado espaço, não permitindo a permanência de outros microrganismos no mesmo local ou utilizam os nutrientes antes dos demais microrganismos. Esse processo de competição por espaço e nutrientes é utilizado por microrganismos antagonistas que impedem patógenos de colonizarem seus hospedeiros. Esse modo de ação pode impedir, por exemplo, a germinação de esporos patogênicos próximos às raízes de plantas e ferimentos SHARMA *et al.*, 2009).

Devido a capacidade de produzir antibióticos, enzimas e toxinas, os microrganismos pertencentes a rizosfera podem atuar no controle de diversos patógenos de solo. Possuem a capacidade de formar biofilme em volta das raízes da planta hospedeira que funciona como proteção e que provoca desorientação dos juvenis de nematoides, interferindo no reconhecimento entre planta e hospedeiro (SIDDIQUI e MAHMOOD, 1999); (TIAN *et al.*, 2007). Isso se deve pela capacidade desses organismos de alterar a composição dos exsudados, impedindo que os nematoides encontrem as raízes das plantas (ARAÚJO;ARAÚJO, 2002).

4.12.3 Parasitismo e predação

Microrganismos para o biocontrole podem ser capazes de penetrar, colonizar e parasitar estruturas dos patógenos. Podem liberar toxinas ou enzimas hidrolíticas que causam o rompimento de estruturas celulares do hospedeiro e conseqüentemente causar a morte (RAIMUNDI, 2019).

Vários são os microrganismos que podem ser utilizados como parasitas e predadores de patógenos. Os mais utilizados para este fim são os fungos filamentosos. Espécies de fungos predadores como *Arthrobotrys*, *Dactylaria*, *Dactylella*, *Monacrosporium*, e fungos endoparasitas como *Acremonium*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Hirsutella*, *Nematophthora*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Phoma*, *Pochonia*, *Catenaria* e *Trichoderma*, são os mais utilizados no controle biológico (BERINI *et al.*, 2018).

4.13 Promoção de crescimento e indução de resistência em plantas

Bactérias e fungos pertencentes à rizosfera são responsáveis por induzir a produção de hormônios promotores de crescimento em plantas, solubilizar nutrientes como o fósforo e produzir compostos voláteis ou não que funcionam como substâncias antibióticas e tóxicas para os principais patógenos de solo. Estes compostos também são capazes de ativar genes de resistência das plantas (KORAK *et al.*, 2019; ENGELBRECHT *et al.*, 2018).

Bactérias do gênero *Bacillus* são capazes de induzir a defesa da planta por meio da produção de compostos que são reconhecidos por receptores específicos das plantas. (RAIMUNDI, 2019). O mecanismo de antagonismo indireto realizado por bactérias deste gênero é dado por indução de genes de resistência das plantas ou ISR (resistência sistêmica induzida).

Araújo e Marchesi (2009), concluíram em seu experimento na cultura do tomateiro que os tratamentos com bactéria *B. subtilis* assim como aqueles tratados com carbofuran para o controle de nematoides, promoveu de forma significativa um incremento na matéria fresca da planta, apesar de não ter influenciado na altura da planta. A bactéria foi eficiente na redução de juvenis de nematoides e no desenvolvimento da massa de ovos na raiz.

Tolardo (2018), em sua tese de mestrado, inoculou ovos de *M. exigua* e estirpes de *B. methylotrophicus*, *B. subtilis* e *T. asperellum* em duas cultivares de café arábica (Mundo Novo 376-4 e IPR-100), em casa de vegetação. Após 150 dias de avaliação de altura de plantas, diâmetro de caule, número de pares de folhas e teores de clorofila, concluiu-se que *B. methylotrophicus* proporcionou incremento na altura de plantas e no diâmetro de caule da cultivar Mundo Novo 376-4.

4.14 O Gênero *Bacillus* spp.

4.14.1 Habitat

Espécies do gênero *Bacillus* spp. são encontradas em diversos ambientes, sejam eles aquáticos ou no solo. Se multiplicam sob temperaturas de 25 °C a 37 °C, podendo suportar temperaturas muito altas ou muito baixas e suportar uma variação de pH bastante variável, de 2 a 10. Todas essas características permite à esse gênero uma variabilidade muito grande de nichos ecológicos que podem ocupar. Permite também uma diversidade de complexos enzimáticos produzidos de acordo com a disponibilidade e tipo de substrato fornecido (RAS, 2010)

4.14.2 Ciclo de vida e esporulação

O gênero *Bacillus* é composto por bactérias gram-positivas que possuem formato de bastonete. São encontradas nos mais diversificados ambientes, se multiplicam rapidamente por fissão binária e podem sobreviver por longos períodos em diferentes ambientes por serem capazes de formar estruturas de sobrevivência (TOYOTA, 2015).

Diferentemente da maioria das bactérias, os *Bacillus* produzem estruturas que resistem a condições de temperatura, umidade e nutrientes desfavoráveis por longos períodos. Essas estruturas de resistência são chamadas de endósporos (CANO; BORUCKI, 1995). Sua esporulação é de fácil cultivo e sua estrutura de resistência permitem praticidade de formulação inoculante e aplicação em campo (TOYOTA, 2015).

Os endósporos são divididos em sete estádios morfológicos (DRIKS, 1999; HILBERT; PIGGOT, 2004; SETLOW, 2007; OREM 2014): Estágio 0 — Célula em estado vegetativo, com genoma duplicado; Estágio I — Formação de um filamento axial, onde as duas cópias do genoma se condensam e alongam para formar um filamento distribuído ao longo do eixo celular; Estágio II — Formação do septo

assimétrico que divide a célula em diferenciação (esporângio) em dois compartimentos, o menor (pré-esporo) e o maior (célula mãe); Estágio III — Engolfamento do pré-esporo; Estágio IV — Síntese do córtex: deposição de camadas de peptidoglicano, ligadas frouxamente, no espaço entre as membranas que envolvem o núcleo do pré-esporo; Estágio V — Formação da capa; Estágio VI — Maturação do esporo; Estágio VII — Lise da célula mãe e liberação do esporo maduro.

4.15 Produtos Biológicos Registrados Para O Controle De Nematoides

O Gênero *Bacillus* é o grupo de bactérias de maior destaque no mercado de bio defensivos, diversas formulações a base de microrganismos são registrados para o controle de doenças e pragas na agricultura. Atualmente existem registrados 40 produtos bionematicidas no Brasil, muito utilizados principalmente no manejo integrado conforme descrito no Anexo A, muitos deles são a base de bactérias deste gênero (MAPA, 2020) . Ver Anexo A.

4.16 Utilização De Bionematicidas Em Associação A Nematicidas Químicos

Verificou-se em vários experimentos que a utilização de nematicidas químicos antes da aplicação dos bionematicidas pode aumentar a eficiência dos biológicos em áreas infestadas. ARPINI *et al.*, (2018), testaram a eficiência do nematicida biológico Quartzo® cujo ingrediente ativo são: *B. subtilis* e *B. licheniformis* comparado à sua associação com o nematicida sintético Rugby®, para a redução de nematoides do gênero *Meloidogyne*, sob diferentes doses de aplicação em plantas de café arábica (*Coffea arabica*) cv. Catuaí. A população de juvenis e ovos de nematoides teve redução significativa de 70% entre os tratamentos a partir dos 180 dias, quando foi aplicado Quartzo® na dose 200 g.ha⁻¹ associado à aplicação do nematicida sintético Rugby® aos 30 DAA.

5 MATERIALE MÉTODOS

5.1 Campo experimental

A área experimental está localizada na Fazenda Juliana, na cidade de Monte Carmelo, MG (Figura 3), latitude 18°41'59", longitude 47°33'53" e 826 m de altitude. O solo é naturalmente infestado principalmente com *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp. e encontra-se cultivado com cafeeiro arábica (*Coffea arabica*) cv. Bourbon amarelo plantado em dezembro de 2013 no espaçamento de 3,80 m entre linhas x 0,7 m entre plantas em irrigado por gotejamento.(Figura 2).

Figura 2. Área experimental de café arábica cv. Bourbon, Fazenda Juliana, município de Monte Carmelo, MG.



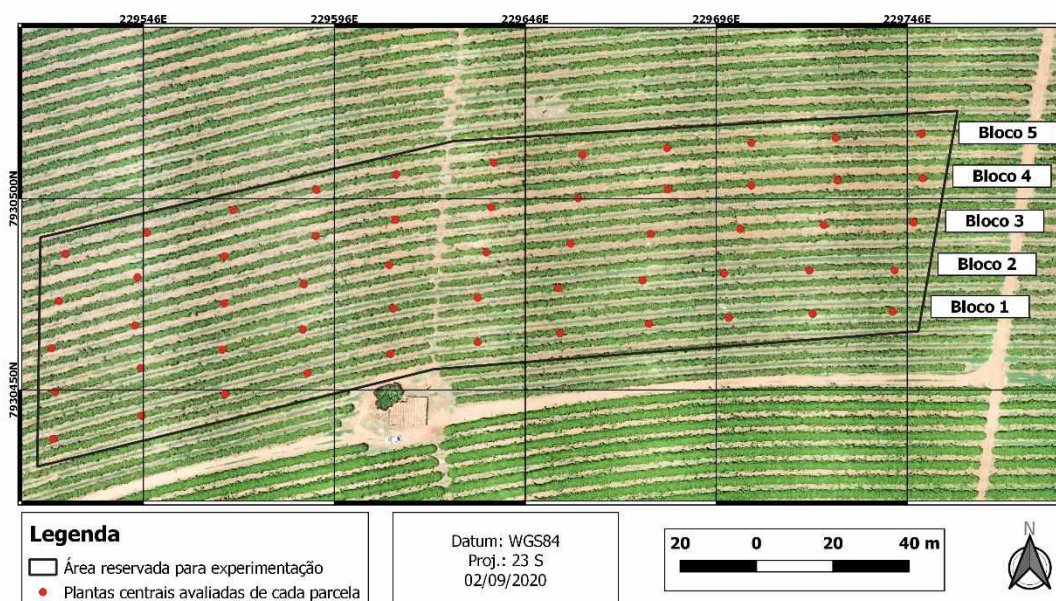
Fonte: O autor (2020).

O experimento foi implantado em 15 de outubro de 2019, com aplicação de diferentes tratamentos (Tabela 2) via pulverizador costal com um volume de calda aproximado de 16 mL por planta em uma faixa perpendicular a linha de plantio de 1 m na primeira aplicação nos dois lados da planta. Esta primeira inoculação foi realizada nos dias 15 e 16 de outubro de 2019. A segunda inoculação realizada nos dias 9 e 10 de

dezembro de 2019 foi aplicado 33 mL planta⁻¹. O volume de calda e dose dos isolados de *Bacillus* foram dobrados na segunda aplicação a fim de garantir a inundação da área para melhor apresentação dos resultados por meio de imagem que será demonstrado em outro trabalho. Os tratamentos estão dispostos na tabela 2.

A matéria orgânica do café (palhada) foi retirada com a ajuda de um rastelo antes da aplicação para que os tratamentos tivessem maior área de contato com o solo, e recolocada após a aplicação, para manter a umidade adequada do solo e preservar os microrganismos aplicados.

Figura 3. Área experimental com georreferenciamento dos pontos centrais de cada parcela, onde foram coletadas as amostras de solo. Fazenda Juliana, Município de Monte Carmelo, MG.



Fonte: O autor.

O experimento foi implantado em 23 de setembro de 2019. As avaliações fisiológicas realizadas em três épocas: A primeira iniciou na semana do dia 23 de setembro de 2019, a segunda na semana do dia 25 de novembro de 2019 e a terceira no dia 12 de fevereiro de 2020. Foram avaliados índice de clorofila com o aparelho portátil clorofilog, o número de gemas e comprimentos de dois ramos plagiotrópicos opostos, com auxílio de uma fita métrica e números de ramos, nas três plantas centrais de cada parcela.

Foram realizadas duas aplicações de nematicidas biológicos e químicos nos dias 15 e 16 de outubro de 2019 e nos dias 9 e 10 de dezembro 2019 (Tabela 1). A aplicação foi realizada por inundação via pulverizador costal na copa de cada planta, no sentido perpendicular à linha de plantio em uma faixa de 50cm de cada lado da planta.

O volume de calda aproximado foi de 16 mL/planta na primeira aplicação, e de 33 mL/planta na segunda aplicação. O aumento da dose se deu pelo fato de aumentar as chances resposta tanto na fisiologia da planta como na quantidade de nematoides no solo para discriminação das imagens de satélite que serão avaliadas em um outro trabalho.

A matéria orgânica do café (palhada) foi retirada com a ajuda de um rastelo antes da aplicação para que os tratamentos tivessem maior área de contato com o solo, e recolocada após a aplicação, para manter a umidade adequada do solo e preservar os microrganismos aplicados.

As coletas de solo e raízes foram feitas em duas épocas, para quantificação da população de nematóides. A primeira no dia 23 de setembro de 2019, período de florescimento, e a segunda no dia 12 de março de 2020, período de enchimento dos frutos.

Tabela 1. Tratamento, época de aplicação e dose aplicada/ha em área de *C. arabica*, cultivar Bourbon Amarelo com solo naturalmente infestado com fitonematoides.

Tratamentos	Espécie	Concentração (UFC/mL ou g)	Dose 16-17/ out. 2019	Volume de calda 16-17/ out. 2019	Dose 9 e 10/ dez. 2019	Volume de calda 9 e 10/ dezembro 2019
T1- B22	<i>Bacillus thuringiensis</i>	1 x 10 ⁹	4L/ha	500L/ha	5L/ha	1000L/ha
T2- B18	<i>Bacillus subtilis</i>	1 x 10 ⁹	4L/ha	500L/ha	5L/ha	1000L/ha
T3- B53	<i>Bacillus safensis</i>	1 x 10 ⁹	4L/ha	500L/ha	5L/ha	1000L/ha
T4- Abam e Quartzo®	Abamectina® + (<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>B. subtilis</i>)	1 x 10 ¹¹	1,875L/ha	500L/ha	-	1000L/ha
T5- B05	<i>Bacillus methylotrophicus</i>	1 x 10 ⁹	4L/ha	500L/ha	5L/ha	1000L/ha
T6- Água			-	500L/ha	-	1000L/ha
T7- Quartzo®	<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>B. subtilis</i>	1 x 10 ¹¹	300 g p.c/g	500L/ha	300 gp.c/g	1000L/ha
T8- B 202	<i>Bacillus subtilis</i>	1 x 10 ⁹	4L/ha	500L/ha	5L/ha	1000L/ha
T9- B266	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1 x 10 ⁹	4L/ha	500L/ha	5L/ha	1000L/ha
T10- B33	<i>Bacillus subtilis</i>	1 x 10 ⁹	4L/ha	500L/ha	5L/ha	1000L/ha
T-11- Nimitz ®			1L/ha	500L/ha	1L/ha	1000L/ha

As variáveis analisadas foram: juvenis de nematoides totais, de *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne* spp. e parâmetros de crescimento da planta (diâmetro de copa, número de nós por ramo plagiotrópico primário, comprimento dos ramos plagiotrópicos, produtividade de café beneficiado, maturação dos grãos e índice de clorofila).

Os parâmetros fisiológicos foram avaliados a cada 2 meses com início no dia 15 de outubro, abrangendo os meses de dezembro e março. As amostras de solo foram coletadas antes da aplicação dos tratamentos no dia 15 de outubro de 2019 e após 120 DAA (dias após a aplicação), no dia 15 de fevereiro de 2020.

As amostras de solo foram levadas para o Laboratório de análises nematológicas da empresa LABRAS Ltda. para quantificação e identificação da população de juvenis de nematoides presentes no solo.

5.2 Preparo da solução bacteriana de estirpes de *Bacillus* spp.

Foram utilizadas para o experimento estirpes de *Bacillus* spp. identificadas como B18 (*Bacillus subtilis*) B22 (*Bacillus thuringiensis*), B05 (*Bacillus methylophilus*), B53 (*Bacillus safensis*), B202 (*Bacillus subtilis*), B266 (*Bacillus amyloliquefaciens*) e B33 (*Bacillus subtilis*). As estirpes foram repicadas para placas de Petri contendo meio de cultura 523 sólido proposto por Kado e Heskett (1970). As placas foram lacradas com papel filme e deixadas em incubação em B.O.D. a temperatura de 25 °C. Após dois dias, tempo suficiente para multiplicação das bactérias nas placas, foi retirado 1cm³ do meio sólido contendo massa bacteriana e transferido para erlenmeyers de 250 mL contendo meio líquido 523. Os erlenmeyers foram colocados sob agitação em agitador orbital (shaker) numa temperatura de 25± 2 °C por cinco dias numa rotação de 150 rpm por cinco dias. Essas condições são consideradas ideais para a multiplicação de *Bacillus* spp. em meio líquido, em pequena escala em laboratório, para que a suspensão atinja a concentração de 1 X 10⁹ unidades formadoras de colônias/mL, concentração essa, baseada no produto biológico comercial de consistência líquida Serenade®.

A concentração de 1 X 10⁹/mL da suspensão bacteriana foi calibrada de forma indireta, por meio da leitura da absorbância da suspensão em espectrofotômetro de luz.

Considerou-se um comprimento de onda de 600 nm e uma densidade óptica de (D.O) de 1,8 como indicadores da concentração de 1×10^9 UFC mL⁻¹. As suspensões mais concentradas foram diluídas em água destilada até atingir a densidade óptica correspondente à concentração determinada.

Após calibrar as concentrações das suspensões bacterianas, foi medido o volume de calda para aplicação.

5.3 Nematicida biológico comercial

Foi utilizado um produto biológico comercial, o Quartzo® (*Bacillus licheniformis* + *B. subtilis*), como um dos tratamentos na concentração de 1×10^{11} UFC mL⁻¹.

5.4 Produtos químicos

Os nematicidas sintéticos utilizados foram Nimitz® e Abamectina®. Nimitz® é um nematicida de contato, formulação EC (Concentrado Emulsionável) contendo Fluensulfone (peso molecular: 291,5) a 480 g.L⁻¹ e foi fornecida pela ADAMA Brasil S/A para realização deste experimento. Este produto é uma molécula com toxidez menor que os demais nematicidas, registrada em 2019. Tem apresentado resultados significativos para o controle de nematoides, principalmente de *Meloidogyne spp.*, segundo (Fernandes, 2019). Abamectina® é um nematicida de contato considerado muito eficaz no controle de ovos e juvenis de segundo estágio de nematoides (OTOBONI, GUIMARÃES e DUARTE, 2014).

5.5 Amostragem de solo, parâmetros de crescimento e produtividade

O processo de coleta das raízes e solo em cafeeiro para quantificação do número de juvenis é mais adequado ser realizado no período de florescimento. Nesse período há maior quantidade de raízes por ser um período de início das chuvas, consequentemente também há maior quantidade de exudados radiculares que estimulam a eclosão de ovos de nematoides (ENGELBRECHT *et al.*, 2018). As amostragens foram feitas no período de florescimento e de maturação dos frutos.

As amostras de solo foram coletadas nas plantas centrais de cada parcela do experimento dos dois lados da copa do cafeeiro com a utilização de enxadões a 0,5 m de distância do caule no sentido perpendicular à linha de plantio, método semelhante de amostragem realizado por ARPINI, LIMA e NÁDMA (2018). Foram coletados aproximadamente 150 g de solo contendo 100 g de raízes em uma profundidade de 20-25 cm, descartando os primeiros 5 cm de profundidade do solo. As amostras foram encaminhadas para o laboratório LABRAS, para quantificação em 150 cm³ de solo e identificação dos gêneros de nematoides.

Segue abaixo os parâmetros de crescimento que foram avaliados:

- a) Diâmetro de copa - medido com uma régua, tomando-se como padrão de medida os dois ramos no sentido das entrelinhas que apresentarem o maior comprimento, em centímetros.
- b) Altura de ramos da planta – foi medida com a ajuda de uma mira a altura das três plantas centrais de cada parcela.
- c) Número de Ramos – foram cotados todos os ramos das três plantas centrais de cada parcela sem a ajuda de uma escada, apesar da grande altura das plantas.
- d) Número de nós por ramo plagiotrópico primário - obtido mediante a contagem de nós em um ramo plagiotrópico localizado no terço mediano da planta.
- e) Comprimento de ramos plagiotrópicos - determinado por meio de medição de um ramo plagiotrópico localizado no terço médio da planta, desde a inserção do mesmo no ramo ortotrópico até a extremidade do ramo plagiotrópico, com auxílio de uma régua em centímetros.

- f) Produtividade de café beneficiado (sacas ha⁻¹): a colheita foi realizada em cada parcela útil por meio de derriça manual no pano. O início da colheita foi determinado em função do menor percentual possível de frutos verdes na planta (< 10 %). Após a colheita, foi medido o volume de café da roça de cada parcela. Para a estimativa da produtividade real de café beneficiado, foi considerado 500 litros corresponde a uma saca de 60 kg de café beneficiado por hectare.
- g) Maturação: a partir do volume total de café colhido foi retirada uma amostra representativa de 300 mL de cada parcela para separação e contagem dos frutos em diferentes estádios de maturação (verde, verde-cana, cereja, passa e seco).

5.6 Análises estatísticas

Para as análises estatísticas da população de nematoides, maturação dos frutos e produtividade entre tratamentos, foi utilizado o programa SISVAR. Para a comparação das médias de produtividade, foi utilizado o teste LSD ao nível de 5% de probabilidade.

Dentro de cada tratamento foi verificado se houve diferença significativa entre as respectivas parcelas da população de nematoides antes e após as inoculações. Para tal, foi aplicado o teste t pareado ao nível de 5%.

Para análises estatísticas dos parâmetros diâmetro de copa, número de nós por ramo plagiotrópico primário, comprimento dos ramos plagiotrópicos e índice de clorofila, foi utilizado o teste de médias Scott-Knott. Foi previamente verificado se os dados atendiam às pressuposições básicas da análise de variância (homogeneidade, normalidade e aditividade).

A porcentagem de redução de nematoides não foi possível ser calculada quando os valores das populações antes da aplicação dos inóculos eram zero. Por esse motivo alguns blocos que não continham valores acima de zero não foram inseridos nos cálculos de porcentagem média.

6. RESULTADO E DISCUSSÃO

6.1 Produtividade de café e uniformidade de maturação

Houve efeito significativo dos tratamentos nematicidas no aumento da produtividade de café ao nível de 10% de probabilidade pelo Teste F. A maior produtividade foi verificada no tratamento em que se aplicou Abamectina® e Quartzo®. Esse tratamento atingiu 28 sacas por hectare, havendo um incremento 16,8 sacas ha⁻¹ em relação aos tratamentos testemunha, Quartzo®, Nimitz®, B202, B22, B33 e B05. (Tabela 2.) Tal resultado deixa evidente que o uso de Abamectina® antes da aplicação do produto biológico contendo bactérias do gênero *Bacillus* spp. influenciou na produtividade do cafeeiro exposto ao ataque de nematoides.

Os tratamentos B53 (*B. safensis*), B18 (*B. subtilis*) e B266 (*B. amyloliquefaciens*), não diferiram estatisticamente do tratamento contendo Abamectina® e Quartzo®. Atingiram as produtividades de 20,5, 19,4, e 18,4 sacas por hectare. Estes isolados demonstraram potencial para incrementar a produção do cafeeiro. (Tabela 2).

Ferreira *et al.*, (2013), avaliando a produtividade de diferentes genótipos de Bourbon Amarelo e Vermelho, constatou uma produtividade média entre os genótipos superiores entre 28,19 e 35,38 sacas por hectare em diversas regiões do estado de Minas gerias. Tal afirmação deixa evidente que neste atual experimento a produtividade atingida de 28 sacas é uma média dentro dos padrões satisfatórios.

O tratamento que recebeu o inóculo de *Bacillus methylotrophicus*. (B05) foi o menos produtivo, não diferindo dos tratamentos testemunha, Quartzo®, Nimitz®, B202, B22, B33 e B05. Atingiu apenas 5,2 sacas por hectare. Este resultado pode ter relação direta com a população de *Meloidogyne* spp. apresentada na Tabela 6, onde este tratamento apresentou índice populacional maior do que os tratamentos B53 (*B. subtilis*), B 202 (*B. subtilis*), B18 (*B. subtilis*), Abamectina® e Quartzo®, Quartzo®, Nimitz, B266 (*B. amyloliquefaciens*), B22 (*B. thuringiensis*). (Tabela2).

Os percentuais médios do ponto de maturação dos frutos colhidos foram: 8,2% de frutos verdes; 9,4% de verde cana; 25,6% de cereja; 45,5% de passa e 11,3% de

frutos secos, não havendo influência dos tratamentos na maturação dos frutos, quando submetidos ao teste F ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2).

Silva e Queiroz, (2002) afirmam que os frutos devem ser colhidos quando atingirem 10% de frutos verdes. Esse é o momento de maior porcentagem de frutos cerejas, considerados ideais para manter os padrões de qualidade da bebida. Verificou-se neste experimento que os frutos estavam no ponto máximo de maturação fisiológica no mês de maio, quando foi realizada a colheita (Tabela 1).

Tabela 2. Produtividade média (sacas ha⁻¹) e percentual médio de frutos nos estádios verde, verde cana, cereja, passa e seco em função dos tratamentos para o manejo de fitonematoides no cafeeiro.

Tratamentos	Prod.	Verde	Verde cana	Cereja	Passa	Seco
Abamectina®+Quartzo®	28,3 a	5,5 a	8,6 a	23,4 a	50,3 a	12,2 a
B53	20,5 ab	5,4 a	8,7 a	28,9 a	46,5 a	10,6 a
B18	19,4 ab	7,1 a	7,7 a	17,5 a	45,3 a	22,4 a
B266	18,4 ab	7,1 a	10,4 a	23,7 a	47,0 a	11,9 a
Nimitz®	15,2 bc	9,1 a	8,6 a	24,1 a	48,0 a	10,2 a
Água	14,1 bc	10,5 a	9,3 a	22,1 a	49,7 a	8,4 a
Quartzo®	13,2 bc	4,8 a	7,8 a	30,1 a	47,9 a	9,4 a
B202	12,5 bc	12,1 a	13,6 a	24,4 a	44,1 a	5,9 a
B22	11,2 bc	7,5 a	8,8 a	30,8 a	43,4 a	9,6 a
B33	8,9 bc	9,1 a	10,4 a	30,4 a	37,9 a	12,3 a
B05	5,2 c	11,5 a	9,1 a	26,9 a	40,3 a	12,1 a

1. Médias de estádios de maturação dos frutos seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste F a 5%.

2. Médias de produtividade seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 10%.

6.2 Crescimento vegetativo do cafeeiro

Os parâmetros de crescimento da primeira e segunda avaliação foram realizados no período em que o cafeeiro se encontrava muito depauperado. Muitos galhos foram perdidos e tiveram que ser substituídos, isso gerou um coeficiente de variação muito elevado. Por esse motivo, a análise estatística só foi possível com os dados da terceira avaliação.

Para todos os parâmetros de crescimento da planta avaliados não houve diferença significativa pelo teste F a 5% de probabilidade entre os tratamentos. Mesmo os tratamentos que foram mais produtivos (Tabela2), que demandaram maior quantidade de fotoassimilados, não houve alteração significativa no crescimento de ramos, número de gemas, número de ramos, diâmetro de copa e altura das plantas (Tabela3).

Tabela 3. Parâmetros de crescimento de cafeeiros em função de tratamentos para o manejo de fitonematoides.

Tratamentos	Diâmetro de copa (cm)	Nº de gemas	Comprimento ramo (cm)	Nº de ramos final	Altura (cm)
Abamectina® e Quartzo®	181,8 a	34,4 a	97,4 a	74,4 a	309,87 a
B53	186,6 a	29,53 a	82,57 a	79,67 a	305,47 a
B18	181,4 a	29,8 a	95,5 a	83,53 a	315,13 a
B266	190,2 a	31,87 a	93,03 a	89,53 a	302,47 a
Nimitz	200 a	27,2 a	81,07 a	70,07 a	292,33 a
Testem.	184,2 a	27,7 a	91,8 a	77,07 a	307,47 a
Quartzo®	190,6 a	32,93 a	94,53 a	86,13 a	315,6 a
B202	192,6 a	24,1 a	86,17 a	69,8 a	301,27 a
B22	195,4 a	34,6 a	101,43 a	79,6 a	319,87 a
B33	191,8 a	30,73 a	93,7 a	73,73 a	299,67 a
B05	191 a	25,83 a	79,47 a	78,13 a	311,33 a

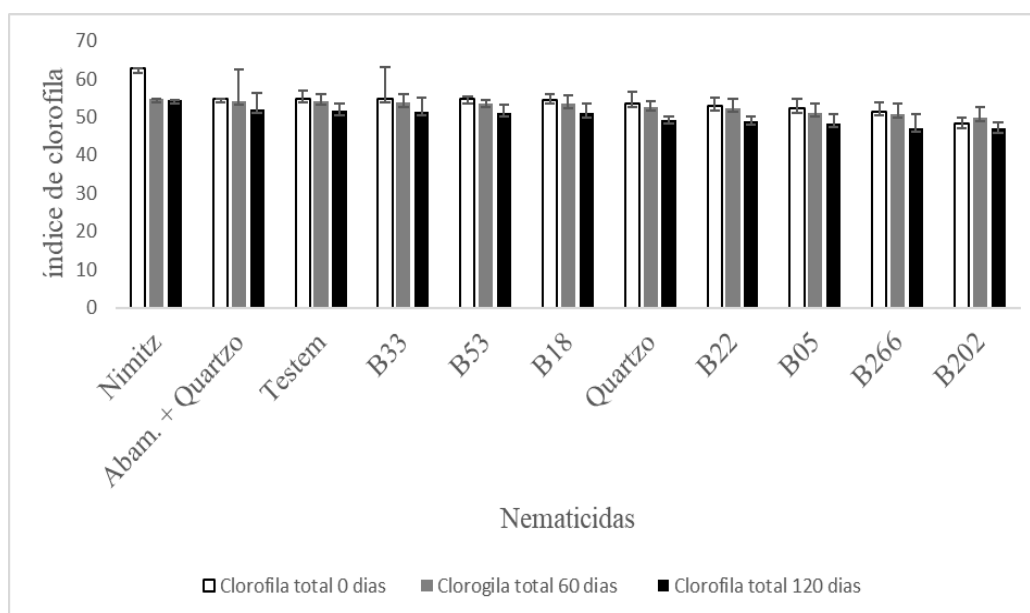
1. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

6.3 Índice relativo de clorofila (IRC)

De acordo com Malavolta *et al.*, (1981), o período de maior demanda de nitrogênio nas plantas de café são as fases de granação e maturação dos frutos. Godoy *et al.*, (2008) identificou uma correlação entre produtividade e índice relativo de clorofila (IRC) em plantas de Catuai vermelho com o IRC.

Contrariamente às afirmações de Malavolta *et al.*, (1981), e de Godoy *et al.*, (2008), os tratamentos Abamectina® e Quartzo®, B53, B18 e B266, que tiveram maiores produtividades em relação aos demais tratamentos, não diferiram estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, dos tratamentos Nimitz®, Quartzo® e dos isolados B22, B05, B202, B33, que produziram menos frutos (Tabela2) em relação ao índice de clorofila medido nas folhas do cafeeiro nas três épocas de avaliação. (Figura4). Esse resultado prova que Abamectina® e Quartzo®, B53, B18 e B266 proporcionaram uma estabilidade de fotoassimilados nas folhas, mesmos com alta carga de frutos nas plantas.

Figura 4. Índice de clorofila em função dos tratamentos para o manejo de fitonematoides no cafeeiro, cultivar Bourbon, em três épocas de aplicação. Experimento realizado de outubro de 2019 a fevereiro de 2020, na fazenda Juliana – Monte Carmelo, MG. A barra representa o erro padrão dos tratamentos.



6.4 Nível populacional de nematoides totais antes e após a aplicação dos tratamentos

Os gêneros de nematoides encontrados nas amostras coletadas neste experimento foram *Criconemella*, *Rotylenchulus*, *Pratylenchus* e *Meloidogyne* em 150 cm³ de solo. Apenas os gêneros *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne* spp. foram considerados neste experimento, por serem os grupos de fitonematoídeos que mais causam danos às raízes do cafeeiro (Kimati *et al.*, 1995-1997).

A primeira amostragem de nematoides foi coletada antes da inoculação de nematicidas, no dia 23 de setembro de 2019, correspondendo a um período seco sem precipitação. As chuvas deram início no período da primeira inoculação, que foi na segunda quinzena de Outubro de 2019 (Tabela1). O cafeeiro já estava na fase de chumbinho. Nesta primeira amostragem não houve diferença significativa entre as amostras coletadas da população de nematoides na área, pelo teste F ao nível de 5%. (Tabela5).

A segunda amostragem de nematoides foi realizada no período chuvoso, no dia 12 de fevereiro de 2020, dois meses após a segunda inoculação dos tratamentos nematicidas (9 e 10 de dezembro de 2019). Nesse período a precipitação atingiu 393,6 mm (Tabela 4). Período ideal para o deslocamento de nematoides no solo, eclosão de ovos e de infecção das raízes por juvenis de segundo estádio, devido a maior produção de radículas e de exudados radiculares nas plantas de café. Apesar de ser um período ótimo para o ciclo reprodutivo dos nematoides de solo, no período chuvoso, os resultados das amostras demonstraram diferença significativa da população de nematoides entre os tratamentos nesse período. (Tabela 5,6 e 7)

Laughlin e Lordello, (1977) afirmaram que a umidade ideal para o desenvolvimento dos nematoides é de 40 e 60% da capacidade de campo (CC). Os meses de dezembro e janeiro de 2020 foram os períodos com maior intensidade de chuvas e de temperaturas ideais para as atividades dos nematoides (Tabela4).

Apesar da intensidade de chuva ter sido maior nos períodos de novembro, dezembro e janeiro, a população média total de nematoides passou de 2.935,5 para 1.152,25 nematoides por cm³ de solo (Tabela5), o que corresponde a uma média de 61% de redução. Tal resultado demonstra a interferência dos tratamentos no ciclo reprodutivo dos nematoides presentes na área.

Após a segunda aplicação de nematicidas, no período chuvoso, os tratamentos B22 (*Bacillus thuringiensis*) e B18 (*Bacillus subtilis*) apresentaram médias populacionais superiores de 225 e 236 nematoides por cm³ de solo em relação aos isolados B33 (*Bacillus subtilis*) e Quartzo® que tiveram médias de 37,75 e 49,25 nematoides por cm³ de solo. Esse resultado mostra que o isolado de *Bacillus subtilis* B33 e o produto biológico Quartzo® foram muito eficientes para o controle de nematoides totais no solo em comparação aos isolados B22 e B18. A testemunha, o Nimitz, Abamectina® seguida de Quartzo® e os isolados B202, B266 e B53 não diferiram entre si. (Tabela5).

A população de nematoides do tratamento controle (sem nematicidas) não diferiu do nematicida sintético Nimitz®, e dos tratamentos com Abamectina® e Quartzo® e demais isolados de *Bacillus* spp. (Tabela5).

Diferentemente da produtividade que foi alta (Tabela2), o uso do nematicida sintético Abamectina® e Quartzo® não apresentou população baixa de nematoides totais em relação aos demais tratamentos. Tal resultado foi contrário aos resultados de (Arpin *et al.*, 2018), onde a população de nematoides com uso do nematicida sintético Rugby associado ao bionematicida Quartzo® 60 DAA (dias após a aplicação) foi menor que o uso somente de Quartzo® em plantas de café arábica.

Tabela 4. Condições ambientais apresentadas entre outubro de 2019 e abril de 2020.

Meses	Temperatura °C		Umidade relativa (%)	Precipitação (mm)	Nº de dias chuvosos
	Máxima	Mínima			
Out/19	26,79	25,46	49,33	88,2	10
Nov/19	25,45	24,15	64,31	228,8	17
Dez/19	24,76	23,54	69,70	393,6	23
Jan/20	25,02	23,82	73,46	351,6	23
Fev/20	24,23	23,13	76,07	260	24
Mar/20	24,68	23,54	66,35	185,2	13
Abr/20	24,00	22,85	64,14	38,4	4

Fonte: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Estação de Uberlândia, MG.

Tabela 5. Média do número de nematoides encontrados por 150 cm³ de solo antes e após a aplicação dos tratamentos em plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* cv. Bourbon Amarelo), Fazenda Juliana.

Tratamentos	População total de nematoides/ 150 cm ³ de solo			
	Outubro de 2019		Janeiro de 2020	
B22	508	a	225	a
B202	472,5	a	156,75	ab
B33	321,5	a	37,75	b
B18	279	a	236	a
Quartzo®	266	a	49,25	b
B266	243	a	90	ab
B53	201,25	a	85,5	ab
Testem.	178,25	a	101	ab
Nimitz	170	a	87,5	ab
Abam. + Quartzo®	153	a	76,75	ab
B05	143	a	83,5	ab
Totais	2935,5		1152,25	

* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade.

6.5 População de *Meloidogyne* spp. e de *Pratylenchus* spp

O nematicida sintético Nimitz®, B53, B202, B18, Abamectina® e Quartzo®, Quartzo®, B266, B22 apresentaram menor média populacional de *Meloidogyne* spp. comparado aos tratamentos contendo *B. metylophilus* (B05), *B. subtilis* (B33) e testemunha. Estes resultados observados demonstram que os isolados de *Bacillus safensis* (B53) *B. subtilis* (B202) *B. subtilis* (B18) apresentaram o mesmo desempenho na redução de *Meloidogyne* spp que os tratamentos com Nimitz®, Abamectina® e Quartzo® e Quartzo®. (Tabela6)

O tratamento contendo inóculo de *B. metylophilus* (B05), apresentou população maior de *Meloidogyne* spp., com 45 nematoides por 150 cm³ de solo, demonstrando menor eficiência no controle populacional de *Meloidogyne* spp.,

comparado aos tratamentos B53, B202, B18, Abamectina®, Quartzo®, Nimitz, B266, B22, que tiveram populações menores de 8; 7,5; 7; 6,75; 0; 0; 0 nematoides por 150 cm³ de solo. (Tabela6).

Coincidentemente, os tratamentos Abamectina® e Quartzo®, B53, B18 e B266, que tiveram maiores produtividades, comparado ao tratamento B05 (Tabela2), apresentaram também populações de nematoides totais menores que este tratamento inoculado com *B. metylophilicus*. (Tabela6).

A população média de *Pratylenchus* spp variou entre 225 e 38 a de *Meloidogyne* spp. variou entre 45 e 0, entre os tratamentos após a segunda inoculação. Apesar disso o tratamento B05 foi o que apresentou maior média de *Meloidogyne* spp (Tabela6) e menor de *Pratylenchus* spp (Tabela7), também foi o que menos produziu frutos de café (Tabela2). Tal comportamento sugere que a infestação por *Meloidogyne* spp, pode causar maiores danos à produtividade do cafeeiro do que por *Pratylenchus* spp.

Tabela 6. População de *Meloidogyne* spp. em função dos tratamentos para o manejo de fitonematoides no cafeeiro

Tratamentos	População de <i>Meloidogyne</i> spp./ 150 cm ³ de solo			
	Outubro de 2019		Janeiro de 2020	
B05	202	a	45	a
Testem.	198	a	31	ab
B33	133,25	a	23	ab
B53	132	a	8	b
B202	124,5	a	7,5	b
B18	114,5	a	7	b
Abam. + Quartzo®	108,5	a	6,75	b
Quartzo®	107	a	0	b
Nimitz	72,5	a	0	b
B266	68	a	0	b
B22	23	a	0	b
Totais	1356		5671	

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Os tratamentos contendo *Bacillus methylophilus*. (B05), Quartzo® e *Bacillus subtilis* (B33) foram os que apresentaram menor população de *Pratylenchus* spp. (Tabela 7) entre os tratamentos em relação aos tratamentos contendo inóculo de *B. thuringiensis* (B22) e de *B. subtilis* (B18). Este resultado foi contrário ao que ocorreu com o tratamento inoculado com *Bacillus methylophilus*. (B05), que demonstrou maior índice populacional de *Meloidogyne* spp (Tabela 6). Estes resultados indicam que o isolado B05 pode ter afetado mais o ciclo reprodutivo de *Pratylenchus* spp.

O tratamento Nimitz® não apresentou diferença significativa dos tratamentos B05, B33 e Quartzo® que demonstraram níveis populacionais de *Pratylenchus* spp. mais baixos em relação aos demais tratamentos.(Tabela 7). Este fato deixa evidente que os isolados de *Bacillus* spp. podem ser eficientes tanto quanto os tratamentos químicos. O tratamento com Abamectina® e Quartzo®, apesar de ter demonstrado uma produtividade superior (Tabela 2) em relação aos demais tratamentos, não diferenciou significativamente dos demais em relação à população de *Pratylenchus* spp (Tabela 7).

Tabela 7. População de *Pratylenchus* spp. em função dos diferentes tratamentos para o manejo de fitonematoides no cafeeiro.

Tratamentos	População média de <i>Pratylenchus</i> spp./ 150 cm ³ de solo			
	(outubro de 2019)		Dezembro de 2020	
B22	400,5	a	225	a
B202	211,5	a	63,25	abc
B18	202	a	216	ab
B266	129,5	a	90	abc
Testem.	70	a	70	abc
Nimitz	69,25	a	55,5	bc
Abam. + Quartzo®	66	a	70	abc
Quartzo®	64	a	36,25	c
B53	63,75	a	69,25	abc
B33	53,25	a	14,75	c
B05	11	a	38,5	c
CV (%)	134			

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

6.7 Porcentagem de redução de nematoides

Devido à variação entre aumento/redução de nematoides após a aplicação dos nematicidas, os tratamentos não puderam receber uma análise mais detalhada para avaliar estatisticamente as porcentagens de redução de nematoides entre os tratamentos. No entanto, foi possível perceber numericamente, que os tratamentos B33, B266, B202, Quartzo®, Abamectina® e Quartzo®, B18 e B 53 e testemunha apresentaram porcentagem média de redução das populações. Enquanto os tratamentos com Nimitz, B05 e B22 apresentaram porcentagem média de aumento da população de nematoides após as duas inoculações. (Tabela8).

Os tratamentos menos produtivos, Nimitz®, B22, B05 (Tabela2), tiveram medias percentuais de aumento da população total de 30,7%, 22,2% e 27,9%. Os tratamentos Quartzo®, B202, B33, também com produtividades menores que Abamectina® e Quartzo®, e os isolados B53, B18 e B266, tiveram porcentagem média de redução de 35,8%; 49% e 65,1% na população de nematoides totais. (Tabela 8)

Os tratamentos inoculados com Abamectina® e Quartzo® e com os isolados B53, B18 e B266, que tiveram produtividades superiores aos demais tratamentos, - produziram 28,3; 20,5; 19,4; 1 18,4 sacas por hectare (Tabela2) e apresentaram porcentagem de redução de nematoides totais de 34,1%, 6%, 20,9%, 50,4%, e (Tabela 9), médias muito próximas, numericamente, dos tratamentos que foram menos produtivos. Tais resultados sugere que esses tratamentos aumentaram o vigor das plantas.

Apenas o tratamento que recebeu o inóculo de *Bacillus subtilis*. (B202) apresentou uma diferença significativa da população de nematoides totais antes e após a inoculação deste tratamento, por meio do teste t pareado, ao nível de 5% de significância.

Os tratamentos B05, B22, e Nimitz® aumentaram as populações de nematoides totais após a inoculação, por esse motivo a médias percentuais de redução de nematoides apresentaram valores negativos na tabela. (Tabela 7). Na produtividade, esses tratamentos tiveram uma produtividade inferior a Abamectina® e Quartzo®, B53, B18 e B266 (Tabela2).

O fator reprodução é utilizado para quantificar o número de vezes que uma população de nematoides aumentou. Quanto menor for esse fator menor é a reprodução

do patógeno. O fator reprodução, diferentemente da porcentagem de redução/aumento de nematoides totais, não apresentou relação direta com a produtividade de café.

Os tratamentos que utilizaram Abamectina® e Quartzo®, B53, B18 e B266 apresentaram fator de reprodução de nematoides totais de 0,66; 0,94; 0,79; e 0,5.

Tabela 8. Médias da porcentagem de redução/ aumento do número de nematoides por 150 cm³ de solo antes e após a aplicação dos tratamentos em plantas de cafeeiro da (*Coffea arabica* cv. Bourbon). Fazenda Juliana-Monte Carmelo-MG.

Tratamentos	Nematoides totais	
	Média de redução/aumento de nematoides totais	F
	%	R ²
B33	65,1	0,35
B266	50,4	0,5
B202	49,0	0,51
Quartzo®	35,8	0,64
Abamectina® e Quartzo®	34,1	0,66
Testem	21,8	0,78
B18	20,9	0,79
B53	6,0	0,94
B22	-22,2	1,22
B05	-27,9	1,28
Nimitz	-30,7	1,31
CV (%)		
1. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste LSD (5%).		
2. FR = Fator de reprodução (FR=PF/PI).		

O tratamento contendo o isolado B53 reduziu apenas 6% a população de nematoides totais (Tabela8), porém reduziu em 98% a população de *Meloidogyne* spp. e 63% de *Pratylenchus* spp. indicando assim bastante eficácia deste isolado na redução destes fitonematoides. (Tabela9).

O tratamento B18 reduziu a população de *Meloidogyne* spp. em 63% e de *Pratylenchus* spp, em 4,7%. Já o tratamento B266 reduziu em 100% a população de

Meloidogyne spp. porém aumentou em 46,7% o número de *Pratylenchus spp.* neste tratamento. (Tabela9).

Tais resultados de porcentagem de redução de nematoides e de produtividade deixa evidente a influência da população de nematoides do gênero *Meloidogyne* na produtividade do cafeeiro.

O tratamento inoculado com *Bacillus subtilis* (B33) apresentou diferença significativa entre as populações de *Pratylenchus spp* antes e após a inoculação do isolado, dentro das respectivas parcelas, pelo teste t pareado (5%).

B33, numericamente, foi o tratamento com maior porcentagem de redução de nematoides totais (65,1%), porém teve baixa produtividade apesar de ter reduzido em 87,3% a população de *Meloidogyne spp.* e 64% a população de *Pratylenchus spp.* (Tabela 9). Esse resultado mostra que há outros fatores que podem ter influenciado a produtividade além da população de nematoides no solo, como disponibilidade de nutrientes e capacidade da planta os absorver, quantidade de radículas, resistência da planta ao ataque de patógenos.

Lima *et al.*, (2019) afirmaram que nematicidas químicos possuem efeito residual apenas no período entre 60 e 70 dias após a aplicação. O uso de bactérias antagonistas e resistentes a condições de stresse edafoclimáticos como é o caso dos *Bacillus spp.*, podem prolongar o efeito residual nematicida no solo por meio de antibiose, competição e indução de resistências das plantas ao ataque de patógenos, como afirma Raimundi, (2019).

Bacillus possuem capacidade de solubilizar nutrientes, tornando-os disponíveis para as plantas. Essa afirmação pode explicar a homogeneidade do crescimento vegetativo (Tabela3) e do índice de clorofila (Figura4) do cafeeiro mesmo nos tratamentos que tiveram uma alta produção de frutos (Tabela2) e de infestação de nematoides (Tabela 5,6).

Os resultados de porcentagem de redução de nematoides indicaram que o tratamento B53 e B266 foram mais eficientes para o controle de *Meloidogyne spp.* do que para *Pratylenchus spp.* e que a população de nematoides do gênero *Meloidogyne* influencia na produtividade do cafeeiro. (Tabela9). Sasser e Freckman, (1987), afirmam que 70% dos danos causados por nematoides são provenientes do gênero *Meloidogyne spp.*

Os fatores de reprodução dos tratamentos mais produtivos Abamectina® e Quartzo®, B53, B18 e B266 foram 0,5; 0,02; e 0,37 e 0 para *Meloidogyne spp.* e de 0,6;

0,45; 1; 1,5 para *Pratylenchus* spp. (Tabela6). O tratamento B53 e B266 apresentaram um fator de reprodução de *Meloidogyne* spp de 0. Estes inóculos conseguiram paralisar o ciclo reprodutivo dos nematoides desta espécie. No entanto a espécie *Pratylenchus* spp conseguiu atingir quase dois ciclos reprodutivos nas parcelas inoculadas com B266. (Tabela9). Estas observações sugerem que B53 e B266 podem ter sido mais eficientes diminuir a reprodução de nematoides do gênero *Meloidogyne* spp., como também para aumentar o vigor das plantas, uma vez que estas parcelas tiveram maior quantidade de frutos que os tratamentos: testemunha; Quartzo®; Nimitz®; B202; B22; B33 e B05.

Apesar de os tratamentos B22, Quartzo terem demonstrado também uma paralisação o ciclo reprodutivo de *Meloidogyne* spp, tiveram uma produtividade inferior aos tratamentos Abamectina® e Quartzo®, B53, B18 e B266 (Tabela2). Isso leva mais uma vez à afirmação de que há outros fatores além da população de nematoides que podem interferir na produtividade, como por exemplo, a quantidade de nutrientes disponíveis e de radículas capazes de absorver esses nutrientes de forma eficiente.

Tabela 9. Percentagem média de redução/aumento e fator de reprodução da população de *Meloidogyne* spp. e de *Pratylenchus* spp. em áreas naturalmente infestadas, tratadas com diferentes tratamentos.

Tratamento	<i>Meloidogyne</i> spp.			<i>Pratylenchus</i> spp.		
	% redução/aumento	Nº de parcelas	FR ²	% redução/aumento	Nº de parcelas	FR ²
B22	100,00	2	0,00	-49	4	1,5
B266	100,00	2	0,00	-46,7	3	1,5
B53	98,40	5	0,02	63,0	5	0,45
Quartzo®	97,00	4	0,03	-44,6	4	1,4
B33	87,30	4	0,13	64,7	3	0,4
Testem	69,60	3	0,30	-37,8	3	1,4
B202	64,30	2	0,36	55,0	2	0,4
B18	63,20	2	0,37	4,7	3	1
Abam. e Quartzo®	48,80	3	0,51	39,7	3	0,6
B05	42,60	4	0,57	-36,6	5	1,4
Nimitz	16,70	4	1,17	12,1	5	0,9

1 Números negativos = % de aumento da população de nematoides

2 FR= fator reprodução (Pf/Pi)

7 CONCLUSÃO

- O tratamento Abamectina® + Quartzo® e as estirpes B53 (*Bacillus safensis*), B18 (*Bacillus subtilis*) e B266 (*Bacillus amyloliquefaciens*) foram os que mais incrementaram a produtividade e que reduziram mais a população de nematoides do gênero *Meloidogyne spp.* Também um vigor vegetativo mesmo após uma alta carga de frutos.
- Os isolados de *Bacillus spp.* B53, B18 e B 266 apresentaram potencial para o controle de *Meloidogyne spp.*
- O tratamento químico Nimitz não foi capaz de paralisar o ciclo reprodutivo de nematoides após 120 dias.
- O tratamento B05 (*Bacillus methylotrophicus*) e B33 (*Bacillus subtilis*), não foram eficientes para o controle de *Meloidogyne spp.*

8 REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em 22 de setembro de 2020.
- ALEXANDER, M. Transformaciones microbianas del fósforo. **Introducción a la microbiología del suelo**, p. 355- 371, 1980.
- ANDRADE, O. C. D. S. O manual da Cafeicultura. **Portal do Cafeicultor**, 2020.
- ARAÚJO, F. F. D.; MARCHESI, G. V. P. Uso de *Bacillus subtilis* no controle da meloidoginose e na promoção do crescimento do tomateiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1558-1561, 2009.
- ARAÚJO, F. F. D.; SILVA, J. F. V.; ARAÚJO, A. S. F. D. Influência De *Bacillus Subtilis* Na Eclosão, Orientação E infecção de heterodera *Glycines* em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 197-202, 2002.
- ARPINI, B. D. S.; LIMA, D. M.; NÁDMA, C. S. **Controle De Meloidogyne Exigua Em Cafeeiro Arabica Com Uso De Bionematicida Constituído Por Bacillus Subtilis E B. Licheniformis**. Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VIII Encontro de Iniciação à Docência - Universidade do Vale do Paraíba. Urbanova: UNIVAP, p.6, 2018.
- BRAVO, A.; GILL, S. S.; SOBERO, M. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* cry and Cyt toxins and their potencial for insect control. **Toxicon**, v. 49, p.423-435, 2007.
- CAMARGO, A. P. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafezeiras do Brasil. **EMBRAPA**, v. 20, n. 7, p. 831-839, 1985.
- CAMARGO, A. P. D.; DE CAMARGO, M. B. P. Definição E Esquematização Das Fases Fenológicas Do Cafeeiro Arábica. **Bragantia**, p. 65-68, 2001.
- CAMPANHOLA, C. L.; BERTIOL, W. Métodos Alternativos de Controle Fitossanitário. **Embrapa Meio Ambiente**, p.5, 2003.
- CANO, R. J.; BORUCKI, M.. Revival and Identification of Bacterial Spores in 25- to 40-Million-Year-Old Dominican Amber. **SCIENCE**, v.268,1995.
- CARVALHO, B. G. D. et al. **EFICÁCIA DO FLUENSULFONE APLICADO VIA GOTEJO NO CONTROLE NEMATÓIDES DA CULTURA DO CAFÉ**. XXI Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada. Araguari: Fenicafé, p.9 2019.
- CONAB. **Café- Série histórica**, 2019. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safras/cafe-serie-historica>>. Acesso em: 02 fevereiro 2020.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café safra 2020**, 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/14227-3-levantamento-de-cafe-safra-2020>>. Acesso em: 30 setembro 2020.

DE MAAGD, R. A.; BOSCH, D.; STIEKEMA. *Bacillus thuringiensis* toxin-mediated insect resistance in plants. **Trends in Plant Sciences**, v. 4, p. 9, 1999.

ENGELBRECHT, G. *et al.* *Bacillus*-based bionematicides: development, modes of action and commercialisation. **Biocontrol Science and Technology**, v. 28, P.629-653, 2018.

FABRICIO, L. D. O.; DOS SANTOS. **Distribuição qualitativa e quantitativa de fitonematóides em lavoura cafeeira**. Universidade Federal de Uberlândia - Instituto de Ciências Agrárias, Uberlândia, p.11, 2019.

FÁVARO, L. **Sistema Faemg lista a importância econômica do café para Minas Gerais**, 2020. Disponível em: <<https://www.cafepoint.com.br/noticias/giro-de-noticias/sistema-faemg-lista-a-importancia-economica-do-cafe-para-minas-gerais-219609/>>. Acesso em: 01 julho 2020.

FERRAZ, L. C. C. B.; FINLAY BROWN, D. J. *Nematologia de Plantas: fundamentos e importância*. **Norma Editora**, 2.ed, p.251, 2016.

FERRAZ, S. *et al.* **Manejo sustentável de fitonematóides**. Viçosa: UFV, p.306, 2010.

FERREIRA, A. D. *et al.* Desempenho agrônomo de seleções de café Bourbon Vermelho e Bourbon Amarelo de diferentes origens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 388-394, 2013.

FIGUEIREDO, L. P. *et al.* The Potential for High Quality Bourbon Coffees From Different. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, p. 87-98, 2013.

GHINI, R. Coletor Solar para Desinfestação de Substratos para Produção de Mudanças Sadias. **EMBRAPA**, 2004.

GODOY, L. J. G. D. *et al.* Índice Relativo De Clorofila E O Estado Nutricional Em Nitrogênio Durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 217-226, 2008.

GOELDI, E. A. Relatório sobre a moléstia do cafeeiro na Província do Rio de Janeiro. **Imprensa Nacional**, p. 121, 1887.

GUO, S. *et al.* New strategy for isolating novel nematocidal crystal protein genes from *Bacillus thuringiensis* strain YBT-1518. **Appl Environ Microbiol**, v. 74, p.6997-7001, 2008.

HAMMAMI, R. A. *et al.* Optimization and biochemical characterization of a bacteriocin from a newly isolated *Bacillus subtilis* strain 14B for biocontrol of *Agrobacterium* spp. strains. **Lettes in Applied Microbiology**, v. 48, p.253-260, 2009.

INOMOTO, M. M.; MACHADO, A.C.Z, ANTEDOMÊNICO, S.R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Fitopatologia Brasileira**, v.32, n.4, 2007.

INTERNATIONAL COFFE ORGANIZATION. **Relatório sobre o mercado cafeeiro**, 2020. Disponível em: < <http://www.ico.org/pt/Market-Report-19-20-p.asp>>. Acesso em: 10 de Set. 2020

KERRY, B. R. An Assessment of Progress toward Microbial Control of Plant-parasitic Nematodes. **Supplement to Journal of Nematology** , v. 22,1990.

KHALIL, M. S. Alternative Approaches to Manage Plant Parasitic Nematodes. **Plant Pathology & Microbiology**, v. 4, p.1000-1005, 2013.

KIMATI, H. *et al.* **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.2, 1995-1997.

KORAK, I. *et al.* Microbial metabolomics: essential definitions and the importance of cultivation conditions for utilizing *Bacillus* species as bionematicides. **Journal of Applied Microbiolog**, v.127, p.326-343, 2019.

LIMA, I.D.M. *et al.* **Gerenciamento de nematoides no sistema de produção do cafeeiro**. P.61-74, 2019. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3749/1/nematoide-inobert-2019.pdf>>. Acesso em: 16 de Set 2020.

LIU, F. *et al.* Plant growth-promoting rhizobacteria affect the growth and nutrient uptake of *Fraxinus americana* container seedlings. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.97, p.4617–4625, 2013.

LORDELLO, L.G.E. Perdas causadas por nematóides. **Revista de Agricultura**, v.51, p.222, 1976.

LORDELLO, R. R. A.; LORDELLO, L.G. **Desenvolvimento De Meloidogyne Exigua Goeldi, 1887, Em Raízes De Cafeeiros, Em Três Ambientes**. ESALQ, p. 25. 1983.

MACEDO, M. H. H.; LORDELLO, L.G. Influência do nematoide *Meloidogyne exigua* na absorção de nutrientes em plantas jovens de cafeeiro: resultados preliminares. **Anais...** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v.31, p. 91-104, 1973.

MALAVOLTA, E. *et al.* Seja o Doutor do seu Cafezal. **Arquivo do Agrônomo**, n.2, 1993.

MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, A. Nutrição e adubação do cafeeiro, **Instituto da Potassa e Fósforo**, P. 224, 1981.

MARROQUIN, L. D. E. A. *Bacillus thuringiensis* (Bt) toxin susceptibility and isolation of resistance mutants in the nematode *Caenorhabditis elegans*. **Genetics**, v.155, p. 1693–1699, 2000.

- MARTINS, G. D. *et al.* Mapping Nutrients Content in a Nematode-Infected Coffee Plantation by Empirical Models Derived from RapidEye Image. **Anais...** Instituto de Geociências - UFRJ, v. 42, p. 164-177, 2019.
- MELO, J. R. D.; MURI DA SILVA, N. F.; NUNES, N. M. D. S. Café: Origem E Contribuição Para A Economia Do Brasil. **Resista interdisciplinar**, n.3,v.1 p.208, 2018.
- MESQUITA, C. M. D. *et al.* Manual do café distúrbios Fisiológicos, Pragas e Doenças do Cafeeiro (*Coffe arábica* L). **EMATER-MG**, p.62, 2016.
- MONTALVÃO, S. C. L. **Uso de *Bacillus* spp. para o controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* e *Meloidogyne incognita* no algodoeiro (*Gossypium hirsutum*)**. Brasília. Universidade de Brasília, p.170, 2016.
- MOURA, R. M. D.; CARNEIRO, J. Fitonematologia Primeiros Passos: Inimigos Naturais Dos Nematoides. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, p. 56, 2020.
- NASSER, P. **Brasil- O Gigante do Café. Mexido de ideias**, 2010. Disponível em: <<https://www.mexidodeideias.com.br/mercado/brasil-o-gigante-do-cafe/>>. Acesso em: 02 de Jul 2020.
- OLIVEIRA, C.M.G. D.; ROSA, M. O. Boletim Técnico Nematoides Parasitos do Cafeeiro. **Instituto Biológico**, p.1-28, 2018.
- OTOBONI, C.E.D.M.; GUIMARÃES, A.D.M.; DUARTE, A.M. **Efeito Da Abamectina (Avermectina) Na Supressão De Ovos E Juvenis De Meloidogyne Incognita Em Suspensão**. Trabalho de Conclusão de Curso. FATEC, 2014.
- RAIMUNDI, M. K. Fitopatologia Aplicada. **Editora e Distribuidora Educacional S.A**, p.208, 2019.
- RODRIGUES, H.L.; DIAS, F.D.; TEIXEIRA, N.D.C A Origem do Café no Brasil: A Semente Que Veio Para Ficar. **Revista Pensar Gastronomia**, v.1, p.22, 2015.
- RYU, C. M.; AL., E. Plant growth-promoting rhizobacterial systemically protect *Arabidopsis thaliana* against Cucumber mosaic virus by a salicylic acid and NPR1 independent and jasmonic acid-dependent signaling pathway. **Journal The Plant**, v.39 p.381-392. 2005.
- SAKIYAMA, N. *et al.* Café arábica: do plantio à colheita. **UFV**, v.316, 2015.
- SALGADO, S.M.L.D.; CARNEIRO, R.M.D.G.; PINHO, R.S.C. Aspectos técnicos dos nematóides parasitas do cafeeiro. **Boletim Técnico**, v.98, p.60, 2011.
- SASSER, J. N.; FRECKMAN, D. W. A world perspective on nematology: the role of the role of the. In: Veech, J.A. and Dickson, D.W. (eds). Hyattsville, Maryland: Vistas on Nematology. **Society of Nematologists**, p.7–14, 1987.
- SCHOLZ, M.B.D.S. *et al.* Atributos Sensoriais E Características Físico-Químicas De Bebida De Cultivares De Café Iapar. **Coffe Science**, v.8, p.6-16, 2013.

SHARMA, R.R.; SINGH, D.; SINGH, R. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists: a review. **Microbiological control**, v. 50, p.225-221, 2009.

SIDDIQUI, Z.A.; MAHMOOD, I. Role of bacteria in the management of plant parasitic nematodes: a review. **Bioresource technology**, v.69, p.167-179, 1999.

SILVA, D.J.; DE QUEIROZ. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). **UFV**, 3ed, p.165, 2002.

TIAN, B.Y. *et al.* Role of neutral protease from *Brevibacillus laterosporus* in pathogenesis of nematode. *Appl. Microbiol. Biotechnol*, v.74, p.372-380, 2007.

TOLARDO, A.L. Controle Biológico E Genético De *Meloidogyne exigua* Em Duas Cultivares De Café. **Instituto Federal Goiano**. p.27, 2018.

TOYOTA, K. Bacillus-related Spore Formers: Attractive Agents for Plant Growth Promotion. **Microbes Environ**, v.30, p.205-207, 2015.

ZHENG, Z. *et al.* Nematicidal spore-forming Bacilli share similar virulence factors and mechanisms. **Scientific Reports.**, v.6, 2016.

**ANEXO A - PRODUTOS COMERCIAIS REGISTRADOS NO BRASIL PARA
CONTROLE BIOLÓGICO DE FITONEMATOIDES**

Microrganismo	Marca Comercial	Titular de Registro	Formulação	Indicação	Concentração (UFC/mL ou g)
<i>Bacillus amylo-</i> <i>quefaciens</i>	Amys	Biovalens	SC		3×10^9
<i>Bacillus firmus</i>	Andril Prime	Basf	SC	TS	1×10^8
<i>Bacillus amylo-</i> <i>quefaciens</i>	Aveo EZ	Sumitomo		TS	1×10^8
<i>Bacillus subtilis</i>	Biobaci	Biovalens	SC		1×10^8
<i>Bacillus subtilis</i>	Biobaci III	Biovalens	SC		1×10^8
<i>Paecilomyces</i> <i>lilacinus</i>	BN40.001/09	Ballagro	SC		
<i>Bacillus amylo-</i> <i>quefaciens</i>	Boneville	Koppert	WP	TS	1×10^{10}
<i>Bacillus amylo-</i> <i>quefaciens</i>	Chevelle	Koppert	WP	TS	1×10^{10}
<i>Pasteuria</i> <i>nishizawae</i>	Clariva PN	Syngenta	SC	TS	1×10^{10}
<i>Pasteuria</i> <i>nishizawae</i>	Clariva PN BR	Syngenta	SC	TS	1×10^{10} esporos/mL
<i>Bacillus subtilis</i>	Furatrop	Furatrop	SC	Geral	
<i>Bacillus amylo-</i> <i>quefaciens</i>	Lumialza	Sumitomo	SC	TS	$6,1 \times 10^{10}$
<i>Paecilomyces</i> <i>Lilacinus</i>	MNG-0214	Moneogene	SL	Geral	1×10^5 UFC/mL
<i>Bacillus amylo-</i> <i>quefaciens</i>	Nema III	Biovalens	SC		3×10^9
<i>Bacillus amylo-</i> <i>quefaciens</i>	Nemacontrol	Simbiose	SC	TS	5×10^9
<i>Bacillus amylo-</i> <i>quefaciens</i>	Nemacontrol Super	Simbiose			5×10^9
<i>Paecilomyces</i>	Nemat	Ballagro			

<i>Lilacinus</i>					
<i>Paecilomyces</i>	Nemokill	Moneogene			
<i>Lilacinus</i>					
<i>Paecilomyces</i>	Nettus	Ballagro			
<i>Lilacinus</i>					
<i>Bacillus amylo-</i> <i>quefaciens</i>	No-Nema	Biovalens	SC	Geral	3×10^9
<i>Bacillus firmus</i>	Oleaje Prime	Basf	SC	TS	4×10^9
<i>Bacillus methylo-</i> <i>trophicus</i>	Onix	Lallemand			1×10^9
<i>B. methylotrophi-</i> <i>cus isolado</i>	Onix OG	Lallemand			1×10^9
UFPDA20*					
<i>Bacillus licheni-</i> <i>formis</i> + <i>B. subti-</i> <i>lis</i>	Presence	FMC	WP	TS	3×10^{11}
<i>Bacillus licheni-</i> <i>formis</i> + <i>B. sub-</i> <i>tillis</i> + <i>Pae-</i> <i>cilomyces lilaci-</i> <i>nus</i>	Profix	Agrivalle			1×10^{10}
<i>Bacillus licheni-</i> <i>formis</i> + <i>Bacillus</i> <i>subtilis</i> + <i>Pae-</i> <i>cilomyces</i>	Profix A	Agrivalle			1×10^{10}
<i>Bacillus licheni-</i> <i>formis</i> + <i>Bacillus</i> <i>subtilis</i> + <i>Pae-</i> <i>cilomyces</i>	Profix B	Agrivalle			1×10^{10}
<i>Bacillus licheni-</i> <i>formis</i> + <i>Bacillus</i> <i>subtilis</i> + <i>Pae-</i> <i>cilomyces</i>	Profix C	Agrivalle			1×10^{10}

<i>Paecilomyces</i>	Purpureonyd	TZ Biotech			
<i>Lilacinus</i>					
<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>B. subtilis</i>	Quartzo®	FMC	WP	Geral	1×10^{11}
<i>Bacillus subtilis</i>	Rizos	Lallemand	SC	TS/AF	3×10^9
<i>Bacillus subtilis</i> isolado UFPE-DA764	Rizos OG	Lallemand	SC	TS	
<i>Pochonia</i>	Rizotec	Risoflora	PW	TS	$5,2 \times 10^7$ clamidósporos/g
<i>Chlamydosporia</i>					
<i>Bacillus subtilis</i>	Subt	Biovalens		TS	
<i>Trichoderma harzianum</i>	Trianum DS	Koopert	WG	Geral	1×10^8
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Trunemco	Sumitomo	SC	TS	1×10^{10}
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Veraneio	Koopert	WP	TS	1×10^{10}
<i>Bacillus firmus</i>	Votivo Prime	Basf	SC	TS	4×10^9
<i>Bacillus subtilis</i>	Vult	Biotrop	SC	Geral	$1,9 \times 10^{12}$

Fonte: (Agrofit, 2020)