



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS URUÇUÍ
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

PAULO GUSTAVO DO NASCIMENTO BARROS

ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE FITONEMATOIDES NO CULTIVO DA SOJA:
DESAFIOS E SOLUÇÕES

URUÇUÍ
2023

PAULO GUSTAVO DO NASCIMENTO BARROS

ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE FITONEMATOIDES NO CULTIVO DA SOJA:
DESAFIOS E SOLUÇÕES

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado na disciplina de TCC do Curso de
Bacharelado em Engenharia Agrônoma do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí. *Campus Uruçuí.*

Orientador: Prof(a). Dr. Matheus Silva e Silva

URUÇUÍ

2023

RESUMO

A soja (*Glycine max*) é cultivada global e nacionalmente, com recorde de produção no Brasil em 2022/2023: 154,566 milhões de toneladas. Os principais fitonematoides da soja no Brasil são *Meloidogyne spp.*, *Heterodera glycines*, *Pratylenchus brachyurus*, *Rotylenchulus reniformis* e *Aphelenchoides besseyi*. Controlar essas pragas exige estratégias integradas como cultivares resistentes e rotação de culturas. Genótipos resistentes e nematicidas biológicos são essenciais para controlar fitonematoides na soja, reduzindo perdas e contaminação ambiental. Estratégias integradas são necessárias devido à dificuldade de manejo. O estudo utilizou livros, artigos e pesquisas online em bases como Capes, Google Acadêmico e SciELO, focando em fitonematoides na soja, com materiais de 2013 a 2023. A soja é uma planta anual da família Fabaceae, essencial globalmente para rações, óleos e biodiesel, adaptada a temperaturas de 20-30°C. É uma planta anual da família Fabaceae, vital globalmente para a produção de rações animais, óleos e biodiesel, correspondendo a 80% da demanda no Brasil. Com altura média de 60 cm, é autógama e possui cerca de 3 grãos por vagem. O melhoramento genético expandiu seu cultivo em regiões de baixas latitudes, aumentando a produtividade e estabilidade das novas cultivares. Fitonematoides causam crescentes prejuízos à soja, resultando em 10,6% de perdas anuais globais. No Brasil, perdas anuais alcançam R\$ 16,2 bilhões. Dentre as principais dificuldades no manejo estão: serem considerados organismos invisíveis, diversidade de raças, capacidade de dormência e existência de poucas cultivares resistentes no mercado. Assim, os fitonematoides representam um desafio crucial na cultura da soja, exigindo monitoramento, diagnóstico preciso e medidas preventivas eficazes.

Palavras-chave: soja; fitonematoides; produção no Brasil; perdas econômicas e controle integrado.

ABSTRACT

Soybeans (*Glycine max*) are cultivated globally and nationally, with record production in Brazil in 2022/2023: 154.566 million tons. The main soybean phytonematodes in Brazil are *Meloidogyne* spp., *Heterodera glycines*, *Pratylenchus brachyurus*, *Rotylenchulus reniformis* and *Aphelenchoides besseyi*. Controlling these pests requires integrated strategies such as resistant cultivars and crop rotation. Resistant genotypes and biological nematicides are essential to control phytonematodes in soybeans, reducing losses and environmental contamination. Integrated strategies are necessary due to the difficulty of management. The study used books, articles and online searches in bases such as Capes, Google Scholar and SciELO, focusing on phytonematodes in soybeans, with materials from 2013 to 2023. Soybeans are an annual plant from the Fabaceae family, essential globally for feed, oils and biodiesel, adapted to temperatures of 20-30°C. It is an annual plant from the Fabaceae family, vital globally for the production of animal feed, oils and biodiesel, corresponding to 80% of demand in Brazil. With an average height of 60 cm, it is autogamous and has around 3 grains per pod. Genetic improvement expanded its cultivation in low latitude regions, increasing the productivity and stability of new cultivars. Phytonematodes cause increasing damage to soybeans, resulting in 10.6% of global annual losses. In Brazil, annual losses reach R\$16.2 billion. Among the main difficulties in management are: being considered invisible organisms, diversity of races, dormancy capacity and existence of few resistant cultivars on the market. Thus, phytonematodes represent a crucial challenge in soybean cultivation, requiring monitoring, accurate diagnosis and effective preventive measures.

Keywords: soybean; phytoparasitic nematodes; production in Brazil; economic losses; integrated control.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. METODOLOGIA.....	7
3. REFERENCIAL TEÓRICO	8
3.2 NEMATOIDES FITOPARASITAS	9
3.3 PRINCIPAIS ESPÉCIES DE FITONEMATOIDES ASSOCIADOS A CULTURA DA SOJA.....	11
3.3.1 NEMATOIDES DAS GALHAS (<i>MELOIDOGYNE SPP.</i>)	11
3.3.2 NEMATOIDE DAS LESÕES (<i>PRATYLENCHUS SPP.</i>).....	12
3.3.3 NEMATOIDE DO CISTO (<i>HETERODERA SPP.</i>)	13
3.3.4 NEMATOIDE RENIFORME (<i>ROTYLENCHULUS RENIFORMIS</i>)	14
3.3.5 <u>APHELENCHOIDES BESSEYI</u>	15
3.4 MANEJO DE FITONEMATOIDES NA CULTURA DA SOJA.....	16
3.4.1 CONTROLE QUÍMICO	16
3.4.2 CONTROLE BIOLÓGICO	17
3.4.3 CONTROLE CULTURAL	19
3.4.4 CONTROLE GENÉTICO	19
3.4.5 OUTROS CONTROLES	20
3.5. PREJUÍZOS CAUSADOS PELOS FITONEMATOIDES.....	21
3.6 PRINCIPAIS ENTRAVES NO MANEJO DE FITONEMATOIDES.....	22
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais matérias-primas do mundo, exercendo grande relevância na economia mundial e nacional. Sendo mundialmente cultivada na safra 2022/2023, em uma expansão territorial de 136,029 milhões hectares com uma produção de 369,029 milhões de toneladas. No Brasil, nesta mesma safra, a área utilizada é de 44.062,6 milhões de hectares, resultando na produção de 154.566,3 milhões de toneladas. Sendo este o recorde nacional, com a produção de 23,1% a mais que a safra 2021/2022 (FAVORETO et al.,2019; EMBRAPA, 2023; CONAB, 2023).

Com o avanço do melhoramento genético o cultivo da soja se expandiu por diferentes regiões do Brasil, destacando-se até mesmo em regiões de baixas altitudes onde o seu cultivo não era favorável (ALMEIDA et al.,2016). Porém, devido a sua produção em larga escala, predominante em sucessão soja/milho predispôs a cultura ao ataque de diversos organismos, como os fitonematoides que ganham destaque no cenário nacional sendo um dos grandes problemas fitossanitários limitantes da produtividade (DAGHER; ARAÚJO, 2022).

Em uma pesquisa realizada pela Syngenta, em parceria com a consultoria Agroconsult e a sociedade brasileira de nematologia revelaram dados alarmantes sobre prejuízos ocasionados por fitonematoides. Em que se estimou a perda de R\$ 65 bilhões em decorrência do ataque desse patógeno em diversos cultivos. Sendo somente na cultura da soja o prejuízo é estimado em R\$ 27,7 bilhões, significando que a cada 10 safras cultivadas, dessa oleaginosa, uma inteira é perdida para os nematoides (SYNGENTA, 2022).

No Brasil, os fitonematoides de maior ocorrência na cultura da soja são os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.), o de cisto (*Heterodera glycines*), o das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) e o nematoide-reniforme (*Rotylenchulus reniformis*). Os nematoides das galhas, por serem altamente polípagos e apresentarem diversas espécies tornam-se o gênero de maior impacto produtivo na cultura. Assim, diversos danos são ocasionados na planta prejudicando a absorção e translocação de nutrientes, predispõe a planta a estresse hídrico, altera a fisiologia além de atuar como transmissor de outros patógenos (ALMEIDA et al.,2016).

Assim, estratégias de controle precisam ser adotadas para a redução

populacional de fitonematoides, afim de propiciar um melhor desenvolvimento das culturas a campo. Dentre as principais estratégias, estão o uso de cultivares resistentes, rotação de culturas, aqueixe, controle químico e biológico. Sendo importante a adoção de um manejo integrado, pois nenhum método consegue a erradicação completa dos nematoides (DAGHER; ARAÚJO, 2022; TAVARES, 2023).

A utilização de genótipos resistentes tem sido apontada como um manejo indispensável para o controle de fitonematoides, afim de se evitar perdas de rendimento da soja. Uma cultivar resistente deve ocorrer o detrimento do parasita, impedindo a penetração, o desenvolvimento e a reprodução no interior do tecido vegetal (BRAGANTE, BRAGANTE, 2012). Apresentando como vantagem a redução do risco de contaminação do ambiente, supressão da reprodução dos nematoides e custo de semente semelhante as das cultivares susceptíveis (KIRSCH et al., 2019; TEIXEIRA, 2013).

O uso de nematicidas biológicos também ganha destaque como uma estratégia importante no manejo integrado de pragas, sendo considerado um método de grande potencial e promissor. Possuindo diversas vantagens, como a sua eficiência, possui um longo período de ação, não possui toxicidade, sendo está uma grande desvantagem dos nematicidas químicos e pode ser associado a outros métodos (ALCEBÍADES et al., 2019).

Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo realizar uma revisão de literatura sobre os desafios de manejo de fitonematoides na cultura da soja. Uma vez que a adoção de estratégias de manejo tem sido uma tarefa difícil (CORREIA et al., 2017).

2. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido por meio de consultas em livros e em artigos publicados, associado a pesquisas on-line por meio da base de dados do portal de periódicos Capes, Google Acadêmico e scielo, a fim de promover maior enriquecimento literário. Na pesquisa foram empregados termos como nematoides fitopatogênicos, controle de nematoides, gêneros de nematoides que causam prejuízos na soja, manejo de fitonematoides, prejuízos de fitonematoides na soja e desafios no controle de fitonematoides. Foram utilizados prioritariamente materiais publicados entre os anos de 2013 a 2023, priorizando publicações que se referiam aos principais gêneros de fitonematoides na soja de interesse econômico.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA SOJA

A soja *Glycine max* (L.) Merrill, é uma planta anual, pertencente à família Fabaceae, é uma dicotiledônea, de reprodução autógama, altura média de 60 cm, possuindo em média 3 grãos por vagem. Sendo a oleaginosa mais importante em nível global, sendo amplamente utilizada para a produção de rações animais, óleos e diversos subprodutos. Assim, contribuindo para a economia mundial e nacional (PICOLLI, 2018; FREZATO et al., 2021; OLIVEIRA, 2023).

A sua exploração para a extração do farelo de soja e produção de rações animais, se deve ao alto teor de óleo (cerca de 20%) e proteínas (cerca de 40%), bem como sua utilização para a produção de biodiesel, correspondendo a cerca de 80% da demanda total da sua fabricação no Brasil. Devido sua importância, houve uma expansão e a abertura da nova fronteira agrícola, chamada de MATOPIBA- Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia (SPONCHIADO, 2022).

Quanto as condições climáticas, a cultura da soja se adapta melhor em áreas onde as temperaturas variam entre 20°C e 30°C, sendo que a temperatura ótima para o seu crescimento fica em torno de 30°C. Não é recomendável a semeadura da soja quando a temperatura do solo estiver inferior a 20°C, pois isso prejudicaria a germinação e a emergência das plantas. A janela ideal de temperatura do solo para o plantio da soja fica entre 20°C e 30°C, e a temperatura de 25°C é considerada a ideal para uma germinação rápida e uniforme (HABITZREITER, 2021).

Os estádios fenológicos da soja incluem vegetativos (Vn) e reprodutivos (Rn). O estágio vegetativo começa com VE, indicando uma planta recém-emergida, e passa por VC, quando os cotilédones estão completamente abertos. Os estádios vegetativos são numerados sequencialmente em V1, V2, V3, etc., onde n representa o número de nós acima do cotilédone com folha desenvolvida. O estágio reprodutivo é indicado por R1 a R8, representando florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento do grão (R5 e R6) e maturação da planta (R7 e R8), respectivamente (NEUMAIER et al., 2020).

Com o melhoramento genético o cultivo da soja se expandiu pelas regiões de baixas latitudes, por meio do desenvolvimento de cultivares com adaptação melhor, com o acréscimo de genes que atrasam o florescimento mesmo com o foto período indutor, conferindo a característica de juvenil longo. Assim, as novas cultivares

apresentam alta estabilidade e adaptabilidade, apresentando alta produtividade para as regiões produtoras no território brasileiro (FREITAS, 2011).

3.2 NEMATOIDES FITOPARASITAS

Os nematoides formam o grupo mais abundante de animais multicelulares no mundo, possuindo cerca de um milhão de espécies (LOPES, 2015). São vermes cilíndricos, que possuem um formato corporal filiforme, organismos aquáticos que podem ser encontrados no oceano, mar, corpos de água doce, no solo e em diversos ambientes naturais que possuem a umidade adequada para sua sobrevivência. No solo, os nematoides estão presentes nas partículas de água presentes nos poros, possuindo mecanismos que ajudam a tolerar perdas de água e a preservar seus fluidos mesmo quando expostos a condições adversas. São seres microscópicos medindo 0,2 a 3 mm de comprimento (SILVA, 2023; SILVA, 2017).

Conforme Ferraz e Brown (2016), os nematoides podem ser divididos em 3 grupos de acordo com o seu hábito alimentar, sendo estes: os de vida livre, zooparasitas e os fitoparasitas. Os nematoides de vida livre se alimentam de organismos microscópicos como bactérias, fungos, algas e de outros nematoides. Os zooparasitas, se utilizam de animais vertebrados ou invertebrados como hospedeiros. Já os fitoparasitas, são os responsáveis por parasitar plantas e causar prejuízos a agricultura.

Segundo Silva (2023) a reprodução dos nematoides pode ocorrer de forma assexuada, sexuada e por partenogênese. As fêmeas estão sempre presentes, em quantidade igual ou superior do que as dos machos. Nos gêneros que o macho é raro ou inexistente, a reprodução ocorre por partenogênese, sem a fertilização dos ovos. A quantidade de ovos produzidos varia de acordo com a espécie e as condições ambientais. Nematoides com a reprodução sexuada tem a capacidade de gerar gerações mais resistentes.

Uma das principais estruturas dos nematoides é o estilete labial, estrutura utilizada para inserir substâncias tóxicas e para sucção do conteúdo celular, impedindo processos fisiológicos das plantas como absorver e translocar água e nutrientes. Alguns se mantêm sua relação parasitária com o hospedeiro apenas introduzindo o estilete no tecido vegetal, outros introduzem junto com o estilete uma parte do seu corpo e há aqueles que entram por completo na planta (JUNIOR et al., 2021; JULIATTI, 2015).

Ao atacarem as plantas os nematoides causam danos decorrentes das ações: espoliadora- ocorrendo o consumo do conteúdo das células vegetais retirando nutrientes essenciais, resultando no enfraquecimento e redução do crescimento e vigor; traumática ou mecânica - o movimento interno dos parasitas provoca danos as células e tecidos e tóxica - em que os nematoides injetam toxinas ou enzimas, que interferem nos processos fisiológicos das plantas (COSTA, 2021; MARÇAL,2019).

Conforme descreve Silva (2022) os fitonematoides são parasitas que necessitam de um hospedeiro para se reproduzir e multiplicar, para que seja alcançado níveis populacionais que geram danos ao cultivo. Podendo ser classificados em endoparasitas (migratório ou sedentário), que é quando vivem a maior parte do seu ciclo dentro das raízes, ou ectoparasitas, que é quando sua alimentação ocorre fora da raiz. Os juvenis são atraídos pelos exsudatos que as plantas liberam, para se deslocarem até o tecido radicular (JULIATTI, 2015).

Os nematoides passam por um desenvolvimento gradual até atingirem a maturidade como adulto, sendo dividido o seu ciclo nas fases de ovo, quatro de estádios juvenis (J1,J2,J3,J4) e sua forma adulta. Com o avanço do seu desenvolvimento os fitonematoides passam por 4 mudas ou trocas de tegumentos, conhecidas como ecdises. Conforme o avanço de suas fases, eles continuam a se desenvolver aumentando de tamanho e amadurecendo sexualmente até atingir o estágio adulto (OLIVEIRA, 2023).

Alves (2015) cita que o sintoma mais frequente ao ataque de nematoides nas lavouras é o nanismo de planas, que se manifestam em reboleiras circulares a ovais (figura 1 e 2). Os outros sintomas variam dependendo do tipo de parasitismo do fitonematoides, que influencia diretamente na relação entre o parasita e o hospedeiro, idade e estado fenológico do hospedeiro. Já os sintomas no sistema radicular podem variar desde a formação de galhas até a formação de lesões necróticas, afetando tanto raízes superficiais como as mais profundas. Os sintomas da parte aérea podem ser confundidos com outras causas como a deficiência de nutrientes, ataque de pragas e doenças e deficiência hídrica e compactação do solo (SOUZA,2019).

Dentre os principais fitonematoides do Brasil estão os nematoides das galhas, *Meloidogyne incognita*; *M. javanica* ; *M. arenaria* ; *Heterodera glycines*, também chamado de nematoide do cisto; *Rotylenchulus reniformis*, o nematoide reniforme; o *Pratylenchus brachyurus*, chamado de nematoide das lesões; *Tubixaba tuxaua*, o

gigante dos gigantes ; e *Aphelenchoides besseyi*, que diferentemente das outras espécies, esse nematoide é capaz de parasitar partes aéreas da planta (SANTOS,2016).



Figura 1. Reboleira causada pelo nematoide das galhas.



Figura 2. Reboleira causada pelo nematoide das lesões.

3.3 PRINCIPAIS ESPÉCIES DE FITONEMATOIDES ASSOCIADOS A CULTURA DA SOJA

Os fitonematoides são comuns e representam um sério desafio para a agricultura atual. Em diversas regiões do mundo já foram identificados mais de 50 gêneros e 100 espécies que causam prejuízo a cultura da soja. No Brasil, os principais nematoides que causam impactos ao sojicultor é os nematoides de galhas (*Meloidogyne* spp.), o das lesões (*Pratylenchus brachyurus*), o de cisto (*Heterodera Glycines*), os reniformes (*Rotylenchulus reniformis*) e o *Aphelenchoides Besseyi* (BRIDA et al., 2016; SILVEIRA, 2021; FAVORETO et al., 2019).

3.3.1 NEMATOIDES DAS GALHAS (*MELOIDOGYNE SPP.*)

Os fitonematoides do gênero *Meloidogyne*, correspondem as espécies de maior importância do mundo para diversas culturas, como a soja, milho, algodão, cana-de-açúcar, tomate, goiaba, quiabo, melão, feijão, batata, amendoim e entre outras. Sendo considerados polípagos e cosmopolitas, estando presente em diversas regiões do mundo e atacando uma ampla variedade de culturas (SOUZA et al., 2015).

Segundo Silveira (2021) no Brasil dentre as principais espécies que afetam a cultura da soja, está o *M.incognita* e *M. javanica* que são as que mais causam maiores restrições a produção da cultura no país. Em que o *M.javanica* se encontra amplamente distribuído e o *M. incógnita* predomina em áreas que foram anteriormente cultivada o algodão e o café. Causando danos especialmente em regiões de

temperaturas elevadas que apresentam solos arenosos e com ausência de matéria orgânica no solo (PINHEIRO et al., 2014)

O ciclo de vida dos nematoides das galhas consiste em seis estágios, sendo o ovo, J1, J2, J3, J4 e adulto, completando de 3 a 4 semanas. Quando está ainda dentro do ovo ocorre a primeira ecdise, logo em seguida este juvenil eclode do ovo e se move para o solo em busca de raízes para efetuar a penetração, esta é a fase infectante. Após a penetração, que ocorre por meio da coifa da raiz eles migram até encontrarem um local ideal para sua alimentação (LAMBERT, 2023; AGRIOS, 2005).

Por meio glândulas esofágicas, os nematoides produzem secreções que estimulam a formação de células gigantes que provocam os sintomas das galhas. Os nematoides têm um rápido crescimento e passam por mais ecdises, transformando-se em 3° e 4° estágios juvenis, por fim, alcançam o estágio adulto (AGRIOS, 2005).

No estágio de desenvolvimento adulto, o *meloidogyne* apresenta o dimorfismo sexual. Em que o machos são filiformes e possuem mobilidade, se movimentando de forma no solo. As fêmeas possuem formato salsichoides e sedentárias, se alimentando nas células nutridoras da raiz até o fim da vida. As fêmeas chegam a produzir cerca de 2000 ovos ao longo do ciclo, que são depositados em uma massa de ovos na superfície das galhas. O ciclo de vida dura geralmente de 21 a 30 dias, podendo ser aumentado em períodos de inverno pode ser estendido até 51 dias (VERSSIANI, 2022; AGRIOS, 2005).

Os sintomas são visíveis no campo por meio da presença de reboleiras nas lavouras, devido à baixa mobilidade, onde as plantas ficam amareladas e pequenas. É possível também observar o abortamento das vagens e a morte prematura das plantas. Já nas raízes, encontra-se diferentes tamanhos e números de galhas, essa variação ocorre de acordo com a susceptibilidade da cultivar e a densidade populacional do nematoide no solo. Muitos desses sintomas podem ser confundidos com os de deficiência nutricional (DIAS et al., 2010; LAMBERT, 2023)

3.3.2 NEMATOIDE DAS LESÕES (*PRATYLENCHUS SPP.*)

O nematoide das lesões radiculares tem causado sérios problemas na cultura da soja no Brasil, resultando em perdas de até 50% da produtividade, causando elevado impactos econômicos. Dentre as 68 espécies descritas desse gênero, o *Pratylenchus brachyurus* é a única que se destaca como relevante e significativa em relação à soja. Possuindo um hábito alimentar polífago, podendo sobreviver e se multiplicar em diversas espécies (DEBIASE et al., 2016; COELHO, MARTINS, MIRANDA, 2021;

KASHIWAQUI,2021).

Conforme descreve Favoreto et al. (2019), o ataque do *Pratylenchus* forma lesões nos sistemas radiculares das plantas hospedeiras, as quais são utilizadas por fungos e bactérias como porta de entrada, resultando na formação de necroses e podridão radicular, que são os sintomas típico deste gênero. Sendo considerado um endoparasita migrador, no qual ao atacar as raízes se alimentam dos conteúdos citoplasmáticos e causam lesões devido a sua movimentação, resultando na morte das células do sistema radicular (MACHADO, 2019).

Com a necrose das raízes, principalmente nas radículas as plantas tem uma redução na absorção de água e nutrientes, sendo refletido no baixo desenvolvimento da parte aérea da planta ocasionando uma redução da produtividade da cultura (FREITAS et al., 2019). A reprodução ocorre por meio da partenogênese, em que os machos são raríssimos e sua população é formada quase que em sua totalidade por fêmeas e juvenis. A oviposição das fêmeas ao longo varia de 80 a 150 ovos ao longo do seu ciclo (SCHMITT, 2015; KASHIWAQUI,2021)

O ciclo de vida do *Pratylenchus* é simples e relativamente rápido, durando de 3 a 4 semanas, ocorrendo múltiplas gerações em uma única safra da cultura hospedeira. No início da cultura é detectado altas populações nas raízes infectadas, entretanto, essas populações reduzem drasticamente principalmente na ausência de uma cultura hospedeira (ROTONDANO, 2021). As oscilações de população desses fitoparasitas é determinada pelas interações com a planta hospedeira, pela textura do solo, umidade, pH do solo e pela presença de outros microrganismos (KASHIWAQUI,2021). Conforme Grigolli e Asmus (2014) esses fitonematoides podem sobreviver por até

20 a 22 meses, quando o solo esta em pousio e contém apenas fragmentos de raízes e por até 7 meses na ausência total de raízes. Além disso, se tem também registros de sua sobrevivência em partes vegetais, como na casca de amendoim por até 28 meses.

3.3.3 NEMATOIDE DO CISTO (*HETERODERA SPP.*)

O nematoide do cisto foi relatado pela primeira vez no Japão, em 1915, sendo nomeado inicialmente por “nanico amarelo” (JULIATTI, 2015). Posteriormente, foi detectado em 1954 pela primeira vez nos Estados Unidos, e na Colômbia em 1983. No Brasil, o seu primeiro relato surgiu a partir da safra 1991/1992 nos estados de Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (SILVA,2021; DA COSTA,2021).

O nematoide de cisto é uma séria ameaça a produção de soja no mundo

(FAVORETO et al., 2019). Marçal (2019) cita o *Heterodera glycines* como o de segunda maior importância em lavouras de soja a nível mundial. Quando presentes com população elevada, a perda da produtividade de grão pode chegar a 90%, dependendo do grau de infestação, raça do nematoide, susceptibilidade da cultivar e fertilidade do solo (BARBOSA,2020; SILVA,2021).

Santos (2016) destaca que esses nematoides são chamados de “cistos” devido as fêmeas possuírem um mecanismo de sobrevivência e disseminação característico do gênero *Heterodera*, em que quando mortas ficam com a parede do corpo enrijecida e com coloração marrom escura, cheia de ovos, com alta resistência a deterioração, ao calor e a dessecação. Cada fêmea pode produzir em média 200 ovos, que sem o hospedeiro, podem permanecer viáveis por até 8 anos no solo. Sendo assim, o cisto é um fator que torna difícil a eliminação deste patógeno do solo (WEIS; SCPOEL; GABRIEL, 2022; MENDES, 2017; JULIATTI, 2015).

A forma de reprodução do heterodera é por meio da anfimixia, ou seja, fecundação cruzada (SANTOS,2016). O que justifica a alta variabilidade genética do *H. glycines*, contribuindo para a diminuição da vida útil das cultivares resistentes. Mundialmente existem 15 raças dessa espécie, sendo 11 raças encontradas no Brasil (1, 2, 3, 4, 4+, 5, 6, 9, 10, 14 e 14+). Sendo importante a correta identificação de cada raça, para que seja evitado o aumento de sua população e variabilidade genética (SILVA, 2021; SILVA,2022).

Os principais sintomas desse gênero são as reboleiras com plantas de tamanho reduzido, folhas cloróticas, abortamento de vagens e flores, destruição da raiz e haste com coloração verde ao final do ciclo. Os sinais visíveis na planta podem ser visualizados com 35 dias após o plantio, com as fêmeas no sistema radicular, como formato de um limão ligeiramente alongado de coloração branca a amarelada. Podendo ser observadas com segurança com uma lupa de bolso (FERREIRA,2019; MENDES,2017).

3.3.4 NEMATOIDE RENIFORME (*ROTYLENCHULUS RENIFORMIS*)

O gênero *Rotylenchulus* é composto por onze espécies, sendo algumas cosmopolitas e possui uma ampla gama de plantas hospedeiras (LIRA et al., 2018). Oliveira (2023) cita que dentre os nematoides deste gênero, o *Rotylenchulus reniformis*, se destaca como o mais importante economicamente. Também conhecido como nematoide reniforme, o nome “reniforme” foi dado devido ao formato que a fêmea possui de rim. Sendo de grande importância comercial podendo atacar mais de

160 espécies de hospedeiros, dentre eles a soja (PEREIRA, 2023; COSTA NETO, 2023).

A reprodução do *Rotylenchulus reniformis*, se dá por anfigimixia, os machos são muito comum e aparecem junto as fêmeas maduras nas raízes, no meio dos ovos. Seu ciclo dura de 2,5 a 4 semanas e diferentemente dos outros nematoides, seu estágio infectante não é o J2, mas a fêmea adulta sexualmente imatura. As fêmeas são ectoparasitas sedentárias, que quando maduras depositam de 50 a 120 ovos numa matriz gelatinosa, que recobrem todo o corpo do nematoide, que fica exposto no solo (GABIA,2017; LIRA et.,2018; SOUTO, 2020).

O ciclo de vida do *Rotylenchulus reniformis* é dividido em quatro fases juvenis, seguida pela fase adulta: J1, aqui o nematoide sofre sua primeira ecdise, dentro do ovo; J2, ocorre a eclosão e o nematoide migra para o solo; J3 e J4, os nematoides imaturos e não se alimentam; e na fase adulta, na qual se inicia reprodução (LIRA et., 2018). Os indivíduos machos permanecem vermiforme ao longo do ciclo e não se alimentam. Já as fêmeas ao encontrar as plantas hospedeiras, penetram nas raízes iniciando a formação de células nutridoras, estabelecendo um sítio de alimentação permanente (OLIVEIRA,2023).

Conforme Gabia (2017) áreas produtoras de soja com o ataque do nematoide reniforme, apresentam plantas de tamanhos desuniformes, assemelhando-se a problemas de compactação do solo e deficiência nutricional. Diferentemente de outros gêneros de nematoides, como o *meloidigyne sp.*, o *Rotylenchulus* não provoca alterações visíveis nas raízes das plantas. Entretanto, devido a natureza parasitária as plantas atacadas podem apresentar redução no sistema radicular (OLIVEIRA,2023; SILVA,2022).

3.3.5 APHELENCHOIDES BESSEYI

O nematoide *Aphelenchoides besseyi*, também conhecido como nematoide das hastes verdes da soja, é responsável pela doença chamada Soja Louca II, que tem a capacidade de causar danos graves nas partes aéreas das plantas de soja. Ele não é considerado um nematoide estritamente obrigatório, assim em condições onde não há plantas hospedeiras cultivadas ou invasoras, ele consegue sobreviver no solo alimentando-se de fungos que ali habitam, de forma saprofítica (FAVORETO, MEYER, 2019).

O *A. besseyi* se alimenta tanto dentro quanto fora da parte aérea das plantas. Sua estrutura corporal é cilíndrica e alongada durante todas as fases de seu desenvolvimento. Apresenta estrias distintas na cutícula ao longo do corpo, sem ter uma região labial com estrias. O procorpo é cilíndrico e possui um bulbo esofágico

médio bem definido, com o aparelho valvar refrativo localizado um pouco para trás do centro. Estima-se que o ataque desse fitonematoide diminui a produtividade em até 60%, ocorrendo uma alta taxa de aborto de flores e vagens, clorose, necrose, nanismo e a perda de qualidade dos grãos devido à presença de impurezas(DEIFELD,2021; FAVORETO,2017).

O ciclo de vida de *A. besseyi* dura de oito a doze dias quando a temperatura é adequada para a oviposição e a eclosão dos juvenis, que ocorre em torno de 30 °C. No entanto, o desenvolvimento é interrompido quando as temperaturas caem abaixo de 13 °C. Quanto ao seu manejo, a primeira medida de precaução que os produtores devem tomar é evitar a introdução do nematoide em áreas livres do patógeno. Isso pode ser feito controlando o deslocamento de máquinas e implementos que contenham solo e/ou restos vegetais de áreas infestadas para áreas não contaminadas, e realizando a devida limpeza e desinfestação desses equipamentos ao se moverem entre os diferentes talhões da propriedade.

3.4 MANEJO DE FITONEMATOIDES NA CULTURA DA SOJA

Uma vez identificada a presença de nematoides na área, medidas de controle precisam ser adotadas para o controle. Sabendo que é praticamente impossível eliminar os nematoides de uma área infestada, as medidas de controle visam a diminuição da população inicial e da capacidade infectiva, buscando evitar a introdução, disseminação e seleção de espécies ou raças. (PERINA et al., 2015).

Sendo considerado um manejo complexo, a melhor estratégia é sempre a prevenção, pois é o princípio mais importante e a melhor linha de defesa para o controle de desses fitoparasitas. Dentre as principais estratégias utilizadas estão: controle químico; controle biológico; controle cultural, com a rotação de culturas e controle genético com a utilização de cultivares resistentes ou com baixo fator de reprodução. Deve ser realizado uma análise criteriosa, para a determinação da viabilidade de implementação das táticas de manejo (MENDES,2020; MARÇAL,2019; SILVA et al.,).

3.4.1 CONTROLE QUÍMICO

Balardin (2019) cita que o controle químico é uma estratégia comum aos agricultores, seja por tratamento de sementes ou na aplicação por sulco. Ambas têm a capacidade de reduzir significativamente a população de nematoides da área. Entretanto, a aplicação via sulco vem sendo criticada por causar problemas ambientais, assim, a aplicação via semente é mais indicada, buscando reduzir problemas ambientais. O tratamento de semente é indicado no manejo inicial de pragas e doenças sendo uma solução eficiente para este problema, representando

0,5% no custo da implantação de lavoura (BORTOLINI et al., 2013).

De acordo com Marçal (2019) os nematicidas químicos sistêmicos têm capacidade de matar nematoides que se encontram alojados no sistema radicular. Enquanto isso, os nematicidas de contato afetam o sistema nervoso, causando desorientação ou convulsões nos fitoparasitas. Podendo ser divididos em duas classes: fumigantes e não fumigantes. Os fumigantes são tóxicos e difíceis de usar em grandes áreas. Os não fumigantes têm um espectro de ação mais limitado contra organismos do solo e podem ser eficazes em menores quantidades (ARAÚJO, 2018). No Brasil, há seis substâncias químicas eficazes na redução de populações de nematoides em cultivos de soja e milho, que são abamectina, fluensulfona, tiodicarbe, cadusafós, fluopyram e a combinação de tiofanato-metílico com fluazinam (ROSA,2020). Carbamatos e organofosforados, como o cadusafós, agem como nematicidas inibindo a enzima acetilcolinesterase. A maioria dessas substâncias é categorizada como extremamente tóxica (classe toxicológica I) e altamente perigosa para o ambiente (classe toxicológica II). Sendo assim, crucial empregar essas substâncias de maneira racional e cuidadosa a fim de prevenir contaminações e intoxicações (ROTONDANO,2021).

Em um estudo realizado por Guarnieri (2018) ele testou a eficácia dos nematicidas químicos tiodicarbe e cadusafós usados em tratamentos de sementes e/ou aplicados em sulcos no controle dos nematoides de *Meloidogyne incognita*, *Heterodera glycines* e *Pratylenchus brachyurus* na cultura de soja. O uso dos herbicidas separados foram eficazes para o controle dos fitonematoides, mas não acres porem não houve incremento na produtividade. Entretanto, com o uso dos produtos em tratamento de sementes e aplicação via sulco houve incremento na produtividade.

3.4.2 CONTROLE BIOLÓGICO

De acordo com Favoreto et al. (2019) o controle biológico é um dos métodos que mais avançaram nas últimas safras, tendo como uma das principais vantagens a capacidade dos microrganismos em combater várias espécies de nematoides, sendo uma forma de controle abrangente. Existem mais de 200 inimigos naturais de fitonematoides, como fungos, bactérias, nematoides predadores, ácaros e entre outros (MENDES, 2020). É uma estratégia que vem demonstrando bons resultados, consistindo na principalmente na utilização de fungos e bactérias, que reduzem a eclosão de ovos e a atratividade das raízes (LAMBERT, 2023; BARBOSA,2020).

Araújo (2016) destaca que o uso dos agroquímicos vem sendo criticada devido

a alta toxicidade para humanos e para a microbiota do solo, além do uso de forma indiscriminada sem a utilização da rotatividade de mecanismos de ação o que tem provocado uma mudança nas pessoas quanto a utilização desses produtos. Assim, esses fatores tem impulsionado a busca por agentes de controle biológicos que são produtos mais baratos, de fácil aplicação, não afetam o meio ambiente e não deixam resíduos (SILVEIRA,2021).

Conforme o Sistema de agrotóxicos fitossanitários (AGROFIT), os principais bionemáticas disponíveis a base de bactéria são o *Bacillus methylothrophicus*, *B. firmus*, *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. velensis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus* e *Pasteuria nishisawae*; ou de fungos do tipo *Purpureocillium lilacinum*, *Pochonia chlamydosporia*, *Trichoderma harzianum* e *T. koningiopsis* (SILVA,2022). Vários estudos apresentam o *Trichoderma* spp, *Pochonia chlamydosporia* e *Paecilomyces lilacinus* como os principais inimigos destas pragas. Esses fungos são tipicamente saprófitos, que podem se desenvolver em matéria orgânica sem depender da existência de ovos de nematoides no solo para sobreviver. Devido a essa qualidade, eles são altamente eficientes para se estabelecer no solo (ARAÚJO,2016).

As rizobactérias do gênero *Bacillus* spp. podem produzir compostos secundários que afetam o ciclo reprodutivo dos nematoides e modificam os exsudatos radiculares, influenciando a interação entre os nematoides e as plantas. Por outro lado, as bactérias do gênero *Pasteuria* são parasitas obrigatórios, com características gram-positivas e a capacidade de formar esporos de resistência. Elas parasitam as formas ativas dos nematoides, impedindo a penetração e reprodução dessas pragas. Além apresentar longa sobrevivência no solo, resistência ao calor e à dessecação, alto potencial de reprodução, não é prejudicial para humanos e outros animais, e é compatível com diversos defensivos, fertilizantes e organismos de controle biológico. (ARAÚJO,2018; MACHADO,2016).

O fungo *Trichoderma harzianum* é utilizado eficazmente no controle de nematoide de cisto e galhas. O *T. harzianum* atuam sobre os ovos e juvenis de nematoides, por meio do aumento de quitinases e proteases, que serve como indicativo da capacidade de infectar os ovos. Outra vantagem na utilização deste fungo é a sua capacidade de ativar o mecanismo de defesa das plantas. O *Paecilomyces lilacinus* é um fungo que infecta nematoides por meio do parasitismo de ovos, reduzindo a eclosão e matando embriões em 5 a 7 dias. Também libera toxinas que afetam o sistema nervoso dos

nematoides, causando deformações no estilete daqueles que sobrevivem. (MENDES,2020; ROSA,2020).

3.4.3 CONTROLE CULTURAL

Uma das principais estratégias de controle cultural é a rotação de culturas. Considerada uma pratica eficiente e economicamente viável, que consiste na utilização de plantas não hospedeiras buscando evitar altos índices de infestação de nematoides (FREITAS,2022). Outra vantagem do controle cultural de nematoides é que os agricultores têm flexibilidade na escolha dos recursos necessários. A utilização desse método depende, sobretudo, do conhecimento disponível e da decisão do agricultor em adotá-lo, ou seja, da existência de informações sobre sua eficácia e da escolha do agricultor em implementá-lo (INMOTO,2016).

O uso de culturas de cobertura, como milho e braquiária, na semeadura direta na palha, tem um impacto significativo na redução dos nematoides fitoparasitas, especialmente no Brasil Central. Essas culturas são estabelecidas após a colheita de soja ou algodão e, em alguns casos, são consorciadas com milho-safrinha. O milho é altamente resistente a *H. glycines* e *R. reniformis*, mas moderadamente resistente a

P. brachyurus, enquanto a maioria das cultivares de milho é suscetível a *M. javanica* e *M. incógnita* (INOMOTO; ASMUS,2013).

Na cultura da soja é muito utilizado espécies como *Crotalaria spectabilis*, *C. grantiana*, *C. mucronata*, *C. paulinea*, mucuna preta, mucuna cinza ou nabo forrageiro para a redução da população do *meloidogyne* spp. (GRIGOLLI; ASMUS,2014). Conforme Melo (2019) plantas como a Crotalaria são consideradas plantas antagonistas, o que significa que elas produzem compostos anti-helmínticos. Já as plantas antagônicas são aquelas que reduzem a população de nematoides no solo. Elas contêm substâncias nematicidas em seus tecidos, que podem ser liberadas no ambiente externo ou agir apenas no interior das próprias plantas. Sendo eficiente para a redução da população de nematoides (MIRANDA,2021).

3.4.4 CONTROLE GENÉTICO

Atualmente, a busca pela resistência genética das plantas ao parasitismo de fitonematoides é altamente valorizada devido a ser uma abordagem que não causa impactos ambientais negativos e se integra facilmente a outras práticas de manejo. Quando uma planta é considerada intolerante, ela impede ativamente o fitonematoide de parasitá-la. Em contrapartida, a tolerância com crescimento limitado permite o

desenvolvimento limitado do nematoide na planta. Geralmente são classificadas em cultivares resistentes, moderadamente resistentes ou de baixo fator de multiplicação (TEJO,2020; FAVORETO et al.,2019).

Em áreas com índice de infestação, o método de manejo por meio da utilização de cultivares resistentes se apresenta como um método acessível aos produtores e que não polui o ambiente. Assim, a utilização da resistência genética é uma das principais ferramentas que o produtor pode utilizar, garantindo o manejo da safra e a redução de gastos com insumos. Entretanto, a utilização deste método requer anos de pesquisa e experimentos de campo, podendo ainda ser recomendações restritas a determinadas regiões (VERSSIANI, 2022; TEXEIRA, 2013).

Atualmente, existem aproximadamente 80 cultivares de soja com diferentes níveis de resistência aos nematoides-das-galhas disponíveis no Brasil. Todas essas variedades têm sua origem em uma única fonte de resistência, a cultivar norte-americana Bragg. Devido aos níveis não muito elevados de resistência nessas cultivares, em situações de alta infestação do nematoide, é recomendado que os agricultores realizem rotação de culturas com plantas não hospedeiras antes de semear uma cultivar resistente (JUHÁSZ et al., 2013).

Em um trabalho desenvolvido por Belle et al. (2017) Foram examinadas catorze variedades de soja (BMX Apolo RR, BMX Ativa RR, BMX Magna RR, BMX Potência RR, BMX Turbo RR, BRS 243 RR, BRS 255 RR, FPS Júpiter RR, FPS Urano RR, NA 5909 RR, NS 5959 RR, NS 6211 RR, TEC 5833 IPRO e TEC 6029 IPRO) quanto à sua resposta ao nematoide *P. brachyurus*. A maioria das variedades analisadas mostrou-se suscetível, no entanto, as cultivares TEC 6029 IPRO e NS 6211 RR exibiram resistência a esse nematoide.

3.4.5 OUTROS CONTROLES

O controle físico para fitonematoides é comum, entretanto, limita-se a pequenas escalas. Sendo a solarização a mais popular, essa técnica consiste em cobrir o solo com plástico transparente para aumentar a temperatura, eliminando microrganismos e plantas indesejadas. O aumento de temperatura prejudica a eclosão e a sobrevivência de fitonematoides, levando à morte por ressecamento. A eficácia é melhorada com o uso de implementos que revolvem o solo. Outra forma desse tipo de controle é por autoclavagem que é eficaz na erradicação de nematoides e microbiota do solo devido à alta temperatura e pressão. Entretanto é destinada para experimentos em vasos em casa de vegetação (SILVA,2022).

A adição de matéria orgânica é uma importante ferramenta no controle de fitonematoides, uma vez que é atribuído a esta prática diversos efeitos na supressão da populacional de nematoides. Pois qualquer adição de esterco e palhadas favorecem a multiplicação de inimigos naturais como as bactérias e fungos antagonistas. Além disso, ocorre a emissão de substâncias químicas tóxicas com propriedades nematológicas, como o ácido butírico e ácidos graxos voláteis (DA COSTA,2021).

Em um estudo conduzido por Rotondano (2021) sobre a adubação potássica na cultura da soja, foram testadas metade da dose recomendada e o dobro da dose de adubação potássica. Os resultados indicaram que ambos os tratamentos foram eficazes no controle da população de *P. brachyurus*. Isso evidencia a importância do potássio na nutrição das plantas, fortalecendo-as e reduzindo doenças ao aumentar a resistência contra patógenos. O potássio também contribui para o espessamento da parede celular, rigidez nos tecidos, regulação dos estômatos e aceleração da recuperação de tecidos danificados.

Ressalta-se, entretanto que abordagem fundamental para lidar com fitonematoides é a prevenção, através da exclusão, já que uma vez estabelecidos na área, sua completa eliminação é quase impossível. Entre as precauções preventivas, está a necessidade de desinfetar máquinas e equipamentos agrícolas que possam transportar nematoides, junto com partículas de solo presas aos pneus e outras partes do maquinário, para áreas de cultivo não afetadas. É crucial o plantio de mudas e sementes isentas de nematoides fitoparasitas em solos não contaminados para evitar a entrada desses patógenos na lavoura, reduzindo significativamente o risco de sua introdução (REIS,2017; EMBRAPA,2022).

3.5. PREJUÍZOS CAUSADOS PELOS FITONEMATOIDES

É notável os prejuízos crescentes que os fitonematoides tem causado nas lavouras, sendo um dos principais problemas fitossanitários, podendo até mesmo tornar áreas inviáveis para o cultivo (DAGHER; ARAÚJO, 2022). É estimado que fitonematoides sejam responsáveis por cerca de 10,6% das perdas anuais na produção global de soja. No contexto brasileiro, as perdas anuais de todas as culturas afetadas por nematoides são estimadas em R\$ 35 bilhões, sendo R\$ 16,2 bilhões atribuídos especificamente à soja (DA SILVA,2022).

Em alguns casos as perdas por fitonematoides podem chegar a 100% (MARÇAL,2019). Segundo Da Silveira (2021) as espécies *M. incógnita* e *M. Javanica*

são as que mais causam danos do gênero *Meloidogyne spp.*, na produção de soja no Brasil com perdas chegando a 40%, em solos arenosos e de baixa fertilidade. O nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) tem ocasionado impactos econômicos significativos na produção de soja no Brasil, especialmente na região Centro-Oeste, onde as perdas de produtividade podem chegar a 50% (COELHO; MARTINS; MIRANDA,2021).

Em elevada densidade populacional, o nematoide *H. glycines* pode resultar em significativas reduções na produtividade de grãos, chegando a causar perdas que variam de 90 a 100%. No entanto, a extensão desses danos depende de vários fatores, incluindo o nível de infestação, a fertilidade e manejo do solo, a raça específica do nematoide e a suscetibilidade da variedade de soja cultivada. Em 1998, o nematoide *H. glycines* resultou em uma perda de aproximadamente 8,9 milhões de toneladas de soja nos dez principais países produtores(DA SILVA,2021).

3.6 PRINCIPAIS ENTRAVES NO MANEJO DE FITONEMATOIDES

O manejo de fitonematoides é um grande desafio para os produtores rurais pois a sua erradicação é impossível (SANTOS,2016; JULIATTI,2015). São patógenos difíceis de controlar e afetam uma ampla espécies de plantas. Por serem pequenos, com tamanho variando de 0,2 a 3 mm, os nematoides, muitas vezes chamados de "inimigos invisíveis das plantas", e pela ausência de sintomas visíveis, frequentemente passam despercebidos pelos agricultores, mesmo os mais experientes. Essa falta de detecção gera desconfiança quanto ao diagnóstico, levando ao aumento da população de nematoides e, conseqüentemente, resultando em perdas nas colheitas. (COLTRO-RONCATO,2015).

No Brasil, há várias variedades de soja disponíveis no mercado que têm resistência ao nematoide-dos-cistos. No entanto, essa resistência é direcionada para raças específicas desse parasita. Em muitas regiões onde a soja é cultivada, diferentes raças de nematoide-dos-cistos coexistem, o que pode tornar a proteção das plantas mais desafiadora, já que a resistência das variedades pode não ser eficaz contra todas as raças de nematoides presentes (DA COSTA,2021; GRIGOLLI; ASMUS,2014). Na cultura da soja a maioria das cultivares resistentes tem como o foco principal o controle dos nematoides dos cistos, os quais apresenta resultados eficazes e seguros. Entretanto, a variabilidade genética desses, exige a correta identificação da espécie e raça presente (FAVORETO et al.,2019).

Quando se trata de controle biológico, um aspecto crítico é a produção interna.

Essa prática envolve vários riscos, uma vez que não há garantia de qualidade e controle na multiplicação do organismo desejado. Isso pode resultar na disseminação de microrganismos prejudiciais à saúde humana ou animal, de microrganismos fitopatogênico ou de cepas que não são eficazes no combate aos nematoides (FAVORETO et al.,2019).

Dentre um dos principais desafios para o controle populacional de fitonematoides do gênero *heterodera glycines*, é devido a sua capacidade de dormência, que permite a duração dos seus ovos por anos, o que dificulta o seu manejo químico (SANTOS,2016). Conforme Dos Santos Seidel (2023) cita que um fator limitante ao manejo de fitonematoides na soja é a dificuldade de acesso a laboratórios de altas tecnologias e especialistas que permitam a sua quantificação e identificação.

A existência de poucas cultivares de soja que possuam resistência ou tolerância ao *Pratylenchus*, dificultam o controle desse fitoparasitas (BELLÉ,2017; ROTONDANO, 2021). Corroborando com essa visão kashiwaqui (2021) cita que o controle genético é uma estratégia limitada devido à dificuldade de encontrar cultivares resistentes. Assim, a principal forma de controle apontada possui limitações.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os danos causados pelos fitonematoides nas lavouras são evidentes e representam um dos principais desafios fitossanitários. Em alguns casos, esses parasitas podem causar impactos tão significativos que tornam determinadas áreas impraticáveis para o cultivo. Assim, estudos sobre os fitonematoides na cultura da soja é uma abordagem crucial tendo em vista o impacto causado por esses parasitas na produtividade e sustentabilidade da cultura.

Além disso, destaca-se a necessidade de monitoramento constante, diagnóstico preciso e a implementação de medidas preventivas para conter a proliferação desses patógenos. A promoção de estudos adicionais, visando a identificação de novas estratégias sustentáveis e inovações no manejo de fitonematoides na soja, é essencial para enfrentar esse desafio em constante evolução.

Assim, a compreensão dos fitonematoides na cultura da soja é vital para mitigar os impactos negativos, promover práticas agrícolas sustentáveis e garantir a segurança e a eficiência na produção dessa importante commodity agrícola.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCEBÍADES, Matheus Lucas et al. UTILIZAÇÃO DE MÉTODO QUÍMICO E BIOLÓGICO NO MANEJO DE *Meloidogyne javanica* NA CULTURA DE SOJA SOB CULTIVO PROTEGIDO. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, v. 16, n. 30, 2019.

ALMEIDA, Fernandes Antonio et al. Reação de cultivares de soja aos nematoides das galhas. *Revista de Ciências Agrárias-Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 59, n. 3, p. 228-234, 2016.

ALVES, Pedro Victor Verlage. Nematoides associados à cultura da soja na região integrada de desenvolvimento do Distrito Federal e entorno-RIDE. 2015. vi, 67 f., il. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ARAÚJO, ELDER O. Controle biológico no manejo de fitonematoides. *RURAL URBAL*, p. 42.

BARBOSA, Thimóteo Paes et al. MANEJO BIOLÓGICO DO NEMATOIDE DE CISCO (*Heterodera glycines*) NA CULTURA DA SOJA. 2020.

BORTOLINI, Gabriel Luiz et al. Controle de *Pratylenchus brachyurus* via tratamento de semente de soja. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n. 17, 2013.

BELLÉ, Cristiano et al. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. *Agrarian*, v. 10, n. 36, p. 136-140, 2017.

BRIDA, Andressa Lima de et al. Variabilidade espacial de *Meloidogyne javanica* em soja. **Summa Phytopathologica**, v. 42, p. 175-179, 2016.

COELHO, Thayane Nascimento; MARTINS, Warlyton Silva; DE MIRANDA, Flávia Fernandes Ribeiro. Controle biológico no manejo de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes tratamentos na cultura da soja. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 9, n. 3, p. 274-278, 2021.

- COLTRO-RONCATO, Sidiane et al. Fitoquímicos como controle alternativo de nematoides. KUNH, OJ; NUNES, RV; STANGARLIN, JR; FEY, R, p. 188-206, 2015.
- CONAB. Brasil deve produzir maior safra histórica de grãos no ciclo 2022/2023, com 317,6 milhões de toneladas. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5074-brasil-deve-produzir-maior-safra-historica-de-graos-no-ciclo-2022-2023-com-317-6-milhoes-de-toneladas>> Acesso em: 28 set. 2023
- COSTA NETO, Celso Correa da et al. Resistência genética de genótipos de algodoeiro de fibra colorida ao nematóide *Rotylenchulus reniformis*. 2023.
- DA COSTA, Mauro Junior Natalino. Uso de esterco bovino e cobertura de solo no manejo de nematoides na cultura da soja. 2021.
- DAGHER, Abinel Bianchessi Ferreira et al. Associação de tratamento de sementes e resistência de cultivares de soja no controle de *Meloidogyne javanica*. 2022.
- DA SILVA, Julio Carlos Pereira et al. Aspectos gerais e manejo de *Meloidogyne enterolobii*. 2014.
- DE ARAÚJO, Fernando Godinho. Novas moléculas e produtos biológicos no manejo de fitonematoides em soja. 2018.
- DEBIASI, Henrique et al. Práticas culturais na entressafra da soja para o controle de *Pratylenchus brachyurus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1720-1728, 2016.
- DE MELO, MARCUS LAUAR. ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE FITONEMATOIDES NA PRODUTIVIDADE DA SOJA NA REGIÃO SUL DO MARANHÃO.
- DEIFELD, Hellen Patrícia Dantas. Manejo da soja louca II: Hospedabilidade de *Aphelenchoides besseyi* em culturas de rotação e sucessão. 2021.
- DE SOUZA, Thiago Lívio Pessoa Oliveira. Uso de marcadores moleculares no melhoramento de plantas para resistência a nematoides. 2019.

DOS SANTOS SEIDEL, Beatriz et al. Prospecção tecnológica para dispositivo de identificação e quantificação de nematoides. Peer Review, v. 5, n. 9, p. 1-18, 2023.

EMBRAPA. Soja em números (2022/23) – Dados econômicos. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 29 de out.2023

EMBRAPA. Nematoides (2022). disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pimenta/producao/doencas-e-pragas/doencas/nematoides>>. Acesso em: 07 de maio 2023.

FAVORETO, Luciany et al. Diagnose e manejo de fitonematoides na cultura da soja. **Informe Agropecuário**, v. 40, n. 306, p. 18-29, 2019.

FAVORETO, Luciany; MEYER, Maurício Conrado. Desvendando a Soja Louca II. FERRAZ, L. C. C. B; BROWN, D. J. F. Nematologia de plantas: fundamentos e importância. Manaus: NORMA EDITORA, 2016.

FAVORETO, L. et al. Soja louca II: primeiro estudo da relação patógeno-hospedeiro. FERREIRA, Laís et al. Nematode do cisto da soja e princípios de controle. Multidisciplinary Reviews, v. 2, p. e2019012-e2019012, 2019.

FREITAS, Bárbara et al. PLANTAS DE COBERTURA NA ENTRESSAFRA E DINÂMICA POPULACIONAL DE FITONEMATOIDES. 2022].

FREITAS, José Roberto Brito et al. Distribuição espacial de *Pratylenchus brachyurus* em área de soja no Leste do Maranhão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 1, p. 1-6, 2019.

GABIA, Adriana Aparecida. Influência do manejo da cultura da soja na população de *Rotylenchulus reniformis* e seu comportamento espacial. 2017.

GRIGOLLI, José Fernando Jurca; ASMUS, Guilherme Lafourcade. **Manejo de**

nematoides na cultura da soja. Embrapa Agropecuária. Capítulo em livro científico (ALICE), p. 194-203, 2014.

GUARNIERI, Carlos Cesar de Oliveira. Eficácia de tiodicarbe, cadusafós e condicionador de solo via tratamento de sementes e/ou sulco de plantio no controle de nematoides na cultura de soja. 2018.

HABITZREITER, Tiago Luis. Produtividade de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Agronomia.

INOMOTO, Mário Massayuki; ASMUS, Guilherme Lafourcade. Manejo de nematoides em sistemas consorciados. In: Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo em anais de congresso (ALICE). 2013.

INOMOTO, Mário Massayuki. Manejo cultural de nematoides. Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle. IMAmt, p. 257-286, 2016.

JULIATTI, Breno Cezar Marinho et al. Análise de genótipos de soja quanto à resistência ao nematoide do cisto. 2015.

JÚNIOR, Joaquim Júlio Almeida et al. Efeito de controle de nematoides com a utilização de bactérias e outros produtos utilizados no tratamento convencional de sementes de soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 100897-100917, 2021.

KASHIWAQUI, Marcos Massuo et al. Relações entre atributos físico-químicos do solo e de *Pratylenchus brachyurus* na cultura da soja. 2021.

KIRSCH, V. G. et al. REAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA A DIFERENTES ESPÉCIES DE MELOIDOGYNE SPP. **Nematropica**, v. 49, n. 2, p. 166-171, 2019.

LOPES, Carina Mariani Leite. Populações de nematoides fitoparasitas em áreas de cultivo de soja, algodão, café e de vegetação nativa do Cerrado na região oeste da Bahia. 2015.

MACHADO, Andressa Cristina Zamboni; KANEKO, Lécio; PINTO, Zayame Vegette. Controle biológico. Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle. IMAmt, p. 287-312, 2016.

MARCAL, Lucas et al. Nematicidas no manejo de nematoides na cultura da soja. 2019.

MENDES, M. O nematóide do cisto da soja. 2017.

MENDES, Suellen Polyana da Silva Cunha et al. ASSOCIAÇÃO DE MÉTODO DE CONTROLE PARA O MANEJO DE FITONEMATOIDES EM SOJA NO CERRADO. 2020.

MIRANDA, Igor de Lima. Controle de fitonematoides com diferentes genótipos de soja, manejo e rotações de cultura em Iepê-SP. 2021.

NEUMAIER, Norman et al. Ecofisiologia da soja. SEIXAS, CD S.; NEUMAIER, N.; JUNIO, AAB, p. 33-54, 2020.

OLIVEIRA, Juliana Nunes et al. Comportamento de Plantas Daninhas a *Rotylenchulus reniformis* em Diferentes Solos. 2023.

PEREIRA, Paulo Vitor. Reação dos genótipos de algodoeiro (*G. hirsutum*) ao *Rotylenchulus reniformis*. 2023.

PERINA, F. J. et al. Manejo de fitonematoides na cultura do algodoeiro. 2015.

PINHEIRO, Jadir Borges et al. Identificação de espécies de meloidogyne em tomateiro no Brasil. 2014.

OLIVEIRA, Marcela Miranda de. Estratégia de Aplicação do Stopping Go® na produtividade e redução do acamamento na cultura da soja. 2023.

REIS, Adeildo da Silva. IDENTIFICAÇÃO DE FITONEMATOIDES EM PROPRIEDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE AREIA-PB. 2017.

ROSA, Tayrlen Eduardo Amorim et al. NEMATICIDAS ASSOCIADOS A CAMA DE FRANGO NO CONTROLE DE NEMATÓIDES NA SOJA E MILHO SAFRINHA. 2020.

ROTONDANO, Filipe et al. Efeitos de doses de potássio sobre *Pratylenchus brachyurus* em soja. 2021.

SANTOS, Matheus de Moraes. *Pasteuria nishizawae* no controle do nematoide de cisto da soja. 2016.

SCHMITT, Juliane et al. Fertilizantes orgânicos na ação de *Pratylenchus brachyurus* em soja. 2015.

SILVA, Kemelly Moraes et al. MANEJO DE NEMATÓIDES NA CULTURA DA SOJA. 2022.

SILVA, Brenda Françuises Martins da et al. Seleção de progênes de soja visando à resistência ao nematoide de cisto. 2021.

SILVA, Diego Alves Monteiro da. NEMATÓIDES FITOPARASITAS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.) NO MUNICÍPIO DE CAAPORÃ–PARAÍBA. 2017.

SILVA, Lucas Dorneles da et al. ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE DE heterodera glycines NA CULTURA DA SOJA. 2022.

SILVA, Marya et al. DINÂMICA DE NEMATÓIDES NO SOLO EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE CULTIVO TRADICIONAL E ILPF COM EUCALIPTO. 2023.

SILVEIRA, Romano Santiago da. Importância e manejo de nematoides em lavouras de soja no Brasil e perspectivas futuras. 2021.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA. Sociedade Nacional de Agricultura. 2015. Disponível em: <<http://sna.agr.br/por-ano-nematodes-causam-prejuizos-de-r-35-bilhoes-ao-agronegocio-nacional/>>. Acesso em: 10 nov. 2023

SOUTO, Tiarla Graciane. Controle biológico de *Rotylenchulus reniformis* em meloeiro cv. Asturia. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TEIXEIRA, Renato Andrade et al. Reação de cultivares de soja a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. 2013.

TEJO, Débora Perdigão; DOS SANTOS FERNANDES, Carlos Henrique; BURATTO, Juliana Sawada. Fitonematoides e Estratégias Adotadas em seu Controle. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 24, n. 2, p. 126-130, 2020.

WEIS, Sirlei; SCOPEL, Thomas Breitenbach; GABRIEL, Vilson José. NEMATOIDES NO SOLO QUE AFETAM PLANTAS CULTIVADAS. **Revista Conexão**, 2022.