



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DIONISIO FABIO MATSUMOTO ANDRADE

**DINÂMICA DE *Aphelenchoides besseyi* E DOS ATRIBUTOS
QUÍMICOS DO SOLO NA SOJA, APÓS O CULTIVO DE
DIFERENTES ESPÉCIES VEGETAIS, ASSOCIADO A
PRODUTO BIOLÓGICO E QUÍMICO**

Londrina
2020

DIONISIO FABIO MATSUMOTO ANDRADE

**DINÂMICA DE *Aphelenchoides besseyi* E DOS ATRIBUTOS
QUÍMICOS DO SOLO NA SOJA, APÓS O CULTIVO DE
DIFERENTES ESPÉCIES VEGETAIS, ASSOCIADO A
PRODUTO BIOLÓGICO E QUÍMICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Adônis Moreira

Londrina
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

AN553 Andrade, Dionisio Fabio Matsumoto.

Controle de *Aphelenchoides besseyi* na soja em diferentes coberturas vegetais de solo / Dionisio Fabio Matsumoto Andrade. - Londrina, 2020.
71 f. : il.

Orientador: Adônis Moreira.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Nematoides - Tese. 2. Plantas de cobertura - Tese. 3. *Pochonia chlamydosporia* - Tese. 4. Tiodicarbe - Tese. I. Moreira, Adônis. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 63

DIONISIO FABIO MATSUMOTO ANDRADE

**DINÂMICA DE *Aphelenchoides besseyi* E DOS ATRIBUTOS
QUÍMICOS DO SOLO NA SOJA, APÓS O CULTIVO DE DIFERENTES
ESPÉCIES VEGETAIS, ASSOCIADO A PRODUTO BIOLÓGICO E
QUÍMICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Adonis Moreira
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Débora Cristina Santiago
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Thadeu Rodrigues de Melo
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 21 de fevereiro de 2020.

Dedico a Deus e meus pais, por todo apoio, suporte e por terem acreditado em mim.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à Deus por ter guiado meu caminho até aqui e por ter me dado a capacidade da conclusão deste trabalho e desta pesquisa.

Agradeço ao meu orientador, professor e amigo, Dr. Adônis Moreira, que confiou desde o início na minha capacidade e disciplina.

Agradeço aos meus pais, por terem paciência e compreensão durante todo o experimento, pelo apoio que me deram durante os dois anos do mestrado e que graças a eles, hoje estou aqui concluindo este trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina e a CAPES, por ter me dado a oportunidade de trabalhar com profissionais extremamente qualificados, que em todo o tempo me deram suporte quando necessário e tornaram esta pesquisa possível pelo apoio financeiro concedido pela bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Aos pesquisadores Maurício Meyer e Luciany Favoreto, e também a todos os colaboradores da EMBRAPA/Soja, por cada dia que me ajudaram e se dedicaram ao meu trabalho, com muito empenho e cuidado.

Aos técnicos Márcio e João do Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Londrina, por todo o suporte e por cada ensinamento que adquiri com vocês, os quais jamais esquecerei.

A equipe de nematologia, aos estagiários, amigos e colegas do programa de pós-graduação, por cada ajuda, cada dia que passaram comigo durante o experimento, pela paciência e cuidado que tiveram com cada detalhe das análises e pelo conhecimento adquirido com vocês!

Aos membros da banca, meu agradecimento especial, por estarem aqui e fazerem parte deste momento final e não menos importante.

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.”

(Walter S. Landor)

ANDRADE, Dionisio Fabio Matsumoto. **Dinâmica de *Aphelenchoides besseyi* e dos atributos químicos do solo na soja, após o cultivo de diferentes espécies vegetais, associado a produto biológico e químico.** 2020. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2020.

RESUMO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] faz parte do grupo das grandes culturas cultivadas no Brasil e um dos principais problemas enfrentados pelos produtores são os fitonematoides. Atualmente tem se destacado o nematoide da haste verde da soja, *Aphelenchoides besseyi*, com informações restritas de métodos de controle na cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar se diferentes coberturas vegetais, associadas ou não à tratamentos com produtos químicos ou biológicos, auxiliam no controle do *A. besseyi* em dois anos de plantio e melhoria na qualidade do solo. O experimento foi realizado durante duas safras e o estudo comparou a resposta de oito plantas de cobertura: *Urochloa ruziziensis*, milho (*Zea mays*), milheto (*Pennisetum glaucum*), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*), *Crotalaria juncea*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* e *Stylosanthes* cv Campo Grande, além de uma espécie de planta daninha: trapoeraba (*Commelia benghalensis*) e o controle sem cobertura vegetal. Houve a associação de todas as plantas de cobertura com inoculação de produtos químico ou biológico. Ao final do ciclo foram avaliadas as alterações no crescimento vegetativo das plantas com as análises de altura da parte aérea (APA), número de trifólios (NT) e massa fresca da parte aérea (MFPA), também foram avaliadas a quantidade de nematoides por grama de parte aérea e análises químicas do solo. No primeiro cultivo foi observada diferença na utilização das plantas de cobertura e também na utilização de produto biológico. Foi destaque a utilização de *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, milho, milheto, *Stylosanthes* e/ou a manutenção dos vasos sem cobertura, sendo tratamentos potenciais na redução do *A. besseyi*. No segundo cultivo não foi observado a presença do nematoide na parte aérea das plantas, porém observou a sua presença em anidrobiose nas plantas de cobertura: trapoeraba, *U. ruziziensis*, milho, sorgo, *C. juncea* e *C. spectabilis*, sugerindo que as coberturas mantem o nematoide no período de ausência da soja, contudo, sem engendrar sua multiplicação. Em relação aos atributos químicos do solo, as plantas de cobertura responderam de forma positiva e mantendo os teores adequados de nutrientes no solo.

Palavras-chave: Nematoides. Plantas de cobertura. *Pochonia chlamydosporia*. Tiodicarbe.

ANDRADE, Dionisio Fabio Matsumoto. ***Aphelenchoides besseyi* dynamics and soil chemical attributes in soybean, after the cultivation of different plant species, associated with biological and chemical product.** 2020. 73 p. Dissertation (Master's in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

ABSTRACT

Soy [*Glycine max* (L.) Merrill] is one of the major crops grown in Brazil and one of the main problems faced by producers is phytonematoids. Currently, the nematoid of the green soybean stem, *Aphelenchoides besseyi*, has been highlighted, with restricted information on control methods in the crop. The objective of this work was to evaluate if different vegetal coverings, associated or not to treatments with chemical or biological products, help in the control of *A. besseyi* in two years of planting and improvement in soil quality. The experiment was carried out during two harvests and the study compared the response of eight cover plants: *Urochloa ruziziensis*, corn (*Zea mays*), millet (*Pennisetum glaucum*), sorghum forrageiro (*Sorghum bicolor*), *Crotalaria juncea*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* and *Stylosanthes* cv Campo Grande, besides a species of weed: trapoeraba (*Commelia benghalensis*) and the control without plant cover. There was the association of all cover plants with inoculation of chemical or biological products. At the end of the cycle the changes in the vegetative growth of the plants were evaluated with the analyses of height of the aerial part (APA), number of trifólios (NT) and fresh mass of the aerial part (MFPA), the quantity of nematoides per gram of aerial part and chemical analyses of the soil were also evaluated. In the first crop a difference was observed in the use of cover plants and also in the use of biological product. The use of *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, maize, millet, *Stylosanthes* and/or the maintenance of uncovered pots were highlighted, being potential treatments in the reduction of *A. besseyi*. In the second crop the presence of nematoid was not observed in the aerial part of the plants, but it was observed its presence in anhydrobiosis in the covering plants: trapoeraba, *U. ruziziensis*, corn, sorghum, *C. juncea* and *C. spectabilis*, suggesting that the coverings maintain the nematoid in the period of absence of soya, however, without engendering its multiplication. Regarding the chemical attributes of the soil, the cover plants responded positively and maintaining the appropriate levels of nutrients in the soil.

Key words: Cover crop. Nematodes. *Pochonia chlamydosporia*. Tiodicarbe.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Câmara de contagem de Peters	38
-------------------	------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Tratamentos demonstrando a composição de cada vaso, separados conforme a planta de cobertura utilizada, cada tratamento possuía oito repetições	37
Tabela 3.2	Valores médios de altura de plantas de quarenta tratamentos, em duas épocas de avaliação.....	40
Tabela 3.3	Valores médios de número de trifólios das plantas de soja de quarenta tratamentos, em duas épocas de avaliação.....	42
Tabela 3.4	Valores médios de massa fresca de parte aérea (MFPA) das plantas de soja de quarenta tratamentos, em duas épocas de avaliação.....	44
Tabela 3.5	População final (PF) de <i>Aphelenchoides besseyi</i> em função de diferentes fontes de cobertura vegetal do solo e do emprego de nematicidas biológico e químico na primeira safra.....	45
Tabela 3.6	População final (PF) de <i>A. besseyi</i> em diferentes coberturas vegetais na segunda safra, associadas ou não ao controle químico ou biológico	46
Tabela 4.1	Tratamentos demonstrando a composição de cada vaso, separados conforme a planta de cobertura utilizada, cada tratamento possuía oito repetições.....	52
Tabela 4.2	Avaliação das propriedades químicas do solo em duas safras distintas, após a utilização de adubação verde.....	54
Tabela 4.3	Avaliação dos atributos químicos do solo, apresentando os resultados da avaliação dos teores de macronutrientes, após duas safras de soja com adição de cobertura vegetal para controle de <i>Aphelenchoides besseyi</i>	56
Tabela 4.4	Avaliação dos atributos químicos do solo, apresentando os resultados da avaliação dos teores de micronutrientes, após duas safras de soja com adição de cobertura vegetal para controle de <i>Aphelenchoides besseyi</i>	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	HIPÓTESE DO TRABALHO.....	15
1.2	OBJETIVO GERAL.....	15
1.3	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	SOJA.....	16
2.1.1	Mercado Mundial	17
2.1.2	Mercado Nacional.....	17
2.1.3	Mercado Paranaense	18
2.2	ADUBAÇÃO VERDE.....	18
2.2.1	Gramíneas Utilizadas Em Safrinha.....	19
2.2.2	Leguminosas Utilizadas Em Safrinha	21
2.2.3	Plantas Daninhas E O Controle De Fitonematoides	23
2.3	CONTROLADORES DE FITONEMATOIDES.....	23
2.3.1	Controle Químico.....	24
2.3.2	Controle Biológico	24
2.4	PRINCIPAIS FITONEMATOIDES NA CULTURA DA SOJA.....	25
2.4.1	Nematoide de Galhas	27
2.4.2	Nematoide de Cisto	28
2.4.3	Nematoide de Lesões Radiculares.....	29
2.4.4	Nematoide Reniforme.....	31
2.4.5	Nematoide da Haste Verde da Soja	32
3	ARTIGO 1: ALTERNATIVAS DE ADUBAÇÃO VERDE PARA O CONTROLE DE <i>Aphelenchoides besseyi</i> NA CULTURA DA SOJA	33
3.1	RESUMO.....	33
3.2	ABSTRACT.....	33
3.3	INTRODUÇÃO.....	34
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	35

3.4.1	Descrição do Local	35
3.4.2	Coleta e Inoculação do <i>Aphelenchoides besseyi</i>	36
3.4.3	Tratamentos e Avaliações	37
3.4.3.1	Variáveis avaliadas nas plantas de soja.....	38
3.4.3.2	Extração de <i>Aphelenchoides besseyi</i> pós-inoculação.....	38
3.4.4	Análise Estatística	38
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
3.6	CONCLUSÃO.....	47
4	ARTIGO 2: ATRIBUTOS QUÍMICOS APÓS UTILIZAÇÃO DE ADUBAÇÃO VERDE, TRATAMENTO QUÍMICOS OU BIOLÓGICO, PARA CONTROLE DE <i>Aphelenchoides besseyi</i> NA CULTURA DA SOJA	48
4.1	RESUMO.....	48
4.2	ABSTRACT.....	48
4.3	INTRODUÇÃO.....	49
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
4.4.1	Descrição do Local	50
4.4.2	Coleta e Caracterização do Solo	51
4.4.3	Tratamentos e Avaliações	52
4.4.3.1	Análise química do solo.....	52
4.4.4	Análise Estatística	53
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.6	CONCLUSÃO.....	59
5	CONCLUSÕES GERAIS.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma leguminosa de grande interesse do agronegócio brasileiro por apresentar elevados teores de proteína e óleo vegetal, destinados ao consumo humano e animal. O Brasil é, atualmente, o maior produtor mundial do grão, com a estimativa para safra 2019/20 de 123 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

No território nacional, o cultivo vem crescendo e se difundindo desde a década de 1970, avançando do sul do país para as demais regiões. Essa expansão foi possível devido ao melhoramento genético da soja, sendo constatado fatores limitantes a altas produtividades, como a incidência de pragas e doenças, como por exemplo os nematoides das galhas (*Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*), de cisto (*Heterodera glycines*), das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) e os reniformes (*Rotylenchulus reniformis*).

O uso de rotação de culturas com espécies não hospedeiras e de adubos verdes associados a produtos biológicos resultam na diminuição da população de nematoides abaixo do nível considerado de dano econômico (WAGNER, 2016).

Outro fator importante para auxiliar na alta produtividade das plantas é a nutrição adequada das plantas por meio do manejo do solo. Em geral, devido ao aumento de demanda da produção, os solos são altamente expostos à radiação solar e à erosão hídrica no período de entressafra. O uso de plantas para adubação verde e para cobertura promovem melhorias físicas, químicas e biológicas ao solo, ressaltando assim a importância da rotação de culturas. (CARVALHO et al., 2004).

O aumento do teor da matéria orgânica no solo (MOS) pode melhorar os seus atributos químicos e diminuir a população de nematoides e, conseqüentemente redução da produtividade. Entretanto, fatores, como a natureza do material (relação C/N e teor de lignina), propriedades do solo e clima acarretam em diferenças de resposta à adubação verde (LAL, 1986; AMABILE et al., 1994).

No caso do nematoide *Aphelenchoides besseyi*, causador da haste verde e retenção foliar na soja, apesar da sua infestação não ocorrer no solo, vem demonstrando perdas financeiras consideráveis na cultura da soja e a necessidade de estudos aprofundados dos fatores de erradicação ou controle desta doença. A sua maior incidência tem sido nos estados do Pará, Tocantins, Maranhão e Mato Grosso, levando a grandes perdas na cultura (MEYER et al., 2017). Tem se observado que

áreas com rotação de culturas e utilização de plantas de cobertura, a incidência e o grau de infestação do nematoide é menor, porém não existem estudos que quantifique esta redução.

1.1 HIPÓTESE DO TRABALHO

Plantas de cobertura, associadas a produtos químicos ou biológicos são capazes de reduzir a população de *Aphelenchoides besseyi* na cultura da soja, acarretando em maior crescimento vegetativo das plantas e consequente melhoria nos atributos químicos do solo.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi testar se o uso de diferentes coberturas vegetais, associadas ou não à aplicação de produtos químicos ou biológicos, é capaz de controlar a população do *Aphelenchoides besseyi* e melhorar os atributos químicos do solo.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a população de *Aphelenchoides besseyi* na cultura da soja após a utilização de plantas de cobertura associadas ou não a tratamentos químicos e biológicos, como método de controle;

Verificar alterações nos atributos químicos do solo após o cultivo de plantas de cobertura e a palhada;

Avaliar a presença do *A. besseyi* na segunda época de plantio após o manejo realizado com o plantio de plantas de cobertura entre safra.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SOJA

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma planta herbácea da família Fabaceae, possui folhas trifoliadas com exceção do primeiro par de folhas simples. As flores de cor branca, roxa ou intermediária, são autógamas. Desenvolve vagens com uma a cinco sementes lisas, elípticas ou globosas e podem apresentar três tipos de crescimento: indeterminado, determinado ou semi-determinado. A altura ideal das plantas variam de 60 a 110 cm de acordo com as condições ambientais e cultivar (BONETTI, 1981).

A soja é uma das mais importantes oleaginosas sob cultivo extensivo no país com alta capacidade de produzir mais proteína por hectare que a maioria das plantas oleaginosas. Suas fontes de calorías fazem desta leguminosa a principal fonte de proteína, fator que demonstra a sua importância na produção mundial (BONETTI, 1981).

A sua origem não é bem definida, havendo uma discordância entre autores, mas em sua grande maioria, o leste da Ásia é citado inúmeras vezes como centro de origem. Os mais antigos registros datados são de 2838 AC., no qual o grão foi citado e descrito pelo imperador Shennong ou Shen-nung, considerado 'Pai' da agricultura chinesa que deu início ao cultivo de grãos como alternativa ao abate de animais. Durante séculos, a soja permaneceu restrita ao oriente, pois não havia o conhecimento sobre sua importância nutricional nos países ocidentais (MORSE, 1950; BONATO; BONATO, 1987).

Na época das grandes navegações europeias, início do século XVI, a soja chegou ao ocidente. Relatos indicam que no Brasil, a soja foi introduzida em 1882, no estado da Bahia por Gustavo D'utra. Posteriormente, em 1909, começou os primeiros relatos de experiências e testes, na Argentina, em Córdoba (REMUSSI; PASCALE, 1977). Em 1921, chega ao Paraguai e, em 1928 na Colômbia (VERNETTI, 1974 e CAMACHO, 1975). No mercado internacional, o Brasil começou a aparecer como um produtor de soja apenas em 1949 (MIYASAKA, 1965).

2.1.1 Mercado Mundial

Com o aumento da população, um dos principais problemas é a necessidade do aumento da produção de alimentos. A Organização das Nações Unidas (UN, 2013) estimou que a população mundial em 2050 será de aproximadamente 9,5 bilhões de pessoas. Com isso, haverá o aumento da demanda de alimentos.

A soja e a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) são as principais culturas que movimentam o agronegócio brasileiro, e há o interesse na sua expansão territorial visando o aumento da produção agrícola (Banco Mundial, 2010).

A produção da safra de 2018/2019 mundial foi de 362,08 milhões de toneladas em uma área plantada de 125,69 milhões de hectares (USDA, 2019), estima-se uma redução na produção na safra 2019/2020 em decorrência de fatores climáticos.

Atualmente os Estados Unidos lidera a produção mundial com 123,664 milhões de toneladas, mas estima-se que na safra 2019/2020 o Brasil lidere o ranking e se torne o principal produtor mundial de soja. Alterações climáticas geraram atrasos no plantio, auxiliando na inversão de posição no ranking (USDA, 2019).

2.1.2 Mercado Nacional

Até 2019, o Brasil foi o segundo maior produtor do grão, atingindo 115 milhões de toneladas colhidas na safra de 2018/19, estima-se que na safra 2019/20 atinja 123 milhões de toneladas (USDA, 2019).

O Mato Grosso é o estado brasileiro que mais produz, e contribuiu para esta safra com 32.454,5 milhões de toneladas, alcançando a maior produção de soja do estado em toda a série histórica da CONAB. O segundo maior produtor é o Estado do Paraná, que mesmo com o decréscimo da produção fator decorrente de fatores climáticos, contribuiu com 19.170,5 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

Considerando o conjunto de produtos agropecuários, a soja tem se destacado em um papel fundamental para o desenvolvimento de determinadas regiões, principalmente daquelas que se encontram na periferia de grandes polos industriais (ROESSING; GUEDES, 1993). A maior parte do que é produzido é destinado para a exportação, o consumo interno é de aproximadamente 44 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

2.1.3 Mercado Paranaense

O agronegócio é uma das principais fontes econômicas do Estado do Paraná, sendo responsável por 30% do PIB, com uma área total plantada de 11 milhões de hectares (IBGE, 2019).

O oeste do Estado do Paraná é a maior região produtora, gerando o maior Valor Bruto de Produção (VBP), sendo responsáveis por 3,6 milhões de toneladas do grão, o que equivale a 19% do total da soja produzida.

A tecnificação de cultivo é o principal fator apontado pelos agricultores como responsável por estes altos números na produção do estado, havendo um incremento de 50% da produção em 10 anos sem aumentar significativamente a área plantada (FAEP, 2019).

2.2 ADUBAÇÃO VERDE

A adubação verde é uma das práticas mais antigas da agricultura, com relatos de utilização antes da era cristã, onde era usada como fertilizante para melhorar a produtividade das plantas (MIYASAKA et al., 1924). No Brasil os primeiros relatos sobre o assunto foram feitos apenas em 1919 por D'utra, que descreveu "*quanto mais pobres forem os terrenos, mais apreciáveis serão os resultados*" (SOUZA et al., 2012).

O dinamismo da agricultura impulsiona produtores a buscar novas informações e tecnologias afim de prosperar em seu sistema produtivo. A adubação verde é uma tecnologia menos complexa e sustentável que se destaca dentre as demais, e pode-se definir como o cultivo de espécies de plantas em rotação, sucessão ou consorciação, que serão mantidas na superfície ou incorporadas ao solo; esta prática tem o objetivo de garantir ou aumentar a capacidade produtiva do solo, independentemente da cultura utilizada (CALEGARI et al., 1993).

Esta técnica promove benefícios nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, favorece um aumento da fertilidade natural através da formação de matéria orgânica (MO); proteção do solo contra erosão hídrica e eólica, onde a cobertura diminui o impacto das gotas de chuva, melhora agregação do solo e diminui a evaporação da água. Em caso de leguminosas, ocorre a fixação simbiótica do nitrogênio (N) atmosférico e liberação de forma gradual para culturas consorciadas ou subsequentes. Pode influenciar no controle de pragas e doenças, como os

fitonematóides e controlar as variações térmicas das camadas superficiais do solo auxiliando no controle de plantas daninhas (CARVALHO; AMABILE, 2006).

2.2.1 Gramíneas Utilizadas na Safrinha

As gramíneas (*Poaceae*) são uma das maiores famílias de angiospermas possuindo uma vasta distribuição no globo terrestre, em diversos habitats incluindo a Antártica. O nome vem do embrião de apenas um cotilédone, possuem folhas lineares, flores nuas, as inflorescências são espigas, panículas e racemos e o fruto é uma cariopse. A germinação é do tipo hipógea, onde o cotilédone permanece dentro do solo. Possuem dois sistemas radiculares, o primeiro que tem origem no embrião e apresenta uma curta duração auxiliando no desenvolvimento inicial das plântulas, recebe o nome de raízes seminais. O segundo sistema radicular e definitivo denominado de adventícias, são numerosas e tem origem nos primeiros nós basais, de estolões, ou nós que estejam em contato com o solo (FONTANELI et al., 2009).

As vantagens que as gramíneas apresentam é o rápido desenvolvimento inicial que proporciona adaptação às condições edafoclimáticas adversas. A palhada de gramínea fornece coberturas mais estáveis com maior relação carbono e nitrogênio (C/N), liberando nutrientes a médio e longo prazo havendo maior competição pelo N disponível às culturas sucessoras (GOMES et al., 1997).

As forrageiras do gênero *Urochloa* tem ganhado espaço como planta de cobertura de solo, principalmente a *Urochloa ruziziensis*. Possui como característica a rusticidade e adaptação a solos de baixa fertilidade, e são responsivas a melhorias de fertilidade. Pode ser utilizada em sucessão a culturas de verão ou cultivadas em consórcio de safrinha (ZIMMER, 2015). Em Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, Bettiol et al. (2015) observaram uma produção de 60 t ha⁻¹ de massa verde (MV), e 8,2 t ha⁻¹ no período chuvoso. Em safrinha no município de Santo Antônio de Goiás, a produção de matéria seca foi de 6,7 t ha⁻¹ em sucessão à cultura da soja (PACHECO et al., 2013).

O milheto (*Pennisetum glaucum*) é outra espécie forrageira de ciclo anual, apresenta alta rusticidade, com sistema radicular profundo podendo atingir 3,60 m de profundidade. Costuma ser cultivado na safrinha, depois da cultura da soja ou milho e na primavera, como cobertura de solo para sistema plantio direto, integração lavoura pecuária e produção de sementes (PITOL, 1999).

Spehar (1999) descreve uma produção de fitomassa seca que varia de 2,3 a 8,1 t ha⁻¹ em semeadura em sucessão à cultura da soja. Na região do Triângulo Mineiro, com baixo índice pluviométrico no período após a semeadura, foi observado 3,6 t ha⁻¹ de massa seca (MS) de *P. glaucum* (TORRES et al., 2005). A cultivar ADR500 produziu 8,6 t ha⁻¹ de MS em Goiás, com semeadura em março (FERREIRA et, al., 2010).

Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é também uma planta de origem africana e de parte da Ásia, cultura muito antiga, porém sua expansão no Brasil teve início na década de 1970. É muito interessante para cultivo de segunda safra empregado à alimentação animal ou adubação verde, sendo que em países em desenvolvimento, em especial na África, é muito utilizado na alimentação humana (ROSA, 2012).

Sorgo forrageiro é caracterizado por menor produção de grãos e maior produção de matéria verde. Torres et al., (2005) observaram durante o período das safras (semeadura em agosto) 2000/2001 e 2001/2002, uma produção de 7,1 e 4,0 t ha⁻¹ de MS, respectivamente, essa diferença aconteceu devido às condições climáticas MS de 12 cultivares de sorgo forrageiro no cerrado do Estado do Amapá com semeadura na segunda quinzena de março, resultou em produção média de 11,1 t ha⁻¹, avaliadas em estágio final de grãos leitosos (MEIRELLES et al., 1997; 1998).

O milho (*Zea mays* L.), da família *Poaceae*, é originária do teosinto cultivada em diversas partes do mundo. Seu cultivo ocorre desde o nível do mar até as altitudes próximas a 3600 metros e desde a linha do Equador até o limite das terras temperadas. Sua utilização é destinada à alimentação animal e humana, possui elevadas qualidades nutricionais, contendo quase todos os aminoácidos, exceto a lisina e triptofano (BARROS; CALADO, 2014).

No Brasil, grande parte da produção de milho ocorre de janeiro a abril, geralmente após a safra de soja, no final do período chuvoso, denominado de milho safrinha ou segunda safra. Esta técnica teve seu início entre 1978 a 1979 e prevalece até a atualidade, sendo utilizado com maior frequência nas regiões Centro-Sul do Brasil (CRUZ et al., 2009).

O advento de novas tecnologias permitiu valores expressivos do cultivo do milho na safrinha. A utilização do sistema plantio direto por meio do cultivo mínimo é proporcionado por uma cobertura contínua de plantas e resíduos vegetais. Estudos genéticos de adaptação a diferentes ambientes e resistências, controle de pragas e

doenças, políticas públicas de crédito rural foram essenciais à expansão do cultivo de segunda safra (DUARTE, 2015).

Contudo, para uma produção mais efetiva seria necessária uma avaliação prévia do solo e um estudo da taxa de decomposição da gramínea que pretendesse utilizar na adubação verde. A contribuição com a alta quantidade de biomassa produzida devido à alta relação C/N, contribuiu para uma persistência de cobertura em solos mais degradados (CALVO et al., 2010).

2.2.2 Leguminosas Utilizadas na Safrinha

As leguminosas são uma grande família das angiospermas, que comporta desde plantas de pequeno porte até grandes árvores. Reconhecida pelo fruto ser do tipo legume, seu embrião possui dois cotilédones e uma germinação epigeia, na qual a raiz primária se fixa ao solo e posteriormente a região próxima a semente denominada hipocótilo se alonga e empurra a semente para cima da superfície do solo. A raiz é axial ou pivotante, que apresenta um eixo principal mais comprido e grosso, no entanto, pode haver o aparecimento de raízes adventícias (FONTANELI et al., 2009).

Uma importante característica da família é a elevada capacidade em fixar N₂ atmosférico, sendo uma excelente alternativa à adubação mineral. Pela maior imobilização de N em seus tecidos, possui uma baixa relação C/N, o que confere uma rápida decomposição, acelerando o processo de ciclagem de nutrientes, diferente das gramíneas, que apresenta alta relação C/N e menor taxa de decomposição (RODRIGUES; GERVÁSIO, 2012).

A *Crotalaria juncea* L. apresenta ciclo anual, subarborescente e pode atingir até 3 m de altura. Na Índia era utilizada como planta produtora de fibras, porém no Brasil se difundiu como planta condicionadora de solo. Apresenta ciclo curto, em torno de 60 a 120 dias até o florescimento, dependendo da época de semeadura (CARVALHO; AMABILE, 2006). A variação de produção de MS com semeadura no início do período chuvoso e no final do período é muito grande, vai de 6 a 17 t ha⁻¹, como verificado quando cultivada em solo de Cerrado (CARVALHO et al., 1996). Amabile et al. (2000) observaram produção de 6,0 t ha⁻¹ de MS com semeadura no início de março, no município de Senador Canedo, Estado de Goiás, cujo o atraso de semeadura foi o principal fator na redução da produção de fitomassa seca.

A *Crotalaria ochroleuca* é originária da região tropical africana, uma leguminosa arbustiva de porte ereto que pode atingir até 2,7 metros de altura. Uma de suas características é reduzir a população de nematoides de galhas (*Meloidogyne javanica*), porém, é hospedeira do nematoide de cisto e apresenta um desenvolvimento inicial lento, o que dificulta seu estabelecimento no período da safrinha (CARVALHO; AMABILE, 2006).

Esta espécie também é influenciada com o atraso da semeadura, como verificado por Carvalho et al. (1996), cuja semeadura em fevereiro e março acarretou em produção de matéria seca entre 4,3 e 5,9 t ha⁻¹ (CARVALHO et al., 1996). No Estado de Goiás, quando cultivada na época correta, esta espécie de crotalária atingiu uma produção de 18,2 t ha⁻¹ de fitomassa verde e 4,4 t ha⁻¹ de MS no período da safrinha, com semeadura em março (AMÁBILE et al., 2000).

Crotalaria spectabilis é uma planta de clima tropical e subtropical, possui ciclo relativamente curto com floração em torno de 55 a 70 dias após a semeadura. De acordo com Lordello (1973), esta leguminosa demonstrou alta capacidade no controle do nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.), pois estas penetram nas raízes e não conseguem se reproduzir e/ou sobreviver.

O fator limitante no seu uso é o clima, pois se adapta apenas ao período chuvoso, dificultando o cultivo na entressafra (CARVALHO; AMABILE, 2006). Apresenta menor produção de fitomassa seca em relação as demais crotalárias. Em trabalho realizado em Aquidauana, Mato Grosso do Sul, foram avaliadas cinco cultivares de *C. spectabilis* que apresentaram produção média de 3,1 t ha⁻¹ com semeadura em abril de 2010 (RODRIGUES et al., 2014).

O estilosantes Campo Grande é uma mistura de duas espécies *Stylosanthes capitata* (80%) com hábito de crescimento cespitoso e *Stylosanthes macrocephala* (20%) que possui hábito de crescimento decumbente podendo ser mais ereto em condições de competição por luz, e apresenta alta resistência a antracnose e boa adaptação a solos arenosos e de baixos níveis de fertilidade (SCHUNKE et al., 2000).

Segundo Teodoro et al. (2011), o estilosantes Campo Grande foi capaz de fornecer 4,1 t ha⁻¹ de MS em Itinga, Estado de Minas Gerais no período de 180 dias de cultivo. Em termos de controle de pragas e doenças, a variedade Campo Grande foi capaz de reduzir a população do nematoide reniforme (*R. reniformes*) sendo considerado uma leguminosa efetiva no manejo desta praga (GARGINO; KRZYZANOWSKI; SAAB, 2014).

2.2.3 Plantas Daninhas e o Controle de Fitonematoides

Plantas que infestam espontaneamente as áreas de produção e consideradas indesejáveis são conhecidas como plantas daninhas. Na sua maior parte apresentam elevada taxa de crescimento, grande capacidade reprodutiva e excelente potencial de exploração dos nutrientes do solo.

Em convivência com outras plantas, as daninhas, acarretam em prejuízos consideráveis na cultura, pois elas competem por água, nutrientes do solo, luz e espaço físico, tem em alguns casos efeito de alelopatia, podem ser responsáveis por intoxicação animal e também por serem hospedeiras de pragas e doenças (KOZLOWSKI et al., 2002).

Na agricultura brasileira, a trapoeraba (*Commelina* spp.) é uma das principais plantas daninhas infestantes, sendo muito frequente e de difícil controle. Alguns agravantes vêm auxiliando na sua multiplicação, tal como o uso do glifosato de modo errôneo, aumentando assim a tolerância da espécie ao herbicida (CURY et al., 2012).

No manejo das culturas, o resultado do fator de reprodução do nematoide é o que demonstra se as plantas daninhas são capazes de hospedar e auxiliar na multiplicação do mesmo, ou se foi possível a redução da população em questão através de barreiras ao processo de infecção. Em uma escala de classificação, os valores superiores a 1 indicam a capacidade de hospedar o nematoide e valores inferiores a 1 demonstram a capacidade de redução da população. Isso se dá através da eliminação de substância química através das plantas daninhas (alelopatia), o que influencia no desenvolvimento final do parasita (MELLO, MACHADO e INOMOTO, 2006).

2.3 CONTROLADORES DE FITONEMATOIDES

O controle de nematoides nas diversas culturas é extremamente difícil e sendo praticamente impossível sua exterminação. Algumas medidas de controle são necessárias apenas para a redução das populações e permitindo assim o cultivo. Impedir a disseminação no campo, de uma área para outra, ou de um país para outro, como forma de prevenção é o método mais eficaz de se controlar os nematoides (FERRAZ et al., 2010).

Os principais métodos de prevenção utilizados são a quarentena, descanso de solo, rotação de culturas resistentes e/ou não hospedeiras e o uso de cultivares resistentes. Já para o controle, os principais métodos encontrados e utilizados com diferentes graus de eficiência são através dos controles químicos e biológicos (ARAÚJO; BRAGANTE; BRAGANTE, 2012).

2.3.1 Controle Químico

O tratamento químico é realizado com nematicidas que podem ser aplicados diretamente ao solo no ato do plantio ou no sulco da semeadura, ou com antecedência de 15 a 20 dias do plantio. A irradiação é considerada impossível, porém os nematicidas tem capacidade de reduzir aproximadamente 90% da população de nematoides no solo (LORDELLO, 1988).

Da família dos carbamatos e organofosforados, encontra-se produtos com registro para a cultura da soja, como o tiodicarbe, capaz de inibir a enzima acetilcolinesterase, impedindo assim a inativação do neurotransmissor da acetilcolina. Após essa inativação, ocorre uma hiper excitação, convulsão e seguida da paralisação e morte dos indivíduos (GUEDES, 2017). Este produto tem ação nematicida à base de metilcarbamato de oxima, ou seja, sua aplicação deve ser realizada diretamente via semente (KUBO; MACHADO; OLIVEIRA, 2012). Isso auxilia na redução de custos e na contaminação ambiental (HENNING, 2005).

Bortolini et al. (2013), realizaram um estudo avaliando a resposta da aplicação de abamectina e imidacloprido+tiodicarbe em sementes de soja, e constataram a redução populacional e reprodução de *P. brachyurus*. Porém, a eficácia do controle químico depende de diversos fatores, sendo um deles a forma de aplicação. O uso de nematicidas no tratamento de sementes em combinação com a sua aplicação no sulco de semeadura, resultou em maiores efeitos residuais no controle populacional do nematoide (CORTE et al., 2014).

2.3.2 Controle Biológico

Com a preocupação referente ao nível de toxicidade, baixa eficácia depois de repetidas aplicações, alto custo e risco de contaminação ambiental de alguns tratamentos químicos utilizados na cultura da soja e em outras culturas, alternativas

com tratamentos biológicos vem se tornando uma realidade no mercado (DONG; ZHANG, 2006).

O controle biológico é definido como a presença de parasitoides, predadores e patógenos, capazes de agir na manutenção da densidade de outro organismo, reduzindo-o a níveis de infestação (DEBACH, 1968). Comparado ao controle químico, o biológico apresentou resultados superiores quando utilizado no controle dos nematoides de cisto e galhas na soja, e, além disso, também apresentou baixo custo, sem contaminação, sem resíduos e evitando assim o desequilíbrio ambiental (HALLMANN et al., 2004).

Atkins et al., (2003) avaliaram a eficácia dos fungos nematófagos e constataram que os ovícidias ou oportunistas apresentaram melhores resultados de controle de nematoide, principalmente para os de galhas, isso porque possuem a capacidade saprofítica e fácil crescimento *in vitro*. Há uma grande variedade de fungos parasitas de ovos, porém, os estudos estão concentrados nos dois que apresentaram os melhores resultados, sendo estes o *Pochonia chlamydosporia* e o *Paecilomyces lilacinus*.

O fungo *P. lilacinus* reage de modo distinto em cada isolado, sendo um parasita de ovos e cistos, oportunista e com baixa especificidade de hospedeiros (GOETTEL et al., 2001), mas é altamente adaptativo as amplas faixas de pH do solo e cresce em vários tipos de substratos (JACOBS et al., 2003), enquanto o *P. chlamydosporia* além de controlar nematoides também apresenta potencial bioagente, por ser capaz de controlar fungos causadores de doenças. (MONFORT et al., 2005). Sua eficácia no controle do *M. incógnita* é comprovada e quando aplicado com Aldicarb, obteve-se o controle de 100% do nematoide de galha (DELEIJ et al., 1993).

2.4 PRINCIPAIS FITONEMATÓIDES DA CULTURA DA SOJA

Os nematoides têm o corpo em formato cilíndrico, geralmente alongados, afinando-se abrupto ou gradual nas extremidades anterior e posterior. Possuem tamanho variado, de 0,3 a 3,0 milímetros para os parasitas de plantas, enquanto os de animais podem atingir vários metros. Habitam quaisquer locais que apresentam a presença de água, sendo sensíveis aos estresses hídricos. Porém, há espécies adaptadas, capazes de resistir a ambientes de baixa umidade, por um longo período de tempo, podendo chegar a anos, como o interior de sementes de plantas mantidas

em armazenamento. Temperaturas extremamente altas ou baixas também pode ser prejudiciais no seu desenvolvimento (ROSSETTO; SANTIAGO, 2013).

Há mais de 100 espécies envolvendo cerca de 50 gêneros, que foram associadas a cultura da soja. As espécies que mais causam danos no Brasil são: nematoides formadores de galhas (*Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*); nematoides de cisto (*Heterodera glycines*); nematoides das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) e o nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) (FERRAZ, 2001).

Em 2015 foi descoberta uma nova doença da soja no Brasil, causada por *Aphelenchoides besseyi*. Esta doença vem preocupando os sojicultores devido aos prejuízos econômicos, que aconteceram principalmente nos Estados do Maranhão, Pará, Tocantins e norte do Mato Grosso (MEYER et al., 2017). Lavouras de soja atacadas por nematoides, geralmente, apresentam subdesenvolvimento de plantas e clorose distribuídas em reboleiras. A intensidade dos sintomas varia de acordo com a população, podendo às vezes chegar à morte de plantas (DIAS et al, 2010).

Podem facilmente ser confundidos ou, podem tornar-se mais evidentes, em casos onde há presença de problemas relacionados com características físico-químicas do solo e em determinadas condições ambientais. Outros danos podem ocorrer de forma indireta, como o agravamento das perdas, devido à possibilidade de associar-se com outros patógenos da cultura, já presente no solo, como fungos do gênero *Phytophthora*, *Fusarium* e *Rhizoctonia* (MICHEREFF; ANDRADE; MENEZES, 2005).

O controle pela resistência genética é limitado, por escassez de cultivares resistentes, ou pelo desconhecimento de genes de resistência. Deve-se levar em conta que, em muitos casos, o uso contínuo dessa tecnologia pode levar ao surgimento de novas raças de patógenos. Mesmo muito estudado, o controle biológico é pouco empregado devido à falta de conhecimento do produtor sobre a sua eficácia (CARVALHO; AMABILE, 2006). Procurando evitar o uso de controladores químicos e prevenir a presença do nematoide na cultura, a adubação verde é uma prática que tem proporcionado uma forma eficiente de controle, melhorando também as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SHARMA et al., 1979; RESCK et al., 1982).

2.4.1 Nematoides De Galhas

Dentre os nematoides das galhas, as espécies *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* são as mais limitantes para a cultura da soja no Brasil. Enquanto o *M. incognita* predomina em áreas cultivadas com cafeeiro e algodoeiro, o *M. javanica* possui ocorrência generalizada (ARAYA, 1992).

A partir da eclosão dos ovos, a fase juvenil do *Meloidogyne* spp. move-se no solo até encontrar raízes de plantas hospedeiras para penetrá-la. No interior das raízes, move-se para o tecido vascular e, se a soja for suscetível, tornam-se sedentário e iniciam sua alimentação nas células, em volta da região labial, com a inserção do estilete, por onde também secretam substâncias que estimulam o aparecimento de células de alimentação (células gigantes) (EISENBACK, 1985).

Os sintomas são observados em reboleiras, com plantas de menor porte e com coloração amarelada. As folhas apresentam manchas cloróticas ou necróticas, caracterizando a folha “carijó”, nas raízes observa-se a formação de galhas, em quantidade e tamanhos variados. As galhas não devem ser confundidas com nódulos de *Bradyrhizobium japonicum*, estes se destacam com facilidade das raízes, diferentemente das galhas (EISENBACK, 1985).

Várias estratégias são utilizadas para o controle do nematoide das galhas. As mais eficientes são a utilização de variedades de soja resistentes e a rotação e/ou sucessão de culturas com espécies vegetais não hospedeiras ou más-hospedeiras. Cerca de 80 cultivares de soja resistentes a *M. incognita* e *M. javanica*, descendentes do cultivar norte americana Bragg, estão disponíveis no Brasil, sendo um método de controle eficiente, de fácil assimilação pelos produtores e baixo custo. A rotação e/ou sucessão de culturas deve ser eficiente e bem planejado, visto que quase todas as plantas cultivadas e plantas daninhas podem ser atacadas por esses nematoides (DIAS, 2010).

As espécies de crotalária atuam como planta antagônica e como armadilha a *Meloidogyne* spp. Barrons (1939) verificou que juvenis de *Meloidogyne* spp. penetravam nas raízes de *Crotalaria spectabilis*, mas não se desenvolviam. Araya e Caswell-Chen (1992) observaram que *M. javanica* conseguiram penetrar em raízes de *C. juncea*, porém não completavam o seu desenvolvimento. Segundo Brito e Ferraz (1987), em estudo com *Urochloa decumbens* e *Megathyrsus maximum* cv. Guiné, notaram que juvenis de *M. javanica* que penetraram nas raízes não se desenvolveram

além do segundo estágio juvenil, sendo observado um efeito inibitório dos exsudatos radiculares sobre a eclosão destes juvenis.

2.4.2 Nematóide De Cisto (*Heterodera glycines*)

Conhecido como nematóide de cisto da soja (NCS), o *Heterodera glycines* foi descrito pela primeira vez no Brasil na safra de 1991/1992 e segundo Dias et al. (2009), está presente em aproximadamente 150 municípios de 10 estados brasileiros. O dano causado por NCS são variáveis em função de diversos fatores, sendo os principais: a fertilidade de solo e o manejo, o grau de suscetibilidade das cultivares, o tempo decorrido após a entrada do nematóide na área, e a adoção de práticas de controle. Segundo Garcia et al. (2005), no Brasil Central, com condições elevadas e associadas ao excesso de calagem, as perdas por causa de NCS chegam a atingir 100%, ainda em lavouras de soja que não apresentam sintomatologia aparentes, como acontece nos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, os rendimentos, em média, são cerca de 400 kg ha⁻¹ menores do que os de cultivares resistentes.

O gênero *Heterodera* é caracterizado pela formação de cistos, ou seja, o corpo da fêmea adulta morta, que pode conter, em média, 300 ovos. Tem um ciclo de vida muito influenciada pela temperatura e pela umidade de solo, desse modo, em uma cultivar de soja de ciclo tardio, é possível obter de seis a sete gerações do patógeno (SCHMITT; RIGGS, 1989). Por ser uma estrutura leve e resistente, o cisto é eficiente na dispersão do nematóide, sendo assim, sementes de soja ou de outras espécies vegetais, advindas de áreas infestadas, podem estar misturadas com cistos incrustados e serem responsáveis pela introdução do patógeno em áreas onde não há (SCHMITT; RIGGS, 1989; MOORE et al., 1984).

Os primeiros sinais de ocorrência de NSC caracterizam-se pela presença de reboleiras, onde as plantas apresentam-se atrofiadas, cloróticas e com poucas vagens. Em locais onde a quantidade de patógenos é elevada, pode ser que ocorra morte prematura de plantas. Os sintomas podem ser confundidos com: deficiência de nutricional, fitotoxicidade por agrotóxicos, compactação do solo e outras desordens fisiológicas. O diagnóstico correto só é conhecido após análise feita em laboratório. Porém, com algum treinamento, pode-se observar a campo a presença de fêmeas de

cor branca ou amarela presas às raízes, cerca de cinco semanas após semeadura da soja (DIAS et al., 2010).

O total controle das áreas infectadas é praticamente impossível, rotação de culturas com plantas não hospedeiras e o uso de cultivares resistentes, são medidas que ajudam a minimizar as perdas. Segundo Dias et al. (2010), a utilização da resistência genética é o método de controle mais econômico e de melhor aceitação, porém esta não deve ser a única opção, devido ao risco de selecionar novas raças de nematoides. Garcia et al. (1999), relataram que o cultivo de espécies botânicas de verão, não hospedeiras de *H. glycines*, tais como: arroz, algodão, sorgo, mamona, milho e girassol, em substituição da soja, por uma safra, reduziu a população ao nível que permite o retorno da soja na safra seguinte.

Valle et al. (1996) analisaram a reação de espécies de adubação verde para o controle do *Heterodera glycines*, neste estudo, nas raízes de mucuna-preta e *C. striata* foi observado a presença de machos e não foi encontrado fêmeas. Ainda, nas espécies *C. paulina* e *C. spectabilis* houve o desenvolvimento de juvenis, mas sem formação de adultos. Soares et al. (2015) relatam achados de *Heterodera glycines* R3 em *C. ochroleuca* em área cultivada na região de Montividiu, Estado de Goiás, a presença do nematoide resultou em desuniformidade na altura da planta, reboleiras com plantas apresentando nanismo, coloração verde claro e plantas com folhas arroxeadas.

Encontrou-se nas áreas de reboleiras, a presença de fêmeas do nematoide de cisto da soja. Em avaliação realizada pela Embrapa Dourados (1994), com uma série de culturas utilizadas em rotação e em sucessão à soja: centeio, aveias preta e branca, chícharo, colza/canola, nabo forrageiro, ervilhaca-peluda, ervilha forrageira, tremoço-branco e linho, verificou-se que apenas a ervilhaca-peluda apresentou hospedabilidade ao nematoide de cisto da soja (CARNIELLI, 1994).

2.4.3 Nematoides Das Lesões Radiculares (*Pratylenchus brachyurus*)

Perdendo apenas para os nematoides de galhas e os de cistos, o *Pratylenchus* Filipjev é o nematoide que têm aumentado muito as perdas na produção de grãos nas últimas safras, principalmente na região central do Brasil (RIBEIRO; DIAS; SANTOS, 2010).

Das 68 espécies de *Pratylenchus* tidas como válidas (CASTILLO; VOVLAS, 2007), no mínimo dez foram assinaladas no país, sendo *P. brachyurus*, *P. coffeae* e *P. zaeae* as três mais frequentes sendo a primeira, a única que apresenta relevância para soja e a que mais preocupa o sojicultor, visto que de fato ainda não existe um conjunto consolidado de técnicas para o manejo do mesmo (INOMOTO et al., 2010). Segundo Dias et al. (2007), o monocultivo de cultivares de soja muito suscetíveis, combinado com semeadura, na entressafra, de milho ou algodão resultou em aumento das populações do parasita, outro fator de importância foi a incorporação de solos com textura arenosa, neste tipo de solo a soja fica mais vulnerável, sobretudo em anos com má distribuição e chuvas.

Pratylenchus brachyurus é um nematoide com menos de 0,5mm de comprimento e o seu corpo fica inteiramente dentro da raiz da planta hospedeira (INOMOTO et al., 2010). A duração do ciclo de vida varia em função de fatores do ambiente (temperatura, umidade, etc.) sendo, em geral de três a seis semanas (FERRAZ; MONTEIRO, 1995).

Dias et al. (2007) relatam que os espécimes do parasita costumam migrar para o solo a partir do início da colheita das culturas anuais, porém podem sobreviver e persistir, durante a entressafra, nas raízes das plantas daninhas, em restos vegetais não arrancados e em raízes de espécies vegetais implantadas imediatamente após a colheita.

A sintomatologia na lavoura de soja infestada por este nematoide são as reboleiras. Nessas, o porte das plantas é menor do que o normal. A intensidade dos sintomas na parte aérea varia com a textura do solo, sendo maior em solos arenosos do que nos de textura média ou argilosa, a raiz principal apresenta-se menor e escurecida e um superenraizamento próximo ao colo, já nas raízes secundárias é possível visualizar áreas necrosadas – estas áreas são resultados da injeção de toxinas pelo nematoide nas células do parênquima cortical, durante o processo de alimentação (FERRAZ; MONTEIRO, 1995).

Pesquisas de Inomoto et al. (2010) revelaram que a rotação soja-crotalária, associada ao uso de adubo verde que não multiplicam o nematoide é a técnica com maior probabilidade de sucesso para o manejo de *P. brachyurus* no Brasil. A rotação soja-milheto também é uma opção, quando selecionado milheto com fator reprodutivo próximos de zero. Townshend (1990) relata que o fato da interação do nematoide com a soja ser menos complexa, sem a necessidade de formação de nenhuma célula

especializada de alimentação, as chances de se encontrar fontes de resistência são menores.

Espécies de *Tagetes* são mais eficientes no controle de *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne* spp. embora também sejam eficientes no controle de outros nematoides (SHARMA, 1982). Borges (2009) observou uma superioridade de *C. spectabilis* em relação a milhetos, aveias, sorgo e braquiária em manejo de *P. brachyurus*, devendo evitar o uso de milheto e sorgo como plantas de cobertura, porém a aveia preta apresenta um baixo nível de reprodução do nematoide (BORGES, 2009).

2.4.4 Nematóide Reniforme (*Rotylenchulus reniformis*)

Rotylenchulus reniformis ou nematóide reniforme, tem se destacado como um dos mais importantes patógenos do sistema radicular de soja no centro-sul do Estado do Mato Grosso do Sul e sul do Estado de Mato Grosso (ASMUS, 2005). Avaliações preliminares evidenciaram perdas de até 32% do rendimento de soja nas áreas infestadas (ASMUS et al., 2003).

É uma espécie tipicamente semiendoparasita sedentária, o ciclo de vida deste nematóide dura em média 28 dias. Apenas as fêmeas jovens são infestantes, enquanto os machos e as formas juvenis não são parasitárias, ou seja, não se alimentam (ROBINSON et al., 1997).

Diferente das espécies citadas anteriormente, o *R. reniformis* não causam sintomas visíveis nas raízes e tampouco verifica-se a ocorrência de reboleiras típicas em campo. A sintomatologia apresentada é a desuniformidade no porte das plantas, e devido à falta de outros sintomas característicos, os danos podem ser frequentemente confundidos com os causados por problemas nutricionais ou de compactação do solo (ROBINSON et al., 1997).

Asmus et al. (2008) demonstraram que a redução da população do nematóide, em campo, foram obtidos com braquiária e sorgo forrageiro, semeados imediatamente após a colheita da cultura de verão. Diversos cultivares de soja foram testados e identificados como altamente resistentes, mas raros são os que aliam resistência e características desejáveis, tais como precocidade e resistência a herbicidas (ASMUS; SCHIRMANN, 2004).

2.4.5 Nematóide da Haste Verde da Soja (*Aphelenchoides besseyi*)

O gênero possui cerca de 180 espécies já descritas, além disto é o fitonematóide que apresenta maior variação de nichos ecológicos no filo Nematoda (NICKLE; HOOPER, 1991). Em casos de ausência de plantas hospedeiras, cultivadas ou invasoras, estes podem sobreviver no solo, alimentando-se de fungos saprófitos ou fitopatogênicos (PEDERSON; QUESENBERRY, 1998).

O nematóide *A. besseyi* tem causado danos a diversas culturas, como o a do arroz, morango, plantas ornamentais, forrageiras e recentemente, o feijoeiro, soja, algodoeiro e feijão-caupi (FAVORETO, 2019). Na soja, esse nematóide causa a doença conhecida popularmente como “Soja Louca II”, que confere retenção foliar e haste verde.

Comportam-se como fitonematóides parasitando a parte aérea das plantas, porém, na ausência de plantas hospedeiras, pode sobreviver saprofiticamente no solo, se alimentando de fungos decompositores de matéria orgânica (MO). Outra forma de sobrevivência é a anidrobiose, que é a redução do seu metabolismo em condições de ausência ou diminuição de água (FERRAZ; BROWN, 2016).

Favoreto et al. (2017) demonstraram que na cultura da soja as plantas infectadas por *A. besseyi*, apresentaram engrossamento das nervuras e dos nós e grandes índices de abortamento de flores e vagens. Segundo Meyer et al. (2017), significativo incremento da doença ocorreu a partir da safra de 2005/2006, mas apenas em 2015 sua causa foi relatada, sendo sua maior incidência observada nos estados do Pará, Tocantins, Maranhão e Mato Grosso.

Meyer et al. (2017) analisaram o efeito da palhada de *Urochloa ruziziensis* na sobrevivência de *A. besseyi* e observaram um benefício da cobertura para o nematóide em comparação aos sem cobertura. Apesar de observarem está manutenção do número de nematóides com a cobertura vegetal, tanto as braquiárias (*U. ruziziensis* e *U. brizantha*) quanto as crotalárias (*C. juncea*, *C. spectabilis* e *C. ochroleuca*) não são hospedeiras de *A. besseyi* (SILVA, 2017).

3 ARTIGO 1: PLANTAS DE COBERTURA NO CONTROLE DE *Aphelenchoides besseyi* NA SOJA

3.1 RESUMO

No cultivo da soja, o nematoide da haste verde (*Aphelenchoides besseyi*) vem demonstrando perdas consideráveis na produção de grãos. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de plantas de cobertura com tratamentos químicos e biológicos no controle de *A. besseyi*. O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação e comparou a resposta de oito plantas de cobertura: *Urochloa ruziziensis*, milho (*Zea mays*), milheto (*Pennisetum glaucum*), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*), *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria spectabilis* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande, uma espécie de planta daninha: trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e o controle que não constava palhada. Houve a associação de todas as plantas de cobertura com inoculação de tratamento químico e biológicos para avaliação da interação. Ao final do ciclo foram avaliadas as alterações no crescimento vegetativo das plantas com as análises de altura da parte aérea, número de trifólios e massa fresca da parte aérea, também foram avaliadas a quantidade de nematoides por grama de parte aérea. A soja em sucessão à *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, milho, milheto e *Stylosanthes* são potenciais alternativas para o manejo do nematoide das hastes verdes. Os controles químicos e biológicos diminuíram a quantidade do nematoide ou alterações nas plantas de soja, pela presença do nematoide na palhada. A altura das plantas de soja, em ambas as safras, mostrou-se maior nos tratamentos em sucessão ao cultivo de milho, *Stylosanthes* e *U. ruziziensis*, enquanto a *C. Juncea* e *Stylosanthes* apresentaram incremento no número de trifólios.

Palavras-chave: *Pochonia chlamydosporia*, trapoeraba, tiodicarbe, nematoides.

3.2 ABSTRACT

In soybean cultivation, the green stem nematoid (*Aphelenchoides besseyi*) has shown considerable losses in grain production. Therefore, the objective of this work was to evaluate the efficacy of cover plants with chemical and biological treatments in the control of *A. besseyi*. The experiment was carried out under house vegetation conditions and compared the response of eight cover plants: *Urochloa ruziziensis*, corn (*Zea mays*), millet (*Pennisetum glaucum*), fodder sorghum (*Sorghum bicolor*), *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria spectabilis* and *Stylosanthes* cv. Campo Grande, a species of weed: trapoeraba (*Commelina benghalensis*) and the control that was not straw. There was the association of all cover plants with chemical and biological treatment inoculation to evaluate the interaction. At the end of the cycle the changes in the vegetative growth of the plants were evaluated with the analyses of the height of the aerial part, number of trifolios and fresh mass of the aerial part, the quantity of nematoides per gram of aerial part was also evaluated. Soybean in succession to *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, maize, millet and *Stylosanthes* are

potential alternatives for the management of green stems nematoid. Chemical and biological controls have reduced the amount of nematode or changes in soybean plants, due to the presence of nematode in the straw. The height of soybean plants, in both harvests, proved to be higher in the treatments in succession to corn, *Stylosanthes* and *U. ruziziensis* cultivation, while *C. Juncea* and *Stylosanthes* showed an increase in the number of trifolios.

Key-words: *Pochonia chlamydosporia*, ragweed, thiodicarb, nematoids.

3.3 INTRODUÇÃO

A soja foi a cultura que apresentou maior crescimento de produção nas últimas décadas, e permanece se destacando em produtividade e área cultivada. Graças a esta cultura, o Brasil atualmente apresenta-se como o principal produtor e em crescente ascensão no mercado do agronegócio (CONAB, 2019).

O aumento da produção foi possível graças a expansão do plantio pelo território nacional, esta expansão no cultivo ocorreu a partir da década de 1970 e permanece constante, principalmente devido ao melhoramento genético das plantas e a produção de sementes resistentes a invasores (CAMPELO et al, 1999). Mesmo com a alta qualidade das sementes, a soja depende de fatores que vão além da eficácia do processo de produção, tornando a cultura susceptíveis as condições ambientais, levando a perdas no campo (FRANÇA NETO et al., 2005).

Alguns nematoides invasores da cultura são exaustivamente estudados, sendo possível assim a definição de diferentes formas de controle para cada tipo de solo e região, no entanto, para o nematoide *Aphelenchoides besseyi* pouco poucos estudos ainda forma feitos para determinar o seu controle (FAVORETO, 2019).

Para os nematoides de solo, algumas plantas de cobertura demonstraram resultados promissores no controle, como no caso da *Crotalaria ochroleuca*, *C. spectabilis* e do *Stylosanthes* cv. Campo Grande, que apresentaram eficácia na redução dos nematoides *Meloidogyne javanica* (LORDELLO, 1973; CARVALHO e AMABILE, 2006) e *Rotylenchulus reniformis* (GARGINO; KRZYZANOWSKI; SAAB, 2014).

No caso dos controladores químicos e biológicos, os destaques da redução foram observados nos estudos que avaliaram o nematicida tiodicarbe, que demonstrou ser capaz de reduzir a população de *Pratylenchus brachyurus* (CORTE et al., 2014) e o fungo *Pochonia chlamydosporia* que acarretou na eliminação de 100%

da população do *Meloidogyne incógnita* e *M. javanica*, quando associado ao controlador químico com Aldicarb (DELEIJ, 1993).

Porém, diferente dos nematoides das galhas, não existe ainda uma cultivar de soja resistente ao *A. besseyi*, e não existe informações sobre a eficácia da utilização de plantas de cobertura ou controladores químicos e biológicos no controle deste nematoide.

Com base no que foi exposto, o objetivo deste trabalho foi encontrar alternativas para o controle de *Aphelenchoides besseyi*, avaliando a eficácia de plantas de cobertura e dos produtos químico ou biológico com formulação a base de clamidósporos do fungo *Pochonia chlamydosporia*, na redução ou eliminação do nematoide na cultura da soja.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Descrição do Local

O experimento foi realizado durante duas safras de plantio em mesmo vaso, a primeira safra em 2018/2019, com o plantio sendo realizado no dia 10 de janeiro de 2019, e a segunda em 2019/20, com plantio no dia 02 de outubro 2019. A condução do experimento foi na estação experimental da Embrapa Soja, em casa de vegetação, no município de Londrina (23°11'26.84" S e longitude de 51°11'1.28" W), Paraná, Brasil.

A casa de vegetação foi equipada com aspersores para nebulização constante das plantas (nebulização de 15 segundos a cada meia hora), o que permitiu uma temperatura interna de $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

O estudo comparou a resposta de oito plantas de cobertura: *Urochloa ruziziensis* (Syn. *Brachiaria ruziziensis*), milho (*Zea mays* L.), milheto (*Pennisetum glaucum*) ADR 300, sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria spectabilis*, *Stylosanthes* cv. Campo Grande, uma espécie de planta daninha: trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e o controle que não constava palhada.

Nos dois cultivos, a semeadura das plantas de cobertura foi realizado 75 dias antes da soja. Após 65 dias de desenvolvimento das plantas de cobertura, todas as partes aéreas foram cortadas e picadas, em tamanho de 2 a 3 cm e devolvidas à

superfície do solo no vaso de origem, simulando o manejo dessas plantas no solo, criando um cenário de palhada. Após vinte dias da semeadura das plantas de cobertura, houve a inoculação do *Aphelenchoides besseyi* em 240 vasos, permanecendo 80 como controle sem a inoculação do nematoide. Em ambas épocas de semeadura, realizou-se a formação de um sulco nos vasos e posteriormente a deposição da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar BRS 284. A aplicação de controles biológicos e químicos foram realizados diretamente no sulco de semeadura, logo após o alocamento das sementes.

O produto biológico utilizado foi o Rizotec[®], cuja formulação é a base de clamidósporos do fungo *Pochonia chlamydosporia* e, o produto químico, Saddler 350 SC[®], com formulação a base de tiodicarbe a 35%, considerado um inseticida sistêmico de contato e ingestão do grupo dos carbamatos.

Após a primeira coleta de plantas de soja para avaliação na primeira fase do experimento, as plantas restantes (três em cada vaso), foram picadas em processo semelhante ao das plantas de cobertura e mantidas na superfície do solo do próprio vaso, em casa de vegetação para realização da segunda geração de cultivo.

3.4.2 Coleta e Inoculação do *Aphelenchoides besseyi*

A inoculação dos nematoides foi realizada apenas uma vez, antes do primeiro plantio de soja. O nematoide *A. besseyi* foi extraído da parte aérea de plantas de soja infectadas, de acordo com o método de Coolen e D'Herde (1972).

As plantas infectadas foram trituradas em liquidificador com água por 30 segundos e em seguida vertidos em peneiras de 200 mesh (0,074mm de abertura) e 500 mesh (0,025) para retenção dos nematoides. Ambas as peneiras permanecem sobrepostas durante o processo de filtração, evitando a perda do nematoide.

Os resíduos retidos na peneira de 200 mesh foram descartados e os nematoides retidos na peneira de 500 mesh foram removidos com o auxílio de jatos d'água, sendo recolhidos em beckers até completar 40 mL. Em seguida foi realizada dupla centrifugação, a primeira leva água com adição de caulim a 1.750 g por 5 minutos, descartando o sobrenadante e repetindo a centrifugação por 1 minuto com a adição de solução sacarose (400g de açúcar em 750 mL de água), afim de ressuspender o nematoide na solução.

Os indivíduos extraídos foram multiplicados *in vitro*, selecionando um total de 20 indivíduos, sendo 15 fêmeas e 5 machos, com o auxílio de microscopia óptica. Estes, foram axenizados em solução de ampicilina a 0,1% e inoculados em placas de Petri com colônias de *Fusarium* sp. de aproximadamente cinco dias de crescimento em meio batata-dextrose-ágar (BDA) (FAVORETO et al., 2011). A população pura de *A. besseyi* foi mantida em câmaras tipo BOD a 25 ± 1 °C (no escuro até o momento da inoculação).

3.4.3 Tratamentos e Avaliações

O experimento, em ambas épocas de plantio, contou com 240 vasos, cada tratamento continha 32 vasos. Os tratamentos foram divididos entre oito plantas de cobertura, uma planta daninha e o controle. Cada tratamento foi subdividido em oito vasos sem a inoculação do nematoide e 24 vasos com a inoculação, onde oito não receberam tratamento controle, oito receberam controle biológico e oito, controle químico (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Tratamentos demonstrando a composição de cada vaso, separados conforme a planta de cobertura utilizada, cada tratamento possuía oito repetições.

	Sem APHE	Com APHE	Cont. Biológico	Cont. Químico
Sem controle	T1	T2	T3	T4
Trapoeraba	T5	T6	T7	T8
<i>U. ruziziensis</i>	T09	T10	T11	T12
Milho	T13	T14	T15	T16
Milheto	T17	T18	T19	T20
Sorgo	T21	T22	T23	T24
<i>C. ochroleuca</i>	T25	T26	T27	T28
<i>C. juncea</i>	T29	T30	R31	T32
<i>C. spectabilis</i>	T33	T34	T35	T36
<i>Stylosanthes</i>	T37	T38	T39	T40

Após a emergência das plantas, realizou-se o desbaste das plântulas, restando apenas cinco por vaso. Aos 30 dias após a semeadura, as plantas de soja foram avaliadas para a determinação do número de trifólios, altura de plantas, massa fresca da parte aérea e concentração de *A. besseyi* por grama de tecido.

3.4.4.1 Variáveis avaliadas nas plantas de soja

Em cada vaso, duas das plantas de soja foram escolhidas aleatoriamente, avaliando e determinando o número de trifólios e a altura da parte aérea das plantas. Após estas duas análises as plantas foram removidas através de secção, logo abaixo do primeiro nó, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados, e encaminhadas ao laboratório. A massa fresca da parte aérea (MFPA) foi quantificada e a concentração de *A. besseyi* por grama de tecido foi por processamento segundo o método de Coolen e D'Herde (1972).

3.4.4.2 Extração de *Aphelenchoides besseyi* pós-inoculação

A coleta e processamento das plantas de soja e da palhada proveniente das plantas de cobertura, para obtenção de substrato com a presença do nematoide, foi segundo o método de Coolen e D'Herde (1972), o mesmo realizado para a extração das plantas infectadas inicialmente, sendo o processo de extração da palhada diferenciado pelo repouso de 24h das amostras após trituração, para que o nematoide saísse do estado de anidrobiose.

A estimativa da população dos nematoides de cada tratamento foi realizado com a observação em microscópio do substrato processado e centrifugado, e com o auxílio de uma câmara de contagem de Peters (Figura 01) foi estimado os valores e os dados foram convertidos para número de nematoides por grama de tecido.

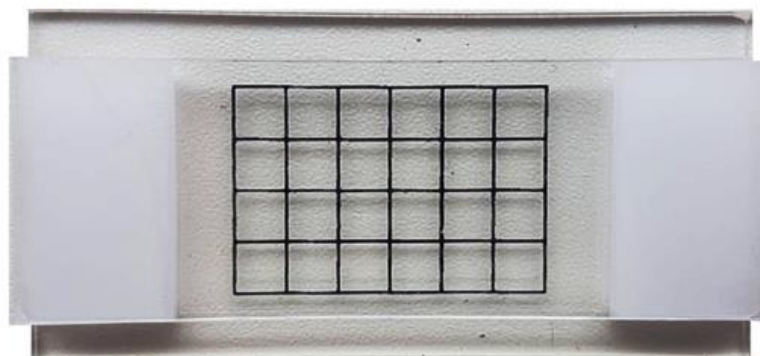


Figura 3.1. Câmara de contagem de Peters.

3.4.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), teste F e avaliados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com software R®.

3.5 Resultados e Discussão

As médias para altura de plantas apresentou diferença significativa entre os tratamentos sem a inoculação de *A. besseyi* e com *U. ruziziensis* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande, com tratamento biológico associados a planta de cobertura *C. ochroleuca* e milho, e com tratamento químico associado a *C. juncea* (Tabela 3.2).

Tabela 3.2. Valores médios de altura de plantas de quarenta tratamentos, em duas épocas de avaliação.

Tratamento	Altura Planta (cm)	
	Safra 18/19	Safra 19/20
1	43,44 ^{ns}	51,94 ^{ns}
2	50,84 ^{ns}	58,16 ^{ns}
3	51,53 ^{ns}	44,28 ^{ns}
4	51,94 ^{ns}	55,53 ^{ns}
5	57,28 ^{ns}	52,03 ^{ns}
6	52,47 ^{ns}	57,28 ^{ns}
7	51,09 ^{ns}	52,47 ^{ns}
8	54,34 ^{ns}	51,09 ^{ns}
9	43,84 ^b	54,00 ^a
10	52,09 ^{ns}	54,34 ^{ns}
11	44,91 ^{ns}	43,84 ^{ns}
12	57,84 ^{ns}	52,09 ^{ns}
13	42,16 ^{ns}	41,78 ^{ns}
14	48,03 ^{ns}	44,91 ^{ns}
15	47,31 ^b	57,84 ^a
16	44,31 ^{ns}	42,16 ^{ns}
17	48,72 ^{ns}	55,13 ^{ns}
18	56,13 ^{ns}	48,03 ^{ns}
19	53,75 ^{ns}	47,31 ^{ns}
20	47,25 ^{ns}	44,31 ^{ns}
21	45,13 ^{ns}	47,59 ^{ns}
22	48,19 ^{ns}	48,72 ^{ns}
23	62,03 ^{ns}	56,13 ^{ns}
24	51,53 ^{ns}	53,75 ^{ns}
25	45,84 ^{ns}	52,47 ^{ns}
26	54,87 ^{ns}	47,25 ^{ns}
27	61,19 ^a	45,13 ^b
28	54,03 ^{ns}	48,19 ^{ns}
29	45,94 ^{ns}	43,44 ^{ns}
30	56,69 ^{ns}	62,03 ^{ns}
31	53,94 ^{ns}	51,53 ^{ns}
32	58,19 ^a	45,84 ^b
33	44,28 ^{ns}	50,84 ^{ns}
34	55,53 ^{ns}	54,87 ^{ns}
35	52,03 ^{ns}	61,19 ^{ns}
36	54,00 ^{ns}	54,03 ^{ns}
37	41,78 ^b	51,53 ^a
38	55,13 ^{ns}	45,94 ^{ns}
39	47,59 ^{ns}	56,69 ^{ns}
40	52,47 ^{ns}	53,94 ^{ns}
CV(%)	18,82	

^{ns} Não significativo, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CV (%) Coeficiente de variação.

Na primeira safra, observou-se a maior altura das plantas no tratamento com *C. ochroleuca* associado ao controle biológico de clamidósporos do fungo *Pochonia chlamydosporia* (T27) e a segunda safra o tratamento com maior altura de planta foi o milho, também associado ao controle biológico (Tabela 3.2).

No entanto, não há diferença significativa entre a soma das médias de ambas as safras, quando comparadas entre si, porém a maior altura nas plantas ocorreu na primeira safra, destacando-se o tratamento 27 com *C. ochroleuca* associada ao controle biológico, como citado anteriormente.

Sabe-se que a sintomatologia do *Aphelenchoides* não apresenta alteração na altura da planta, podendo muitas vezes apresentar-se mais altas que as plantas não infectadas, seja elas na cultura do algodoeiro, arroz e inclusive na soja (FAVORETO et al., 2018). Trabalhos realizados por Meyer et al. (2017) e Jesus et al. (2016) demonstraram a capacidade de agrupar-se do nematoide com outros referentes a populações de soja, arroz e algodão.

Segundo Favoreto et al. (2018), plantas de soja semeadas após a safra de algodão infestada por *A. besseyi*, apresentaram a sintomatologia padrão da doença. Estes resultados não foram observados com diferenças estatísticas neste trabalho, talvez por apresentarem nenhum ou baixo valor de nematoide g/tecido, sendo a planta de cobertura apenas um fator positivo como adubação verde para o crescimento da planta.

As médias apresentadas na Tabela 3.3 demonstram diferenças significativas em alguns tratamentos, para a avaliação do número de trifólios, quando comparados as duas safras de plantio.

Tabela 3.3. Valores médios de número de trifólios das plantas de soja de quarenta tratamentos, em duas épocas de avaliação.

Tratamento	Nº de Trifólio (un)	
	Safra 18/19	Safra 19/20
1	7,38 ^{ns}	7,19 ^{ns}
2	8,06 ^{ns}	8,69 ^{ns}
3	7,69 ^{ns}	8,13 ^{ns}
4	7,19 ^{ns}	7,38 ^{ns}
5	8,31 ^{ns}	8,25 ^{ns}
6	8,50 ^{ns}	8,31 ^{ns}
7	8,19 ^{ns}	8,50 ^{ns}
8	7,31 ^{ns}	8,19 ^{ns}
9	6,75 ^{ns}	7,56 ^{ns}
10	6,94 ^{ns}	7,31 ^{ns}
11	6,63 ^{ns}	6,75 ^{ns}
12	8,75a	6,94b
13	6,63 ^{ns}	7,19 ^{ns}
14	6,38 ^{ns}	6,63 ^{ns}
15	6,50b	8,75a
16	5,81 ^{ns}	6,63 ^{ns}
17	6,81 ^{ns}	6,62 ^{ns}
18	6,81 ^{ns}	6,38 ^{ns}
19	6,88 ^{ns}	6,50 ^{ns}
20	6,31 ^{ns}	5,81 ^{ns}
21	7,31 ^{ns}	6,19 ^{ns}
22	6,56 ^{ns}	6,81 ^{ns}
23	8,13a	6,81b
24	7,38 ^{ns}	6,88 ^{ns}
25	7,81 ^{ns}	6,88 ^{ns}
26	8,19a	6,31b
27	8,00 ^{ns}	7,31 ^{ns}
28	9,25a	6,56b
29	8,19 ^{ns}	7,38 ^{ns}
30	9,56a	8,12b
31	8,13 ^{ns}	7,38 ^{ns}
32	8,69 ^{ns}	7,81 ^{ns}
33	8,13 ^{ns}	8,06 ^{ns}
34	7,38 ^{ns}	8,19 ^{ns}
35	8,25 ^{ns}	8,00 ^{ns}
36	7,56a	9,25b
37	7,19 ^{ns}	7,69 ^{ns}
38	6,63b	8,19a
39	6,19b	9,56a
40	6,88b	8,13a
CV(%)	15,90	

^{ns} Não significativo, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CV (%) Coeficiente de variação.

Foram observadas alterações no número de trifólio em 10 tratamentos em ambas as safras, destacando-se as plantas que foram associadas a controle químico (T12, T28, T36 e T40).

Na primeira safra a maior média observada foi para o tratamento com *C. juncea* não associada a nenhum ao controle (T30), apenas a planta de cobertura, na segunda safra o melhor resultado obtido foi no tratamento com *Stylosanthes* cv. Campo Grande associado ao controle biológico com base de clamidósporos do fungo *Pochonia chlamydosporia* (T39).

Estes resultados diferem dos obtidos por Meyer et al. (2017), pois os maiores números de trifólios foram encontrados na primeira safra, em plantas que tiveram contato com o *A. besseyi*, posteriormente ocorreu o abortamento das flores e deformidades das folhas que resistiram.

Quando comparado a MFPA das duas safras, dos quarenta tratamentos, houve diferenças significativas entre os mesmos tratamentos, porém não houve alteração entre as médias gerais das duas safras (Tabela 3.4).

Tabela 3.4. Valores médios de massa fresca de parte aérea (MFPA) das plantas de soja de quarenta tratamentos, em duas épocas de avaliação.

Tratamento	MFPA	
	Safra 18/19	Safra 19/20
1	44,69 ^{ns}	42,85 ^{ns}
2	49,27 ^{ns}	48,24 ^{ns}
3	43,54 ^{ns}	46,97 ^{ns}
4	42,85 ^{ns}	39,94 ^{ns}
5	46,07 ^{ns}	44,66 ^{ns}
6	50,63 ^{ns}	46,07 ^{ns}
7	46,79 ^{ns}	50,63 ^{ns}
8	44,03 ^{ns}	46,79 ^{ns}
9	39,06 ^{ns}	42,46 ^{ns}
10	39,97 ^{ns}	39,97 ^{ns}
11	43,45 ^{ns}	39,06 ^{ns}
12	49,07 ^{ns}	39,97 ^{ns}
13	45,51 ^{ns}	38,70 ^{ns}
14	32,07 ^b	43,45 ^a
15	35,27 ^b	49,07 ^a
16	31,82 ^b	45,51 ^a
17	47,45 ^{ns}	40,14 ^{ns}
18	42,99 ^a	32,07 ^b
19	38,51 ^{ns}	35,27 ^{ns}
20	35,97 ^{ns}	31,82 ^{ns}
21	36,95 ^{ns}	32,53 ^{ns}
22	34,69 ^b	47,45 ^a
23	46,58 ^{ns}	42,99 ^{ns}
24	38,45 ^{ns}	38,51 ^{ns}
25	42,54 ^{ns}	38,90 ^{ns}
26	47,40 ^a	35,97 ^b
27	48,54 ^a	36,95 ^b
28	53,59 ^a	34,69 ^b
29	45,91 ^{ns}	44,69 ^{ns}
30	51,78 ^{ns}	46,58 ^{ns}
31	45,97 ^{ns}	38,45 ^{ns}
32	48,24 ^{ns}	42,54 ^{ns}
33	46,97 ^{ns}	49,27 ^{ns}
34	39,94 ^{ns}	47,40 ^{ns}
35	44,66 ^{ns}	48,54 ^{ns}
36	42,46 ^b	53,60 ^a
37	38,70 ^{ns}	43,54 ^{ns}
38	40,14 ^{ns}	45,91 ^{ns}
39	32,53 ^b	51,78 ^a
40	38,90 ^{ns}	45,97 ^{ns}
CV(%)	24,26	

^{ns} Não significativo, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CV (%) Coeficiente de variação.

Diferenças significativas foram observadas em dez tratamentos, sendo a maioria os que não foram utilizados nenhum método de controle associado a planta de cobertura (T14, T18, T22 e T26). A maior média da primeira safra foi no tratamento com *C. ochroleuca* associada ao controle químico e na segunda foi o tratamento com *C. spectabilis* associada ao controle biológico.

O nematoide *Aphelenchoides besseyi* foi encontrado na soja apenas da primeira safra, semeadas após o cultivo de *C. juncea*, sorgo, *U. ruziziensis* e trapoeraba (Tabela 3.5). As demais fontes de palhada e o tratamento sem palhada não apresentaram presença do nematoide.

Tabela 3.5 – População final (PF) de *Aphelenchoides besseyi* em função de diferentes fontes de cobertura vegetal do solo e do emprego de nematicidas biológico e químico na primeira safra.

Tipos de plantas	Tratamentos			Média
	Sem tratamento	Trat. Biológico	Trat. Químico	
<i>C. juncea</i>	0,45	0,19	0,54	0,45 b
Sorgo	0,66	0,31	0,13	0,37 b
Trapoeraba	4,11	2,50	3,86	3,49 a
<i>U. ruziziensis</i>	0,46	0,00	0,34	0,27 b
Média	1,46 A	0,75 B	1,22 A	

* Médias seguidas de mesma letra nas marginais, não diferem estatisticamente entre si, minúscula na linha e maiúscula na coluna, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Um dos fatores importantes observados foi que trapoeraba apresentou quantidades superiores de *A. besseyi*, sinalizando a sua capacidade em hospedar e multiplicar este nematoide (T6, T7 e T8), sendo o controle químico e biológico insuficientes para diminuir ou eliminar o nematoide, ou seja, é necessário o controle de plantas daninhas no manejo da soja.

Na segunda safra não foi observado a presença do nematoide nas plantas de soja, porém ao avaliar a palhada proveniente das plantas de cobertura, encontrou-se o nematoide nos tratamentos com as plantas: trapoeraba, *U. ruziziensis*, milho, sorgo, *C. juncea* e *C. spectabilis* (Tabela 3.6).

Tabela 3.6. População final (PF) de *A. besseyi* em diferentes coberturas vegetais na segunda safra, associadas ou não ao controle químico ou biológico.

Tratamento	Nematoide (x80)
T6	17
T7	1
T8	6
T10	13
T12	10
T14	13
T15	9
T16	1
T22	2
T24	4
T32	2
T34	1
T35	1

Isto demonstra que o nematoide permaneceu em anidrobiose na palhada das plantas que na primeira safra apresentaram quantidades significativas de *A. besseyi* por grama de tecido. Os valores apresentados na tabela 3.5 corroboram os trabalhos de Meyer et al. (2017b), no qual as populações de *A. besseyi* avaliadas após 50, 80 e 150 dias de inoculadas, possuíam respectivamente, 3, 27 e 94 nematoides/g de tecido vegetal.

Embora encontrado nematoide na soja após o cultivo do sorgo, *C. juncea* e *U. ruziziensis*, os valores foram significativamente baixos (tabela 3.5), sugerindo que estas coberturas conseguem manter o nematoide (tabela 3.6) no período de ausência da soja, contudo, sem engendrar sua multiplicação. Resultados similares sobre a avaliação de *U. ruziziensis* foram encontrados por Meyer et al. (2017), cuja palhada favoreceu a sobrevivência do nematoide.

Sabe-se que, além da forma micófila, esses nematoides conseguem também, por meio da anidrobiose, sobreviver em restos de culturas desidratados, por longos períodos de tempo (CARES et al., 2008). Neste trabalho, o controle biológico, aplicado ao sulco de semeadura da soja, após o cultivo da trapoeraba, sorgo, *C. juncea* e da *U. ruziziensis* foi mais eficiente, na redução do nematoide.

Ainda com poucas informações, especialmente em relação às formas de controle, torna-se imperativo demais estudos, que objetivem a redução da infecção de *A. besseyi*, sejam eles pelo manejo de plantas de cobertura, aplicação de controle biológico ou químico, e a interação dessas medidas.

3.6 CONCLUSÃO

A soja em sucessão à *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, milho, milheto, *Stylosanthes* e/ou a ausência de cobertura de solo são potenciais alternativas para o manejo do nematoide das hastes verdes.

Os controles químicos e biológicos apresentaram ser boa alternativa no controle do nematoide.

A altura das plantas de soja, em ambas as safras, mostrou-se maior nos tratamentos em sucessão ao cultivo de milho, *Stylosanthes* e *U. ruziziensis*. A *C. Juncea* e *Stylosanthes* apresentaram superioridade no número de trifólios, sendo na primeira safra e na segunda, respectivamente.

4 ARTIGO 2: ALTERAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS UTILIZAÇÃO DE COBERTURA VEGETAL, TRATAMENTO QUÍMICOS OU BIOLÓGICO NO CONTROLE DE *Aphelenchoides besseyi* NA SOJA.

4.1 RESUMO

O nematoide da haste verde da soja (*Aphelenchoides besseyi*) causou, recentemente, perdas consideráveis na produção da cultura no Brasil. Com a necessidade de reduzir ou eliminar a população do nematoide na cultura, métodos de controle vem sendo empregados, tais como a adubação verde e sua associação a tratamentos químicos ou biológicos, e alguns destes métodos podem alterar significativamente a atributos química do solo. Com isto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações dos atributos químicos do solo, após cultivo de duas safras de soja, quando aplicados métodos controle do nematoide *Aphelenchoides besseyi*, sendo eles a planta de cobertura associada ou não à tratamento químico ou biológico. O estudo comparou a resposta de oito plantas de cobertura: *Urochloa ruziziensis*, milho (*Zea mays*), milheto (*Pennisetum glaucum*), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*), *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria spectabilis* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande, uma espécie de planta daninha: trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e o controle que não constava palhada. Houve a associação de todas as plantas de cobertura com inoculação de tratamento químico ou tratamento biológico, para avaliação da interação. Ao final do ciclo da soja em ambas as fases do experimento, foram avaliados os atributos químicos do solo. Observou-se que adubação verde tem capacidade de adicionar ao solo altos teores de matéria orgânica (MO), graças ao aporte das raízes, caules e folhas das plantas escolhidas para a cobertura, estes teores de MO auxiliam no aumento dos teores de macronutrientes e micronutrientes, melhorando assim os atributos químicos do solo, mesmo após duas safras consecutivas. No entanto, mesmo com aporte de MO, os níveis foram maiores após a primeira safra, observando uma redução após a segunda safra, possivelmente devido a taxa de mineralização da MO. Os controladores químicos e biológicos utilizados para o controle de nematoides, não demonstraram alterações significativas na redução ou aumento dos elementos químicos do solo.

Palavras-chave: matéria orgânica, nematoides, plantas de cobertura.

4.2 ABSTRACT

The nematoid from the green stem of soy (*Aphelenchoides besseyi*) has recently caused considerable losses in crop production in Brazil. With the need to reduce or eliminate the nematoid population in the crop, control methods have been employed, such as green manure and its association with chemical or biological treatments, and some of these methods can significantly alter the soil's chemical attributes. Therefore, the objective of this study was to evaluate the changes in soil chemical attributes, after the cultivation of two soybean crops, when applying *Aphelenchoides besseyi* nematode control methods, being them the cover plant associated or not with chemical or biological treatment. The study compared the response of eight cover plants:

Urochloa ruziziensis, corn (*Zea mays*), millet (*Pennisetum glaucum*), fodder sorghum (*Sorghum bicolor*), *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria spectabilis* and *Stylosanthes* cv. Campo Grande, a weed species: trapoeraba (*Commelina benghalensis*) and the control that was not straw. There was the association of all cover plants with chemical treatment inoculation or biological treatment, to evaluate the interaction. At the end of the soy cycle in both phases of the experiment, the chemical attributes of the soil were evaluated. It was observed that green manure has the ability to add high levels of organic matter (MO) to the soil, thanks to the contribution of the roots, stems and leaves of the plants chosen for mulch, these MO levels help to increase the levels of macronutrients and micronutrients, thus improving the chemical attributes of the soil, even after two consecutive harvests. However, even with MO, the levels were higher after the first crop, observing a reduction after the second crop, possibly due to the rate of mineralization of MO. The chemical and biological controllers used for nematoid control did not show significant changes in the reduction or increase of soil chemical elements.

Key words: cover plants, nematodes, organic matter.

4.3 INTRODUÇÃO

Os diversos microrganismos habitantes do solo são de uma gama diversificada e podem interagir com os demais componentes presentes no solo e na cultura cultivada, e são responsáveis por transformações bioquímicas importantes. A atividade da microbiota do solo é importante para os ecossistemas naturais como também para os sistemas agrícolas, pois estão relacionados com a decomposição e síntese de matéria orgânica (MO) e aos ciclos biogeoquímicos do C, N, P, S, responsáveis por disponibilizar nutrientes para os vegetais e para a própria microbiota do solo (BRADY; WEIL, 2009; ROCHA et al., 2009).

Nunes e Moura (1986) relatam que a incorporação de leguminosas resulta no aumento da MO e nos teores de N, beneficiando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, resultando assim no aumento da produtividade da cultura. A adubação verde também demonstra controle satisfatório da erosão e na redução da infestação de nematoides. Porém, quando o controle é realizado com nematicidas químicos, seus resultados podem ser de baixa eficácia e alta toxicidade ao solo, após repetidas aplicações, pois o seu uso é realizado de forma indiscriminada e muitas vezes de maneira errônea pelo produtor (DONG; ZHANG, 2006).

Já o controle biológico é destacado como protetor substancial contra nematoides e sendo relatado alterações mínimas nos parâmetros químicos do solo, evitando alterações na microbiologia natural (TIAN; RIGGS, 2000).

O aumento na produção da soja depende da qualidade do solo, portanto compreender os efeitos da adubação verde e de tratamentos químicos e biológicos, são essenciais para compreender e orientar aos produtores as melhores práticas para conservar, melhorar e manter a diversidade microbiana, a qualidade do solo, e a alta capacidade produtiva, quando necessário a aplicação de métodos de controle à nematoides (MEURER, 2000).

Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações dos atributos químicos do solo, após cultivo de duas safras de soja, quando aplicados métodos controle do nematoide *Aphelenchoides besseyi*, sendo eles a adubação verde associada ou não à tratamento químico a base de tiodicarbe a 35% ou biológico biológico com formulação a base de clamidósporos do fungo *Pochonia chlamydosporia* na redução ou eliminação do nematoide na cultura da soja.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Descrição do Local

O experimento foi realizado durante duas safras de plantio, a primeira safra foi a 2018/19 com o plantio sendo realizado no dia 10 de janeiro de 2019 e a segunda safra 2019/20 com plantio no dia 02 de outubro 2019. A condução do experimento foi na estação experimental da Embrapa Soja em condições de casa de vegetação, localizada no município de Londrina (23°11'26.84" S e longitude de 51°11'1.28" W).

A casa de vegetação é equipada com aspersores, responsáveis por nebulização constante das plantas e vasos (nebulização de 15 segundos a cada meia hora), o que permitiu uma temperatura interna de aproximadamente $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

O estudo comparou a resposta de oito plantas de cobertura: *Urochloa ruziziensis* (Syn. *Brachiaria ruziziensis*), milho (*Zea mays L.*) híbrido 30F53, milheto (*Pennisetum glaucum*) ADR 300, sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor (L.) Moench*), *Crotalaria juncea L.*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria spectabilis*, *Stylosanthes* cv. Campo Grande, uma espécie de planta daninha: trapoeraba (*Commelina benghalensis*), com controle que não constava palhada.

O plantio das plantas de cobertura foi realizado duas vezes antes da semeadura da soja, sendo respectivamente nas datas de 17 de outubro de 2018 e 18 de junho de 2019. Após 65 dias de desenvolvimento das plantas de cobertura, todas as partes

aéreas foram cortadas e picadas, em tamanho de 2 a 3 cm e devolvidas à superfície do solo no vaso de origem, simulando o manejo dessas plantas no solo, criando um cenário de MOS.

Após vinte dias da semeadura das plantas de cobertura, houve a inoculação do *Aphelenchoides besseyi* em 240 vasos, permanecendo 80 como testemunhas sem a inoculação do nematoide.

Em ambas épocas de semeadura, realizou-se a formação de um sulco nos vasos e posteriormente a deposição da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar BRS 284 foi utilizada. A aplicação de controles biológicos e químicos foram realizados diretamente no sulco de semeadura, logo após o alocamento das sementes.

O produto biológico utilizado foi o Rizotec®, sua formulação é a base de clamidósporos do fungo *Pochonia chlamydosporia* e, o produto químico, Saddler 350 SC®, com uma formulação a base de tiodicarbe a 35%, considerado um inseticida sistêmico de contato e ingestão do grupo dos carbamatos.

Após a primeira coleta de plantas de soja para avaliação na primeira fase do experimento, as plantas restantes (três em cada vaso), foram picadas em processo semelhante ao das plantas de cobertura e mantidas na superfície do solo do próprio vaso, em casa de vegetação para realização da segunda geração de cultivo.

4.4.2 Coleta e Caracterização do Solo

O solo utilizado no experimento foi de textura arenosa. As amostras foram depositadas em vasos de 20 litros, sendo todos esterilizados para evitar a permanência de fitoparasitas do ambiente da coleta, alterando assim os resultados esperados.

Após a retirada do experimento nas duas datas, foram coletadas três amostras de solo na profundidade de 0 – 10 cm de cada vaso. As amostras foram peneiradas e armazenadas em potes para posterior determinação de pH em água, matéria orgânica, P disponível, K disponível, Ca trocável, Mg trocável, Al trocável, H+Al, soma de bases, CTC, saturação por bases (V%), cobre, ferro, manganês e zinco disponíveis, conforme metodologia descrita pela Embrapa (1997).

4.4.3 Tratamentos e Avaliações

O experimento, em ambas épocas de plantio, contou com 240 vasos, cada tratamento continha 32 vasos. Os tratamentos foram divididos entre oito plantas de cobertura, uma planta daninha e uma testemunha. Cada tratamento foi subdividido em oito vasos sem a inoculação do nematoide e 24 vasos com a inoculação, onde oito não receberam tratamento controle, oito receberam controle biológico e oito, controle químico (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Tratamentos demonstrando a composição de cada vaso, separados conforme a planta de cobertura utilizada, cada tratamento possuía oito repetições.

	Sem APHE	Com APHE	Trat. Biológico	Trat. Químico
Sem controle	T1	T2	T3	T4
Trapoeraba	T5	T6	T7	T8
<i>U. ruziziensis</i>	T09	T10	T11	T12
Milho	T13	T14	T15	T16
Milheto	T17	T18	T19	T20
Sorgo	T21	T22	T23	T24
<i>C. ochroleuca</i>	T25	T26	T27	T28
<i>C. juncea</i>	T29	T30	R31	T32
<i>C. spectabilis</i>	T33	T34	T35	T36
<i>Stylosanthes</i>	T37	T38	T39	T40

O cultivo foi realizado em vasos com 20 litros de capacidade. O solo foi previamente esterilizado e após a emergência das plantas, realizou-se o desbaste das plântulas, restando apenas cinco plantas por vaso.

4.4.3.1 Análise química do solo

A avaliação química do solo ocorreu em ambas as fases após a retirada das plantas de soja. O solo foi peneirado (2 mm) e armazenado em potes de 300 gramas, estes foram encaminhados ao Laboratório. Foi determinado o teor de matéria orgânica (MO) por pelo método de Walkley-Black, por oxidação com $K_2Cr_2O_7$ em meio ácido e titulado com $FeSO_4$ (WALKLEY; BLACK, 1934), pH em $CaCl_2$, o alumínio e acidez potencial (H+Al) por potenciômetro, Ca^{2+} e Mg^{2+} (KCl) por espectrofotometria de absorção atômica, P e K^+ com extrator Mehlich-1 por análise colorimétrica e fotometria de chama, respectivamente (PAVAN et al., 1992). Os micronutrientes, Fe, Cu^{2+} , Zn^{2+}

e Mn^{2+} foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, segundo metodologia de Silva et al. (2009).

4.4.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e avaliados por análise estatística realizada pelo software R[®] utilizando o teste de Tukey à 5% de probabilidade.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados após análise do solo para as variáveis pH, matéria orgânica (MO), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%), estão expostos na Tabela 4.2.

O pH do solo variou entre 6,8 a 7,4 em primeira safra e 6,8 a 7,1 na segunda safra. Os maiores valores de pH foram encontrados nos tratamentos que receberam a adição de cobertura vegetal, o solo pode ser classificado como adequado na faixa de 4,9 a 5,5, alto de 5,6 a 5,8 e muito alto para valores acima de 5,9 (SOUSA; LOBATO, 2004). Considera-se que os valores observados nas análises, é devido a cobertura vegetal ter agregado alcalinidade através de seus resíduos e aumentado o poder tampão dos solos (ALMEIDA et al., 2008; MEDEIROS et al., 2009).

Tabela 4.2. Avaliação das propriedades químicas do solo em duas safras distintas, após a utilização de adubação verde.

Tratamento	pH		Matéria Orgânica		Acidez Potencial (H+Al)		Soma de Bases (SB)		Capacidade de troca de cátions (CTC)		Saturação por Bases (V%)	
	Safra 18/19	Safra 19/20	Safra 18/19	Safra 19/20	Safra 18/19	Safra 19/20	Safra 18/19	Safra 19/20	Safra 18/19	Safra 19/20	Safra 18/19	Safra 19/20
1	7,07a	6,83b	77,64a	49,74b	2,25a	1,75b	13,15 ^{ns}	12,16 ^{ns}	15,40 ^{ns}	13,91 ^{ns}	85,38 ^{ns}	87,39 ^{ns}
2	7,20a	6,97b	70,05 ^{ns}	61,93 ^{ns}	2,03a	1,63b	11,95 ^{ns}	12,19 ^{ns}	13,98 ^{ns}	13,86 ^{ns}	85,48 ^{ns}	87,41 ^{ns}
3	7,07 ^{ns}	6,93 ^{ns}	70,05a	54,82b	2,25a	1,67b	11,90a	8,37b	14,15a	10,00b	84,06 ^{ns}	83,70 ^{ns}
4	7,26a	6,93b	73,09a	56,85b	1,94a	1,59b	12,70a	8,61b	14,64a	10,20b	86,75a	84,39b
5	7,23a	6,96b	65,48 ^{ns}	56,85 ^{ns}	2,00a	1,67b	13,61a	9,49b	15,61a	11,12b	87,22 ^{ns}	85,34 ^{ns}
6	7,33a	6,90b	77,66a	50,76b	1,84a	1,75b	12,82a	9,33b	14,66a	10,92b	87,41 ^{ns}	85,41 ^{ns}
7	7,37a	6,90b	68,52 ^{ns}	60,91 ^{ns}	1,80a	1,59b	14,29a	10,78b	16,09a	12,33b	88,81 ^{ns}	87,42 ^{ns}
8	7,23a	6,97b	75,38 ^{ns}	70,05 ^{ns}	1,98a	1,67b	13,34a	9,24b	15,32a	10,87b	87,06 ^{ns}	84,99 ^{ns}
9	7,00a	6,80b	71,72 ^{ns}	64,97 ^{ns}	2,75a	1,75b	11,67a	10,70 ^{ns}	14,42 ^{ns}	12,29 ^{ns}	80,86b	87,02a
10	7,07 ^{ns}	6,96 ^{ns}	79,95a	63,96b	2,25a	1,59b	11,28a	8,93b	13,53a	10,56b	83,37 ^{ns}	84,52 ^{ns}
11	7,07 ^{ns}	7,00 ^{ns}	83,75a	70,05b	2,25a	1,59b	12,05a	8,13b	14,30a	9,80b	84,28 ^{ns}	82,92 ^{ns}
12	7,13a	6,93b	79,18 ^{ns}	75,12 ^{ns}	2,14a	1,67b	12,84a	8,58b	14,99a	10,17b	85,66 ^{ns}	84,35 ^{ns}
13	7,00 ^{ns}	7,00 ^{ns}	71,57 ^{ns}	70,05 ^{ns}	2,36a	1,59b	11,96a	7,25b	14,32a	8,93b	83,48a	81,25b
14	7,07 ^{ns}	7,00 ^{ns}	84,51a	65,98b	2,25a	1,59b	12,69a	7,69b	14,94a	9,44b	84,94a	81,42b
15	7,07 ^{ns}	6,93 ^{ns}	58,63 ^{ns}	67,00 ^{ns}	2,25a	1,55b	11,90a	8,30b	14,15a	9,89b	84,01 ^{ns}	83,92 ^{ns}
16	7,07 ^{ns}	6,97 ^{ns}	82,23a	59,90b	2,25a	1,67b	11,14a	7,93b	13,40a	9,56b	83,16 ^{ns}	82,92 ^{ns}
17	7,07 ^{ns}	7,00 ^{ns}	70,05 ^{ns}	74,11 ^{ns}	2,25a	1,63b	12,09b	15,11a	14,35b	16,78a	84,30b	88,04a
18	7,00 ^{ns}	7,00 ^{ns}	65,48 ^{ns}	62,94 ^{ns}	2,36a	1,55b	11,77 ^{ns}	10,75 ^{ns}	14,13 ^{ns}	12,34 ^{ns}	83,29b	87,12a
19	7,20 ^{ns}	7,10 ^{ns}	77,66 ^{ns}	67,00 ^{ns}	2,03a	1,59b	12,64a	10,27b	14,67a	11,86b	86,16 ^{ns}	86,59 ^{ns}
20	7,20a	7,03b	71,57a	55,84b	2,03a	1,67b	12,01a	9,31b	14,04a	10,90b	85,54 ^{ns}	85,28 ^{ns}
21	7,07 ^{ns}	7,20 ^{ns}	88,32a	54,82b	2,25a	1,59b	12,52 ^{ns}	11,81 ^{ns}	14,77 ^{ns}	13,40 ^{ns}	84,77b	88,13a
22	7,17 ^{ns}	7,07 ^{ns}	68,52a	51,77b	2,09a	1,59b	12,45a	8,61b	14,54a	10,16b	85,61 ^{ns}	84,43 ^{ns}
23	7,20 ^{ns}	7,10 ^{ns}	77,66a	57,87b	2,03a	1,30b	12,60a	8,06b	14,63a	9,73b	86,01a	82,83b
24	7,30a	7,00b	67,00 ^{ns}	60,91 ^{ns}	1,89a	1,55b	11,64a	8,22b	13,53a	9,85b	86,01a	83,44b
25	7,07 ^{ns}	7,00 ^{ns}	65,48 ^{ns}	71,06 ^{ns}	2,25a	1,51b	14,03a	7,99b	16,28a	9,54b	86,08a	83,76b
26	7,00 ^{ns}	7,03 ^{ns}	45,19b	79,18a	2,36a	1,51b	12,89a	9,68b	15,25a	11,27b	84,52 ^{ns}	85,83 ^{ns}
27	7,00 ^{ns}	7,03 ^{ns}	63,19b	87,30a	2,25a	1,59b	13,09a	8,93b	15,34a	10,60b	85,31 ^{ns}	84,20 ^{ns}
28	7,07 ^{ns}	7,10 ^{ns}	68,53 ^{ns}	67,00 ^{ns}	2,25a	1,63b	13,78a	9,38b	16,03a	10,97b	85,35 ^{ns}	85,43 ^{ns}
29	7,07 ^{ns}	7,13 ^{ns}	71,06 ^{ns}	71,06	2,25a	1,55b	12,93a	10,58b	15,19a	12,17b	85,16 ^{ns}	86,93 ^{ns}
30	6,80b	7,13a	88,32a	70,05b	2,75a	1,59b	13,21a	9,70b	15,97a	11,25b	82,70b	86,19a
31	7,00 ^{ns}	7,03 ^{ns}	68,52 ^{ns}	69,03 ^{ns}	2,36a	1,59b	13,88a	9,41b	16,24a	10,92b	85,44 ^{ns}	86,13 ^{ns}
32	7,07 ^{ns}	7,03 ^{ns}	77,66 ^{ns}	72,08 ^{ns}	2,25a	1,63b	14,26a	9,67b	16,51a	11,18b	86,37 ^{ns}	86,47 ^{ns}
33	7,00 ^{ns}	7,01 ^{ns}	67,00 ^{ns}	73,10 ^{ns}	2,36a	1,63b	15,29a	8,69b	17,65a	10,28b	86,62 ^{ns}	84,49 ^{ns}
34	7,00 ^{ns}	7,03 ^{ns}	65,48 ^{ns}	67,00 ^{ns}	2,36a	1,59b	11,86a	7,82b	14,22a	9,45b	83,40 ^{ns}	82,75 ^{ns}
35	7,00 ^{ns}	6,93 ^{ns}	68,52 ^{ns}	69,03 ^{ns}	2,36a	1,59b	13,06a	7,69b	15,42a	9,23b	84,68 ^{ns}	83,17 ^{ns}
36	6,90 ^{ns}	6,97 ^{ns}	63,19b	77,15a	2,56a	1,63b	14,79a	7,72b	17,35a	9,31b	85,20a	82,91b
37	7,20a	7,03b	68,52 ^{ns}	80,20 ^{ns}	2,03a	1,59b	12,66a	8,33b	14,69a	9,92b	86,17a	83,93b
38	7,00 ^{ns}	6,93 ^{ns}	73,85 ^{ns}	72,08 ^{ns}	2,36a	1,55b	12,67a	9,18b	15,03a	10,81b	84,30 ^{ns}	84,89 ^{ns}
39	7,00 ^{ns}	7,03 ^{ns}	69,29 ^{ns}	74,10 ^{ns}	2,36a	1,63b	12,47a	9,64b	14,83a	11,27b	84,07 ^{ns}	85,50 ^{ns}
40	7,07 ^{ns}	7,03 ^{ns}	68,52b	85,27a	2,25a	1,59b	12,44a	9,48b	14,69a	11,07b	84,64 ^{ns}	85,61 ^{ns}
CV(%)	1,41		10,87		7,52		12,87		11,04		1,61	

Médias seguidas de letras diferentes são significativamente distintas ao nível 5% de probabilidade. ^{ns} Indica médias não significativas ao nível p < 0,05.

CV (%) Coeficiente de variação.

Houve diferenças significativas nos teores de MO da primeira para a segunda safra, sendo os resultados mais altos observados em primeira. Na segunda safra, nota-se uma redução no valor de MO, porém foi mais acentuado nos tratamentos que receberam cobertura vegetal e, principalmente nos que foram utilizados leguminosas como planta de cobertura. O acúmulo de carbono em áreas com pastagem é observado em diversos estudos (CARNEIRO et al., 2008), Ordoñez (2001) afirmam que se houver produtividade e estabilidade do pasto ao longo do tempo, há uma elevação no teor de matéria orgânica, graças a incorporação dos restos vegetais de folhas, caules e flores, além das raízes que demonstraram em seu estudo, agregar 1120 a 2240 kg/ha⁻¹ de MO nos primeiros 15 cm de solo.

Nota-se um padrão entre os valores de soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC), sendo maiores os valores observados em primeira safra. Os tratamentos que receberam adubação verde demonstraram superioridade nos resultados e menor queda de uma safra para outra. Os valores de saturação por bases (V%) apresentaram diferenças significativas em alguns tratamentos de uma safra para outra, e estas variações são consideradas muito altas (maiores ou iguais a 71%), segundo Sousa e Lobato (2004).

Ao avaliar os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (tabela 4.3), houve diferenças significativas entre as safras para os teores de P, K e Ca, enquanto não ocorreram diferenças quando comparados os valores de Mg em ambas as safras.

Os maiores teores de P foram encontrados no tratamento 7 em primeira safra e no tratamento 38 em segunda safra, sendo eles 119,89 e 149,55 respectivamente. No K e Ca, os maiores valores obtidos foram 1,74 (T35) e 12,25 (T33), em primeira safra e 1,05 (T29) e 9,31 (T2) em segunda safra, respectivamente.

Tabela 4.3. Avaliação dos atributos químicos do solo, apresentando os resultados da avaliação dos teores de macronutrientes, após duas safras de soja com adição de cobertura vegetal para controle de *Aphelenchoides besseyi*.

Tratamento	Fósforo (P)		Potássio (K)		Cálcio (Ca)		Magnésio (Mg)	
	Safra 18/19	Safra 19/20	Safra 18/19	Safra 19/20	Safra 18/19	Safra 19/20	Safra 18/19	Safra 19/20
1	108,40a	79,93b	0,58 ^{ns}	0,59 ^{ns}	10,57a	8,89b	2,01 ^{ns}	2,68 ^{ns}
2	96,91 ^{ns}	103,14 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,52 ^{ns}	9,56 ^{ns}	9,31 ^{ns}	1,87 ^{ns}	2,37 ^{ns}
3	94,25 ^{ns}	93,63 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,53 ^{ns}	9,62a	5,53b	1,75 ^{ns}	2,31 ^{ns}
4	78,78b	97,10a	0,92a	0,51b	10,09a	5,97b	1,79 ^{ns}	2,13 ^{ns}
5	102,43 ^{ns}	92,97 ^{ns}	0,99a	0,51b	10,09a	6,82b	2,53 ^{ns}	2,16 ^{ns}
6	90,05 ^{ns}	82,80 ^{ns}	0,84a	0,45b	8,99a	6,96b	2,99 ^{ns}	1,93 ^{ns}
7	119,89a	84,35b	1,09a	0,64b	8,86 ^{ns}	7,96 ^{ns}	4,34a	2,18b
8	89,39 ^{ns}	81,70 ^{ns}	0,96a	0,52b	10,11a	6,78b	2,27 ^{ns}	1,95 ^{ns}
9	103,98a	85,46b	1,12a	0,44b	10,03a	8,50b	0,52 ^{ns}	1,76 ^{ns}
10	100,44 ^{ns}	94,74 ^{ns}	1,19a	0,44b	9,17a	6,88b	0,92 ^{ns}	1,61 ^{ns}
11	90,72 ^{ns}	91,79 ^{ns}	1,03a	0,30b	9,38a	6,35b	1,64 ^{ns}	1,48 ^{ns}
12	107,52 ^{ns}	98,28 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,83 ^{ns}	10,20a	5,70b	1,72 ^{ns}	2,05 ^{ns}
13	75,46b	94,44a	0,95a	0,30b	9,45a	5,31b	1,57 ^{ns}	1,65 ^{ns}
14	100,00a	80,59b	0,80a	0,29b	9,38a	5,52b	2,52 ^{ns}	1,87 ^{ns}
15	86,52 ^{ns}	78,09 ^{ns}	0,72a	0,28b	9,27a	6,16b	1,92 ^{ns}	1,86 ^{ns}
16	98,23 ^{ns}	95,62 ^{ns}	0,63a	0,38b	8,94a	5,76b	1,58 ^{ns}	1,79 ^{ns}
17	76,83 ^{ns}	92,09 ^{ns}	1,11a	0,69b	9,83a	6,75b	1,16b	7,68a
18	97,57a	69,25b	0,95a	0,69b	9,46a	8,04b	1,36 ^{ns}	2,03 ^{ns}
19	96,02 ^{ns}	96,65 ^{ns}	0,79a	0,61b	9,69a	7,72b	2,16 ^{ns}	1,95 ^{ns}
20	88,06 ^{ns}	71,75 ^{ns}	1,04a	0,43b	9,27a	7,14b	1,71 ^{ns}	1,75 ^{ns}
21	95,36a	70,57b	1,08 ^{ns}	0,96 ^{ns}	9,39 ^{ns}	8,80 ^{ns}	2,05 ^{ns}	2,05 ^{ns}
22	79,66 ^{ns}	93,56 ^{ns}	1,03a	0,70b	8,53a	6,40b	2,89 ^{ns}	1,50 ^{ns}
23	99,12 ^{ns}	100,71 ^{ns}	0,91a	0,73b	8,98a	5,30b	2,71 ^{ns}	2,03 ^{ns}
24	89,61 ^{ns}	91,79 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,77 ^{ns}	8,61a	5,31b	2,15 ^{ns}	2,14 ^{ns}
25	81,65b	101,74a	0,91 ^{ns}	0,96 ^{ns}	9,48a	4,97b	3,65 ^{ns}	2,07 ^{ns}
26	105,08 ^{ns}	99,16 ^{ns}	1,21a	0,97b	9,07a	6,34b	2,61 ^{ns}	2,36 ^{ns}
27	98,45 ^{ns}	102,92 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,96 ^{ns}	9,23a	5,92b	2,83 ^{ns}	2,05 ^{ns}
28	98,67 ^{ns}	102,87 ^{ns}	1,23a	0,98b	8,46a	6,46b	4,09a	1,93b
29	98,70 ^{ns}	101,53 ^{ns}	1,28a	1,05b	10,42a	7,72b	1,24 ^{ns}	1,81 ^{ns}
30	91,38 ^{ns}	91,87 ^{ns}	1,42a	0,96b	11,44a	6,99b	0,36 ^{ns}	1,77 ^{ns}
31	113,04b	131,13a	1,60a	1,02b	10,15a	6,62b	2,14 ^{ns}	1,77 ^{ns}
32	97,35b	123,03a	1,71a	1,07b	11,62a	6,74b	0,92 ^{ns}	1,85 ^{ns}
33	98,67b	131,43a	1,73a	1,03b	12,25a	5,56b	1,32 ^{ns}	2,09 ^{ns}
34	98,67b	125,24a	1,09 ^{ns}	0,94 ^{ns}	10,45a	5,02b	0,33 ^{ns}	1,86 ^{ns}
35	93,37b	127,45a	1,74a	1,01b	10,94a	4,72b	0,38 ^{ns}	1,95 ^{ns}
36	95,58b	132,32a	0,76b	0,99a	10,48a	4,91b	3,55 ^{ns}	1,83 ^{ns}
37	98,01b	141,82a	0,89 ^{ns}	0,85 ^{ns}	11,07a	5,68b	0,71 ^{ns}	1,80 ^{ns}
38	94,92b	149,55a	0,83 ^{ns}	0,94 ^{ns}	11,31a	6,51b	0,54 ^{ns}	1,73 ^{ns}
39	100,00b	131,43a	0,85 ^{ns}	0,83 ^{ns}	10,28a	7,04b	1,35 ^{ns}	1,77 ^{ns}
40	101,55b	180,80a	0,74 ^{ns}	0,78 ^{ns}	10,71a	7,09b	0,99 ^{ns}	1,60 ^{ns}
CV(%)	10,38		11,03		8,21		60,95	

Médias seguidas de letras diferentes são significativamente diferentes ao nível $p < 0,05$.

Indica médias não significativas ao nível $p < 0,05$.

CV (%) Coeficiente de variação.

Estes resultados demonstram que a presença da cobertura vegetal favoreceu a presença de macronutrientes no solo, evitando a perda entre uma safra e outra,

mantendo assim estes nutrientes viáveis para o próximo plantio, os controles químicos e biológicos em alguns tratamentos (T31, T32, T35, T36, T39 e T40) favoreceram além do esperado em relação a primeira safra, aumentando significativamente os teores de fósforo no solo.

Como a coleta do solo foi na camada de 0-10 cm, e o sistema do plantio realizado em casa de vegetação assemelhou-se ao sistema plantio direto, os acúmulos de P, K, Ca e Mg já era esperado, tendo em vista que estes se acumulam na camada superficial do solo neste modelo de sistema de plantio, sendo o P um dos elementos menos móveis e formando maiores gradientes de concentração (AMARAL; ANGHINONI, 2001; FALLEIRO et al., 2003).

Os teores dos micronutrientes: ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) (tabela 4.4), demonstraram diferenças significativas em ambas as safras, sendo os teores de Mn e Zn, superiores na segunda safra.

A maior concentração de Fe foi observada em primeira safra 175,70 (T17) e em segunda safra 167,48 (T13). No Mn, Cu e Zn, os maiores valores obtidos foram 184,98 (T8), 2,37 (T8) e 36,90 (T1), em primeira safra e 287,86 (T1), 2,68 (T1) e 42,24 (T21) em segunda safra, respectivamente.

Tabela 4.4. Avaliação dos atributos químicos do solo, apresentando os resultados da avaliação dos teores de micronutrientes, após duas safras de soja com adição de cobertura vegetal para controle de *Aphelenchoides besseyi*.

Tratamento	Ferro (Fe)		Manganês (Mn)		Cobre (Cu)		Zinco (Zn)	
	Safra 18/19	Safra 19/20	Safra 18/19	Safra 19/20	Safra 18/19	Safra 19/20	Safra 18/19	Safra 19/20
1	132,52a	79,00b	181,73b	287,86a	1,93b	2,68a	36,90b	41,15a
2	157,39a	112,17b	181,71b	283,51a	2,34 ^{ns}	2,21 ^{ns}	35,41b	37,44a
3	135,03a	107,47b	183,13b	281,33a	1,81b	2,24a	31,42b	37,51a
4	143,9 ^{ns}	138,97 ^{ns}	178,68b	259,08a	2,25 ^{ns}	2,19 ^{ns}	29,13b	36,15a
5	159,60 ^{ns}	148,75 ^{ns}	180,77b	252,48a	2,08 ^{ns}	1,89 ^{ns}	28,51b	38,05a
6	150,27a	124,06b	182,36b	268,03a	1,80 ^{ns}	1,65 ^{ns}	29,75b	39,65a
7	126,00 ^{ns}	123,74 ^{ns}	180,74b	264,26a	1,98 ^{ns}	1,64 ^{ns}	29,05b	39,33a
8	124,94 ^{ns}	119,73 ^{ns}	184,98b	247,38a	2,37a	1,52b	28,69b	38,33a
9	140,15a	115,62b	180,64b	248,38a	2,10a	1,03b	29,97b	39,51a
10	127,95 ^{ns}	130,09 ^{ns}	175,42b	235,51a	2,59a	1,29b	27,89b	38,94a
11	137,98 ^{ns}	145,35 ^{ns}	172,35b	240,73a	2,21a	1,67b	29,26b	38,90a
12	130,68 ^{ns}	142,77 ^{ns}	172,81b	202,70a	1,80a	1,39b	26,60b	38,60a
13	145,71b	167,48a	164,84 ^{ns}	171,01 ^{ns}	2,09a	1,45b	24,43b	36,44a
14	151,52 ^{ns}	138,36 ^{ns}	169,15a	144,43b	1,91 ^{ns}	1,78 ^{ns}	24,79b	36,41a
15	151,98 ^{ns}	137,17 ^{ns}	171,67 ^{ns}	175,80 ^{ns}	2,21a	1,74b	22,39b	35,53a
16	169,18a	126,13b	166,8b	215,46a	2,59a	1,83b	18,72b	35,99a
17	175,70a	121,31b	162,31b	199,03a	2,26 ^{ns}	1,97 ^{ns}	18,81b	37,10a
18	154,53a	116,01b	151,67b	204,36a	2,22 ^{ns}	2,57 ^{ns}	20,89b	38,07a
19	140,61a	112,74b	146,77 ^{ns}	148,81 ^{ns}	2,03 ^{ns}	1,91 ^{ns}	23,52b	39,50a
20	152,88a	112,82b	156,73b	191,38a	1,90a	1,46	26,15b	38,51a
21	152,13a	118,05b	153,88b	273,98b	1,21 ^{ns}	1,28 ^{ns}	28,67b	42,24a
22	144,37a	121,33b	150,82b	227,43a	1,78a	1,37b	27,94b	39,59a
23	131,79 ^{ns}	137,37 ^{ns}	155,58b	270,31a	1,66 ^{ns}	1,30 ^{ns}	28,43b	38,29a
24	135,34 ^{ns}	135,56 ^{ns}	157,32b	254,96a	1,95 ^{ns}	1,87 ^{ns}	28,71b	38,73a
25	126,26b	150,83a	151,70b	281,56a	1,93 ^{ns}	1,95 ^{ns}	31,77b	39,30a
26	142,40 ^{ns}	143,34 ^{ns}	148,94b	258,93a	2,14a	1,39b	28,08b	37,05a
27	146,96a	115,78b	149,13b	230,56a	2,15 ^{ns}	1,90 ^{ns}	27,73b	35,29a
28	135,96 ^{ns}	132,39 ^{ns}	152,95b	229,98a	2,33a	1,81b	25,56b	34,57a
29	144,44 ^{ns}	138,75 ^{ns}	147,52b	228,93a	2,19a	1,72b	26,76b	36,19a
30	148,10a	104,76b	150,59b	235,96a	1,84 ^{ns}	2,17 ^{ns}	27,57b	36,60a
31	119,25 ^{ns}	112,08 ^{ns}	145,65b	231,01a	2,64a	2,01b	27,96b	38,89a
32	118,53 ^{ns}	123,94 ^{ns}	141,90b	235,53a	2,13 ^{ns}	2,37 ^{ns}	27,52b	38,15a
33	130,86 ^{ns}	118,68 ^{ns}	149,12b	251,56a	2,63a	2,21b	33,14b	37,70a
34	130,39 ^{ns}	133,50 ^{ns}	147,35b	243,28a	2,06 ^{ns}	2,18 ^{ns}	29,04b	38,14a
35	139,98 ^{ns}	137,30 ^{ns}	153,85b	238,08a	2,23 ^{ns}	2,03 ^{ns}	30,72b	40,14a
36	132,48 ^{ns}	145,49 ^{ns}	151,85b	231,88a	2,09 ^{ns}	1,74 ^{ns}	30,88b	39,81a
37	145,14 ^{ns}	138,49 ^{ns}	148,18b	200,46a	2,03 ^{ns}	1,79 ^{ns}	33,26b	37,00a
38	129,27a	149,39b	146,98b	246,63a	2,09a	1,60b	30,95b	37,31a
39	119,75b	141,43a	154,38b	285,51a	2,23a	1,66b	28,64b	36,73a
40	117,95 ^{ns}	131,48 ^{ns}	149,98b	239,73a	2,05a	1,62b	36,18b	35,91a
CV(%)	7,66		6,63		12,99		3,56	

Médias seguidas de letras diferentes são significativamente diferentes ao nível $p < 0,05$.

Indica médias não significativas ao nível $p < 0,05$.

CV (%) Coeficiente de variação.

Os fatores que influenciam na retenção dos micronutrientes no solo não são totalmente conhecidos, sendo avaliados de um modo geral a textura, pH, umidade, teor de MO, teor de óxidos de ferro, de alumínio e de manganês (CAMARGO, 2006).

Fuller et al. (1976) e Korte et al. (1976) apresentaram resultados de retenção do cobre e do zinco em solos com alto teor de argila, e observaram a correlação positiva entre os dois elementos, o que também foi identificado neste trabalho.

Os maiores teores de Mn em segunda safra é resultado da sua associação com ligantes orgânicos e que provavelmente influíram na absorção do elemento pelas raízes das plantas (GODO; REISENAUER, 1980). O Zn, por sua vez, tem capacidade de ficar retido por adsorção nas superfícies do solo, o que explica sua maior concentração, também, na segunda safra. Além disto, a MO, os óxidos de ferro, alumínio e manganês e os mineiras de argila, também influem na retenção do zinco no solo (STEVENSON; ARDAKANI, 1972).

O pH tem uma correlação negativa em relação à disponibilidade desses micronutrientes, ou seja, a movimentação dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn, aumentam com a diminuição do pH do solo (CAMARGO et al., 1982), explicando assim os maiores índices destes elementos em tratamentos que tiveram menor pH na análise inicial (Tabela 4.2).

4.6 CONCLUSÃO

A adubação verde tem capacidade de adicionar ao solo altos teores de matéria orgânica, graças à decomposição vegetal das raízes, caules e folhas das plantas escolhidas para a cobertura, estes teores de MO auxiliam no aumento dos teores de nutrientes, melhorando assim os atributos químicos do solo após duas safras consecutivas.

Os níveis de matéria orgânica são melhores em primeira safra, observando uma redução após a segunda safra.

Os controladores químicos e biológicos utilizados para o controle de nematoides, não demonstraram alterações significativas na redução ou aumento dos elementos químicos do solo.

5 CONCLUSÕES GERAIS

O uso de plantas de coberturas, associadas ou não, ao controle químico e biológico, apresentou diferenças significativas na população final de *Aphelenchoides besseyi* na parte aérea das plantas de soja, sendo destaque a utilização de *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, milho, milheto, *Stylosanthes* e/ou a manutenção dos vasos sem cobertura, sendo estas plantas potenciais na redução do *A. besseyi*.

No segundo ano de cultivo não foi observado a presença do nematoide na parte aérea das plantas em nenhum dos tratamentos, porém observou a sua presença em anidrobiose nas plantas de cobertura: trapoeraba, *U. ruzizensis*, milho, sorgo, *C. juncea* e *C. spectabilis*, sugerindo que estas coberturas conseguem manter o nematoide no período de ausência da soja, contudo, sem engendrar sua multiplicação.

Em relação atributos químicos do solo, o uso de plantas de cobertura respondeu de forma positiva, conservando o solo e melhorando os atributos químicos, físicos e biológicos, demonstrando apenas uma pequena redução dos valores de macro e micronutrientes entre uma safra e outra.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. de L. D.; GUERRA, J. G. M. Sistema Integrado de Produção Agroecológica – “Fazendinha Agroecológica km 47”. **In: simpósio de agricultura ecológica**, 2., Encontro de Agricultura Orgânica, 1., São Paulo. Anais... Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 153–159.
- ALMEIDA, H. C. et al. Influência da adição de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose na lixiviação de cátions em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1775-1784, 2008.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Embrapa, Milho e Sorgo - **informe agropecuário**, Belo Horizonte. v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- AMABILE, R. F.; CORREIA, J. R.; FREITAS, P. L. de; BLANCANEUX, P.; GAMALIEL, J. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 1193-1199, 1994.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000
- AMARAL, A.S. & ANGHINONI, I. Alterações de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 695-702, 2001.
- ARAUJO, F. F. de; BRAGANTE, R. J.; BRAGANTE, C. E. Controle genético, químico e biológico de meloidoginose na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 220–224, 2012.
- ARAYA, M.; CASWELL-CHEN, E. P. Penetration of *Crotalaria juncea*, *Dolichos lablab* and *Sesamum indicum* roots by *Meloidogyne javanica*. **Journal of Nematology**, St. Paul, v. 26, n. 2, p. 238-240, 1992.
- ASMUS, G. L. – Evolução da ocorrência de *Rotylenchulus reniformis* em Mato Grosso do Sul, durante o quinquênio 2001/2005 - In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL 27., 2005, Cornélio Procópio. Resumos... Londrina: **Embrapa Soja**: Fundação Meridional, 2005. P. 221-222.
- ASMUS, G. L.; SCHIRMANN, M. R. Reação de cultivares de soja recomendadas no Mato Grosso do Sul ao nematoide reniforme. **Nematologia brasileira**, v. 28, n. 2, p. 239-240, 2004.
- ASMUS, G. L.; RODRIGUES, E.; ISENBERG, K. Danos em soja e algodão associados ao nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) em Mato Grosso do

Sul. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA**, 24., 2003, Petrolina. Anais... Petrolina: Sociedade Brasileira de Nematologia: Embrapa Semi-Árido, 2003. P. 169

ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M.; CARGNIN, R. A. Cover crops for reniform nematode suppression in cotton: greenhouse and field evaluations. **Fitopatologia Brasileira**, v. 33, p. 85-89, 2008.

ATKINS, S. D.; HIDALGO-DIAZ, L.; KALISZ, H.; MAUCLINE, T. H.; KIRSCH, P. R.; HERRY, B.R. Development of a new management strategy for the control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in organic vegetable production. **Pest Management Science**, v. 59, n. 2, p. 183-189, 2003.

BANCO MUNDIAL. **Rising global interest in farmland: Can it yield sustainable and equitable benefits?** Washington D.C., 2010.

BARRONS, K. C. Studies of the nature of root-knot resistance. **Journal of Agricultural Research**, Washington, D.C., v. 58, n. 4, p. 263-271, 1939.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. Évora: Universidade de Évora, 2014.

BETTIOL, J. V. T.; PEDRINHO, A.; MERLOTI, L. F.; BOSSOLANI, J. W.; SÁ, M. E. Plantas de cobertura utilizando *Urochloa ruziziensis* solteira e em consórcio com leguminosas e seus efeitos sobre a produtividade de sementes do feijoeiro. **UNICIÊNCIAS**, v. 19, n. 1, p 3-10, 2015.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1987. 61 p. (EMBRAPA. CNPSo. Documentos, 21).

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição. In: **A Soja no Brasil**. p. 1 – Empresa brasileira de pesquisa agropecuária, 1981.

BORGES, D. C. Reação de culturas de cobertura utilizadas no sistema de plantio direto ao nematoide. **Teses e dissertações**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. 2009.

BORTOLINI, G. L.; ARAÚJO, D.V.; ZAVISLAK, F.D.; JUNIOR, J.R.; KRAUSE, W. Controle de *Pratylenchus brachyurus* via tratamento de semente de soja. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 818–830, 2013.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R.; **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

BRITO, J. A. de; FERRAZ, S. Seleção de gramíneas antagonistas. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 11, n. 2, p. 260-269, 1987.

BROOKES, P. C. et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 17, n. 6, p. 837-842, 1985.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. do P.; COSTA, M B. B. da; ALCANTARA, P. B.; MIYASAKA, S. AMADO, T J. C. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: 1993. 346 p.

CALVO, C.L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALÍÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivo e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.

CAMACHO, L.H .M. Origen y características agronômicas de la soya iGtv cine max (L.) Merrill). - In: **Instituto Colombiano Agropecuario**, Cali. El cultivo de la soya en Colombia. Cali, 1975. p.1-12. (Compendio, 6).

CAMARGO de, O. A. **Reações e interações de micronutrientes no solo**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/micronutrientes/Index.htm>. Acesso em: 16/12/2019

CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S.; DECHEN, A. R. Efeitos do pH e da incubação na extração do manganês, zinco, cobre e ferro do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, p. 83-88, 1982.

CAMPELLO, G. J. A.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIRA, L. A. Características agronômicas e morfológicas das cultivares de soja desenvolvidas para as regiões de baixas latitudes. In: **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileira** (QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R.) 1999.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S. das; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM-Agri - Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. **Embrapa/Soja**, Londrina, PR.

CARES, J. E.; SANTOS, J. R. P.; TENENTE, R. C. V. Taxonomia de nematoides de sementes, bulbos e caules – parte II. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 16, p. 39-84. 2008. Disponível em: <<http://docentes.esalq.usp.br/sbn/rapp/rapp21.pdf>>. Acesso em: 14 de novembro de 2019.

CARNEIRO, M. A. C.; ASSIS, P. C. R.; MEL, L. B. C.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H.B.; SOLVEIRA NETO, A. N. Atributos bioquímicos em dois solos de soloço fechado. Diferentes sistemas de gerenciamento e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 2008. V.38, n. 4, p. 276-283.

CARNIELLI, A. Reação de culturas utilizadas em rotação e sucessão à soja ao nematoide *Heterodera glycines*. In: **REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL**, 16., 1994, Dourados. Ata e resumos. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1994. p. 132-33. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 3).

CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. **Adubação Verde**. Embrapa cerrados, Planaltina/DF - 369p.- 2006

CARVALHO, A. M. de; CORREIA, J. R.; BLANCANEUX, P.; FREITAS, L. R. S. da; MENEZES, H. A.; PEREIRA, J.; AMABILE, R. F. Caracterização de espécies de adubos verdes para milho em Latossolo Vermelho-Escuro originalmente sob cerrado. In **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS**, 1., 1996, Brasília, DF. Anais... Brasília: Embrapa-CPAC, 1996. P.384-388.

CARVALHO, M. A. C.; ATHAYDE, M. L. F.; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.11, p.1141-1148, nov. 2004

CASTILLO, P.; VOVLAS, N. *Pratylenchus* (Nematoda): Pratylenchidae: diagnosis, biology, pathogenicity and management. **Nematology Monographs e Perspectives**, v. 6, p. 1-7, 2007.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: levantamento, Setembro 2019 – safra 2018/2019**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2019.

CORTE, G. D.; PINTO, F. F.; STEFANELLO, M. T.; GULART, C.; RAMOS, J. P.; BALARDIN, R. S. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos no controle de fitonematoides em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1534–1540, 2014.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. da S.; BICUDO, S. J.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W. de; MACHADO, C. G. Consórcio de milho e *Brachiaria decumbens* em diferentes preparos de solo. **Acta Scientiarum: agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 633-639, Oct./Dec. 2009

CURY, J. P.; SANTOS, J. B.; SILVA, E. B.; BYRRO, E. C. M.; BRAGA, R. R.; CARVALHO, F. P.; VALADÃO SILVA, D. Acúmulo e partição de nutrientes de cultivares de milho em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.30, n.2, p. 287-296, 2012.

DAROLT, M.R. Princípios para manutenção e implantação do sistema. - In: DAROLT, M.R. **Plantio direto: Pequena propriedade sustentável**. Curitiba, IAPAR, 1998. (Circular, 101)

DEBACH, P. **Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas**. Editora Continental, S.A., México. 927p. 1968.

DELEIJ, F. A. A. M.; DENNEHY, J. A.; KERRY, B. R. Effect of watering on the distribution of *Verticillium chlamydosporium* in soil and the colonization of egg masses of *Meloidogyne incognita* by the fungus. **Nematologica**, v. 39, n. 3, p. 250-265, 1993.

DIAS, W. P.; ASMUS, G. L.; SILVA, J. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S. Nematoides. In: ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. – **Soja – Doenças**

radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura. 2010.

DIAS, W. P.; RIBEIRO, N. R.; LOPES, I. O. N.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S.; ILVA, J. F. V. Manejo de nematoides na cultura da soja. In: CONGRESSO **BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA**, 2. 2007, Goiânia. Resumos... Goiânia: SBN: UFG, 2007. P. 26-30.

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. S.; GARCIA, A.; ARIAS, C. A. A. Nematóide de cisto da soja: biologia e manejo pelo uso da resistência genética. **Nematologia brasileira**, v. 33, p. 1-6, 2009.

DONG, L. Q.; ZHANG, K. Q. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. **Plant Soil**, v. 288, n. 1, p. 31-45, 2006.

D'UTRA, G. Soja **Jornal do Agricultor** , 4(168) :185 -6, 1882

DUARTE, A. P. Milho safrinha se consagra e caracteriza um sistema peculiar de produção – In: **Visão agrícola** – Milho: Brasil amplia cultivo para atender demanda crescente – pag 78-97 – Esalq – Dezembro/2015

EISENBACK, J. D. Detailed morphology and anatomy of second-stage juveniles, males and females of the genus *Meloidogyne*: root-knot nematodes. In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. – **Na advanced treatise on Meloidogyne**. Raleigh: North Carolina State University, 1985. P. 47-77. (Biology and Control, v. 1).

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Manual of soil analysis methods**. 2nd ed. National Soil Research Center: Rio de Janeiro, Brazil. 1997. 320p.

FAEP – FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DO PARANÁ. Boletim Informativo – **A Revista do Sistema: Quem somos nós**. Ano XXXIV, n. 1498. Novembro/2019.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:1097-1104, 2003.

FAVORETO, L.; MEYER, M. C. O nematóide da haste verde. **Circular técnica 147**. EMBRAPA/Soja. 11p. Londrina, PR. Maio, 2019. ISSN: 1516-7860.

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 the aerial part of cotton plants in Brazil. **Plant disease**. Vol. 102, No. 12, 2018.

FAVORETO, L.; MEYER, M. C.; FALEIRO, V. O.; CALANDRELLI, A.; SILVA, M. C. M.; SILVA, S. A. Soja Louca II - Primeiro estudo da relação patógeno-hospedeiro. In: **50º CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA** – Uberlândia, MG. Resumos... Uberlândia, MG, 2017.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F.; **Nematologia de plantas: fundamentos e importância.** 251 p. Il. ISBN: 978-85-99031-26-1. Manaus: Norma Editora, 2016.

FERRAZ, L.C.C.B. As meloidogynes da soja: passado, presente e futuro. In: SILVA, J.F.V. (Org.) **Relações parasito-hospedeiro nas meloidogynoses da soja.** Londrina: Embrapa soja: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2001. P. 15-38.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. V.1, p. 168-201

FERREIRA, A. C. B.; LAMAS, F. M.; CARVALHO, M. C. S.; SALTON, J. C.; SUASSUNA, N. D. Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira.**, Brasília, v.45, n.6, p.546-553, jun. 2010.

FORTUNER, R.; WILLIAMS, K. J. O. Review of the literature on *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942, the nematode causing white tip disease of rice. **Helminthological Abstracts**, Farmham Royal - UK, 1975, 44 (1): 1-40.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. **Embrapa, trigo** – Passo Fundo, RS, 2009.

FRANÇA NETO, J. de B.; PÁDUA, G. P.; CARVALHO, M. L. M.; COSTA, O.; BRUMATTI, P. S. R.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. da; HENNING, A. A.; SANCHES, D. P. **Semente esverdeada de soja e sua qualidade fisiológica.** Londrina: Embrapa Soja, 2005. 4 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 38).

FULLER, W. H.; KORTE, N. E.; NIEBLA, E. E.; ALESII, B. A. Contribution of soil to the migration of certain common and trace elements. **Soil Science**, Baltimore, 122:223-35, 1976.

GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; PEREIRA, J. E.; DIAS, W. P. Rotação de culturas e manejo do solo para controle do nematoide de cisto da soja. In: **Sociedade Brasileira de Nematologia (Ed.) O nematoide de cisto da soja: a experiencia brasileira.** Jaboticabal: Artsigner editores, 1999. P. 55-70.

GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; LONIEN, G.; PEREIRA, J. E. Avaliação de perdas causadas pelo nematoide de cisto através da comparação de rendimentos entre cultivares resistentes e suscetíveis In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA**, 25., 2005. Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. P. 109.

GARDIANO, C. G.; KRZYZANOWSKI, A. A.; SAAB, O. J. G. Eficiência de espécies de adubos verdes sobre a população do nematoide reniforme. **Semina: ciências agrárias.** Londrina, v. 35, n. 2, p. 719-726, mar/abr. 2014.

GOETTEL, M. S.; HAJEK, E. A.; SIEGEL, J. P.; EVANS, H. C. Safety of fungal biocontrol agents. In: BUTT, T. M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. (Ed.). **Fungal as**

biocontrol agents: problems, progress and potential. Wallingford: Cabi, 2001. Cap. 13, p. 347-376.

GODO, G.H. & REISENAUER, H.M. Plant effects on soil manganese availability. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 44:993-5, 1980.

GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.18. n. 10, p. 1111-1116, 1987.

GOMES, A.S.; VERNETTI IÚNIOR, F.; SILVEIRA, L.D.N. O que rende a cobertura morta. **A Granja**, Porto Alegre, ano 53, n.588, p.47-49, dez.1997.

GUEDES, R. N. C. **Mecanismos de ação de inseticidas**. Disponível em: <<http://www.irec-br.org/cursos>>. Acesso em: 14 de nov. 2019.

HALLMANN, J.; FAUPEL, A.; KRECHEL, A.; SIKORA, R. A.; BERG, G. Endophytic bacteria and biological control of nematodes. **Bulletin OILB/SROP**, v. 27, n. 1, p. 83-94, 2004

HENNING, A. A. **Patologia e Tratamento de Semente: Noções Gerais**. Londrina: Embrapa, 2005. 52p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras. In: **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. <Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>>. Acesso: 11 de nov. 2019.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL, **Adubação verde no Brasil** - Campinas, 1984. P 232-267.

INOTOMO, M. M.; ASMUS, G. L.; SILVA, R. A. **Importância e manejo dos nematoides da soja**. Rondonópolis: Fundação MT, 2010. P. 276-288. (Boletim de Pesquisa de Soja 2010)

JACOBS, H.; GRAY, S. N.; CRUMP, D. H. Interactions between nematophagous fungi and consequences for their potential as biological agents for the control of potato cyst nematodes. **Mycological Research**, v. 107, n. 1, p. 47-56, 2003.

JESUS, D. S.; OLIVEIRA, C. M. G.; ROBERTS, D.; BLOK, V.; NEILSON, R.; PRIOR, T.; BALBINO, H. M.; MACKENZIE, K. M.; LIMA, R. D. Morphological and molecular characterization of *Aphelenchoides besseyi* and *A. fujianensis* (Nematoda: Aphelenchoididae) from rice and forage grass seeds in Brazil. **Nematology**. Vol. 18, Issue 3. Março, 2016.

KORTE, N.E.; SKOPP, J.; FULLER, W.H.; NIEBLA, E.E.; ALESII, B.A. Trace element movement in soils: influence of soil physical and chemical properties. **Soil Science**, Baltimore, 122:350-9,1976.

KOZLOWSKI, L. A. RONZELLI JÚNIOR, P.; PURISSIMO, C.; DAROS, E.; KOEHLER, H. S. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro - comum em sistema de semeadura direta. **Planta Daninha**, Viçosa, v.20, n.2, p.213-220, 2002.

KUBO, R.K.; MACHADO, A.C.Z.; OLIVEIRA, C.M.G. Efeito do tratamento de sementes no controle de *Rotylenchulus reniformis* em dois cultivares de algodão. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 2, p. 239-245, 2012.

LAL, R. Soil surface management in the tropics for intensive land use and high and sustained production. **Advances in Soil Science**, v.5, p.1-109, 1986.

LORDELLO, L. G. E. **Nematóides das plantas cultivadas**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1973. 197p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 527 p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C.; OLIVEIRA S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas; princípios e aplicações**. Piracicaba, Brazil: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1997. 297p.

MARANGONI, R. E.; ARAÚJO, L. S.; VALENTE, M. S.; SILVA, L. G. B.; SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R. Produção de fitomassa seca de guandu-anão e milheto e a decomposição das palhadas sob cultivo do feijoeiro - Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR - **Revista AgroAmbiente On-line**, v. 11, n. 2, p. 119-127 , abril-junho, 2017.

McGAWLEY, E.C.; OVERSTREET, C. Rice and other cereals. In: BARKER, K.R., G.A. PETERSON, G.L. WINDHAM, J.M. BARTELS, J.M. HATFIELD, P.S. BAENZIGER & J.M. BIGHAM (ed). **Plant and Nematode Interactions**. American Society of Agronomy, Madison, p. 455-486.

MEDEIROS, J. C. et al. Calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel e celulose em um solo altamente tamponado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 1657-1665, 2009.

MEIRELLES, P. R. de L.; MOCHIUTTI, S.; FILHO, R. P. L. Avaliação de cultivares de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L.) no cerrado do Amapá. Macapá- AP **EMBRAPA**, n. 94, p. 1-2, setembro 1998.

MEIRELLES, P. R. de L.; MOCHIUTTI, S.; FILHO, R. P. L. Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L.) no cerrado do Amapá. **Anais da XXXIV Reunião da SBZ**. Juíz de Fora – MG, agosto de 1997.

MELLO, A. F. S.; MACHADO, A. C. Z.; INOMOTO, M. M. Potencial de controle da Erva-de-Santa-Maria sobre *Pratylenchus brachyurus*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, n.5, p.513-516, 2006.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2000. 174 p.

MEYER, M. C.; FAVORETO, L.; CALANDRELLI, M.C. DA SILVA Efeito da palhada da braquiária em cobertura de solo, na sobrevivência de *Aphelenchoides besseyi* – In: **50º CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA** – Uberlândia, MG. Resumos... Uberlândia, MG, 2017.

MEYER, M. C.; FAVORETO, L.; KLEPKER, D.; FRANCISMAR, C. Soybean green stem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi*. **Tropical Plant Pathology**. 2017. DOI: 10.1007/40858-017-0167-z.

MEYER, M. C.; FIGUEIRADO, A.; FAVORETO, L. Levantamento da ocorrência do nematoide da haste verde da soja – In: **50º CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA** – Uberlândia, MG. Resumos... Uberlândia, MG, 2017.

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. Ecologia e manejo de patógenos radiculares e solos tropicais. Recife: **Imprensa Universitária**, 2005.

MIYASAKA, S. Instruções para a cultura da soja. Campinas, **Instituto Agronômico**, 1965. 27p. (Boletim, 12)

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O. A. de; CAVALERI, P.A.; GODOY, I.J. de; CURI, S.M.; LOMBARDI NETO, F.; MEDINA, J.C.; CERVEUNI:G. de S. & BUUSANI, E.A. Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no estado de São Paulo. Campinas, **Fundação Cargill**, 1983.

MONFORT, E.; LOPEZ-LORCA, L. V.; JANSSON. H. B.; SALINAS, J.; PARK, J. O.; SIVASITHAMPARAM, K. Colonization of seminal roots of wheat and barley by eggparasitic nematophagous fungi and their effects on *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and development of root-rot. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 7, p. 1229-1235, 2005.

MOORE, W. F.; BOST, S. C.; BREWER, F. L.; DUN, R. A.; ENDO, B. Y.; GRAU, C. R.; HARDMAN, L. L.; JACOBSEN, B. J.; LEFFEL, R.; NEWMAN, M. A.; NYVALL, R. F.; OVERSTREET, C.; PARKS, C. L. Soybean cyst nematode. Washington: **Soybean Industry Resource Committee**, 1984. 23p.

MORSE, W.J. History of soybean production. In: MARKLEY, K. S. **Soybeans and soybean products**. New York, Interscience. 1950. p.3-59.

NICKLE, W.R.; HOOPER, D. J. The Aphelenchina: Bud, Leaf, and Insect Nematodes. In: NICKLE, W.R. (ed). **Manual of Agricultural Nematology**. Marcel Dekker, New York, p. 465-507, 1991.

NUNES, M. U. C.; MOURA, G. M. **Adubação verde e tratamento químico do solo na produtividade de cenoura no Acre**. Embrapa, Unidade de execução de pesquisa de âmbito estadual. N.47. Acre, 1986.

ORDOÑEZ, I.; MASERA, O. Captura de carbono diante das mudanças climáticas. **Revistas de America Latina y el Caribe**, Espanha e Portugal 2001.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F.A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.9, p.1228-1236, set. 2013.

PADOVAN, M. P. Desempenho da soja, sob manejo orgânico, para produção de grãos e adubação verde. 2002. 88 f. **Tese (Doutorado em Agronomia)** – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.

PADOVAN, M. P.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D.; OLIVEIRA, F. L. de.; SANTOS, L. A.; ALVES, B. J. R.; SOUTO, S. M. Soja Cultivar Celeste: uma boa alternativa de adubação verde para culturas de ciclo curto. Seropédica-RJ: **Embrapa Agrobiologia**, 2004. 20 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 175).

PAVAN, M. A. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40p. (IAPAR. Circular, 76).

PEDERSON, G.A.; QUESENBERRY, K. H. Clovers and other forage legumes In: BARKER, K.R., G.A. PETERSON, G.L. WINDHAM, J.M. BARTELS, J.M. HATFIELD, P.S. BAENZIGER & J.M. BIGHAM (ed). Plant and Nematode Interactions. **American Society of Agronomy**, Madison, 1998, p. 399-426.

PITOL, C. O Milheto em sistemas de plantio direto. - In: **WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO**, 1999. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. P. 69-73.

R Core Team (2018). R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

REMUSI, C.; PASCALE, A.J. La soya, cultivo, mejoramiento, comercialization, usos. 2.ed. Buenos Aires, **Ministério de Agricultura e Ganaderia**, 1977. 104p. (Enciclopedia Argentina de Agricultura y Ganaderia,2).

RESCK, D. U. S.; SHARMA, R. D.; PEREIRA, J. Efeito de quinze espécies de adubos verdes, na capacidade de retenção de água e no controle de nematoides, em latossolo vermelho-escuro sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 3, p. 459-467, mar. 1982.

RIBEIRO, N.R.; DIAS, W. P. ; SANTOS, J.M. Distribuição de fitonematoides em regiões produtoras de soja do estado de Mato Grosso. **Boletim de Pesquisa de Soja 2010**, Fundação Mato Grosso – p. 289-296

ROBINSON, A. F.; INSERRA, R. N.; CASWELL-CHEN, E. P.; VOVLAS, N.; TROCCOLI, A. *Rotylenchulus* species: identification, distribution, host ranges, and crop plant resistance. **Nematropica**, v. 27, n. 2, p. 127-180, 1997.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2009. p. 256.

RODRIGUES, J. L.; GERVASIO, M. – **O sistema de semeadura direta no cerrado: superando as dificuldades** – UFRRJ – 2012 – Disponível em: http://www.agrisus.org.br/arquivos/artigo_Jose_Luiz_cerrado.pdf - Acesso em: 08 de maio de 2018.

RODRIGUES, A. C. C.; KIKUTI, H.; ECCO, M.; LIMA, P. R.; INAGAKI, A. M.; CRISTALDO, C. M. Desempenho de linhagens de duas espécies de crotalária em função da aplicação de nitrogênio. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.3, n.2, p. 44-56, 2014

ROSA, W. J. **Cultura do Sorgo** EMATER, MG – Material técnico – Governo de Minas Gerais, Secretaria da agricultura, pecuária e abastecimento – Agosto de 2012.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. Nematoides. In: **Árvore do conhecimento: Cana-de-açúcar**. jul. 2013 - Disponível em < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_54_711200516718.html> Acesso em: 16 de maio de 2018.

SABADIN, H. C. Adubação verde, **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, V. 37, n. 354, p. 19-26, 1984.

SCHMTT, R. D.; RIGGS, R. D. Populations dynamics of *Heterodera glycines* in the southeastern United States. In: Variability and population dynamics of root-knot and cyst nematodes in the Southern region of the United States. **The Texas A & M University-System**, 1989. P. 1-7 (Southern cooperative series bulletin, 336).

SCHUNKE, R. M.; RAZUK, R. B.; EUCLIDES, V. B. P. Produção, decomposição e liberação de nitrogênio da liteira de pastagem de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* consorciada com *Stylosanthes guianensis* sob duas cargas animais. In: **REUNIÃO ALPA**, 2000, Montevideo. Anais... Montevideo: ALPA, 2000.

SEGUY, L. & BOUZINAC, S.O. Semeadura direta no Cerrado úmido. Informações agronômicas, Piracicaba, 3, **Boletim Técnico nº 69**, 1995.

SHAHINA, F. A diagnostic compendium of the genus *Aphelenchoides* Fischer, 1894 (Nematoda: Aphelenchida) with some new records of the group from Pakistan. 1996. **Pakistan Journal of Nematology**, 4: 1-32.

SHARMA, R. D. Evaluation of non-chemical methods of nematode control and their effects on bean yield. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEMATOLOGY**, 16., 1982, St. Andrews. Abstract... Scotland: European Society of nematologists, 1982. P. 62-63.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, M. C. M. da; CALANDRELLI, A.; FRANÇA, P. P.; FAVORETO, L.; MEYER, M. C. Ocorrência de *Aphelenchoides besseyi* em espécies de plantas invasoras. **Resumo Iniciação Científica**, EMBRAPA/SOJA. Londrina, PR. 2017.

SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcio de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v44, n11, p. 1504-1512, nov. 2009

SOARES, P. L. M.; CARVALHO, R. B.; FERREIRA, R. J.; SANTOS, J. M. DOS; SANTOS, T. F. S.; PASSOS, A. D.; NETO, J. A. D. Primeira ocorrência de *Heterodera glycines* R3 em *Crotalaria ochroleuca*. Anais de congresso. **XXXII Congresso Brasileiro de Nematologia**. P. 80, Londrina, PR, 2015.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2004. 416 p.

SOUZA, C. M.; PIRES, F. R.; PARTELLI, F. L.; ASSIS, R. L.; **Adubação verde e rotação de culturas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012.

SPEHAR, C. R. Sistemas de produção de milho nos Cerrados. In: **Workshop Internacional de Milheto**, 1999, Planaltina, DF. Anais: Planaltina, DF: EMBRAPA CERRADOS, 1999. p.69-73.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FAVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. - Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira - **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 2, p. 292-300, abr-jun, 2011 - Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.609-618, 2005.

TOWNSHEND, J. L. Methods for evaluating resistance to lesion nematodes, *Pratylenchus* species. In: STARR, J. L. (Ed.), **Methods for evaluating plant species for resistance to plant parasitic nematodes**. Hyattsville: The Society of nematologists. 1990. P. 33-41.

TIAN, H. L.; RIGGS, R. D. Effects of rhizobacteria on soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 32, n. 2, p. 377-388, 2000.

UNITED NATIONS (UN). **World Population Prospects: The 2012 Revision, 2013**. Disponível em: <disponível em: <http://www.esa.un.org/unpd/wpp/Excel-Data/population.htm> >. Total Population - Both Sexes. Acesso: 11 de nov. 2019.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Disponível em: <<https://www.usda.gov/topics/farming/crop-production>> Acesso em: 11 de nov. 2019.

VALLE, L. A. C.; DIAS, W. P.; FERRAZ, S. Reação de algumas espécies vegetais, principalmente leguminosas, ao nematoide de Cisto da Soja, *Heterodera glycines* Ichinohe. **Nematologia Brasileira**, vol. 20(2) - 1996.

VERNETTI, F. oeJ. A cultura da soja no Paraguay. Montevideo, **IICA/OEA**, 1974. 56p.

WAGNER, L. Adubação verde auxilia no controle de nematoides na cultura da soja. **Grupo Cultivar**. Pelotas, RS. 19 de janeiro de 2016.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, 37:29-38, 1934.

WUTKE, E. B.; AMBROSANO, E. J.; RAZERA, L. F.; MEDINA, P. F.; CARVALHO, L. H.; KIKUTI, H. Manejo de fitomassa: corte e incorporação. In: **Banco comunitário de sementes** - Adubos Verdes – Informações Técnicas – Ministério da Agricultura e Abastecimento, Dezembro/2007

ZIMMER, A. H. Gramíneas forrageiras tropicais para integração lavoura-pecuária. **Produção Animal, ILPF, Artigo**. – Embrapa Gado de Corte – Campo Grande/MS – 20 de outubro de 2015.