



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA - CCCH  
CURSO DE AGRONOMIA

LUCIANNE MARTINS LOBATO

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE PLANTAS DE SOJA AO ATAQUE DE**  
*Aphelenchoides besseyi*

CHAPADINHA-MA  
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA - CCCH  
CURSO DE AGRONOMIA

LUCIANNE MARTINS LOBATO

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE PLANTAS DE SOJA AO ATAQUE DE  
*Aphelenchoides besseyi***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia do Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, como requisito para obtenção do título de grau de bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 20/07/2023

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dra. Izumy Pinheiro Doihara  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Khalil de Menezes Rodrigues  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos  
Universidade Federal do Maranhão

CHAPADINHA-MA  
2023

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Lobato, Lucianne Martins.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE PLANTAS DE SOJA AO  
ATAQUE DE *Aphelenchoides besseyi* / Lucianne  
Martins Lobato. - 2023.  
40 f.

Orientador(a): Izumy Pinheiro Doihara.  
Monografia (Graduação) - Curso de Agronomia,  
Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2023.

1. Doença. 2. *Glycine max* L. Merr. 3. Nematóide. 4.  
Soja louca II. I. Doihara, Izumy Pinheiro. II. Título.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico com todo meu amor, respeito e gratidão aos meus pais José Reinaldo e Maria das Neves, por toda ajuda e contribuição.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, ele é o dono de tudo. Devo a Deus a oportunidade que tive de chegar aonde cheguei, realizando um sonho de concluir a graduação, toda a minha gratidão à Deus, pela vida, pelas bênçãos recebidas. Obrigada por nunca largar a minha mão nos momentos que eu mais precisei do seu amor.

Ao meu pai José Reinaldo Azevedo Lobato e a minha mãe Maria das Neves Martins Lobato, por todo suporte durante esses anos, não só o financeiro, mas o psicológico também, eu sou muita grata por tudo que vocês fizeram e continuam fazendo por mim, Deus colocou na minha vida pais incríveis que sempre vou ser grata por ter sido presenteada, vocês foram fundamentais para a realização desse sonho, me apoiando nas minhas decisões e auxiliando também na melhor escolha, sempre dizendo que os estudos seria essencial para eu conseguir realizar sonhos, obrigada por tudo e por sempre estarem comigo, eu sempre soube quem se precisasse de vocês, vocês estariam lá por mim.

As minhas irmãs, Jucianne e Giselly, vocês foram incríveis durante todo esse processo, Jucianne, você sempre me ajudou quando eu mais precisei de você, é uma pessoa maravilhosa que sempre está disposta a ajudar de alguma forma, obrigada por tudo. Giselly, você sempre esteve ali comigo, me ajudando no que eu mais precisava e me apoiando também, conviver com você era algo que me ajudava muito, pois eu tinha alguém familiar do meu lado, que nos momentos de preocupação e tensão estava sempre lá, obrigada.

Agradeço ao meu avô Jose Pedro Lobato, por ter sido uma fonte de inspiração para os meus estudos, um homem muito forte, que sempre fica feliz pelas minhas conquistas.

Ao meu namorado Ramon, pela contribuição nas coletas e também nas palavras de apoio, quando eu estava preocupada e desabafava, você sempre me dizia que ia dá certo, torcendo por mim e sempre ao meu lado, você é o parceiro que a vida me deu e sou muita grata por isso, obrigada.

Aos meus amigos, Cyntia e Júnior (Antônio Deusimar), é sempre bom fazer amigos durante a graduação, isso deixa a correria mais leve e feliz, e vocês me proporcionaram isso, Cyntia obrigada pelo companheirismo de sempre, me ajudou em vários momentos, sou grata por sua amizade, você foi e é uma amiga e tanto, Júnior, obrigada pelas brincadeiras, eu amo estar ao seu lado, você sempre tira de mim o melhor sorriso. Aos meus amigos da Paraíba, agradeço por todo acolhimento que vocês me proporcionaram Otanildo Amaral, Éllida Dantas e Mayara Carolino.

A minha orientadora Dra. Izumy Pinheiro Doihara, pelo acolhimento, auxílio, paciência e conhecimento transmitido. A senhora foi crucial durante todo esse processo, obrigada.

A Agrícola Dequech por disponibilizar a área para realização do estudo, ao Gerente da fazenda Laudair e ao engenheiro agrônomo Gabriel.

## RESUMO

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) é uma das principais culturas no cenário brasileiro, sendo o Brasil um dos maiores produtores dessa oleaginosa. No entanto, nos últimos anos, a presença de nematoides vem causando perdas expressivas do seu rendimento, o nematoide *Aphelenchoides besseyi*, vem causando preocupação para os produtores de soja no país, uma vez que as perdas provocadas por esse organismo podem chegar a níveis elevados. Portanto, objetivou-se avaliar se os nematoides nas plantas de soja influenciou nas características morfológicas durante os estádios fenológicos. O experimento foi realizado na safra 22/23, com delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, com 15 repetições, totalizando 90 unidades amostrais. A primeira etapa foi realizada na Agícola Dequech e a segunda, terceira e quarta etapa ocorreu no Laboratório de Fitopatologia do Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão. De acordo com os dados, os parâmetros morfológicos como altura da planta (AP), peso das folhas (PF), comprimento da haste (CH), média do comprimento do entrenó (MCE), número de vagens (NV), peso das vagens (PV), diâmetro do colo na base do caule (DC), número de folhas com sintomas (NFS) e o número de nematoides totais na planta (NTNP) foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey e as variáveis peso do pecíolo (PP) e o número de ramos secundários (NR) foram significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. O aumento progressivo do parasitismo de *A. besseyi* foi observado de forma expressiva no estágio R5.3, com um maior número de nematoides parasitando a planta. Com isso, observa-se que este parasitismo interferiu no seu desenvolvimento e propiciou um aumento expressivo e progressivo nos sintomas da doença em fases mais adultas. Esse expressivo aumento, evidencia que as práticas de manejo e controle da doença devem ser realizados o mais rápido possível para diminuir as perdas ocasionadas pela doença.

**Palavras-Chave:** Nematóide; Soja louca II; Doença; *Glycine max* L. Merr.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Produtos utilizados nos tratamentos de sementes na cultura da soja durante a safra 2022/2023. ....	14
<b>Tabela 2:</b> Produtos químicos aplicados no sistema plante aplique para a dessecação na safra 2022/2023. ....	14
<b>Tabela 3:</b> Análise de variância dos parâmetros morfométricos de plantas de soja com sintomas do ataque do <i>A.besseyi</i> em três estádios fenológicos V7, R2 e R5.3. ....	24
<b>Tabela 4:</b> Resultados da análise estatística comparativa dos dados obtidos da quantidade de <i>Aphelenchoides besseyi</i> em plantas de soja com sintomas e sem sintomas na fase fenológica V7 e os parâmetros morfométricos da planta avaliados. ....	24
<b>Tabela 5:</b> Resultados da análise estatística comparativa dos dados obtidos da quantidade de <i>Aphelenchoides besseyi</i> em plantas de soja com sintomas e sem sintomas na fase fenológica V7, R2 e R5.3 e os parâmetros morfométricos da planta avaliados. ....	24

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** Plantas de soja com sintomas da soja louca II ou síndrome de haste verde e retenção . A: Sintomas de bolhosidade nas folhas; B: Estreitamento na base da folha; C: Sintomas de parasitismo de *A. besseyi* na parte aérea da planta de soja. .... 15

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	13
2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	13
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
3.1 <i>Caracterização geográfica da área experimental</i> .....	13
3.2 <i>Procedimentos Experimentais</i> .....	15
3.2.1 <i>Coletas das amostras de soja no campo</i> .....	15
3.2.2 <i>Aferição das plantas de soja coletadas</i> .....	15
3.2.3 <i>Extração de nematoides em cada parte aérea das plantas</i> .....	16
3.2.4 <i>Identificação e contagem de <i>Aphelenchoides besseyi</i></i> .....	16
3.3 <i>Delineamento Experimental</i> .....	16
<b>4. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
4.1 <i>Aspectos gerais da soja (<i>Glycine max</i>)</i> .....	17
4.2 <i>Aspectos botânicos</i> .....	18
4.3 <i>Caracterização morfológica</i> .....	20
4.4 <i>Doenças em plantas e o parasitismo de <i>Aphelenchoides besseyi</i></i> .....	21
4.5 <i>Medidas de controle</i> .....	24
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>31</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A soja e seus derivados são uma das commodities agrícolas mais valiosas e comercializadas em todo mundo. Na safra de 2019/2020, o Brasil se tornou o maior produtor do grão do planeta, gerando uma produção de 124,845 milhões de toneladas de soja, com o aumento expressivo, superior a 10 milhões de toneladas em comparação ao ciclo anterior, a sua produção deve chegar a 265,7 milhões de toneladas, segundo o 6º levantamento da safra 2021/22 (CONAB, 2022; RANULFI *et al.*, 2018).

A fenologia vegetal refere-se ao estudo de seus estágios de desenvolvimento, o que permite compreender a relação entre as características morfológicas e fisiológicas das plantas e os fatores ambientais, principalmente climáticos (VENTURA *et al.*, 2009). Para a soja, os principais fatores climáticos a serem considerados são umidade, fotoperíodo e temperatura. (TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA, 2008). O desempenho climático varia com o tempo, e mudanças nas datas de plantio podem alterar a fenologia e, no caso da soja, o desempenho agrônômico das cultivares (KOMORI *et al.*, 2004)

Os nematoides de plantas causam danos significativos a todos os tipos de culturas cultivadas, bem como à flora em todo o mundo. Para avaliar os danos às culturas, os nematoides que infestam o solo ou o tecido vegetal são examinados para sua detecção e identificação precisas, visando a elaboração e implementação de estratégias de manejo adequadas. Além disso, o método de ensaio e detecção de nematoides é uma etapa fundamental para entender a associação parasita-hospedeiro. Portanto, a análise da comunidade de nematoides é um passo importante para estimar a população do solo para avaliação e manejo de perdas de culturas. Para estimar as populações de nematoides com precisão, são necessários métodos apropriados de amostragem, extração e processamento, que variam com o tipo de vegetação e espécies de nematoides (KHAN; HAQUE, 2023).

O *Aphelenchoides* sp. são principalmente micrófagos, e alguns se alimentam exclusivamente de fungos. No entanto, espécies como *A. besseyi*, *A. fragariae*, *A. ritzemabosi* e *A. arachidis* podem parasitar plantas, geralmente os tecidos da parte aérea (caules, folhas e flores). Destas, *A. besseyi* é conhecida por causar a doença da retenção da haste ou soja louca II. Essa espécie pode sobreviver em restos culturais por meses no estágio de anidrobiose, o que prejudica a prevenção e o controle da infecção. Quando os níveis de umidade são superiores a 70%, o *A. besseyi* torna-se ativo. Tais níveis de umidade podem ser observados próximo à parte aérea da planta, nas folhas dobradas e no interior das panículas, onde geralmente são encontrados. (CHEN *et al.*, 2018; MEYER *et al.*, 2017).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar se os nematoides nas plantas de soja influenciou nas características morfométricas durante os estádios fenológicos.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Identificar se os nematoides influenciaram no crescimento e desenvolvimento.
- Avaliar se o aumento do número de nematoides aumentou de forma proporcional durante as fases fenológicas da planta;

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Caracterização geográfica da área experimental

O estudo foi realizado na safra 22/23 com a cultivar PP9510 na Agrícola Dequech. O plantio da soja ocorreu no dia 27 de dezembro de 2022, obedecendo o início do período chuvoso na região. A fazenda esta situada nas coordenadas geográficas (latitude: 03°40'10''S e longitude: 43°23'39''O) e endereçada no povoado Bonfim na zona rural do município de Chapadinha-Maranhão. A primeira etapa da pesquisa correspondeu a coleta das plantas de soja no talhão com histórico da ocorrência da soja louca II e foi realizado no momento da semeadura e durante o ciclo de cultivo o manejo físico, químico e biológico. No manejo físico adotou-se a grade niveladora. Na Tabela 1, consta os produtos utilizados para o tratamento de sementes na cultura da soja, em que os produtos como Spectro<sup>®</sup> (fungicida), maxim XI<sup>®</sup> (fungicida), fortanza 600<sup>®</sup>, cruiser<sup>®</sup> (inseticida) e avicta<sup>®</sup> (nematicida) foram utilizados para o tratamento de sementes, enquanto os produtos Up! Seeds<sup>®</sup> (fonte de cobalto e molibdênio), Rizhomax plus<sup>®</sup> (inoculante a base de bactérias fixadoras de nitrogênio), glycimax<sup>®</sup> (inoculante a base de bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Bradyrhizobium*), azomax<sup>®</sup> (inoculante a base de bactérias do gênero *Azospirillum*) e Trichoplus JCO<sup>®</sup> (fonte de *Trichoderma*), foram adotados para a proteção das sementes.

**Tabela 1:** Produtos utilizados nos tratamentos de sementes na cultura da soja durante a safra 2022/2023.

<b>Produto</b>	<b>Dose (L por 100 kg. Semente)</b>
Spectro	0,033
Maxim XI	0,10
Fortenza 600	0,08
Up! Seeds	0,20
Cruiser	0,20
Avicta	0,10
Biogrow	0,10
RhizoMax Plux	4,00 doses
Glycimax	0,002 doses
Azospirilum	1,00 dose
Trichoplus JCO	0,0004

Na Tabela 2, estão os produtos que foram utilizados no sistema plante aplique, que trata-se da aplicação do produto no solo e logo em seguida semear a cultura e substituir. Os produtos utilizados para a dessecação foram, Helper dessek<sup>®</sup>, Glufosinato de amônio, Eddus, Spider e Ochima.

**Tabela 2:** Produtos químicos aplicados no sistema plante aplique para a dessecação na safra 2022/2023.

<b>Produto</b>	<b>Dose (L/ha<sup>-1</sup>)</b>
Helper Dessek	0,05
Glufosinato de Amônio	2,00
Eddus	2,20
Spider	0,03
Ochima	0,30

Utilizou o produto Vertimec<sup>®</sup> nos estádios fenológicos entre v2 a v3 durante a safra 2022/2023, sendo aplicado na aérea após a emergência das plantas, com o objetivo atingir o *A. besseyi* que se encontravam nos entrenós da planta. Na área adotou o uso de uma grade niveladora no mês de outubro de 2022 e um mês antes do plantio (em novembro) foi aplicado 1 L.ha<sup>-1</sup> de 2,4 D, dez dias após a aplicação do uso dos químicos foi utilizado novamente a grade niveladora em todo talhão.

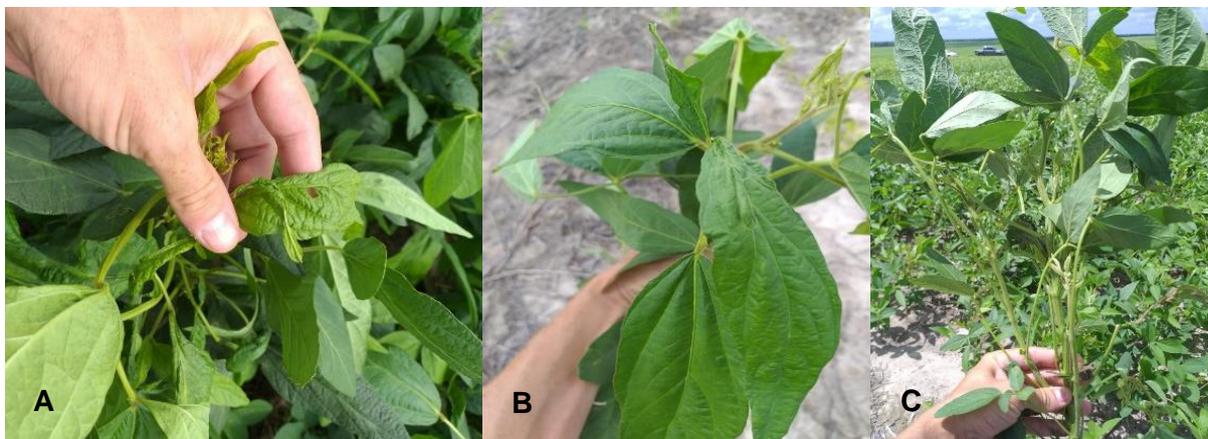
A segunda, terceira e quarta etapas (aferação morfométricas das plantas de soja, extração, identificação e contagem dos nematoides nas plantas, respectivamente) ocorreu no

Laboratório de Fitopatologia do Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão, com as seguintes coordenadas geográficas (latitude: 03°43'58.02''S e longitude: 43°19'6.39''O) e altitude de 107 m, localizada no município de Chapadinha, Maranhão.

### 3.2 Procedimentos Experimentais

#### 3.2.1 Coletas das amostras de soja no campo

Nos procedimentos da coleta, foram realizadas 3 coletas distribuídas durante o estágio fenológico da cultura da soja. Em todas as coletas foram coletadas 30 plantas, sendo 15 plantas com sintomas do ataque do nematoide *A. besseyi* e 15 plantas sem sintomas deste ataque. Na primeira coleta as plantas encontravam-se no estágio fenológico V7, na segunda coleta R2 e na terceira coleta R5.3.



**Figura 1** Plantas de soja com sintomas da soja louca II ou síndrome de haste verde e retenção . A: Sintomas de bolhosidade nas folhas; B: Estreitamento na base da folha; C: Sintomas de parasitismo de *A. besseyi* na parte aérea da planta de soja.

#### 3.2.2 Aferição das plantas de soja coletadas

Para realização das medições, utilizou-se regra milimétrica para medir separadamente cada parte da planta (altura da planta, comprimento do pecíolo, comprimento da haste e comprimento dos entrenós). O diâmetro do colo na base do caule foi utilizado um paquímetro digital (Digimess®), e para a pesagem, utilizou-se balança semi-analítica com precisão de 0,01g e expressas em gramas (g), na qual foram pesados separadamente o número de folhas, o peso da parte aérea da planta, peso dos pecíolos, peso das hastes, peso da vagem e peso da parte apical. Foi realizado também a contagem do número de folhas, número de vagens, número

de ramos secundários, número de folhas com sintomas. Após estes procedimentos de aferição, foi realizada a extração dos nematoides da parte aérea das plantas individualmente com intuito de averiguar o número total de nematoides nas plantas.

### **3.2.3 Extração de nematoides em cada parte aérea das plantas**

Para efetuar a extração de nematoides nas plantas de soja, através da metodologia de Coolen e Daren, 1972. As plantas foram liquidificadas por um período específico de tempo, o caule foi batido durante 20 segundos, pecíolo por 15 segundos, folhas e parte apical por 10 segundos, posteriormente as vagens por esse mesmo tempo. Após esse procedimento, todas as amostras foram submetidas ao peneiramento em peneiras acopladas de malhas 20 mesh e 500 mesh (com as respectivas aberturas, 0,84 mm e 0,025 mm). Posteriormente transferidas para os tubos falcom. Cada suspensão obtida foi etiquetada com a região da planta, a data da coleta e em plantas com ou sem sintomas.

### **3.2.4 Identificação e contagem de *Aphelenchoides besseyi***

Para a identificação e contagem dos nematoides, utilizou-se lâminas preparadas e visualizadas em microscopia fotônica e câmara de peters, respectivamente. Esta etapa é considerada fundamental para que não ocorra a geração de resultados equivocados. Para a contagem da população de *A. besseyi*, cada amostra foi homogeneizada e logo imediatamente foi transferido 1 mL na suspensão para a Câmara de Pitter. Em seguida foram contados o número de nematoides presentes com o auxílio de um microscópio fotônico. Tubos falcom com capacidade de 10 mL foram utilizados para guardar as amostras extraídas com intuito de uniformizar o volume da suspensão e facilitar o acondicionamento em ambiente de geladeira quando necessário. O volume da suspensão foi reduzido para 5 mL com auxílio de uma pipeta plástica descartável de 3 mL, deixando apenas 5 mL por amostra. Após a contagem das amostras, estas foram multiplicadas por 5 para aferir o número total de nematoides na suspensão e somando todos os nematoides presentes em cada amostra extraída, aferir o número total de nematoides na planta.

## **3.3 Delineamento Experimental**

O delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 3x2, onde: 3 corresponde aos estádios fenológicos V7, R2 e R5.3; e 2 equivalente as plantas com e sem sintomas x 15 repetições totalizando 90 unidades experimentais. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro Wilk,  $p < 0,05$ ) e homocedasticidade (Levene,  $p < 0,05$ ), e

quando satisfeitas essas pressuposições efetuou-se posteriormente a análise de variância (ANOVA) pelo teste F ao nível de 1 e 5% de significância por meio do software Assisat.

## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 Aspectos gerais da soja (*Glycine max*)**

A soja (*Glycine max* L. Merr.), é oriunda do continente asiático e foi introduzida no Brasil em 1882. Atualmente é o maior produto de exportação do país. Inicialmente cultivada no estado do Rio Grande do Sul, logo se espalhou para outros estados, sendo cultivada em todo país (MARTINS, 2018).

A soja ocupa uma posição de destaque na abordagem da segurança alimentar global até 2050 como uma das fontes de proteína mais importantes do mundo ( PHILIS *et al.*, 2018 ). Tem uma participação importante na produção global de oleaginosas e é responsável por uma produção mundial de 375.148.000 toneladas, sendo a principal fonte de proteína na alimentação animal (USDA, 2022 ).

Atualmente, o cultivo da soja é altamente concentrado geograficamente em quatro países – Brasil, Estados Unidos, Argentina e China. Brasil vem na primeira posição, representando 41% da produção mundial, ou seja, 153.000.000 toneladas, e os estados que mais produzem, Mato Grosso, 25%, Paraná, 17%, Rio Grande do Sul, 14%, Goiás, 10% e Mato Grosso do Sul com 8% (USDA, 2022).

No Maranhão, a produção de soja apresentará um crescimento em torno de 5,5% podendo alcançar 3,77 milhões de toneladas. A expansão da área plantada de soja é de 3,4% em comparação a safra anterior, projetada para 1,1 hectares e a produtividade média prevista é em torno de 3392 kg por hectare, ocasionando uma produção estimada pelo estado, o crescimento se deve pelas boas perspectivas de rendimento dos grãos, além da expansão das áreas de plantio da oleaginosa (CONAB, 2023).

A alta produção de soja é justificada pela alta demanda de consumo mundial para diversos usos, incluindo alimentação humana e animal, geração de energia renovável e, mais recentemente, fabricação de pneus. Por ser um produto importante para a agricultura, problemas fitossanitários precisam ser prevenidos, detectados e controlados. As lavouras de soja também são vulneráveis à infestação de pragas, que ameaçam a lucratividade, aumentam os custos e impactam negativamente o meio ambiente (FRANÇA *et al.*, 2019; MARTINS, 2018).

Com o crescimento da produção de soja, ocorreu um aumento expressivo dos ataques

de pragas e doenças, provocando uma redução no lucro. As principais pragas que afetam a cultura da soja, são: a ferrugem asiática, percevejos e lagartas desfolhadoras, e os fitonematoides que vem se destacando nos últimos anos (GALL, 2019).

No Brasil, já foram encontrado mais de 15.000 espécies de nematoides, em que, cerca de 4.100 especies precisam de plantas hospedeiras e mais de 100 espécies, estão introduzidas à cultura da soja. É importante frisar que os nematoides são nativos ou foram inseridos de forma direta ou indireta nas áreas de produção por meio do homem (FAVORETO *et al.*, 2019).

#### **4.2 Aspectos botânicos**

A soja é uma erva da classe Magnoliopsida (dicotiledôneas), ordem Fabales, família Fabacea, subfamília, Faboideae (Papilionoideae), gênero *Glycine*, espécie *Glycine max* (L.) Merrill. É uma planta com grande diversidade genética tanto no ciclo vegetativo (período desde a germinação da muda até a abertura da primeira flor) quanto no reprodutivo (período que vai do início da floração até o final da colheita), sendo também afetado pelo meio ambiente (FLÁVIO *et al.*, 2021; SEDIYAMA, 2009).

Em relação as suas folhas, ao longo do seu ciclo, elas possuem três tipos de folhas: que são as cotiledonares, as simples e as trifolioladas. Suas folhas são do tipo alternadas, com pecíolos grandes de 7 a 15 cm de comprimento. Geralmente, a sua coloração é verde pálida e, em outras, verde escura, quanto ao seu caule, é considerado ramoso, hispido, com comprimento que varia entre 80 e 150 cm. Dependendo da variedade e o tempo de exposição diário a luz, variedades com crescimento determinado, a sua terminação possui racemo ou sen racemo terminal em variedades com crescimento indeterminado (FLÁVIO *et al.*, 2021; SILVA, 2018).

A soja realiza preferencialmente a autofecundação, ou seja, ocorre a fusão dos gametas masculino e feminino no mesmo individuo, sendo classificada como uma espécie autógama. A coloração das suas flores pode ser branca, púrpura diluída ou roxa, com diâmetro de 3 a 8 mm. A floração inicia quando a planta contém de 10 a 12 folhas trifolioladas, em que os botões axilares apresentam racemos com 2 até 35 flores cada um. O sistema radicular da soja é constituído por um eixo principal e muitas raízes secundárias, sendo denominado como um sistema difuso. O comprimento da raiz pode atingir até 1,80 metro, a maioria delas está a uma profundidade de 15 cm (FLÁVIO *et al.*, 2021).

As suas sementes são lisas, ovais, globosas ou elípticas, sobre a sua coloração podem ser encontradas nas tonalidades amarela, verde ou preta, o seu hilo habitualmente marrom, preto ou cinza. Quanto a sua composição, elas compõem três partes essenciais: o tegumento,

os cotilédones e o seu eixo embrionário, onde o tegumento realiza o controle da entrada de água; os cotilédones tem em sua composição, proteínas (40%), carboidratos (25%), óleos (20%), fibras (5%) e minerais (5%); e o seu eixo embrionário apresenta em sua composição duas folhas unifolioladas e tecidos meristemáticos apical e radicular (TESAR, 1984; THOMAS, 2018).

A fenologia da soja envolve dois principais fatores abióticos identificados como condutores: fotoperíodo e a temperatura. O mecanismo da resposta ao fotoperíodo na soja é geralmente descrito como plantas mostrando uma taxa máxima de desenvolvimento sob condições de dias curtos, mas uma taxa de desenvolvimento mais lenta em direção aos estágios reprodutivos quando o fotoperíodo é maior que um valor crítico. Em condições de fotoperíodo constante, verificou-se que um aumento na temperatura afetava positivamente a taxa de desenvolvimento, enquanto que era mais lento sob temperaturas baixas ou abaixo do ideal (SALMERÓN *et al.*, 2016).

Dessa forma, o desenvolvimento da soja é dividido em dois momentos cruciais, o período vegetativo (V) e o período reprodutivo (R). Na fase vegetativa, o estabelecimento da plântula no solo ocorre pelo aumento do volume e pela diferenciação celular do eixo embrionário, as suas reservas, como as proteínas, carboidratos e óleos são transformadas em compostos mais simples que são os aminoácidos e açúcares e energia, utilizados no desenvolvimento da planta. A sua germinação é epígea, a emergência ocorre de 7 a 10 dias após a semente, dependendo do vigor da semente, profundidade de semente, umidade, textura e temperatura do solo (THOMAS, 2018).

A floração determina o início da fase reprodutiva. Nas cultivares que possuem crescimento do tipo determinado, a floração ocorre quando a planta apresenta de 12 a 15 folhas trifolioladas do ápice do caule até a base, interrompendo efetivamente a liberação de nós no caule e aumentando o número de ramos, em termos de tamanho. Enquanto que nas cultivares com crescimento indeterminado, elas florescem com 6 a 9 folhas trifolioladas da base do caule até a ponta do caule, continuam a formar nós no caule por um longo período de tempo e desenvolvem menos ramos, devido à sua forte dominância apical (IPNI, 2018).

A determinação dos estágios reprodutivos é realizada por meio da indicação das estruturas reprodutivas, como as flores, legumes e grãos dos nós do caule. A descrição do estágio é sinalizada pela letra “R”, seguida de um número. O período reprodutivo inclui a floração, o desenvolvimento das vagens, o enchimento do grão e a maturação (THOMAS, 2018).

### 4.3 Caracterização morfométrica

A utilização da morfometria é uma atividade de medir as estruturas anatômicas, podendo ser realizada com técnicas mais simples, usando paquímetros, a fita métrica, até a mais sofisticadas, com a morfometria computadorizada. No entanto, deve-se ressaltar que a adoção da morfometria de forma evidente não invalida as técnicas de morfologia clássica, ou mesmo da análise qualitativa e semi-quantitativa executada pelos morfologistas (BELTRÃO *et al.*, 2006). O objetivo das técnicas de morfometria, finalidade das técnicas de morfometria, segundo Teixeira *et al.* (2009), trata-se de tornar mais objetiva e rápida a apresentação e programação dos resultados das pesquisas e diagnósticos de rotina, e melhorar a capacidade de reconhecimento das análises morfométricas e de caracterização das espécies estudadas.

As plantas podem crescer durante todo o seu ciclo de vida, os tecidos meristemáticos, compostos por células indiferenciadas (estaminais), são responsáveis pelo crescimento das plantas. O crescimento primário (responsável pelo crescimento em comprimento) é controlado por meristemas apicais baseados na ponta dos brotos e raízes. O crescimento secundário (responsável pelo crescimento radial) é controlado pelos dois meristemas laterais, chamados de câmbio vascular e de cortiça. O crescimento da planta pode ser monitorado usando sensores de tensão para detectar a deformação mecânica de suas partes do corpo (LO PRESTI *et al.*, 2023).

As informações de crescimento de vegetais e frutas são dados numéricos confiáveis que representam o estágio de crescimento atualizado das plantas. As informações de crescimento servem como um padrão para que os agricultores decidam as reações adequadas para cada estágio de crescimento, desde a muda até a colheita. Portanto, a medição precisa das informações de crescimento é crucial para gerenciar os estágios gerais de crescimento das plantas em uma fazenda, levando a uma alta produtividade da planta (DIAS *et al.*, 2018).

A informação de crescimento da planta é um indicador numérico que representa explicitamente o nível de crescimento. Em particular, os aglomerados de crescimento do caule são os locais de divisão celular nas plantas, e a divisão celular é sensível ao ambiente externo. Além disso, a hipertrofia do crescimento reprodutivo inicial das culturas pode afetar a qualidade das flores e dos frutos. Assim, a medição de informações de crescimento adequadas é essencial para alcançar produtividade consistentemente alta nas fazendas. Atualmente, os resultados baseados em inspeção visual que são medidos manualmente por agricultores humanos é a abordagem dominante na medição de informações de crescimento, semelhante à estimativa convencional de intensidade de floração (DIAS *et al.*, 2018).

A altura da planta, o diâmetro do caule e o número de folhas estão intimamente relacionado ao seu crescimento, biomassa, fotossíntese e resistência. Sendo considerados indicadores importantes para descrever o crescimento e a vitalidade das culturas. Portanto, a altura da planta, o diâmetro do caule e o número de folhas são parâmetros morfológicos das plantas, essenciais para o cultivo de variedades e obtenção de grande rendimento (KHALAFI *et al.*, 2021; GALINDO *et al.*, 2020; LI *et al.*, 2019).

#### **4.4 Doenças em plantas e o parasitismo de *Aphelenchoides besseyi***

Patógenos de plantas, como fungos, bactérias, vírus e nematoides, causam diferentes doenças de plantas, resultando em perda de rendimento em culturas em todo o mundo. Nematoides são considerados um grande problema, porque interferem na absorção de água e nutrientes e afetam o desenvolvimento das plantas. Eles não são fáceis de identificar, às vezes passam despercebidos, e seus sintomas podem até estar relacionados a outros problemas. Esses organismos contribuem com US\$ 157 bilhões em perdas agrícolas anuais em todo o mundo. *Aphelenchoides besseyi* é um dos nematóides parasitas de plantas mais prejudiciais e pode causar danos graves a uma variedade de culturas e vegetais significativos. (AB RAHMAN *et al.*, 2018; ALI *et al.*, 2022; FREITAS, 2022).

Mais de 100 espécies de fitonematóides, incluindo cerca de 50 gêneros, coexistem em lavouras de soja em todo o mundo. O *A. besseyi* é um dos fitonematoides que causa maiores perdas na produção de soja, esses organismos atacam preferencialmente as partes aéreas das plantas, no entanto, as perdas podem variar dependendo da densidade populacional do patógeno, resistência do cultivar a condições edafoclimáticas (FAVORETO *et al.*, 2019; LORETO *et al.*, 2022).

Ao longo dos anos, os nematoides apresentaram modificações de partes do aparelho bucal em estrutura resistente, intitulada de estilete. Esta transformação proporcionou a estes organismos a habilidade de se adaptarem a outra fonte alimentar e, assim, extrair alimentos de células vegetais. Empregam o estilete para perfurar os tecidos da parede celular e, a princípio, injetar secreções enzimáticas no interior das células. Estas secreções possibilitam uma pré-digestão do conteúdo celular que, em seguida, será sugado por meio do estilete. A sua ocorrência pode induzir a modificações na morfologia desta célula e das células adjacentes ou necrose de tecidos (FAVORETO *et al.*, 2019).

*A. besseyi* é um parasita que infecta mais de 200 plantas em 35 gêneros. As plantas hospedeiras desse nematoide incluem arroz (*Oryza sativa* L.), morangos (*Fragaria ananasa*), soja (*Glycine max*) e algumas plantas ornamentais. Este fitonematoide é endêmico em todo o

mundo, incluindo sul dos Estados Unidos, México, alguns países da América Central, Equador, sul, sudeste e nordeste do Brasil, com cerca de 14 estados, a maior parte da África e sul da Europa, sul da Ásia e Norte da Austrália (HUNT; LARSEN, 2020).

O gênero *Aphelenchoides*, possui mais de 150 espécies, com forma de vida livre e que se alimentam de fungos que habitam o solo, sendo classificados como micófagos. Um número reduzido de espécies desse gênero, como *A. fragariae*, *A. ritzemabosi* e *A. besseyi*, se comportam como fitonematoides e parasitam as partes aéreas de algumas culturas e hospedeiros alternativos e são denominados como nematoides aéreos ou foliares. As culturas mais acometidas incluem o arroz, morango, as forrageiras, plantas ornamentais e, ultimamente, o feijão, a soja, o algodão e o feijão-caupi (FAVORETO *et al.*, 2018).

Sobre as características morfológicas do *A. besseyi*, as fêmeas e os machos são filiformes, com região labial alta, destacada do corpo, arredondados, lisa e hexarradiada; o estilete é delicado e curto, com pequenos nós basais; esôfago com bulbo central bem distinto; o painel lateral tem cerca de 1/4 da largura do corpo e tem 4 linhas, uma das extremidades da cauda há uma saliência em forma de espinha chamada mucros, que varia de dois a quatro mucros; quando relaxado, a extremidade do corpo masculino é geralmente curvada, enquanto a extremidade do corpo feminino é reta; o macho apresenta espículos típicos no formato de roseira (FAVORETO; MEYER, 2019).

As infecções nas plantas ocasionada pelo nematoide habitualmente ocorrem durante períodos de alta pluviosidade e temperaturas médias acima de 28°C, os nematoides migram do solo para as partes aéreas das plantas de soja no início do desenvolvimento vegetativo. Os principais sítios de alimentação e multiplicação do *A. besseyi* na soja são nas inflorescências (nós) e nas folhas mais novas, geralmente encontradas na parte superior da planta. Nos tecidos mais delicados e ricos em açúcar, os nematoides se alimentam e se multiplicam severamente, acarretando em lesões necróticas e deformação do tecido (FAVORETO; MEYER, 2019).

O nematoide *A. besseyi* origina a doença da soja louca II, penetrando as suas raízes, com o início do ataque do nematoide e sua posterior infestação, transcorre alterações fisiológicas nas plantas, propiciando diversas anomalias em seu desenvolvimento (AGRO BAYER BRASIL, 2023). Os sintomas de retenção da haste foliar são mais evidentes desde a floração até o final do ciclo da soja, quando caules, pecíolos, folhas e vagens doentes permanecem verdes, prolongando o período de colheita. As folhas mais jovens no dossel superior geralmente apresentam sintomas como distorção, bolhas, tiras e nervuras espessas. As hastes permanecem verdes e imaturas, e às vezes são retorcidas, estriadas e com nó alargado. As vagens são deformadas, espessadas, com necrose marrom. Além dos altos índices

de aborto de flores, há superlotação de flores. Assim, há um grande entendimento sobre as características morfológicas quando as lavouras de soja são afetadas pela doença. No entanto, pouco se sabe sobre a interação química entre planta e patógeno. Tais informações podem melhorar nosso entendimento sobre a doença, resultando em novos métodos de controle e contenção de pragas, que são necessários com urgência (CHEN *et al.*, 2018; RANULFI *et al.*, 2018).

As principais características observadas nas plantas com a infestação desse organismo, é a presença de folhas com uma coloração verde mais intenso, menor pilosidade, afinamento e embolhamento do limbo foliar e, algumas vezes, lesões necróticas angulares de coloração pardo-avermelhadas a marrons, as modificações que ocorrem nas hastes são caracterizadas pelo engrossamento dos nós, caneluras e retorcimento dos entrenós do ápice das plantas, tem-se também a ocorrência evidente do abortamento de flores e, em algumas situações, o rosetamento dos racemos florais. As vagens apresentam deformações, lesões necróticas marrons, rachaduras, menor pilosidade, apodrecimento e redução do número de grãos. Os grãos constituídos nessas vagens, na maioria das vezes não amadurecem, mantendo-se verde e apodrecendo com o tempo, ao passo que as plantas sadias concluem o seu ciclo e alcançam o seu ponto de colheita, que se encontra na fase reprodutiva R9, as plantas doentes acabam não amadurecendo no ciclo normal na cultura, mantendo-se com a coloração verdes no campo, em consequência da retenção foliar, com folhas, pecíolos e hastes verdes (FAVORETO; MEYER, 2019)

Em outras interações entre patógeno e hospedeiro, a associação parasitária de *A. besseyi* é relatada como ectoparasita, ou seja, os nematoides migram para o exterior da planta através de uma película de água. Um estudo do patossistema da *Glycine max* – *A. besseyi*, realizado na Embrapa Soja, mostrou que essa relação pode ser endoparasitária, com os nematoides introduzindo-se nas raízes e no hipocótilo, com movimentação ascendente até os sítios de alimentação ocorrendo no interior da planta (FAVORETO *et al.*, 2018).

O *A. besseyi* provoca perdas expressiva na cultura da soja, em torno de 40 a 60%, em situações mais agressivas a perda pode chegar até 100%, a diminuição da produtividade é ocasionada pelo abortamento de flores e vagens, com isso a qualidade do grão diminui consideravelmente devido a mistura de vagens e grãos em distintos estádios provenientes da anomalia provada pela doença da soja louca II, gerando perdas por impureza do grão (FAVORETO *et al.*, 2019).

#### 4.5 Medidas de controle

As doenças ou infecções de plantas causadas por ataques de patógenos ou insetos são um sério obstáculo em todo o mundo. Suas causas incluem fatores não patogênicos (por exemplo, agentes mecânicos, químicos) e patogênicos, principalmente vírus, fungos, bactérias e nematoides. Tem um impacto importante na qualidade e no rendimento das plantas e, se não for controlado a tempo, pode destruir as plantas na sua totalidade. Para minimizar as perdas associadas à doença, a identificação precoce e o controle dos patógenos são essenciais. Portanto, o controle de doenças de plantas é um desafio essencial tanto para a segurança alimentar global quanto para a agricultura sustentável (PATHAN; CHAKOLE, 2019 ; ZHANG *et al.*, 2019).

O desenvolvimento de tecnologias extremamente eficientes e econômicas para detectar e monitorar doenças e pragas de plantas pode ajudar substancialmente na proteção de plantas contra diferentes doenças. A eletrônica vestível é promissora para monitorar a saúde das plantas devido ao notável monitoramento em tempo real, acessibilidade e medições contínuas de danos às culturas de maneira precisa e controlada, o vestuário para a plantas com os recentes avanços na tecnologia de sistemas microeletromecânicos (MEMS), cada vez mais eletrônicos implantáveis e vestíveis usando nanomateriais como componentes condutores surgiram como componentes de sensores para monitoramento de longo prazo e sob demanda de compostos orgânicos voláteis de plantas (VOCs) ou outros biomarcadores. Devido aos rápidos avanços em nanotecnologia e técnicas modernas de nanofabricação na última década, um grande progresso em uma variedade de sensores úteis, biossensores e plataformas nanoestruturadas tem emergido continuamente para análise de doenças de plantas. Um dos impactos imediatos dessas ferramentas de nanodiagnóstico recém-desenvolvidas é que a detecção precisa de doenças de plantas agora se torna mais acessível aos trabalhadores de campo ou agricultores (LI *et al.*, 2020 ).

A rotação de culturas é considerada uma alternativa para o manejo populacional de nematoides, esta é uma medida de controle cultural estabelecida há muito tempo. Esta medida consiste no cultivo de espécies vegetais que não sejam hospedeira de patógeno, ocorrendo na mesma área de cultivo. De acordo com estudos de Deifeld em (2021), foi possível inferir que a utilização de milheto, sorgo e milho cv. P4285 na rotação de culturas no cultivo da soja, ocorreu uma redução na densidade populacional de *Aphelenchoides besseyi* nas extrações que foram realizadas em folha, nó e grão. Dessa forma, podemos considerar que o cultivo de milheto, sorgo e milho cv. P4285 se mostrou uma alternativa eficiente para o controle do nematoide, podendo ser utilizado em rotação ou sucessão com soja em área infestada de A.

*besseyi*.

A adoção de medidas de controle químico e biológico tem sido visto como uma alternativa viável para a redução da população do nematoide, de modo que, a eficácia de alguns produtos está atrelada ao seu modo e época de aplicação. Embora, a aplicação de calagem parece não ter efeito na diminuição de *A. besseyi* e, ainda, não ter encontrados plantas de soja e algodão que apresente resistência ao patógeno, as seleções corretas de sucessão de culturas no sistema, de modo a não ampliar a população presente na área, podem reduzir significativamente a incidência da doença, por exemplo, a utilização em casa de vegetação a sucessão *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, milho (*Zea mays*), milheto (*Pennisetum glaucum*) e *Stylosantes* cv. Campo Grande, não houve infecção de *A. besseyi* na soja subsequente (FAVORETO; MEYER, 2019).

Para alcançar a diminuição da população do nematoide *A. besseyi* é indispensável um manejo que seja efetuado de forma adequada, com a rotação de culturas de plantas que não sejam hospedeiras, com o controle das plantas hospedeiras voluntárias, trapoeraba (*Commelina benghalensis*), agriãozinho-do-pasto (*Synedrellopsis grisebachii*), caruru (*Amaranthus viridis*) e cordão de frade (*Leonotis nepetifolia*) (FAVORETO; MEYER, 2018). É importante realizar a semeadura da soja em cima da palhada totalmente morta, para impossibilitar a contaminação. O tratamento do solo com o uso de nematicidas, plantio de sementes com tratamento e o cuidado com os equipamentos utilizados no plantio e colheita, no deslocamento de áreas que estejam contaminadas para áreas novas. Têm-se a expectativa que esse nematoide não se torne um problema ainda maior para a agricultura brasileira, tendo verificado que esse organismo é hospedeiro de diversos tipos de planta, e que posteriormente ocorra o desenvolvimento de cultivares resistentes e controles químicos ajudem os produtores no seu manejo (FREITAS, 2022).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados apresentados, os parâmetros morfométricos como altura da planta (AP), peso das folhas (PF), comprimento da haste (CH), peso da haste (PH), média do comprimento do entrenó (MCE), número de vagens (NV), peso das vagens (PV), diâmetro do colo na base do caule (DC), número de folhas com sintomas (NFS) e número total de nematoides na planta foram significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey. Enquanto os parâmetros como, peso do pecíolo (PP) e número de ramos secundários (NRS) foram significativos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, porém as variáveis peso da parte aérea (PPAP), número de folhas (NF), média do comprimento do pecíolo (MCP) e o peso da parte aérea (PPA) não foram significativos (Tabela 3).

**Tabela 3:** Análise de variância dos parâmetros morfométricos de plantas de soja com sintomas do ataque do *Aphelenchoides besseyi* em três estádios fenológicos V7, R2 e R5.3.

FV	AP	PPAP	NF	PF	MCP	PP	CH	PH	MCE	NV	PV	PPA	DC	NR	NFS	NTNP
Estádios	193.94**	401.06**	49.37**	38.41**	217.20**	46.38**	97.48**	87.94**	82.87**	99.59**	93.48**	162.30**	246.31**	83.69**	15.88**	151.47**
Sintomatologia	15.83**	1.44 ns	4.33*	14.96**	0.01 ns	2.17 ns	53.22**	25.23**	0.09 ns	85.97**	74.28**	1.76 ns	7.07**	6.22*	329.67**	1740.59**
ExS	5.91**	0.92 ns	0.54 ns	6.71**	1.13 ns	3.22*	12.93**	85.53**	0.07**	81.87**	72.43**	1.76 ns	7.84**	3.24*	15.88**	151.47**
Resíduo	184.25	249.05	66.52	90.86	4.17	73.39	79.60	90.95	0.65	160.09	30.35	0.017	2.33	1.60	4.96	79.31
Média Geral	91.78	48.64	24.21	26.05	18.05	20.37	68.52	24.86	4.30	14.87	5.95	0.176	5.61	2.44	4.26	39.16
CV%	14.79	32.45	33.69	36.58	11.32	42.06	13.02	38.35	18.79	85.05	92.56	74.47	27.23	41.85	52.25	22.74

AP (altura da planta); PPAP (peso da parte aérea da planta); NF (número de folhas); PF (peso das folhas); MCP (média do comprimento do entrenó); PP (peso do pecíolo); CH (comprimento da haste); PH (peso da haste); MCE (média do comprimento do entrenó); NV (número de vagens); PV (peso das vagens); PPA (peso da parte aérea); DC (diâmetro do colo na base do caule); NR (número de ramos secundários); NFS (número de folhas com sintomas) NTNP (número total de nematoides na planta).

\*\*significativo ao nível de 1% probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

Na avaliação dos dados, constatou que o parâmetro morfométrico altura da planta (AP), no estágio V7 e R5.3 não diferiu das plantas com sintomas do ataque do nematoide nas sem sintomas, porém, no estágio R2, observou à diferença das plantas com e sem sintomas. A variável peso das folhas (PF) no estágio V7 e R2, as plantas com e sem sintomas não obtiveram diferença significativas, entretanto, na fase R5.3, estas diferenciaram entre si. No parâmetro peso dos pecíolos (PP), no estágio V7 e R5.3 constatou-se diferença nas plantas com e sem sintomas. A variável comprimento da haste (CH), diferiu nas plantas com e sem sintomas em todos os seus estádios fenológicos, V7, R2 e R5.3 (Tabela 4). Á vista disso, ao observar o desenvolvimento da soja (com o passar dos estádios fenológicos), diferenças no ataque dos nematoides sobre as plantas são constatadas tanto visivelmente como estatisticamente para a maioria dos parâmetros avaliados.

Constatou que a variável comprimento da haste (CH), diferiram das plantas com e sem sintomas nos estádios fenológicos avaliados (V7, R2 e R5.3). O mesmo ocorreu com o parâmetro peso da haste (PH). Já a média do comprimento do entrenó (MCE), diferiu das plantas com e sem sintomas nos estádios V7 e R2, enquanto que no R5.3 observa-se que não houve distinção (Tabela 4). Apesar do aumento progressivo do número de nematoides parasitando as plantas de soja quando comparadas as três fases fenológicas avaliadas, a quantidade de nematoides na afetou o parâmetros morfométricos MCE.

Com a diminuição na altura da planta, observa-se um aumento considerável no número de nematoides parasitando-a. O mesmo comparativo pode-se adotar para o comprimento da haste, que reduziu de tamanho com a presença dos sintomas da doença. Na avaliação do peso da haste e média do comprimento do entrenó, também foi afetado pela presença do nematoide.

**Tabela 4:** Resultados da análise estatística comparativa dos dados obtidos da quantidade de *Aphelenchoides besseyi* em plantas de soja com sintomas e sem sintomas na fase fenológica V7 e os parâmetros morfométricos da planta avaliados.

Estádio	Sintomatologia											
	Sem sintomas	Com sintomas										
	AP		PF		PP		CH		PH		MCE	
<b>V7</b>	55.33 cA	55.10 cA	12.56 bA	14.65 bA	8.00 cA	9.11 bA	52.33 cA	51.10 bA	12.53 bA	5.56 cB	2.52 bB	3.15 cA
<b>R2</b>	108.43 bA	84.27 bB	30.83 aA	33.88 aA	30.25 aA	28.24 aA	82.33 bA	57.86 bB	46.65 aA	36.67 bB	5.09 aA	4.12 bB
<b>R5.3</b>	128.67 aA	118.91 aA	23.13 aB	41.31 aA	18.87 bB	27.75 aA	91.50 aA	76.03 aB	0.27 cB	47.52 aA	5.22 aA	5.71 aA

AP (altura da planta); PF (peso das folhas); PP (peso dos pecíolos); CH (comprimento da haste); PH (peso da haste); MCE (média do comprimento do entrenó).

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna são significativas e letras maiúsculas na mesma linha são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O peso da haste foi significativamente superior nas plantas com sintomas, indicando que a presença de *A. besseyi* interferiu no desenvolvimento da planta. E a ausência do nematoide nas plantas sem sintomas, bem como, a ausência de sintomas nas plantas avaliadas demonstram mais uma vez que, o parasitismo desse nematoide interfere no desenvolvimento da planta.

Ao aferir o número de vagens (NV) e o peso das vagens (PV) detectou que nos estádios V7, R2 e R5.3, ocorreu diferenças nestes parâmetros em relação às plantas com e sem sintomas (Tabela 5). Com a diminuição na altura da planta, observa-se um aumento considerável no número de nematoides parasitando-a. O mesmo comparativo pode-se adotar para o comprimento da haste, que reduziu de tamanho com a presença dos sintomas da doença. Na avaliação do peso da haste e média do comprimento do entrenó, observou-se que esses parâmetros também foram afetados pela presença do nematoide.

No que se refere ao diâmetro do colo na base caule (DC) e o número de ramos secundários (NR), observa-se que nos estádios fenológicos V7 e R5.3, estes diferiram em plantas com e sem sintomas, entretanto, no estágio R2, estes parâmetros não diferiram entre os tratamentos. Embora possua o parasitismo do *A. besseyi* em plantas com sintomas, nota-se que estes parâmetros avaliados não foram evidentes nos estádios fenológicos (R2 e R5.3) da cultura quando observados os estádios fenológicos entre si. Isto se deve provavelmente a velocidade de desenvolvimento com o nivelamento do docel da soja entre a fase R2 para R5.3 (Tabela 5). Este desenvolvimento provavelmente pode ter sido influenciado pela competição por luz e por espaço entre plantas principalmente.

Para o número de folhas com sintomas (NFS), constatou-se folhas afetadas com presença de sintomas característicos do parasitismo no estágio fenológico R2, e posteriormente, foi possível verificar um aumento considerável no quadro sintomatológico do ataque de *A. besseyi* nos estádios R5.3 e V7. Em relação ao número total de nematoides encontrados na planta (NTNP), observa-se também um aumento considerável de nematoides parasitando as plantas ao longo do desenvolvimento destas quando comparados os três estádios fenológicos avaliados (Tabela 5). Nas folhas com sintomas, encontrou-se 12,27 nematoides e o número total de nematoides encontrados na planta foi de 69 (Tabela 5). Com base nessas informações, podemos afirmar que a quantidade de *A. besseyi* influenciou de forma significativa na diminuição na maioria dos parâmetros morfométricos da planta avaliados, o que contribui para uma redução na produtividade da cultura da soja.

As plantas sem sintomas apresentarem aumento significativo nos valores morfométricos aferidos. O parasitismo do *A. besseyi* é confirmado através da análise das

variáveis número de folhas com sintomas e o número total de nematoides presentes na planta (Tabela 5).

**Tabela 5:** Resultados da análise estatística comparativa dos dados obtidos da quantidade de *Aphelenchoides besseyi* em plantas de soja com sintomas e sem sintomas na fase fenológica V7, R2 e R5.3 e os parâmetros morfométricos da planta avaliados.

Estádio	Sintomatologia											
	Sem sintomas	Com sintomas										
	NV		PV		DC		NR		NFS		NTNP	
<b>V7</b>	0.00 bA	0.00 aA	0.00 bA	0.00 aA	0.75 cA	0.66 bA	0.00 bA	0.00 Ba	0.00 aB	6.40 bA	0.00 aB	43.80 cA
<b>R2</b>	3.80 bA	2.60 aA	0.81 bA	0.56 aA	9.14 aA	9.13 aA	3.87 aA	3.47 aA	0.00 aB	12.27 aA	0.00 aB	69.00 bA
<b>R5.3</b>	77.33 aA	4.93 aB	32.07 aA	2.28 aB	5.67 bB	8.33 aA	4.47 aA	2.87 aB	0.00 aB	6.93 bA	0.00 aB	122.20 aA

NV (número de vagens); PV (peso das vagens); DC (diâmetro do colo na base do caule); NR (número de ramos secundários); NFS (número de folhas com sintomas); NTNP (número total de nematoides na planta).

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna são significativas e letras maiúsculas na mesma linha são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas plantas com sintomas do ataque do nematoide, os parâmetros peso das folhas, peso do pecíolo, peso da haste, média do comprimento do entrenó e o número total de nematoides presentes na planta, apresentou os maiores valores. E as plantas sem sintomas obteve os maiores valores para as variáveis comprimento da haste, número de vagens, o peso das vagens e número de ramos secundários. Esses resultados revelam que nem sempre todos os parâmetros morfométricos avaliados são influenciados e se comportam de forma uniforme ao parasitismo de *A. besseyi*, como também, em fases fenológicas da planta avaliados.

Pode-se considera que o nematoide *A. besseyi* reduziu os parâmetros morfométricos altura da planta, comprimento da haste, peso do pecíolo, número de vagens, peso das vagens e o número de ramos secundários, podendo desencadear perdas de rendimento futuros das plantas.

O número de vagens e o seu peso, apresentou uma redução significativa nas plantas com sintomas para as sem sintomas. De acordo com Favoreto *et al.*, (2023), as reduções do número de vagens apresentam-se de forma expressiva na fase reprodutiva, isso ocorre devido as inflorescências necrosadas, acarretando o abortamento de flores e vagens, sendo capaz, ocasionalmente de manifestar superbrotamento e rosetamento, resultando em uma segunda florada, que usualmente não formam vagens.

Sobre o número de ramos secundários, constatou que a sua diminuição foi expressiva no estágio R5.3. Segundo Favoreto e Meyer (2019), os sintomas nas folhas, são mais notórios no florescimento, as folhas exibem embolhamento no seu limbo foliar e engrossamento das suas nervuras.

Em um estudo com a inoculação do *A. besseyi*, após 19 dias do nematoide inoculado, verificou-se ovos na superfície, em maior número nos nós e inflorescências, sugerindo que essas regiões são preferenciais para alimentação e multiplicação do *A. besseyi* em soja. Aumento de nós e lesões nas inflorescências foram observadas com 10 dias de inoculação do nematoide (CALANDRELLI *et al.*, 2023).

O aparecimento dos sintomas da síndrome da soja louca II têm sido atribuído ao desequilíbrio dos micronutrientes Ca, K e Mg. Em uma pesquisa sobre a presença do nematoide *Aphelenchoides besseyi* nas folhas de plantas de soja saudáveis e doentes, observou que as plantas sadias possuíam um maior teor de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em suas folhas, enquanto que um maior teor do nutriente potássio (K) está relacionado ao desenvolvimento da doença da retenção verde do caule e folha (RANULFI *et al.*, 2018).

Em relação ao parâmetro morfométrico comprimento da haste na fase fenológica R5.3, constatou-se uma significativa diminuição no seu comprimento. As deformações que ocorrem na haste, geralmente se apresentam na fase reprodutiva, com o retorcimento dos entrenós e o seu engrossamento (FAVORETO; MEYER, 2019). Dessa forma, há um encurtamento de tamanho, afetando na sua produção posteriormente. Plantas de soja infectadas pelo *A. besseyi*, em suas hastes têm-se deformações tipo “caneluras” e engrossamento dos seus nós (FAVORETO *et al.*, 2023)

No estágio V7, as plantas com sintomas apresentavam-se principalmente em suas folhas sintomas de bolhosidades e afinamento da base do pecíolo foliar são mais evidentes. No estágio fenológico R2, as plantas com sintomas, além dos sintomas anteriores, estas exibiam também em suas folhas coloração mais escura e alargamento dos entrenós. Quanto aos sintomas presentes no estágio fenológico R5.3, as plantas apresentaram os sintomas anteriores avançados e afilamento dos topos das plantas, enrugamento das folhas, engrossamento das nervuras, coloração mais escura e uma menor pilosidade.

Em um estudo de Calandrelli *et al.*, (2023), observou que os sintomas da infecção do *A. besseyi* foram observados com 8 dias de inoculação do nematoide, em que folhas jovens e tecidos apicais apresentavam lesões necróticas. A partir de 10 dias, observou-se o sintoma típico de “amanchiamento”, folhas coriáceas com deformações na superfície foliar. Aos 22 dias, as plantas apresentaram caules deformados com alargamento de nós e folhas dobradas e, aos 30 dias, as plantas inoculadas estavam atrofiadas em relação às plantas não inoculadas (CALANDRELLI *et al.*, 2023).

Ao final do ciclo da cultura, as plantas permanecem verdes, com retenção foliar e haste verde, distribuídas no campo sem obedecer um padrão definido, podendo apresentar-se em reboleiras, ou mesmo uniformemente nas lavouras (FAVORETO *et al.*, 2023).

Em um estudo com a cultura do arroz para avaliar a presença do nematoide *Aphelenchoides besseyi*, a infecção ocasionada por esse organismo foi de 42,7%, com a quantidade de nematoides presentes nas amostras de arroz em torno de 1 a 29 nematoides totais (ÇELIK *et al.*, 2020). Sendo possível constatar que a quantidade de nematoides encontrados não precisa ser alto para acarretar danos significativos na respectiva cultura infestada.

Em uma pesquisa que avaliou plantas de soja não inoculadas e inoculada pelo nematoide *A. besseyi*, observou os parâmetros altura da planta, peso da raiz fresca e o peso da parte aérea em 28 dias. A variável altura da planta que foi inoculada pelo nematoide apresentou 36,82 cm de comprimento, enquanto que as plantas não inoculadas apresentaram 46,17 g, o peso da raiz fresca das plantas não inoculadas foi 12,39 g, enquanto que as plantas inoculadas

estavam pesando 7,99 g e o peso da parte aérea das plantas não inoculadas foi de 18,79 g e as plantas inoculadas estavam com 14,31 g (CALANDRELLI *et al.*, 2023).

Em plantas de soja, esse nematoide penetra nas raízes e atinge os tecidos da parte aérea através dos vasos vasculares. O *A. besseyi* foi encontrado no córtex radicular, nos xilemas radiculares e internamente nos caules, sugerindo hábito endoparasita (CALANDRELLI *et al.*, 2023). Essas observações sugeriram que esse nematoide é um endoparasita em plantas de soja, como também em plantas de feijão (FAVORETO *et al.*, 2021).

Em estudos de Calandrelli *et al.*, (2023) constatou que o desenvolvimento da planta foi afetado negativamente pela presença do *A. besseyi* e a cronologia dos sintomas pode estar relacionada com as mudanças observadas nas variáveis vegetativas. Por volta dos 15 dias, observou-se uma aceleração na quantidade de nematoides, em que o desenvolvimento das plantas foi prejudicado. A partir deste momento, uma vez que o peso da raiz fresca diferiu entre plantas inoculadas e não inoculadas, houve uma taxa mais lenta no aumento do peso da parte aérea. Portanto, pudemos estabelecer a relação entre a presença de *A. besseyi*, com o aumento do número de nematoides nas raízes, caule, pecíolo e inflorescências, com o aparecimento, desenvolvimento e agravamento dos sintomas da retenção do caule e folha (CALANDRELLI *et al.*, 2023).

## 6. CONCLUSÕES

O aumento progressivo do parasitismo de *A. besseyi* foi observado de forma expressiva no estágio R5.3, com um maior número de nematoides parasitando a planta. Com isso, observa-se que este parasitismo interferiu no seu desenvolvimento e propiciou um aumento expressivo e progressivo nos sintomas da doença em fases mais adultas. Esse expressivo aumento, evidencia que as práticas de manejo e controle da doença devem ser realizadas o mais rápido possível para diminuir as perdas ocasionadas pela doença.

## 7. REFERÊNCIAS

AB RAHAMAN, S.F.F.; SINGH, E.; PIETERSE, C.M.M.; SCHENK, P.M. Emerging microbial biocontrol strategies for plant pathogens. **Plant Sci**, v.267, n.1, p.102-111, 2018.

AGRO BAYER BRASIL. **Conheça a doença da soja louca II**. 2023. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/conteudos/doenca-soja-louca>. Acesso em 1 de jun de 2023.

ALI, Q.; ZHENG, H.; RAO, M.J.; ALI, M.; HUSSAIN, A.; SALEEN, M.H.; NEHELA, Y.; SOHAIL, M.A.; AHMED, A.M.; KUBAR, K.A.; ALI, S.; USMAN, K.; MANGHWAR, H.; ZHOU, L. Advances, limitations, and prospects of biosensing technology for detecting phytopathogenic bacteria. **Chemosphere**, v.296, n.1, p.133773, 2022.

BELTRÃO, F.A.S.; FELIX, L.P.; SILVA, D.S.; BELTRÃO, A.E.S.; LAMOCAZARETE, R.M. Morfometria de acessos de maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* Pax & Hoffm.) e de duas espécies afins de interesse forrageiro. **Caatinga**, v. 19, n.2, p.103- 111, 2006.

CALANDRELLI, A. SILVA, M.T.R.; MIAMTO, A.; RINALDI, L.K.; FAVORETO, L.; MEYER, M.C.; MACHADO, A.C.Z.; SILVA, A.S.; DIAS-ARIEIRA, C.R.; Host-parasite relationship between *Aphelenchoides besseyi* and soybean. **Nematology**, v.25, n.1, p.33-44, 2023.

ÇELIK, E.S.;TÜLEK, A.; DEVRAN, Z. Developmente of a novel scale based on qPCR for rapid and accurate prediction of the number of *Aphelenchoides besseyi* in paddy rice. **Crop Protection**, v.127, n.1, p.104975, 2020.

CHEN, Q.; WANG, F.; LI, D.; ZHANG, R.; LING, Y. Trehalose metabolismo genes render rice White tipo nematode *Aphlenchoides besseyi* (Nematada: *Aphlenchoididae*) resistant to na anaerobic environment. **Journal of Experimental Biology**, v.221, n.4, p.1-20, 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Maranhão – cresce estimativa de produção de soja e milho da safra 2022/2023**. 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4914-maranhao-cresce-estimativa-de-producao-de-soja-e-milho-da-safra-2022-2023>>

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Nova estimativa aponta para uma produção de grãos na safra 2021/22 em 268,2 milhões de toneladas.** 2022. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br>> Acesso: 12 de junho de 2023.

DEIFELD, H.P.D. **Manejo da soja louca II: Hospedabilidade de *Aphelenchoides besseyi* em culturas de rotação e sucessão.** 2021. 26 p. Dissertação (Mestrado em Defesa Sanitária Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

DIAS, P.A.; TABB, A.; MEDEIROS, H. Multispecies fruit flower detection using a refined semantic segmentation network. **IEE Robotics and Automation**, v.3, n.4, p.3003-3010, 2018.

FAVORETO, L.; FALEIRO, V.O.; FREITAS, M.A.; BRAUWERS, L.R.; GALBIERI, R.; HOMIAK, J.A.; LOPES-CAITAR, V.S.; MARCELINO-GUIMARÃES, F.C.; MEYER, M.C. First report of *Aphelenchoides besseyi* infecting aerial part of cotton plants in Brazil. **Plant Disease Notes**, v.102, n. 12, p.2662, 2018.

FAVORETO, L.; MEYER, M. C. Diagnose, hospedeiros e manejo de *Aphelenchoides besseyi*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 35., 2018, Bento Gonçalves, RS. **Anais [...]**. Brasília: Embrapa, 2018.

FAVORETO, L.; MEYER, M.C. **O nematoide da haste verde.** 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 3-11 p.

FAVORETO, L.; MEYER, M.C.; CALANDRELLI, A.; DA SILVA, M.C.M.; DA SILVA, S.S.; MACHADO, A.C.Z. *Aphelenchoides besseyi* parasitizing common bean in Brazil. **Plant Disease**, v.105, n.1, p.748-751, 2021.

FAVORETO, L.; MEYER, M.C.; DIAS-ARIREIRA, C.R.; MACHADO, A.C.Z.; SANTIAGO, D.C.; RIBEIRO, N.R. Diagnose e manejo de fitonematoídes na cultura da soja. **Informe Agropecuário**, v.40, n.306, p.18-29, 2019.

FAVORETO, L.; MEYER, M.C.; MACHADO, A.C.Z.; LORETO, R.B. O nematoide *Aphelenchoides besseyi*: Situação nas culturas de soja e algodão. **Informações Agronômicas Proteção de Plantas**, v.1, n.1, p.5-20, 2023.

FLÁVIO, H.O. *et al.* Cultivo de soja. In: ENCONTRO DOS GRADUANDOS DA ESCOLA DE NEGÓCIOS, 1., 2021, São João da Boa vista. **Anais [...]**. São Paulo: Centro Universitário da Fundação de Ensino Otávio Bastos, 2021.

FRANÇA, P.P.; LORETO, R.B.; FAVORETO, L.; MEYER, M.C.; ANDRADE, D.F.M.; SILVA, S.A. Desenvolvimento da soja sob diferentes níveis populacionais de *Aphelenchoides besseyi* e *Pratylenchus brachyurus*. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 37., 2019, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2019.

FREITAS, A.S. *Aphelenchoides besseyi* na cultura da soja. 2022. 19 f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Campus Urutaí, Instituto Federal Goiano, Urutaí.

GALINDO, F.S.; PAGLIARI, P.H.; RODRIGUES, W.L.; PEREIRA, M.R.D.; BUZETTI, S.; FILHO, M.C.M.T. Investigation of *Aszospirillum brasilense* inoculation and silicon application on corn yield responses. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.20, n.1, p.2406-2418, 2020.

GALL, J. **Nematoides são tipos de vermes que atacam as culturas**. 2019. Disponível em: < [www.agro20.com.br](http://www.agro20.com.br) > Acesso: 10 de maio de 2023.

HUNT, D.; KARSSSEN, G. *Aphelenchoides besseyi*. **EPPO Bulletin**, v. 34, n. 2, p. 303–308, 2020.

IPNI – INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **Como a planta de soja se desenvolve**.2018.Disponívelem:

[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/1A183CA9FE55F39883257AA0003B5C23/\\$FILE/Como%20a%20Planta%20da%20Soja%20Desenvolve.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/1A183CA9FE55F39883257AA0003B5C23/$FILE/Como%20a%20Planta%20da%20Soja%20Desenvolve.pdf)  
Acesso em 2 de jun de 2023.

KHALAFI, A.; MOHSENFAR, K.; GHOLAMI, A.; BARZEGARI, M. Corn (*Zea mays* L.) growth, yield and nutritional properties affected by fertilization methods and micronutriente use. **International Journal of Plant Production**, v.15, n.1, p.589-597, 2021.

KHAN, M.R.; HAQUE, Z. Methods of assay and detection of nematodes in plant and soil. **Nematode Diseases of Crops and their Sustainable Management**, v. 1, n.1, p. 27-54, 2023.

KOMORI, E.; HAMAWAKI, O.T.; DE SOUZA, M.P.; SHIGIHARA, D.; BATISTA, A.M. Influência da época de semeadura e população de plantas sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Bioscience Journal**, v. 20, n. 3, p. 13-19, 2004.

LI, F.; YAN, Q.; LU, J.; YANG, F.; DONG, F.; WANG, M.; JIA, Y. Effect of plating density on the stem characteristics and yield of summer maize. **Journal of China Agricultural University**, v.24, n.11, p.8.15, 2019.

LI, Z.; YU, T.; PAUL, R.; FAN, J.; WEI, Q. Agricultural nanodiagnostics for plant diseases: recent advances and challenges. **Nanoscale Advances**, v.8, n.1, p.3083-3094, 2020.

LO PRESTI, D.; DI TOCCO, J.; MASSARONI, C.; CIMINI, S.; DE GARA, L.; SINGH, S.; RAUCCI, A.; MANGANIELLO, G.; WOO, S.L.; SCHENA, E.; CINTI, S. Current understanding, challenges and perspective on portable systems applied to plant monitoring and precision agriculture. **Biosensors and Bioelectronics**, Naples, v.222, n.1, p.115005, Dez. 2023.

LORETO, R.B.; DIAS, J.P.; FAVORETO, L.; MEYER, M.C.; MOREIRA, A. Soybean development under different *Aphelenchoides besseyi* and *Meloidogyne incognita* populations. **Ciências Agrárias**, v.43, n.4, p.1595-1604, 2022.

MARTINS, F.L.I. **Reformulação do cálculo do nível de dano econômico de insetos pragas da cultura da soja**. 2018. 93 p. Tese (Doutorado Curso de Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

MEYER, M. C.; FAVORETO, L.; KLEPKER, D.; MARCELINO-GUIMARÃES, F.C. Soybean green stem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi*. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, n. 5, p. 403-409, 2017.

PATHAN, T.U.; CHAKOLE, S. Sensor based smart farming and plant diseases monitoring. **International Journal of Engineering and Advanced Technology**, v.8, n.2, p.442-446, 2019.

PHILIS, G.; GRACEY, E.O.; GANSEL, L.C.; FET, A.M.; REBOURS, C. Comparing the primary and phosphorus consumption of soybean and seaweed-based aquafeed proteins- A material and substance flow analysis. **Journal of Cleaner Production**, v.200, p.1142-1153, 2018.

RANULFI, A.C.; SENESI, G.S.; CAETANO, J.B.; MEYER, M.C.; MAGALHÃES, A.B.; VILLAS-BOAS, P.R.; MILORI, R.M.B.P. Nutritional characterization of healthy and *Aphelenchoides besseyi* infected soybean leaves by laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS). **Microchemical Journal**, v. 141, p. 118-126, 2018.

SALMERÓN, M.; PURCELL, L.C. Simplifying the prediction of phenology with the DSSAT-CROPGRO-soybean model based on relative maturity group and determinacy. **Agricultural Systems**, v. 148, p. 178-187, 2016.

SEDIYAMA, T. (Org.). Tecnologias de produção e usos da soja. Londrina, PR: Mecenias, v. 2, 1.314 p, 2009.

SILVA, R. A. **Impacto das mudanças climáticas sobre a produtividade e pegada hídrica da soja cultivada na região do Matopiba**. 2018. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA - região central do Brasil 2009 e 2010. Londrina: **Embrapa Soja**: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 13).

TESAR, M.B. **Physiological basis of crop growth and development**. 1. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1984. 341p.

TEXEIRA, V.P.A.; PEREIRA, S.A.L.; RODRIGUES, D.B.R.; JUNIOR, R.S.L.; OLIVEIRA, F.A.; CASTRO, E.C.C.; REIS, M.A. **Técnicas de Morfometria**: Princípios básicos e aplicação da morfometria, 2005. Disponível em: Acesso em: 10 jan. 2023.

THOMAS, A.L. **Soja: tipos de crescimento da planta**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2018. 59 p.

USDA – Foreign Agricultural Service. **Soja 2022 – Produção mundial: 375.148 (1000 MT)**. 2022. Disponível em:

<<https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=2222000>>

VENTURA, F.; MARLETTO, V.; TRAINI, S.; TOMEI, F. Validation of development models for winter cereals and maize with independent agropenological observations in the BBCH scale. **Italian Journal of Agrometeorology**. v. 3, n.1, p. 17-26, 2009.

ZANZARIN, D.M.; HERNANDES, C.P.; LEME, L.M.; SILVA, E.; PORTO, C.; DO PRADO, R.M.; MEYER, M.C.; FAVORETO, L.; NUNES, E.D.; PILAU, E.J. Metabolomics of soybean green stem and foliar retention (GSFR) disease using mass spectrometry and molecular networking. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, v.34, n.53, p.8655, 2019.

ZHANG, J.; HUANG, Y.; PU, R.; GONZALEZ-MORENO, P.; YUAN, L.; WI, K.; HUANG, W. Monitoring plant diseases and pests through remote sensing technology: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.165, n.1, p.104943, 2019.