



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANDERSON CASCIONE GRIPP BICALHO

***Pratylenchus brachyurus* NA SOJA EM SUCESSÃO AO
CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA**

Londrina
2019

ANDERSON CASCIONE GRIPP BICALHO

***Pratylenchus brachyurus* NA SOJA EM SUCESSÃO AO
CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Débora Cristina Santiago

Co-orientadora: Profa. Dra. Andressa Cristina Zamboni Machado

Londrina
2019

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

Bicalho, Anderson Cascione Gripp.

Pratylenchus brachyurus na soja em sucessão ao consórcio milho-braquiária / Anderson Cascione Gripp Bicalho. - Londrina, 2019.
125 f. : il.

Orientador: Débora Cristina Santiago.

Coorientador: Andressa Cristina Zamboni Machado.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Tese. 2. Nematologia - Tese. 3. *Pratylenchus brachyurus* - Tese. 4. Consórcio milho-braquiária - Tese. I. Santiago, Débora Cristina. II. Machado, Andressa Cristina Zamboni. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

ANDERSON CASCIONE GRIPP BICALHO

***Pratylenchus brachyurus* NA SOJA EM SUCESSÃO AO CONSÓRCIO
MILHO-BRAQUIÁRIA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Débora Cristina Santiago
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Maria Isabel Balbi Peña
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Hiroshi Sumida
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Cláudia Regina Dias Arieira
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Dr. Julio Cezar Franchini dos Santos
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
Embrapa

Londrina, 27 de fevereiro de 2019.

“Dedico esta tese ao meu pai, Alvaro Gripp
Bicalho (*in memoriam*)”.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que até aqui me ajudou.

À Dra. Débora Cristina Santiago, pela orientação, possibilidade de realizar o doutorado e confiança depositada em mim para a execução do projeto.

À Dra. Andressa Cristina Zamboni Machado, pela coorientação, apoio e oportunidades que certamente agregaram ao meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

À Universidade Estadual de Londrina (UEL), por contribuir em mais esta etapa de minha formação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pelo empenho na formação dos alunos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

À Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento do Agronegócio (FAPEAGRO), por disponibilizar recursos financeiros para compra de material para a realização de experimentos.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), pela estrutura fornecida para a realização dos experimentos.

Ao Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER – PR), pelo apoio nas atividades.

Aos colegas, funcionários e estagiários do Laboratório de Nematologia do IAPAR, pela experiência compartilhada e colaboração nos trabalhos.

À minha mãe, Wirley Cascione Gripp Bicalho, por todo o empenho e suporte dado à minha educação que possibilitaram que eu chegasse até esse momento.

À minha namorada, Sarah Conchon Costa, por compartilhar comigo os momentos vividos nesta etapa de minha vida.

À banca examinadora por aceitarem o convite, pelas correções e sugestões feitas ao trabalho.

“A sabedoria é a coisa principal; adquiere pois a sabedoria, emprega tudo o que possuis na aquisição de entendimento.” (Provérbios 4:7).

BICALHO, Anderson Cascione Gripp. *Pratylenchus brachyurus* na soja em sucessão ao consórcio milho-braquiária. 2019. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

O consórcio milho-braquiária tem sido recomendado para formação de cobertura vegetal pela braquiária após a colheita do milho com a soja em sucessão no sistema de plantio direto. A utilização dessa prática se justifica pelo controle de plantas daninhas, melhorias nos atributos químicos e físicos do solo, além de vantagens econômicas. Contudo, *Pratylenchus brachyurus*, um dos principais nematoides na cultura da soja, é capaz de parasitar tanto plantas de milho, quanto de braquiária. Assim, em áreas infestadas por este nematoide, o cultivo dessas plantas possui o potencial de aumentar o inóculo inicial do patógeno para a cultura da soja cultivada na sucessão. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi estudar as populações de nematoides fitoparasitas presentes em áreas nas quais se realiza o consórcio milho-braquiária, observar o impacto desse sistema sobre elas, bem como avaliar a eficiência de novos nematicidas no controle de *P. brachyurus* no sistema de sucessão consórcio milho-braquiária e soja. Para isso, no primeiro trabalho foi realizado um levantamento populacional das espécies de nematoides na cultura da soja para estudo comparativo entre áreas que praticam o consórcio milho-braquiária na entressafra e as que não praticam. Em um segundo trabalho, realizado em casa de vegetação, avaliou-se a dinâmica populacional de *P. brachyurus* durante as safras do consórcio milho-braquiária e da soja, comparando o efeito do sistema e de medidas de controle baseadas no uso de nematicidas químico e biológico (fluopyram e *Bacillus firmus*). No terceiro trabalho foi avaliada a capacidade de atração de raízes de milho e braquiária ao *P. brachyurus*. Os resultados obtidos indicam que, apesar de *P. brachyurus* possuir preferência por plantas de milho, a utilização da braquiária no sistema possibilita maior população do nematoide na soja cultivada em sucessão. O nematicida Fluopyran demonstrou maior estabilidade no controle de *P. brachyurus* em comparação ao *B. firmus* em função das plantas utilizadas no sistema. O controle mediante uso dos nematicidas no consórcio milho-braquiária tem impacto na população na cultura da soja em sucessão e seu efeito é ampliado quando realizado o tratamento também nesta cultura. Devido à suscetibilidade das plantas do sistema a *P. brachyurus* e o potencial de dano que pode ser causado à soja, sugere-se que áreas em que seja implementada a consorciação milho-braquiária sejam monitoradas quanto à presença e densidade populacional do nematoide para verificação da viabilidade do uso de ferramentas de controle.

Palavras-chave: *Glycine max.* *Urochloa ruziziensis.* *Zea mays.* Consorciação de plantas. Nematicida. Nematoide das lesões.

BICALHO, Anderson Cascione Gripp. *Pratylenchus brachyurus* in soybean on crop succession to corn intercropped with ruzigrass. 2019. 125 p. Thesis (Doctor's Degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

ABSTRACT

Corn intercropped with ruzigrass has been recommended due to the soil cover exercised by the ruzigrass after corn harvest with soybean cropped in succession in the no-tillage system. The utilization of this practice is justified for the weed control, improvement in chemical and physical soil properties and economic advantages. However, *Pratylenchus brachyurus*, one of the major nematodes in soybean crop, parasitize both corn and ruzigrass plants. Thus, in areas infested with this nematode, the crop of these plants has the potential to increase the initial inoculum of this pathogen to soybean cropped in succession. In this context, the aim of this study was to evaluate the communities of phytoparasitic nematodes present in areas in which corn is cultivated with ruzigrass, to observe the impact of this system on them, as well as to evaluate the efficacy of new nematicides in *P. brachyurus* control in the system based on crop succession of corn-ruzigrass and soybean. For this, in the first work we conducted a nematological survey in soybean crops to comparatively study areas with corn intercropped with ruzigrass and those that do not practice this system. A second work, under greenhouse conditions, evaluated the population dynamics of *P. brachyurus* during corn-ruzigrass and soybean crops and compared the effect of the system and the control measures based on the use of chemical and biological nematicides (fluopyran and *Bacillus firmus*). In the third experiment, the capacity for attraction of *P. brachyurus* of maize and ruzigrass roots was evaluated. Results indicated that, although *P. brachyurus* has a preference for corn plants, the use of ruzigrass in the system allow higher nematode population in soybean cropped in succession. The nematicide fluopyran showed higher stability in the *P. brachyurus* control in comparison to *B. firmus* in relation of the plants used in the system. The control mediated by nematicide application in corn-ruzigrass consortium has a impact in the nematode population in the succeed crop and its effect is increased when realized also in this crop. Due to the susceptibility of crops used in this system to *P. brachyurus* and to the damage potential to soybean plants, we suggest that areas under corn-ruzigrass consortium must be monitored in relation to the presence and population densities of this nematode in order to verify the viability in the use of management tools.

Key words: *Glycine max.* *Urochloa ruziziensis.* *Zea mays.* Intercropped plants. Nematicide. Root-lesion nematode.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 –	Frequência de ocorrência de nematoides nas raízes de soja em áreas agrícolas a partir de amostras coletadas na cultura da soja (após o florescimento), comparando-as pelo sistema antecessor	56
Figura 3.2 –	Frequência de ocorrência de nematoides no solo a partir de amostras coletadas na cultura da soja (após o florescimento), comparando-as pelo sistema antecessor	57
Figura 3.3 –	População de nematoides em amostras de raízes coletadas na cultura da soja (após o florescimento), comparando-as pelo sistema antecessor. ns diferença não significativa pelo teste de Mann-Whitney a 5% de significância.....	58
Figura 3.4 –	População de nematoides em amostras de solo coletadas na cultura da soja (após o florescimento), comparando-as pelo sistema antecessor. ns diferença não significativa pelo teste de Mann-Whitney a 5% de significância.....	59
Figura 3.5 –	Composição dos grupos alimentares de nematoides presentes em amostras de raízes de soja, em função do sistema antecessor.....	59
Figura 3.6 –	Composição dos grupos alimentares de nematoides presentes em amostras de solo na cultura da soja, em função do sistema antecessor	60
Figura 3.7 –	Fração de nematoides herbívoros nas raízes e no solo.....	61
Figura 3.8 –	Análise química e de textura de solo de amostras coletadas na cultura da soja (após o florescimento), comparando as amostras pelo sistema antecessor. Fósforo (P) expresso em mg/dm ³ ; carbono (C) expresso em g/dm ³ ; alumínio (Al), acidez potencial (H + Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (T) expressos em cmolc/dm ³ de solo; e saturação por bases (V), saturação por alumínio (Sal), Argila, Silte e Areia expressos em porcentagem (%). ^{ns} diferença não significativa pelo teste de Mann-Whitney a 5% de significância	62

Figura 4.1 –	Resultado da análise de solo (química e textural) em três sistemas de cultivo, no momento da dessecação. Fósforo (P) expresso em mg/dm ³ ; carbono (C) expresso em g/dm ³ ; alumínio (Al), acidez potencial (H + Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (T) expressos em cmolc/dm ³ de solo; e saturação por bases (V), saturação por alumínio (SAI), Argila, Silte e Areia expressos em porcentagem (%).	83
Figura 4.2 –	Resultado da análise de solo (química e textural) na cultura da soja, no momento da colheita, comparando-se as amostras pelo sistema antecessor. Fósforo (P) expresso em mg/dm ³ ; carbono (C) expresso em g/dm ³ ; alumínio (Al), acidez potencial (H + Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (T) expressos em cmolc/dm ³ de solo; e saturação por bases (V), saturação por alumínio (SAI), Argila, Silte e Areia expressos em porcentagem (%).	84
Figura 5.1 –	Representação esquemática da configuração dos vasos para o experimento de preferência hospedeira a <i>Pratylenchus brachyurus</i> .	93
Figura 5.2 –	Segmentos de raízes de milho e braquiária isolados em gel Pluorônico (PF – 127) contendo espécimes de <i>Pratylenchus brachyurus</i> . A , milho (5h); B , braquiária (5h); C , milho (6h); D , braquiária (6h); E , milho (7h); F , braquiária (7h); G , milho (8h); H , braquiária (8h).	98
Figura 5.3 –	Segmentos de raízes de milho e braquiária juntos no gel Pluorônico (PF – 127) contendo espécimes de <i>Pratylenchus brachyurus</i> . A , milho (5h); B , braquiária (5h); C , milho (6h); D , braquiária (6h); E , milho (7h); F , braquiária (7h); G , milho (8h); H , braquiária (8h).	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	– Local e característica das áreas de coleta das amostras.....	51
Tabela 3.2	– Abundância relativa (%) de nematoides em raízes de soja, após o florescimento, de acordo com o sistema de cultivo antecessor	54
Tabela 3.3	– Abundância relativa (%) de nematoides em amostras de solo de áreas de cultivo de soja, após o florescimento, de acordo com o sistema de cultivo antecessor	55
Tabela 3.4	– Valores do coeficiente de correlação de Spearman entre variáveis de análise química e textural do solo e nematoides nas raízes de amostras coletadas na cultura da soja (após o florescimento).....	63
Tabela 3.5	– Valores do coeficiente de correlação de Spearman entre variáveis de análise química e textural do solo e nematoides no solo de amostras coletadas na cultura da soja (após o florescimento)	65
Tabela 4.1	– Código dos produtos, número do Registro Especial Temporário (RET), ingrediente ativo (i.a.), dose e via de aplicação dos nematicidas testados	71
Tabela 4.2	– Combinação dos tratamentos de acordo com a presença ou ausência de <i>Pratylenchus brachyurus</i> , sistema de cultivo na safrinha e utilização de nematicida na cultura da soja	72
Tabela 4.3	– Tratamentos e momento de aplicação	74
Tabela 4.4	– Massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raiz (MFR) de plantas de milho e braquiária, solteiras e consorciadas, 120 dias após a inoculação com <i>Pratylenchus brachyurus</i>	75
Tabela 4.5	– População final (Pf), número de nematoides por grama de raiz (Nema/g) e fator de reprodução (FR) de <i>Pratylenchus brachyurus</i> em plantas de milho e braquiária, solteiras e consorciadas, 120 dias após a inoculação	76
Tabela 4.6	– Massa seca de parte aérea (MSPA) de plantas de milho e braquiária, solteiras e consorciadas, 30 dias após a dessecação com glifosato	77
Tabela 4.7	– Estande de plantas de soja (cv. Nidera 5909) por vaso aos 15 dias após a semeadura, com ou sem <i>Pratylenchus brachyurus</i> , sob diferentes sistemas de cultivo antecessores e tratamentos nematicidas	78

Tabela 4.8 – Massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raiz (MFR) de soja, aos 70 dias após a semeadura, em função da presença ou não de <i>Pratylenchus brachyurus</i> , do sistema de cultivo antecessor e nematicida utilizado.....	79
Tabela 4.9 – População final (Pf), número de nematoides por grama de raiz (Nema/g) e fator de flutuação populacional (FFP) de <i>Pratylenchus brachyurus</i> na soja cultivada em sucessão a diferentes sistemas de cultivo, com e sem nematicidas, aos 70 dias após o plantio.....	80
Tabela 4.10 – Produtividade da soja (cv. Nidera 5909) em função da inoculação ou não com <i>Pratylenchus brachyurus</i> , sistema de cultivo antecessor e nematicida utilizado.....	83
Tabela 4.11 – População final (Pf), fator de reprodução (FR) e número de nematoides por grama de raiz (Nema/g) no sistema de consorciação milho-braquiária com diferentes tratamentos nematicidas, aos 110 dias após a inoculação de 350 espécimes de <i>Pratylenchus brachyurus</i> por vaso	85
Tabela 4.12 – Massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raiz (MFR) de plantas de milho e braquiária cultivadas em sistema de consorciação e inoculadas com 350 espécimes de <i>Pratylenchus brachyurus</i> por vaso, aos 110 dias após a semeadura	85
Tabela 4.13 – Massa seca de parte aérea (MSPA) de plantas de milho e braquiária cultivadas em consorciação, 30 dias após a dessecação com glifosato	86
Tabela 4.14 – Massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raiz (MFR) de plantas de soja, 70 dias após a semeadura em sucessão ao consórcio milho-braquiária, população final (Pf), fator de flutuação populacional (FFP) e número de nematoides por grama de raiz (Nema/g) de <i>Pratylenchus brachyurus</i> , com e sem tratamento nematicida.....	86
Tabela 4.15 – Massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raiz (MFR) de plantas de soja em sucessão ao consórcio milho-braquiária, população final (Pf), fator de reprodução (FR) e número de nematoides por grama de raiz (Nema/g) de <i>Pratylenchus brachyurus</i> , com comparação entre nematicidas e entre momentos de aplicação (consórcio + soja / consórcio).....	87

Tabela 5.1 – Massa fresca de raiz (MFR) de milho e braquiária, população final (Pf) e número de nematoides por grama de raiz (Nema/g) de <i>Pratylenchus brachyurus</i> em raízes de milho e braquiária, 18 dias após a inoculação.....	95
Tabela 5.2 – Número de espécimes de <i>Pratylenchus brachyurus</i> na superfície de raízes de milho ou braquiária in vitro, em gel Pluorônico (PF – 127), em diferentes períodos de avaliação.....	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Carbono
Ca	Cálcio
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FFP	Fator de Flutuação Populacional
FR	Fator de Reprodução
H+Al	Acidez potencial
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
ILP	Integração Lavoura-Pecuária
K	Potássio
M.O	Matéria Orgânica
MFPA	Massa Fresca de Parte Aérea
MFR	Massa Fresca de Raiz
Mg	Magnésio
MSPA	Massa Seca de Parte Aérea
NCS	Nematoide do Cisto da Soja
NG	Nematoide das Galhas
NLR	Nematoide das Lesões Radiculares
P	Fósforo
Pf	População final
pH	potencial Hidrogeniônico
Pi	População inicial
RET	Registro Especial Temporário
SAI	Saturação por alumínio
SB	Soma de bases
SIPA	Sistema Integrado de Produção Agropecuária
SPD	Sistema Plantio Direto
T	Capacidade de Troca de Cátions
TAF	Solução de Trietanolamina e Formalina
V	Saturação por bases

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	CONSÓRCIO MILHO BRAQUIÁRIA.....	17
2.1.1	Importância, Histórico e Benefícios do Consórcio Milho-Braquiária.....	17
2.1.2	Nematoides x Sucessão Consórcio Milho-Braquiária e Soja	22
2.1.2.1	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	25
2.1.3	Manejo de Nematoides	29
2.1.3.1	Controle genético.....	30
2.1.3.1.1	<i>Milho x nematoides</i>	30
2.1.3.1.2	<i>Braquiária x nematoides</i>	32
2.1.3.1.3	<i>Soja x nematoides</i>	34
2.1.3.2	Controle cultural	35
2.1.3.3	Nematicidas	38
2.1.3.3.1	<i>Controle químico</i>	38
2.1.3.3.2	<i>Controle biológico</i>	43
3	OCORRÊNCIA E DENSIDADE POPULACIONAL DE NEMATOIDES FITOPARASITAS NA SOJA EM SUCESSÃO AO MILHO OU BRAQUIÁRIA SOLTEIROS E AO CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA	48
3.1	RESUMO	48
3.2	ABSTRACT	48
3.3	INTRODUÇÃO	49
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	51
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
3.6	CONCLUSÕES	66

4	DINÂMICA POPULACIONAL E MANEJO DE <i>Pratylenchus brachyurus</i> NA SOJA EM SUCESSÃO AO CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO DE MILHO E BRAQUIÁRIA	67
4.1	RESUMO	67
4.2	ABSTRACT	67
4.3	INTRODUÇÃO	68
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	70
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
4.6	CONCLUSÕES	88
5	AVALIAÇÃO DA PREFERÊNCIA HOSPEDEIRA DE <i>Pratylenchus brachyurus</i> ENTRE MILHO E BRAQUIÁRIA	90
5.1	RESUMO	90
5.2	ABSTRACT	90
5.3	INTRODUÇÃO	91
5.4	MATERIAL E MÉTODOS	92
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	94
5.6	CONCLUSÕES	100
6	CONCLUSÕES GERAIS	101
	REFERÊNCIAS.....	102
	APÊNDICES	121
	APÊNDICE A – Dados capítulo 3	122
	APÊNDICE B – Dados capítulo 4.....	124

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja sofre expressivas quedas de produtividade em função do ataque de nematoides. Dados da Aprosoja de 2011 apontaram que a área de soja infestada por nematoides no estado do Mato Grosso chegava a 80% (RURAL BR, 2011). Nestas áreas, cujo potencial produtivo seria de 3600 kg/ha, a produção não passa de 2700 kg/ha. Apenas a espécie *Pratylenchus brachyurus*, pertencente ao grupo dos nematoides das lesões radiculares, está presente em 50% das áreas infestadas. Situação semelhante é encontrada no restante da região Centro-Oeste do país, onde muitas lavouras são infestadas com *P. brachyurus*.

O principal sistema produtivo em uso no Brasil é a sucessão de soja-milho safrinha, o qual é um fator complicador no que diz respeito ao manejo de nematoides, pois ambas as culturas são afetadas pelas mesmas espécies do parasita. A braquiária tem sido recomendada na consorciação com o milho safrinha como planta de cobertura e para fornecimento de palhada para o plantio direto com a soja. Entretanto, em áreas com a presença de *P. brachyurus*, a adoção do sistema de consorciação milho-braquiária gera grandes problemas, uma vez que as braquiárias são suscetíveis ao nematoide e podem, portanto, aumentar o inóculo inicial para o cultivo da soja em sucessão.

A ausência de cultivares de soja resistentes a *P. brachyurus* e a suscetibilidade das principais plantas de cobertura utilizadas em rotação de culturas são fatores agravantes e ressaltam a importância da exploração das demais ferramentas de manejo disponíveis. Recentemente, novos ingredientes ativos para o controle de nematoides têm sido estudados quanto ao seu potencial nematicida, os quais podem compor o sistema de manejo, por exemplo o ingrediente ativo químico fluopyram e o produto biológico à base da bactéria *Bacillus firmus*, que demonstram resultados promissores de controle de *P. brachyurus* apresentando menor grau de toxicidade em relação a outros nematicidas.

As informações sobre os níveis de infestação de *P. brachyurus* nas áreas em que se adota a sucessão milho-braquiária e o impacto da utilização deste sistema sobre a população do nematoide são escassos. Aliado a isso, é relativamente grande a demanda por pesquisas que visam solucionar problemas de limitação de produtividade e que permitam elucidar questões sobre a viabilidade de utilização do consórcio milho-braquiária em áreas infestadas.

Em função do exposto, os objetivos deste trabalho foram: a) estudar as populações de nematoides fitoparasitas presentes em áreas comerciais de soja nas quais se realiza o consórcio milho-braquiária e observar o impacto desse sistema sobre elas; b) avaliar

a dinâmica populacional de *P. brachyurus* e a eficiência de novos nematicidas no sistema de sucessão consórcio milho-braquiária e soja; e c) bem como verificar a capacidade de atração de *P. brachyurus* entre plantas de milho e braquiária.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONSÓRCIO MILHO BRAQUIÁRIA

2.1.1 Importância, Histórico e Benefícios do Consórcio Milho-Braquiária

O consórcio milho-braquiária consiste no cultivo simultâneo do milho (*Zea mays*) e da braquiária (*Urochloa* spp.), na mesma área, com o propósito de produzir grãos de milho e cobertura vegetal com a braquiária para o sistema de plantio direto (SPD) ou, ainda, para a formação de pasto e/ou silagem (CECCON, 2013), caracterizando a chamada integração lavoura-pecuária (ILP) ou sistema integrado de produção agropecuária (SIPA).

Em geral, a consorciação milho-braquiária pode ser feita com o uso de linhas intercalares com o espaçamento do milho variando entre 0,40 e 0,90 cm, semeadura na mesma linha ou com semeadura à lanço da braquiária em área total (CECCON, 2013). Em trabalho realizado por Pariz et al. (2011), quando as forrageiras foram semeadas a lanço, menor produtividade do milho foi obtida em comparação à semeadura na linha do milho, sendo esse efeito mais evidente para *U. ruziziensis*. Por outro lado, observou-se que a semeadura a lanço aumentou a produção da palhada para *U. decumbens* e *U. ruziziensis*.

Esse procedimento pode ser feito utilizando o mesmo eixo da máquina, duas máquinas ou variação na época de semeadura, por exemplo, a mistura da braquiária com o adubo do milho (CECCON et al., 2005; CECCON, 2013; CRUSCIOL et al., 2009; FOLONI et al., 2009; LIMA et al., 2010; SADER et al., 1991). O cultivo simultâneo têm sido recomendado para se garantir racionalização das operações e evitar excesso de competição da braquiária com o milho evitando a perda de produtividade de grãos (BORGHI; CRUSCIOL, 2007; CECCON et al., 2013; CRUSCIOL et al., 2009; KLUTHCOUSKI et al., 2000; RICHART et al., 2010). Menor população de braquiária é utilizada para formação da palhada (CECCON, 2013) e melhores resultados são obtidos em profundidade de semeadura entre 3 e 6 cm (FOLONI et al., 2009, PAULINO et al., 2004; ZANON et al., 2012), no caso de semeadura a lanço o risco é alto pela dependência de adequada incorporação e chuva (MAKINO et al., 2012).

A época de dessecação da braquiária interfere no estabelecimento, no desenvolvimento e produtividade da cultura semeada em sucessão (DEBIASI; FRANCHINI, 2012; MONQUERO et al., 2010; NEPOMUCENO et al., 2012; NUNES et al., 2009; SANTOS et al., 2007). É recomendado que este intervalo seja de ao menos sete dias, para

evitar que o manejo químico afete o desenvolvimento da cultura e os efeitos negativos sobre os microorganismos do solo (SANTOS et al., 2007). Contudo o intervalo adequado é entre 20-30 dias da semeadura da soja para fornecer quantidade de palhada com boas condições de plantio.

A combinação milho e braquiária é o sistema consorciado de maior importância no Brasil. Em relatório publicado pela Embrapa, estimativas apontam que este consórcio é adotado em cerca de 600 mil hectares nos Estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo no ano de 2015 (RICHETI et al., 2016), frente à área nacional de 10.534,8 mil hectares do milho safrinha no mesmo ano (CONAB, 2015).

A cultura do milho é, atualmente, a segunda cultura de maior importância em termos de área plantada e produção. Para a safra 2017/2018, estima-se para o milho de primeira e segunda safra, respectivamente, área cultivada de 5.089,0 mil ha e 11.575,8 mil ha, produtividade média de 5.264 Kg/ha e 5.029 Kg/ha, produção 26.787,1 mil t e 58.216,2 mil t (CONAB, 2018).

As braquiárias foram introduzidas no Brasil a partir da década de 60, chegando a ocupar 80% das áreas formadas por pastagens no Brasil, e esse fato foi responsável por intensificar a atividade agropecuária no País (BRAGA, 2013; CEECON, 2013). Existem mais de 100 espécies de braquiárias descritas e, no Brasil, este grupo é constituído por 16 espécies que foram introduzidas a partir do continente Africano. Apesar disso, de acordo com Karia et al. (2006), 87% das sementes comercializadas são de *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D.Webster, *U. decumbens* Stapf, *U. humidicola* e *U. ruziziensis* Germain et Evrard. Para a formação de áreas de pastagem, *U. brizantha* cv. Marandu é a mais utilizada e, historicamente, veio substituir o monocultivo de *U. decumbens* (VALLE et al., 2010). *Urochloa ruziziensis* tem sido a mais recomendada para cobertura do solo e formação de palhada em sucessão com a cultura da soja em cultivos consorciados (RICHART et al., 2010).

Diante disso, verifica-se a grande relevância e o potencial do consórcio milho-braquiária, uma vez que é baseado no cultivo do milho, segunda cultura mais utilizada para formação de lavouras no Brasil, com o capim braquiária, que corresponde ao principal grupo de forrageiras utilizado. Ainda, vale ressaltar que a implantação do consórcio milho-braquiária tem sido majoritariamente indicada para a safrinha, que apresenta maior representatividade para o agronegócio brasileiro.

A utilização do milho em áreas com pastagens já implantadas é relativamente antiga e sua adoção se sustenta principalmente na redução de custos para

recuperação ou reforma dos pastos. Já a implantação da pastagem em áreas com lavoura era vista com raridade até meados da década passada (ALVARENGA et al., 2006).

Com a intensificação do pastejo, muitas áreas foram se degradando ao longo tempo. Neste contexto, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveu sistemas modelos que serviram para estudar o potencial dessas tecnologias na recuperação das áreas. Na década de 1980, foi amplamente testado um dos primeiros modelos de associação entre produção de grãos e forrageiras, o denominado Sistema Barreirão. Este sistema consistiu na consorciação arroz-pastagens, no qual resíduos de adubo são deixados após a colheita da cultura granífera para incrementar o desenvolvimento da pastagem (OLIVEIRA et al., 1996). De acordo com Kluthcouski et al. (1991), o sistema propiciou melhoria no rendimento da pecuária e da cultura do arroz, a um custo quase nulo.

O Sistema Santa Fé, proposto na década de 1990, foi desenvolvido num contexto em que as áreas de lavoura ficavam predominantemente ociosas após o cultivo no período chuvoso e que 80% das pastagens no cerrado apresentavam algum nível de degradação. Tal sistema baseou-se no consórcio de grãos (milho, sorgo, milheto e soja) com forrageiras (braquiária brizanta) para reformar pastagens, com o cultivo de grãos no período normal e produção de pastagem ou silagem para o período seco (KLUTHCOUSKI et al., 2000). Considera-se que esse sistema consolidou a ILP no Brasil (BROCH et al., 1997).

A braquiária se consolidou principalmente pela sua rusticidade, apresentando bom desenvolvimento em solos ácidos e de baixa fertilidade, além da boa resistência às pragas (CECCON, 2013). Além disso, as braquiárias incluídas no sistema de consorciação produziam palhada em quantidade suficiente para atender à demanda do sistema de semeadura direta (CHIODEROLI et al., 2012). Contudo, de acordo com Ceccon (2007), foi *U. ruziziensis* que permitiu de fato o plantio direto sobre a palhada (SPDP).

O sistema Santa Brígida, lançado em 2010, inseriu mais um componente ao ILP, a consorciação de leguminosas com a função de adubo verde, principalmente com milho, para o aumento do aporte de nitrogênio (N) ao solo via fixação biológica do N atmosférico. Assim, em áreas estritamente agrícolas, após a colheita do milho, a braquiária e a leguminosa funcionam como cobertura para o solo; já em áreas de pastagem, recomendou-se a interrupção da exploração da área para reestabelecimento da forrageira (OLIVEIRA et al., 2010).

Em 2013 foi lançado o sistema São Mateus, que correspondeu a outro modelo de ILP que visava à recuperação de áreas de pastagens degradadas. Este modelo propõe que, inicialmente, seja feita a correção do solo e o cultivo de *U. brizantha* do início do período chuvoso até setembro (entre 6-9 meses), quando é realizada a dessecação da

forrageira para o cultivo da soja em plantio direto, correspondendo à etapa de adequação. Após a colheita da soja, alternam-se dois anos de pastagem com um de cultivo da soja, sendo este tempo variável de acordo com o objetivo e as condições da área (SALTON et al., 2013). Assim, esse modelo não considerou o milho como planta de rotação na safrinha.

Segundo Ceccon (2007), a viabilidade econômica também estimulou a utilização da braquiária em consórcio com o milho para formação de cobertura para o plantio direto e, a partir da identificação da necessidade hídrica do sistema (FIETZ et al., 2009), houve a inclusão no zoneamento climático para algumas regiões do país (Mato Grosso e Paraná), o que fomentou essa prática.

Historicamente, a integração de sistemas lavoura-pecuária teve como principal objetivo a recuperação de áreas de pastagens degradadas, ainda mais considerando que mais de 50% delas apresentavam algum nível de degradação (VIEIRA; KICHEL, 1995). Nestes casos, a consorciação de braquiárias com culturas anuais, como o milho, é uma alternativa para amortizar os custos com a renovação da pastagem, uma vez que a semeadura é feita de forma simultânea e tem-se a formação da pastagem após a colheita da cultura anual (KICHEL et al., 1999). Entretanto, a implantação de lavoura demanda correção no solo e agrega rendimentos financeiros à propriedade (GONÇALVES et al., 2007). Áreas com pastejo da braquiária podem resultar em ganhos de produtividade na cultura da soja em sucessão, mas as cultivares respondem diferentemente ao grau de compactação e à fitomassa remanescente da pastagem (DEBIASI; FRANCHINI, 2012).

Em áreas nas quais o intuito é a formação de pastagem com a inserção da braquiária na lavoura de milho safrinha, a tendência é que ocorra boa formação de pastagem após a colheita do milho, com qualidade adequada para produção de silagem (LEONEL et al., 2009), considerando-se que são plantas adaptadas e amplamente utilizadas em áreas de inverno seco (CRUSCIOL; BORGHI, 2007).

Nos casos em que o interesse é a cobertura vegetal na entressafra, as braquiárias são adequadas para atender à demanda do SPD e promovem maior acúmulo de matéria orgânica (MO) no solo. Chioderoli et al. (2011) relataram a capacidade da consorciação do milho com *U. decumbens* de aumentar a macroporosidade e porosidade total do solo e resultar, ainda, em boa produção de palhada para a estabilidade do plantio direto. De acordo com Crusciol e Borghi (2007), os efeitos nas qualidades físicas e físico-hídricas no solo advindos da consorciação com a braquiária são mais evidentes nas camadas mais profundas, uma vez que na profundidade 0-20 cm já existe grande colonização das raízes de milho.

Os atributos químicos do solo, também, são beneficiados pela presença da braquiária associada ao milho safrinha. Resultados mostram diminuição de acidez, aumento nos teores de MO, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Isto pode ser explicado pelo volume de matéria vegetal produzido e pela maior eficiência das braquiárias em reciclar o P presente no solo (CRUSCIOL; BORGHI, 2007).

Segundo Ceccon et al. (2013), há benefícios tanto para soja quanto para o milho safrinha advindos dessa consorciação. Isso porque, dependendo das condições de cultivo, é possível que a braquiária não afete o desenvolvimento e produção de grãos de milho, como já observado por Jakelaitis et al. (2004) ao utilizarem *U. decumbens*. Chioderolli et al. (2012) também verificaram que o cultivo de braquiárias não afetou a produtividade do milho. Inclusive, Crusciol e Borghi (2007) afirmaram que, se bem conduzido o sistema, a consorciação pode incrementar a produtividade de grãos de milho. Contudo, apesar da produção de pastagens no outono-inverno ser importante para várias regiões do Brasil, devido à menor disponibilidade hídrica, os riscos para a produtividade do milho nessas estações são maiores (CECCON et al., 2009; CECCON, 2012).

Estudo realizado por Correia et al. (2013) demonstrou que o rendimento da soja em sucessão é maior no sistema de consórcio de milho com *U. ruziziensis* em comparação ao milho solteiro. Alves et al. (2013) verificaram melhor desempenho da soja em sucessão ao consórcio quando se utilizou densidade de cinco plantas de *U. ruziziensis* por m⁻¹. Mechi et al. (2016) observaram que o consórcio promoveu incremento da produtividade da soja em sucessão a partir de quatro anos consecutivos de efeito residual e cumulativo. É possível que a contribuição da braquiária para a soja em sucessão esteja mais relacionada com uma condição de estabilidade a condições adversas, permitindo que a cultura suporte melhor veranicos, ataque de fitonematoides, entre outros problemas.

Entre as principais justificativas para a inserção da braquiária em lavouras de milho safrinha está o fato de que propicia cobertura de forma adequada para o controle de plantas daninhas, como evidenciado por Borghi et al. (2008), em cujo estudo observou-se controle de 95% destas com a utilização de *U. brizantha*. *Urochloa ruziziensis* também se mostrou eficiente no controle de plantas daninhas, reduzindo o nível de infestação e interferindo no seu desenvolvimento (GIMENES et al., 2011).

Contudo, para Macedo (2009), os estudos relativos às interações entre os sistemas de ILP e os aspectos fitossanitários não acompanharam a produção científica de outras áreas do conhecimento agrícola, sendo necessária maior ênfase nessa abordagem. De acordo com Görden et al. (2010), o consórcio proposto pelo sistema Santa Fé é pode reduzir o

inóculo do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* e pode ser utilizado no manejo do mofo branco na soja. Em 2018, a Embrapa lançou a BRS Ipyporã, cultivar de braquiária resistente à cigarrinha das pastagens e à cigarrinha da cana, que têm causado problemas na região norte/centro-oeste.

Entretanto, há relatos de que o plantio direto, prática indispensável ao consórcio milho-braquiária, pode favorecer a manutenção de inóculo de nematoides fitoparasitas. A população de nematoides já presentes no solo é diretamente influenciada pela disponibilidade de tecido vivo para a sua sobrevivência e multiplicação. Além disso, a rotação de culturas ou a inserção de nova cultura ao sistema é o fator de maior impacto sobre a dinâmica populacional dos nematoides, de acordo com a suscetibilidade das culturas utilizadas (SEINHORST, 1970).

2.1.2 Nematoides x Sucessão Consórcio Milho-Braquiária e Soja

Os fitonematoides são parasitas que possuem ampla distribuição geográfica e são capazes de causar danos nas principais culturas de importância econômica no país. Espécies de nematoides têm se tornado cada vez mais relevantes no cenário agrícola mundial. Isto se deve à grande variedade de espécies parasitas de plantas cultivadas, ampla distribuição geográfica e o fato de apresentarem polifagia (FERRAZ; BROWN, 2016).

De acordo com Sasser e Freckman (1987), na década de 80 os nematoides eram responsáveis por perdas mundiais da ordem de 12,23% em 21 culturas, com média de 8,8% em países desenvolvidos e 14,4% em países em desenvolvimento, que equivaliam a 100 bilhões de dólares de prejuízos e cerca de 500 milhões gastos em controle. Abd-Elgawad e Askary (2015) atualizaram as estimativas em valores monetários, com dados de 14 países e 40 culturas, para as quais a perda anual média (2010-2013) foi de 13,5%, equivalente a 358,24 bilhões de dólares. Somente associado a esses organismos, são atribuídos danos que geram prejuízos na ordem de R\$ 35 bilhões ao ano para a agricultura brasileira (MACHADO, 2015).

Sasser e Freckman (1987) realizaram questionário com 371 nematologistas ao redor do mundo e concluíram que *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. e *Heterodera* spp. são os nematoides mais importantes. Para Jones et al. (2013), os gêneros *Meloidogyne*, *Heterodera* + *Globodera* e *Pratylenchus* são os principais em termos mundiais, nesta ordem de importância. No Brasil, as principais espécies de nematoides fitopatogênicos são os nematoides das galhas (NG), representados por *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, o nematoide das lesões radiculares (NLR), *Pratylenchus brachyurus*, e o nematoide de cisto da soja (NCS), *Heterodera glycines*.

Segundo Asmus e Inomoto (2013), as populações de nematoides respondem rapidamente a estímulos ambientais. Esse fato faz com que os nematoides possam, inclusive, servir como bioindicadores da qualidade do solo (GOULART et al., 2008). Esses estímulos podem levar ao aumento da densidade populacional de nematoides (NILES; FRECKMAN, 1998), sendo a hospedabilidade das plantas utilizadas o fator de maior impacto (SEINHORST, 1970). No caso de cultivo consorciado, existe ainda o aumento do volume radicular por área ocasionado pela inserção de nova cultura ao sistema, que pode potencializar a multiplicação de nematoides.

Assim, em áreas de consórcio milho-braquiária deve ser conhecida a capacidade das culturas de hospedar os nematoides presentes na área. Com exceção de *H. glycines*, os demais nematoides de importância agrícola apresentam capacidade de parasitar diferentes cultivares de milho. Em alguns casos, as braquiárias se mostram boas hospedeiras de *Meloidogyne* spp., sendo a maioria das espécies também parasitadas por *P. brachyurus*. O milho, assim como as braquiárias, tende a não sofrer danos com a presença desses nematoides e, portanto, a baixa visualização de sintomas na parte aérea ou da perda de produtividade restringe ações de manejo sobre as populações de nematoides.

A sucessão de culturas suscetíveis pode aumentar a população de fitonematoides presentes na área (ASMUS; ISHIMI, 2009; NOEL; EDWARDS, 1996). A sucessão milho-soja por si só gera uma condição para que a população de *P. brachyurus* se perpetue e eleve a sua densidade. A soja cultivada após a cultura do milho apresenta incremento significativo na população de *P. brachyurus* (SANTANA-GOMES et al., 2014). O mesmo cenário tem sido observado em avaliações feitas na cultura do milho em sucessão à soja (LIMA et al. 2015).

A soja é a principal cultura utilizada na sucessão ao consórcio milho-braquiária e a relação dos fitonematoides que apresentam risco a essa cultura e se hospedam no sistema antecessor é importante para entender o potencial de dano, uma vez que o mesmo está diretamente relacionado ao inóculo inicial do patógeno. Neste contexto, *H. glycines*, *M. incognita*, *M. javanica* e *P. brachyurus* podem se multiplicar e causar danos na soja (FRANZENER et al., 2005; JUHÁSZ et al., 2013).

Além das culturas utilizadas, o próprio método de cultivo pode ter efeito sobre as populações de nematoides. Sabe-se que sistemas conservacionistas tendem a manter as comunidades mais próximas à estabilidade presente em áreas de vegetação nativa (MONDINO et al., 2009; SILVA et al., 2006). Goulart et al. (2003), comparando áreas nativas do cerrado com aquelas que foram substituídas pelo cultivo, observaram que a

interferência no meio favoreceu a abundância principalmente de *Helicotylenchus* sp. e *Pratylenchus* sp. Goulart et al. (2008) verificaram que a contínua utilização da soja em sistemas de ILP pode favorecer o aumento das populações de nematoides fitoparasitas do gênero *Pratylenchus*.

As plantas de cobertura são importantes para produzir palhada nos sistemas de SPD e diversificar a rotação de culturas. Contudo, a escolha das plantas a serem utilizadas deve ser feita com critério, baseada na hospedabilidade das plantas e na identificação das espécies de nematoides presentes na área. Neste sentido, o SPD pode favorecer nematoides fitoparasitas que teriam o ciclo de vida interrompido pela ausência de planta hospedeira. Ao que tudo indica, houve negligência desses pressupostos e, ao plantio direto, é atribuída a responsabilidade do aumento de populações de *P. brachyurus* ao longo dos anos e o aumento da importância associada ao mesmo no Brasil (FERRAZ, 2006). O não revolvimento do solo, que poderia expor os espécimes ao sol e colaborar com a redução populacional, além da conservação da umidade do solo, que favorece os fitonematoídeos, são características do SPD que também podem ter contribuído para esse cenário (DUTRA; CAMPOS, 2003).

O aumento do teor de matéria orgânica no solo, advindo da consorciação e SPD, pode afetar a população de nematoides pela decomposição e liberação de compostos tóxicos (OKA, 2010) e favorecimento de microorganismos antagonistas, como resultado do aumento da atividade biológica (CARNEIRO et al., 2009). Para exemplificar, o plantio direto suprimiu a população de *H. glycines* em comparação ao cultivo convencional (MELAKEBERHAN et al., 2015). No caso de *P. brachyurus*, Costa et al. (2014) observaram que em avaliações aos 40 dias após a semeadura o plantio convencional apresentou redução da população do nematoídeo em relação ao plantio direto, mas na avaliação realizada aos 70 dias o cenário se inverteu. O mesmo trabalho mostrou que a matéria orgânica no solo reduziu a multiplicação de *P. brachyurus*. Assim, na fase inicial do desenvolvimento da soja, na qual a cultura é mais suscetível ao nematoídeo, a matéria orgânica parece não atuar de forma efetiva.

Assim, os sistemas integrados podem ou não ser benéficos às condições fitossanitárias de uma área. *Pratylenchus brachyurus* é o nematoídeo que possui a maior tendência em se beneficiar do sistema consórcio milho-braquiária. Além da suscetibilidade das plantas utilizadas no sistema, é incluído outro fator complicador para este nematoídeo, a cobertura vegetal da braquiária para o SPD. No Centro-Oeste, maior região produtora agrícola do Brasil onde tem sido praticado o consórcio milho-braquiária, é consenso entre agricultores e profissionais da pesquisa que *P. brachyurus* é o principal problema em áreas de soja sob

plântio direto (REVISTA PLANTIO DIRETO, 2007). No Cerrado, pesquisadores têm relatado grande preocupação com danos associados a *P. brachyurus*, mesmo em sistemas de ILPs e/ou SPD, uma vez que esta espécie pode levar a perdas de até 30% em culturas anuais (GOULART, 2008).

Rodrigues et al. (2014) avaliaram o efeito de plantas utilizadas em sucessão de culturas com a soja sobre a população de *P. brachyurus*, entre elas o consórcio milho-braquiária e as culturas do milho e braquiária de forma individual. Os resultados mostraram que o plântio de milho solteiro resultou em maior número de nematoides por grama de raízes, entretanto, tal efeito não se confirmou quando da repetição do ensaio. No entanto, como essas plantas foram cultivadas apenas durante 60 dias na presença de *P. brachyurus*, a população que de fato seria mantida para a cultura seguinte pode estar sub ou superestimada. Além disso, os autores não apresentaram dados da população final na área após o cultivo dessas plantas, o que poderia representar melhor o quanto o sistema está influenciando na dinâmica do nematoide, principalmente porque os sistemas radiculares intrinsecamente apresentam volumes diferentes.

Cunha et al. (2015) avaliaram o efeito de três sistemas (milho, consórcio e braquiária) na sucessão com o feijoeiro sobre a população de *P. brachyurus* e afirmaram que a população do nematoide foi maior nos sistemas que incluíram o milho. Entretanto, a comparação foi feita entre tratamentos que, para este nematoide, partiram de condições populacionais menores para o sistema com *U. ruziziensis* solteira já na primeira avaliação no feijoeiro, ou seja, ainda sem que houvesse efeito dos sistemas e essa tendência se manteve na safra de feijão em sucessão.

Portanto, o impacto da presença de *P. brachyurus* no sistema milho-braquiária-soja, bem como a influência do sistema sobre o nematoide ainda precisam ser melhor elucidados. Essas respostas podem vir por experimentos com testemunha absoluta sem inoculação ou infestação para permitir isolar o efeito do sistema sobre componentes fitotécnicos das plantas.

2.1.2.1 *Pratylenchus brachyurus*

O gênero *Pratylenchus* Filipjev (1939) engloba fitonematoides pertencentes ao grupo dos nematoides das lesões radiculares (NLR). Este grupo é composto por 68 espécies validadas que causam prejuízos em diversas culturas (CASTILLO; VOVLAS, 2007). No Brasil, *P. brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev e Schurmanns Stekhoven, 1941, *P. zae* Graham e *P. coffeae* Filipjev e Schuurmans Stekhoven são as espécies mais relevantes

(FERRAZ, 1999). *Pratylenchus brachyurus* foi descrito inicialmente como *Tylenchus brachyurus* (GODFREY, 1929), mas, em 1941, Filipjev e Schurmanns Stekhoven o enquadraram como pertencente ao gênero *Pratylenchus*.

Por volta dos anos 2000, era considerado um nematoide de importância secundária, e, portanto, seus danos à cultura da soja eram negligenciados (MACHADO, 2014). Entretanto, *P. brachyurus* é atualmente o segundo nematoide de importância para a agricultura brasileira (OLIVEIRA; CASTRO; SANTOS, 2016). Segundo Goulart 2008, este nematoide já se encontrava amplamente distribuído pelas áreas agrícolas e o aumento da sua importância provavelmente está relacionado à sucessão de culturas suscetíveis, ausência de rotação de culturas, monocultivo, plantio direto, que mantém a maior umidade no solo, cultivos irrigados, e a ocorrência simultânea com outros nematoides e patógenos, a exemplo de *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani*.

Estudos indicam que *P. brachyurus* se encontra amplamente disseminado nas lavouras de soja no país. Em levantamento realizado em lavouras de soja de 11 cidades no Tocantins, Lima et al. (2015) observaram que esta espécie foi a mais prevalente (95% dos espécimes). Em 623 amostras avaliadas em levantamento no Mato Grosso, 94% delas apresentaram a ocorrência de *P. brachyurus* (SILVA et al., 2004).

Esse nematoide é capaz de parasitar ampla gama de hospedeiros, entre eles estão culturas de importância agrícola no Brasil como soja (LINDSEY; CAIRNS, 1971), milho (INOMOTO, 2011), arroz (RACK, V. M. et al., 2013) e café (RADEWALD et al., 1971). Entre as gramíneas, milho, milheto, sorgo e arroz são as mais prejudicadas (SBN, 2018). No caso da cultura da cana, já é possível identificar maior agressividade de *P. brachyurus* quando comparado aos nematoides considerados chave para a cultura (BARBOSA et al., 2013). De acordo com Koenning et al. (1985), áreas nas quais se cultiva o trigo no inverno podem apresentar a redução da densidade populacional de *P. brachyurus* para níveis abaixo do prejudicial às plantas. Apesar disso, avaliações em casa de vegetação demonstraram a suscetibilidade da cultura a este nematoide o que resultaria no aumento populacional ao longo do tempo. Na lista de plantas hospedeiras são incluídas, ainda, diversas plantas daninhas (BELLE et al., 2015).

Morfológicamente, *P. brachyurus* é caracterizado por apresentar corpo vermiforme em todas as fases de desenvolvimento, com comprimento que varia de 0,39 a 0,75 mm nas fêmeas e 0,46-0,56 mm em machos, região labial baixa e pouco destacada do contorno do corpo. O estilete é curto e robusto, com bulbos bem visíveis (OLIVEIRA et al., 2011). Entretanto, o diagnóstico de espécies do gênero *Pratylenchus* é dificultado pela

similaridade de características morfométricas e morfológicas entre elas, além da variabilidade populacional existente dentro da própria espécie (CORBETT; CLARK, 1983). Apesar disso, para o diagnóstico comumente se utilizam características morfológicas e morfométricas observadas em microscópio de luz com auxílio de chave de identificação, e nestes casos, *P. brachyurus* é diferenciado de *P. zaeae* e *P. coffeae* pelo número de anéis labiais, formato dos nódulos basais do estilete, forma da cauda, posição da vulva, entre outras características (GONZAGA et al., 2012).

Amostras comumente apresentam mais de uma espécie de *Pratylenchus* na sua composição e, em consequência, com o passar do tempo, a tendência é que ocorra a confirmação pelo diagnóstico molecular, que se mostra alternativa rápida e mais precisa (MACHADO; OLIVEIRA, 2007). A análise molecular das regiões ITS-1 e D2/D3 do DNA ribossomal tem sido utilizada em estudos de distribuição geográfica e diversidade de espécies de *Pratylenchus*, tendo aplicabilidade também para diagnósticos de rotina (MACHADO et al., 2016; MEKETE et al., 2011). Uma ferramenta promissora que elimina etapas demoradas de extração de nematoides do solo e identificação microscópica é a detecção e quantificação via reação da polimerase em cadeia (PCR) em tempo real (qPCR) (YAN et al., 2013). Análises moleculares de populações de *P. brachyurus* no Brasil não evidenciam a presença de raças dentro da espécie, apenas membros variantes entre as espécies mais distantes (MACHADO et al., 2015).

Em relação ao hábito de parasitismo, este nematoide é classificado como endoparasita migrador, ou seja, penetra a raiz, da qual se alimenta, e pode migrar intra ou intercelularmente e/ou se deslocarem para o solo, podendo infectar novas plantas (AGRIOS, 1997). Possui hábito polífago e, portanto, diversas culturas são hospedeiras.

Em geral, o ciclo de vida se inicia com a deposição de um único ovo, no qual ocorre o processo de embriogênese com três etapas de clivagem, as quais resultam em uma fase de oito células (ROMAN; HIRSCHMANN, 1969) que darão origem ao juvenil de primeiro estágio (J1). Ainda dentro do ovo, mediante ecdise, o nematoide passa para o segundo estágio de desenvolvimento (J2), e, nesta etapa, ocorre a eclosão. A partir daí, o nematoide torna-se infectivo e duas ecdises ocorrem, até a diferenciação do juvenil de quarto estágio (J4) em adulto (AGRIOS, 2005). Em *P. brachyurus*, os machos são raros e a importância do parasitismo é relacionada à fêmea.

Como consequência do consumo do conteúdo celular, em conjunto com a liberação de toxinas, tem-se a expressão de sintomas na forma de lesões radiculares (GOULART, 2008). Os sintomas podem ser facilmente confundidos com aqueles causados

por outros patógenos de solo, ou por deficiência nutricional e de água (CASTILLO; VOVLAS, 2007). Também, associa-se a este grupo de fitoparasitas a redução do porte de plantas. Culturas como soja, milho e algodão, manifestam sintomas caracterizados pelas lesões radiculares, sendo que na soja estes são mais severos (MAINARDI; ASMUS, 2015). No Centro-Oeste, são relatadas perdas atribuídas a *P. brachyurus* da ordem de até 50% na produção da soja em áreas infestadas (REVISTA PLANTIO DIRETO, 2007).

Entre as espécies de *Pratylenchus*, são encontrados três tipos de reprodução, a anfimítica e as partenogênicas meiotica ou mitótica (FERRAZ, 1999), sendo que cerca de 60% das espécies se reproduzem por partenogênese (RYSS, 2002). Este é o caso de *P. brachyurus*, que possui reprodução por partenogênese mitótica (ROMAN; TRIANTAPHYLLOU, 1969).

Ainda que estes nematoides não possuam estrutura específica de sobrevivência no solo, na ausência da planta hospedeira alguns fatores podem promover a sua viabilidade por períodos prolongados. Isso pode, em alguns casos, estar relacionado à capacidade de anidrobiose (GLAZER; ORION, 1983; TOWNSHEND, 1984). O tempo de sobrevivência de *Pratylenchus* spp. é maior para os espécimes que se encontram em estádios de desenvolvimento mais avançados (TOWNSHEND, 1973). Quando na ausência de plantas hospedeiras alternativas, Neves et al. (2012) demonstraram que, ainda que em baixo teor de água, *P. brachyurus* tem a capacidade de permanecer viável por períodos consideráveis, servindo como inóculo inicial para culturas subsequentes.

As condições de fertilidade do solo também influenciam na dinâmica populacional de *P. brachyurus* na área (FREITAS et al., 2016). Em áreas com baixo pH, a tendência é que a soja sofra mais os danos causados por *P. brachyurus*. Resultados indicam que existe correlação negativa entre os sintomas de NLR com pH, teores de Ca, Mg e saturação por bases; por outro lado, é positivamente correlacionado ao carbono orgânico, à capacidade de troca de cátions e à acidez potencial do solo (FRANCHINI et al., 2018). Contudo, é preciso investigar se o carbono favorece o nematoide, confirmando relação de causa e efeito, ou se é relação indireta, pela maior quantidade de raiz que resulta em maior teor de C orgânico.

A ausência de cultivares resistentes à *P. brachyurus* disponíveis no mercado tem comprometido os avanços em relação ao seu manejo, e explica a relevância desse nematoide no cenário atual (ASMUS; INOMOTO, 2013). Este fato está diretamente relacionado à interação pouco complexa (primitiva) do nematoide com as raízes das plantas,

na qual não ocorre formação de células especializadas de alimentação, o que dificulta o melhoramento genético visando à obtenção de cultivares resistentes (DIAS et al., 2010).

Assim, objetivando o manejo integrado de *P. brachyurus* na cultura da soja, deve ser priorizada a rotação de culturas com espécies não hospedeiras e o uso de nematicidas, sejam químicos ou biológicos, aliando-se com cultivares com menor capacidade de multiplicação do mesmo.

2.1.3 Manejo de Nematoides

A prevenção da entrada do nematoide na área é a medida mais eficaz de controle e se baseia no princípio da exclusão do patógeno (AMORIM, REZENDE, BERGAMIN FILHO, 2011), que inclui a utilização de material de propagação sadio e a higienização de maquinário utilizado em áreas infestadas. Após a entrada do nematoide na área e do seu estabelecimento em culturas hospedeiras, torna-se praticamente impossível sua erradicação e as ferramentas de manejo passam a ter o papel de viabilizar o convívio da cultura com o patógeno. Alguns nematoides possuem a capacidade de sobreviver por longos períodos (+ de 10 anos) na ausência de plantas hospedeiras, mediante estruturas de resistência, como os cistos, e, por menor período, na forma de ovos e juvenis em restos culturais. Outros, pelo hábito polífago, sobrevivem parasitando hospedeiros alternativos, inclusive plantas daninhas (FERRAZ; BROWN, 2016).

A dificuldade de diagnóstico de doenças causadas por nematoides está relacionada com a presença de sintomas inespecíficos e a utilização de técnicas de microscopia, ou até mesmo moleculares, para identificação da espécie. Conhecer quais espécies de nematoides estão presentes na área e os possíveis efeitos delas sobre os sistemas integrados utilizados é a primeira etapa para delimitar as ferramentas de manejo e o custo-benefício dos métodos de controle disponíveis.

Para a correta identificação do patógeno, recomenda-se a coleta de amostras no período de floração da cultura de verão, que se refere ao momento em que as populações de nematoides estão em níveis mais elevados. A profundidade de coleta ideal da amostra é de 0-25 cm de profundidade e deve ser constituída de solo (500 g) e raízes (10 g), sendo composta por subamostras de um hectare ou talhão homogêneo. A amostra deve ser enviada o mais breve possível para laboratório especializado em análise nematológica (OLIVEIRA; CASTRO; SANTOS, 2016). Frequentemente, o manejo deve ser elaborado considerando-se mais que uma espécie de nematoide e a aptidão da área agrícola.

No caso das espécies de *Meloidogyne* e *H. glycines*, além de alternativas no uso de espécies forrageiras, estão disponíveis cultivares de soja e milho resistentes. Entretanto, para *P. brachyurus*, não existem opções com resistência, mas devem ser priorizadas aquelas que apresentam menores fatores de reprodução (FR), ou seja, que multiplicam o nematoide em menor intensidade. Principalmente neste caso, outras medidas de controle devem ser integradas, como o uso de nematicidas químicos e biológicos e a rotação de culturas.

2.1.3.1 Controle genético

Quando disponível, a utilização de cultivares resistentes é a ferramenta ideal a ser adotada, devido ao fato de não elevar custos e não demandar ajustes no maquinário agrícola (MACHADO, 2017). O intuito dessa prática é evitar danos na cultura alvo de controle, mas também reduzir a população do nematoide na área, ou evitar a multiplicação do inóculo para cultivos subsequentes.

Na Nematologia, a característica de resistência é determinada pela capacidade da planta hospedeira em suprimir a população do nematoide quando submetida ao parasitismo. Com base nesse conceito, está a metodologia descrita por Oostenbrink (1966), que estabelece como variável o fator de reprodução (FR), que é dado pela expressão $FR = \text{população final (Pf)}/\text{população inicial (Pi)}$, sendo que as cultivares são classificadas como resistentes se apresentarem $FR < 1$. Entretanto, outras metodologias também são utilizadas para a classificação da reação de genótipos de acordo com o nematoide e a especificidade da observação.

Os mecanismos de resistência se subdividem em duas modalidades principais: pré-infeccional, ou pós-infeccional. A resistência pré-infeccional consiste normalmente na liberação de substâncias tóxicas que repelem o nematoide, enquanto a pós-infeccional se dá pela resposta fisiológica da planta ao parasitismo do nematoide. Existe boa disponibilidade de cultivares resistentes a nematoides no mercado e estas são amplamente utilizadas em áreas infestadas por *Meloidogyne* spp. e *Heterodera glycines* (FERRAZ; BROWN, 2016). Por outro lado, devido à baixa especialização do parasitismo, o melhoramento para obtenção de cultivares com resistência a *P. brachyurus* é dificultado (STARR et al., 2002),

2.1.3.1.1 Milho x nematoides

O milho é considerado uma planta não hospedeira de *H. glycines*. Portanto, a questão da resistência para essa cultura não é relevante, uma vez que não sofre danos e a sua

utilização em áreas infestadas não aumenta o número de indivíduos ao longo do tempo (NOEL; WAX, 2003). A utilização do milho pode afetar a população de *H. glycines* no solo (MELAKEBERHAN et al., 2015), mas esse efeito é muito variável entre os genótipos utilizados e as características bioquímicas envolvidas ainda não estão identificadas (MEDINA, 2017). Contudo, Xing e Westphal (2009) alertam que o simples cultivo ano a ano de milho e soja não é sustentável para o controle de complexo de doenças transmitidos via solo, como a síndrome da morte súbita causada pela associação de *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. f. sp. *glycines* (Roy, 1997) (Fsg) e o nematoide do cisto da soja.

A existência de cultivares de milho resistentes a *Meloidogyne* spp. é interessante para manter menor nível de inóculo em áreas infestadas. Algumas cultivares no mercado brasileiro apresentaram essa característica em testes de reação para o controle de *M. incognita* (LEVY et al., 2009). Ribeiro et al. (2002), em teste de reação de cultivares de milho, observaram que diversas delas se comportaram como resistentes a *M. incognita* e todas foram consideradas resistentes a *M. javanica*. Carneiro et al. (2007), avaliando a reação de 11 cultivares de milho, observaram reação de suscetibilidade de todas a *M. incognita* (raças 1 e 3). Medeiros et al. (2001) verificaram reação de suscetibilidade a *M. javanica* para todas as 18 cultivares de milho avaliadas. O conhecimento da reação das cultivares de milho é essencial para a escolha de cultivares para áreas infestadas com *Meloidogyne* spp., bem como o conhecimento da espécie do nematoide.

No caso de *P. brachyurus*, Inomoto (2011) afirmou que o milho não deve ser utilizado para manejo em áreas infestadas, e que, à época de seu estudo, o milho ‘P30K75’ considerado anteriormente altamente resistente, não confirmou esta característica após a realização de dois testes. No mesmo trabalho, ao comparar épocas de avaliação (70 e 107 dias), o autor verificou que o FR variou, para uma mesma cultivar, entre 1,89 e 46,73, sendo que o período mais longo possibilitou maior reprodução de *P. brachyurus* e, portanto, deveria ser utilizado em avaliações de resistência de genótipos.

Rios et al. (2016) avaliou 38 genótipos de milho e concluiu que um deles reduziu a população ao longo do experimento. Os autores afirmaram isso apenas comparando a avaliação de 10 g de raiz entre 30 e 60 dias, sendo que a quantidade total de nematoide presente não foi apresentada e o crescimento da planta ao longo do tempo não foi considerado. Com isso, é possível que o fator de reprodução tenha sido menor que 1,0, tanto em relação à densidade presente antes da instalação do experimento, quanto dentro do período de avaliação.

Apesar de não ser encontrada resistência a *P. brachyurus* nas cultivares de milho avaliadas, Neves et al. (2016), em seu trabalho, afirmaram que é possível que seja encontrada fontes de resistência nos materiais parentais.

2.1.3.1.2 *Braquiária x nematoides*

Em se tratando de sistemas integrados, observa-se que, de modo geral, as forrageiras não são boas hospedeiras da maioria das espécies de nematoides que ocorrem em culturas como soja e/ou milho. De acordo com dados disponíveis na literatura, as principais espécies utilizadas na formação de pastagens, *Urochloa* spp. não são responsáveis por aumentar a população de *H. glycines*. As braquiárias demonstram capacidade de reduzir a população de *H. glycines*, como observado para as espécies *U. brizantha*, *U. decumbens*, *U. humidicola* e *U. ruziziensis*, sendo que, neste último caso, foi menor a eficiência na redução do número de fêmeas de *H. glycines* presentes em raízes de soja cultivadas na sucessão (VALLE et al., 1996).

Resultados obtidos por Dias-Arieira et al. (2002) reforçam o efeito antagonista de *U. brizantha*, *U. decumbens* e *P. maximum* cv. Guiné a *H. glycines*. Isso porque tais espécies permitiram menor penetração do nematoide em seus sistemas radiculares, interrompendo a manutenção do ciclo do nematoide. Com isso, essas gramíneas possuem potencial para reduzir a população do nematoide ao longo do tempo e contribuir para menor disseminação dos cistos para outras áreas (FERRAZ et al., 1999).

O uso de gramíneas forrageiras também apresenta potencial para manejo de espécies do gênero *Meloidogyne*. As espécies de *Meloidogyne* spp. são capazes de se multiplicarem em poucas espécies de braquiária e panicum, como no caso de *M. incognita* e *M. javanica* em *U. ruziziensis*, e *M. incognita* em *P. maximum* “Colonião” e “Tanzânia”. *Urochloa brizantha*, por exemplo, tem apresentado comportamento de resistência a *M. incognita* e *M. javanica* (PONTE et al., 1981; CARNEIRO et al., 2006). Dias-Arieira et al. (2003) observaram que *U. brizantha*, *U. decumbens* e *P. maximum* cv. Guiné reduziram significativamente populações de *M. incognita*. Este comportamento pode ser explicado pelo fato do nematoide ser capaz de infectar tais forrageiras, mas terem o seu ciclo de vida interrompido, como observado para *M. javanica* (BRITO; FERRAZ, 1987; DIAS-ARIEIRA et al., 2002; LENNÉ et al., 1981). Seguindo a mesma tendência que para *H. glycines*, *U. ruziziensis* demonstrou ser a menos eficiente para controlar *M. javanica* e *M. incognita* (BRITO; FERRAZ, 1987; DIAS-ARIEIRA et al., 2003).

Entretanto, no caso de *P. brachyurus*, as forrageiras apresentam comportamento de suscetibilidade, ou seja, ao longo do tempo multiplicam o nematoide na área. O nematoide das lesões radiculares possui a capacidade de se reproduzir em espécies do gênero *Urochloa*. Inomoto et al. (2007) observaram que, de modo geral, as braquiárias (*U. dyctioneura*, *U. humidicola*, *U. ruziziensis*, *U. brizantha*, *U. decumbens*) são suscetíveis a *P. brachyurus*, mas em proporções menores em comparação com as forrageiras do gênero *Panicum* spp. Dias-Arieira et al. (2009) encontraram o mesmo padrão de suscetibilidade avaliando *U. brizantha* e *U. decumbens*. Carvalho et al. (2010) e Carvalho et al. (2011) verificaram que as espécies *U. brizantha* cv. Marandu, *U. decumbens* cv. Basilisk e *U. humidicola* cv. Humidicola e oito genótipos de *Urochloa* spp. foram suscetíveis ao nematoide. Também Santos et al. (2011) confirmaram a suscetibilidade de *U. brizantha* cvs. BRS Piatã e Marandu e *U. ruziziensis* a *P. brachyurus*. Queiróz et al. (2014) recomendaram a cultivar BRS Tupi (*U. humidicola*) como resistente a *P. brachyurus*, com FR de 0,98 em um de seus experimentos. Entretanto, esse resultado deve ser visto com ressalvas, uma vez que trabalho anterior, testando populações distintas de *P. brachyurus*, observou FR variando entre 1,8 e 2,2 para *U. humidicola* (INOMOTO; MACHADO; ANTEDOMÊNICO, 2007).

Devido à baixa multiplicação, em alguns casos, amostras de solo e/ou raízes podem não indicar a presença de *P. brachyurus* nessas forrageiras (MACHADO et al., 2000). O fato de as braquiárias manterem a população viável na área já pode ser suficiente para comprometer a produção de culturas suscetíveis na sucessão, como a soja, além de aumentarem a população do mesmo (BARBOSA et al., 2015; MACHADO et al., 2000).

A Embrapa Gado de Corte desenvolve cultivares de braquiárias adaptadas às diversas regiões do Brasil, e, atualmente, a demanda do melhoramento de braquiárias envolve, além de cultivares que apresentem menor competição com o milho, a obtenção de genótipos com boa resistência a *P. brachyurus* (VALLE, 2018).

Especificamente no caso das braquiárias, outro problema tem recebido atenção, as espécies do gênero *Aphelenchoides* disseminadas via sementes. Sementes infestadas podem comprometer lotes para exportação e introduzir os nematoides em áreas indenes. Relatos apontam para a presença de *Aphelenchoides* em sementes de braquiárias (FAVORETO et al., 2011; MARCHI et al., 2007; MALLMANN et al., 2013). Entre as principais espécies, se destacam *A. besseyi*, causador da ponta branca do arroz, considerado praga quarentenária para diversos países (ALICEWEB, 2012) e causador da Soja Louca II, que pode levar a perdas de até 60% de produtividade devido a distúrbios do ciclo vegetativo (FAVORETO et al., 2015). Com isso, principalmente em áreas conduzidas na sucessão com

lavouras em sistema de plantio direto com a soja, é essencial a verificação da qualidade das sementes. Estudos relacionados à capacidade de parasitismo e multiplicação de *Aphelencooides* em forrageiras ainda são escassos.

2.1.3.1.3 Soja x nematoides

O nematoide de cisto da soja (NCS), *H. glycines*, foi identificado nos Estados Unidos na década de 1950 e, a partir de então, as fontes de resistência passaram a ser buscadas, com base em genes das cultivares Peking (raças 1, 3 e 5) e PI 88788 (raças 3 e 14). No Brasil, foi identificado pela primeira vez parasitando soja na safra 1991/1992 (LIMA et al., 1992), num momento que não haviam cultivares resistentes no mercado nacional. Já na safra seguinte, estavam disponibilizadas sementes de cultivar resistente para o cultivo de 1,7 milhões de hectares (GARCIA et al., 2005) e, em 2009, a estimativa era de que existiam cerca de 50 cultivares de soja resistentes ao NCS (DIAS et al., 2009). De acordo com Dias et al. (2010), a maioria das cultivares disponíveis, que possuem resistência ao nematoide, são adequadas apenas às raças 1 e 3 e, mesmo para estas duas raças, ainda não existem genótipos adaptados para todas as regiões de cultivo no Brasil.

Para os nematoides das galhas, o controle genético é mais acessível, pois várias cultivares resistentes estão disponíveis no mercado. Por exemplo, Almeida et al. (2016) verificaram que todas as 35 cultivares testadas em seu trabalho foram resistentes a *M. incognita* e *M. javanica*. Já no trabalho de Schmitt e Belle (2016), as 16 cultivares de soja avaliadas foram suscetíveis a *M. incognita* e *M. javanica*. Assim, na cultura da soja parece ocorrer o mesmo que para a cultura do milho em relação a *Meloidogyne* spp., é necessária a escolha criteriosa da cultivar a ser utilizada.

No caso de *P. brachyurus*, observa-se a ausência de cultivares resistentes na cultura da soja. Alguns testes de reação evidenciaram a suscetibilidade de cultivares de soja a *P. brachyurus* (BRIDA et al., 2017; MACHADO; ARAÚJO FILHO, 2016) e a dificuldade em se selecionar materiais resistentes em comparação a outros nematoides (FERRAZ, 1996).

Alves et al. (2011), ao realizar teste em casa de vegetação, concluíram que três das cultivares testadas (M-Soy 8757, M-Soy 8850 e Aurora) apresentaram reação de resistência ao nematoide, ainda que duas delas tenham apresentado $FR > 1,0$ e, a terceira, $FR = 0,88$, utilizando densidade de inóculo relativamente alta (1.750). Santos et al. (2015) verificaram que, para *P. brachyurus* em soja, as melhores densidades populacionais para avaliação da resistência de genótipos estariam entre 625 e 961 nematoides por planta, com avaliação entre 75 e 89 dias após a inoculação.

Rios et al. (2016), ao avaliarem 50 genótipos de soja em casa de vegetação, concluíram que 10 deles reduziram a população do nematoide ao longo do período, sendo classificados como moderadamente resistentes e como sendo boa opção para áreas infestadas. Entretanto, os autores chegaram a essa classificação apenas considerando a separação de grupos pela diferença entre o número de nematoides em 10 g de raízes e pela diferença de densidade entre as avaliações aos 30 e 60 dias.

Bellé et al. (2017), ao testarem 14 cultivares de soja para o nematoide das lesões, identificaram que duas delas (TEC 6029 IPRO e NS 6211 RR) mostraram comportamento de resistência. No entanto, deve-se considerar que a cultivar que apresentou o maior FR foi de 5,9, fato que pode levar ao entendimento de um baixo FR geral do experimento e, assim, comprometer a classificação, principalmente das cultivares com FR próximo a 1,0. Contudo, devem ser priorizadas as cultivares que apresentem menor FR para evitar a multiplicação do nematoide na área e perdas de produção na soja.

Ainda, existe uma demanda a ser explorada pelos programas de melhoramento de plantas para disponibilizar genótipos com maior espectro de resistência. A expectativa é que, com o aumento da importância da integração lavoura-pecuária, as empresas direcionem seus esforços para o lançamento de cultivares resistentes de culturas forrageiras que compõem o sistema.

Observa-se que o caso mais crítico é o de *P. brachyurus* e é possível que a suscetibilidade das cultivares utilizadas no sistema aumentem a densidade e distribuição das populações deste nematoide nas áreas.

2.1.3.2 Controle cultural

Como a prática de pousio e alqueive não são condizentes com a agricultura conservacionista e a necessidade de intensificação do uso da terra, a escolha adequada das culturas de rotação possui papel fundamental no manejo de nematoides. Costa et al. (2014), ao estudarem sistemas de plantio para o controle de *P. brachyurus* em soja, verificaram que, mesmo que a capina ou capina química evitem a multiplicação do nematoide, este pode se manter em níveis suficientes para causar dano.

A rotação de culturas, prática muito associada aos sistemas integrados, ao interromper a continuidade de monocultivos, poderia auxiliar na redução de problemas associados aos nematoides (YORINORI et al., 1993). Entretanto, a disponibilidade constante de plantas suscetíveis na área permite o estabelecimento e aumento da densidade populacional

desses patógenos. Por estes motivos, é importante conhecer a reação das plantas utilizadas na rotação de culturas aos principais nematoides, seja no sistema de plantio direto ou não, para evitar o aumento do inóculo inicial para a cultura na sucessão.

A rotação de culturas deve ser adotada principalmente em áreas infestadas pelo nematoide do cisto e/ou nematoide reniforme (INOMOTO, 2016), em função do menor círculo de hospedeiros que ambos apresentam. Em áreas com a presença de nematoides das galhas e das lesões, entretanto, a sua eficiência é limitada, pelo alto grau de polifagia dos mesmos. Nestes casos, essa prática demanda criteriosa seleção dos genótipos a serem utilizados e a correta identificação das espécies de nematoides presentes na área (FERRAZ et al., 2010).

Em áreas infestadas com *H. glycines*, a rotação de culturas é relativamente fácil de ser adotada (GARCIA et al., 1999). O círculo de plantas hospedeiras de *H. glycines* é restrito, sendo representado pela soja, feijão-guandu, e, provavelmente, por plantas familiares a estas. Entretanto, a principal questão a ser considerada para o nematoide do cisto da soja é que este pode permanecer viável na forma de cisto no solo por vários anos, até que culturas hospedeiras estejam disponíveis novamente na área para o seu parasitismo. Segundo Asmus e Inomoto (2013), essa característica faz com que seja demandado maior tempo de rotação com culturas não hospedeiras para ter-se um efetivo impacto sobre a população do nematoide de cisto da soja.

A aveia branca (*Avena sativa*) tem sido recomendada para o cultivo em SPD (Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 2003) também por apresentar resistência aos nematoides das galhas (CARNEIRO et al., 2006; MACHADO et al., 2015; MORITZ et al., 2003). Recentemente, o Instituto Agrônômico do Paraná lançou a cultivar IPR Afrodite, que apresenta altos níveis de resistência a quatro espécies de nematoides de galhas (*M. incognita*, *M. javanica*, *M. paranaensis* e *M. enterolobii*) (RIEDE et al., 2015). Segundo Machado et al. (2015), outras cultivares também apresentam níveis de resistência, porém menores. Para *Meloidogyne* spp., as aveias pretas (*A. strigosa*) devem ser evitadas, por serem hospedeiras favoráveis da maioria das espécies. As cultivares IAPAR 61, Comum e Campeira Mor multiplicam *M. incognita* (ASMUS et al., 2005; MACHADO et al., 2015), enquanto para *M. javanica*, a cultivar IAPAR 61 apresenta FR em níveis elevados (12,35) (MACHADO et al., 2015).

Até o momento, as cultivares de aveia branca que têm sido desenvolvidas pelos programas de melhoramento no Brasil são suscetíveis a *P. brachyurus*, mesmo aquelas que apresentam resistência a *Meloidogyne*. Uma opção podem ser genótipos de aveia preta,

considerada a de maior relevância em áreas de ILP na região sul (NABINGER, 2006) e o azevém (*Lolium multiflorum*), pois encontram-se opções que apresentam resistência ao nematoide das lesões (CHIAMOLERA et al., 2012; INOMOTO et al., 2007).

A utilização do milheto em áreas infestadas por *Meloidogyne* spp. deve ser vista com cautela. Os resultados de Carneiro et al. (2007) mostram que o comportamento dos milhetos ADR 300 e ADR 500 é variável em relação às raças de *M. incognita*, sendo resistentes e suscetíveis, para as raças 1 e 3, respectivamente. Já em seu trabalho, Ribeiro et al. (2002) observaram que os cinco genótipos de milheto testados (híbridos 9938008 e 9938012; variedades CMS 03, CMS 01 e 9317484) se comportaram como resistentes tanto a *M. incognita* (raça 3), quanto a *M. javanica*.

A cultivar de milheto utilizada no manejo de áreas com *P. brachyurus* deve ser criteriosa. Lima et al. (2015) verificaram que a cultivar de milheto ADR 7010 no campo não correspondeu aos baixos FR encontrados por Borges (2009), em casa de vegetação, fato que sugere que, no campo, as condições podem ser ainda mais favoráveis para multiplicação desses patógenos. De acordo com resultados obtidos por Inomoto (2011), o milheto ADR 300 se mostrou como boa opção para manejo de *P. brachyurus*.

As braquiárias apresentam reação de suscetibilidade a *P. brachyurus* e o comportamento de outras espécies de forrageiras podem ser avaliado para o uso em áreas infestadas. As cultivares do gênero *Panicum* são amplamente utilizadas na formação de pastagens (ZIMMER, 2015), mas estudos mostram que elas possuem ainda maior capacidade de multiplicar *P. brachyurus* que as braquiárias (INOMOTO et al., 2007; QUEIRÓZ et al., 2014).

As gramas bermuda, ou estrela, pertencentes ao gênero *Cynodon*, se adaptam às diversas regiões e poderiam se enquadrar como alternativa de manejo. Ainda que escassas as informações nematológicas sobre cultivares de *Cynodon*, recentemente um estudo realizado em casa de vegetação mostrou que, entre as principais cultivares desse gênero, duas delas, Florakirk e Jiggs, apresentaram resistência a *P. brachyurus* (SILVA et al., 2015).

As cultivares sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) são relativamente ineficientes na multiplicação de *P. brachyurus*. Contudo, ao que tudo indica, a diversidade genética na espécie tem levado à observação de resultados incongruentes, sendo que o sorgo forrageiro e para silagem, apesar de pertencentes à mesma espécie, demonstram serem boas hospedeiras de *P. brachyurus*, e, portanto, devem ser evitadas em áreas infestadas (INOMOTO; ASMUS, 2010).

A sucessão de soja com adubos verdes pode reduzir significativamente o inóculo inicial do nematoide das lesões para o cultivo daquela cultura, quando comparada à convencional sucessão com o milho (VEDOVETO et al., 2013).

No caso de *P. brachyurus*, a utilização de crotalárias se restringe a poucas espécies. Machado et al. (2007) testaram 11 adubos verdes quanto à capacidade de hospedar *P. brachyurus* e dois deles, *Crotalaria spectabilis* e *C. breviflora*, poderiam ser usadas para reduzir as densidades populacionais do nematoide, enquanto que *C. juncea* deveria ser evitada. Resultado semelhante em relação a *C. juncea* foi obtido por Lima et al. (2015) e Santana-Gomes et al. (2014), que observaram que a sua utilização permite alta multiplicação desse nematoide na cultura da soja em sucessão. Ferrari et al (2016) concluíram que o consórcio de *C. ochroleuca* com milho é eficiente em reduzir a densidade de *P. brachyurus*. Apesar da suscetibilidade já verificada de *C. ochroleuca* a *P. brachyurus* (MACHADO et al., 2007), Ferrari et al. (2016) concluíram que o consórcio dessa cultura com o milho é capaz de reduzir a densidade de *P. brachyurus*, sendo a produtividade da soja em sucessão dependente do nível de suscetibilidade da cultivar. De acordo com Costa et al. (2014), entre as opções de plantas de cobertura, os resultados indicam que *C. spectabilis* é a que apresenta maior antagonismo a *P. brachyurus*.

2.1.3.3 Nematicidas

2.1.3.3.1 Controle químico

No início do século XX, as alternativas de nematicidas consistiam apenas em produtos fumigantes (bissulfeto de carbono e cloropicrina). Na década de 1930, surgiu o brometo de metila, que é um fumigante de classe toxicológica e ambiental I, e que, atualmente, tem a sua utilização exclusivamente feita por empresas habilitadas e credenciadas no MAPA para tratamentos quarentenários e fitossanitários que visam importação e exportação (Instrução Normativa Conjunta n.º 02, de 21/12/2015 e ATO N.º 74 de 22/12/2015).

Por volta de 1940, surgiram os primeiros nematicidas que permitiam aplicações no solo em extensas áreas, possuíam formulação líquida, como dibromocloropropano (DBCP), dicloropropanodichloropropeno/D-D e dibromoetileno/EDB. Na década de 1970 ficaram em evidência nematicidas não fumigantes e sistêmicos (do grupo dos organofosforados e carbamatos), mas que apresentavam alta toxicidade a mamíferos (FERRAZ; BROWN, 2016).

Até a década de 80, os nematicidas mais eficientes em testes comparativos para controle de nematoides na soja eram os fumigantes (KINLOCH, 1980). Principalmente nesses casos, a utilização adequada desses produtos deveria considerar a tecnologia de aplicação, fitotoxicidade e persistência dos ingredientes ativos e compostos utilizados. Ao longo dos anos, alguns desses nematicidas foram retirados do mercado, devido aos aspectos prejudiciais de toxicologia e periculosidade inerentes às moléculas químicas (KERRY, 1987).

As moléculas componentes dos nematicidas mais recentes são aplicadas nas modalidades via líquida no sulco de semeadura ou no tratamento de sementes. Pela praticidade de implementação, redução dos riscos de manipulação e avanços na tecnologia, o tratamento de sementes tem tido papel fundamental na produção agrícola sustentável (SHARMA, 2015).

De acordo com dados do Agrofit, são apenas 13 produtos químicos registrados como nematicidas, baseados em cinco moléculas (Quadro 1). Com a portaria do MAPA, publicada em 2015, que prevê prioridade no registro de produtos que controlem as principais pragas no Brasil, entre elas os nematoides, a tendência é que a liberação de novos registros seja agilizada.

O registro de nematicidas químicos é feito por cultura e alvo, fato que limita a recomendação técnica da utilização deles por profissionais legalmente habilitados. A lista de produtos cadastrados pode levar à falsa impressão de que existe boa disponibilidade de opções para o controle de nematoides. Entretanto, alguns deles não estão cadastrados no grupo de nematicidas e são apenas inseticidas que apresentaram ação nematicida, em caso específico para o qual o registro foi estendido. Em sistemas de rotação de culturas e adoção do SPD, essa questão é ainda mais relevante, considerando-se a maior diversidade de plantas utilizadas como plantas de cobertura. Culturas que sofrem menos danos com a presença de nematoides ou que possuem baixa expressividade em área cultivada possuem menor demanda do setor produtivo e, portanto, menor interesse de exploração comercial das empresas detentoras dos direitos.

Apesar da expressividade da cultura do milho, apenas dois nematicidas (Avicta 500 FS e Nimitz TS) são registrados para esta cultura e, exclusivamente, para o controle de *P. brachyurus*. Além disso, acontecem algumas outras situações: casos em que o produto possui registro para determinado alvo apenas na cultura do milho e para outro alvo para a da soja (Avicta); que não possuem registro para nenhum tipo de praga na cultura do milho (Rugby 100 SC e Rugby 200 SC); com registro para o milho mas não para o controle de nematoides (Pontiac 350 SC e Saddler 350 SC; Cropstar). Até o momento nenhum dos nematicidas possui extensão de registro para as espécies de braquiárias (AGROFIT, 2018).

Até 2016, os produtos para controle de *P. brachyurus* possuíam como ingredientes ativos a abamectina, imidacloprido (neonicotinoide) + tiodicarbe (metilcarbamato de

oxima) e cadusafós (organofosforado). Recentemente, foi obtido o registro de novo produto, à base de fluensulfona (AGROFIT, 2018).

Gonçalves et al. (2013) demonstraram a eficácia da abamectina no controle de *P. brachyurus* via tratamento de sementes em feijão. Em condições de campo, autores relataram que a aplicação de terbufós e carbofurano foram capazes de reduzir o nível da população desse nematoide no solo (OLIVEIRA et al., 1999). O fluensulfone se mostrou eficiente no controle de *Meloidogyne* spp. e *P. brachyurus* na cultura da soja (ALMEIDA et al., 2015; AMARO et al., 2015).

Outras moléculas, como fluopyran, fluazaindolizine e tioxazafen estão no escopo de empresas desenvolvedoras de nematicidas no país e os produtos formulados se encontram em fase de registro especial temporário (RET) para testes em pré-registro.

Fluopyran foi originalmente estudado quanto às suas características antifúngicas de amplo espectro (AVENOT; MICHAILIDES, 2010). Atualmente, nematicidas que possuem como ingrediente ativo o fluopyran, a exemplo o Verango[®], têm sido desenvolvidos, apresentando um perfil favorável de segurança ambiental em comparação às soluções químicas existentes (BAYER, 2014). Além disso, essa molécula demonstra ser capaz de reduzir a população de *P. brachyurus* em soja, além de não ocasionar fitotoxidez (VANZO et al., 2015). *In vitro*, fluopyram demonstrou ter efeito semelhante ao verificado para aldicarbe e para abamectina sobre juvenis de *M. incognita* e *Rotylenchulus reniformis*. Diferentemente de aldicarbe, fluopyran tem baixa translocação via xilema, o que indica que o contato direto sobre o nematoide é essencial para a efetivação do controle (FASKE; HURD, 2015).

Fluazaindolizine apresentou efeito direto sobre *P. brachyurus* em testes *in vitro* e promover a redução da penetração em soja, em casa de vegetação (MATTOS et al., 2018). Além disso, foram observadas, em campo, reduções de 60% da população de *P. zae* em cana (Silva et al., 2018), de *M. incognita* na soja (PILAR et al., 2018) e de 70% da população de *M. javanica* em tomate (FERREIRA et al., 2018).

Uzuele (2016) observou controle significativo exercido por Tioxazafen para as espécies *Heterodera glycines*, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *P. brachyurus* e *P. zae*, nas culturas da soja, milho e algodão. Ao mesmo tempo esse ingrediente ativo não prejudicou o desenvolvimento vegetativo das culturas e não causou efeitos visuais de fitotoxicidade.

O aspecto econômico do uso de nematicidas é limitante, principalmente em culturas com menor rendimento econômico por área, como a soja. Além de ter custo relativamente alto, a eficiência dos nematicidas químicos pode ser variável de acordo com a cultura, população e espécie de nematoide, momento e método de aplicação (NOVARETTI; REIS, 2009), o que dificulta as estimativas de ganho com o tratamento. Além disso, ainda que haja o controle, a

aplicação dessas moléculas pode não ser suficiente para repercutir em melhor desenvolvimento da planta (BORTOLINI, 2013). Por outro lado, mesmo que o controle não seja significativamente vantajoso para uma determinada safra, é possível que o mesmo se faça necessário para manter o inóculo inicial em níveis mais toleráveis para culturas em safras que se sucedem.

O uso de nematicidas químicos utilizados em tratamento de sementes e sulco de semeadura tem seus efeitos pronunciados na fase inicial de desenvolvimento das culturas, garantindo melhor formação de stand e determinação de componentes produtivos. Dinardo-Miranda et al. (2006) observaram efeitos residuais de nematicidas sobre populações de *P. zae* até cerca de cinco meses após a aplicação em cana. É importante considerar que, desta forma, a aplicação é localizada, bem como a tendência de seus efeitos de controle. Entretanto, produtos químicos podem ter o tempo de degradação dependente das condições ambientais presentes, tais como índices pluviométricos e, principalmente, a temperatura do solo (HAYDOCK et al., 2012).

Um dos desafios no desenvolvimento de novos produtos químicos, principalmente para o tratamento de sementes, é compatibilizar essas moléculas com outros microorganismos inseridos na mesma semente com finalidades distintas, desde inoculantes agrícolas até mesmo fungicidas ou nematicidas biológicos.

Outros efeitos também podem ser atribuídos às moléculas presentes nos nematicidas, como alterações morfofisiológicas no desenvolvimento do vegetal, que, em alguns casos, podem ser vantajosos, em outros prejudiciais. Baggio et al. (2016) observaram que Avicta (abamectina) em associação com Grafinat (*Paecilomyces* sp. + *Arthrobotrys* sp. + *Trichoderma* sp.) aumenta a inserção da primeira vagem na soja, o que pode reduzir as perdas de grãos no momento da colheita.

Entre os fatores negativos atribuídos aos produtos de base química, está o potencial ecotoxicológico dos mesmos. Recentemente, estudos têm sido direcionados para nematicidas que possuam ingredientes ativos que são ecologicamente mais favoráveis, como óleos essenciais, que devem estar disponíveis no mercado em um futuro próximo (ANDRÉS, 2012). Extratos vegetais à base de nim têm sido estudados quanto ao efeito sobre populações de *P. brachyurus* (EGUNJOBI; AFOLAMI, 1976). Neste sentido, Calvet et al. (2001) observaram que compostos químicos naturais, como p-anisaldehyde e cinnamaldehyde, causaram mortalidade acima de 50% em *P. brachyurus*.

Segundo Onifade (2007), a diferença entre o potencial nematicida de produtos naturais e químicos pode ser explicada considerando-se a composição química global desses produtos. Isso demonstra a necessidade de identificação bioquímica e extração do ingrediente ativo desses compostos. O isolamento de metabólitos produzidos por organismos antagonistas aos nematoides também tem sido proposto (ENGELBRECHT et al., 2018).

Os novos nematicidas no mercado têm apresentado considerável capacidade de controlar os principais nematoides de importância agrícola no Brasil. Diante das dificuldades de se controlar *P. brachyurus*, essa pode ser uma alternativa para compor o manejo integrado em áreas infestadas. Contudo, a resistência dos patógenos, a poluição ambiental e o custo de nematicidas químicos tende a impulsionar novas alternativas de controle (CHELINHO et al., 2017; NAWAZ; MABUBU; HUA, 2016; TIAN et al., 2007).

Quadro 1 - Dados do registro de nematicidas químicos no Brasil, 2018.

Princípio ativo	Nome comercial	Titular de registro	Organismo alvo	Ano de registro
Abamectina	Abamex	Nufarm Indústria Química e Farmacêutica S. A	<i>M. incognita</i> , <i>H. glycines</i>	2009
Abamectina	Avicta 500 FS	Syngenta Proteção de Cultivos	<i>M. incognita</i> , <i>P. brachyurus</i>	2010
Abamectina	Martins 400 WG	Cropchem Ltda.	<i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2017
Cadusafós	Rugby	FMC Química do Brasil Ltda.	<i>M. incognita</i>	2014
Cadusafós	Rugby 100 GR	FMC Química do Brasil Ltda.	<i>M. javanica</i>	2014
Cadusafós	Rugby 200 CS	FMC Química do Brasil Ltda.	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2014
Tiodicarbe	Pontiac 350 SC	Rotam do Brasil Agroquímica e Produtos Agrícolas Ltda.	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2010
Tiodicarbe	Saddler 350 SC	Rotam do Brasil Agroquímica e Produtos Agrícolas Ltda.	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2016
Imidacloprido+ Tiodicarbe	Cropstar	Bayer S. A.	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2006
Fluensulfone	Blindado	Adama Brasil S. A	<i>H. glycines</i> , <i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2018
Fluensulfone	Nimitz TS	Adama Brasil S. A	<i>H. glycines</i> , <i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2018
Fluensulfone	Nimitz EC	Adama Brasil S. A	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2018
Fluensulfone	Legado	Adama Brasil S. A	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2018

Fonte: adaptado de AGROFIT.

2.1.3.3.2 Controle biológico

O controle biológico de nematoides é um conceito amplo que engloba o uso de inimigos naturais, ou manipulação do ambiente, adotados para reduzir os danos causados por fitonematoides através da regulação populacional dos mesmos ou pela redução da sua capacidade de causar dano (BAKER; COOK, 1974). Enquanto isso, os agentes de biocontrole podem ser definidos como organismos vivos ou moléculas bioativas (metabólitos) produzidos por eles, que apresentem atividade nematicida (ENGELBRECHT et al., 2018).

A rizosfera corresponde à região de vida dos nematoides fitopatogênicos e, portanto, é o local onde provavelmente serão encontrados os parasitas obrigatórios correspondentes (KERRY, 2000). Os mecanismos que podem estar envolvidos nessa relação são: antibiose, lise, predação, parasitismo e competição (STIRLING, 2011).

Os produtos biológicos são enquadrados nas classes toxicológicas e de periculosidade ambiental menos restritivas perante os órgãos nacionais competentes. Estudos apontam para o fato de que a adição de um microorganismo de solo numa área tem baixo impacto sobre a comunidade presente (SHADE et al., 2012). Contudo, deve ser considerada sempre a análise de risco no uso de microorganismos, principalmente as bactérias gram-positivas, que possuem maior frequência entre aquelas patogênicas aos seres humanos (BERG et al., 2005, DRUZHININA et al., 2011).

Devido a essas características, a demanda da sociedade por uma agricultura mais sustentável e saudável tem fomentado o desenvolvimento de produtos fitossanitários com base no controle biológico ou alternativo (FERRAZ; SANTOS, 1995; MOOSAVI; ZARE, 2012). Os produtos biológicos são ainda registrados para o organismo alvo e isso se constitui em outra vantagem em relação aos químicos, pois permite maior adoção nos planos de manejo.

Apesar dos primeiros relatos de microorganismos parasitando nematoides datarem de 1888, de *Arthrobotrys oligospora* observado por Zopf (GRAY, 1988), no Brasil, os primeiros trabalhos avaliando agentes de biocontrole foram feitos por Alcântara e Azevedo (1981), a partir do isolamento de fungos parasitas de nematoides. As pesquisas e as soluções disponíveis no controle biológico possuem foco no uso de fungos (FERRAZ; SANTOS, 1995) e bactérias (CAMPOS et al., 1998) como agentes de biocontrole.

Os fungos se destacam entre os microorganismos que possuem mecanismos de biocontrole de nematoides, sendo que os gêneros mais promissores são *Paecilomyces* (*Purpureocillium*), *Verticillium*, *Hirsutella*, *Nematophthora*, *Arthrobotrys*, *Drechmeria*,

Fusarium e *Monacrosporium* (SIDDIQUI; MAHMOOD, 1996). Recentemente estudos também têm verificado o potencial de *Trichoderma harzianum* (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2013) e *Pochonia chlamydosporia* (FERNANDES et al., 2014; KERRY, 2001) como agentes de biocontrole de nematoides.

Segundo Machado et al. (2012), as principais bactérias com potencial no controle de nematoides são as que colonizam internamente os tecidos das plantas (endofíticas), como *Bacillus* spp. e *Pseudomonas* spp., e as parasitas obrigatórias de nematoides, como espécies de *Pasteuria*. Algumas dessas bactérias possuem grande potencial no controle de nematoides e têm sido estudadas com frequência, como *Bacillus* e *Pasteuria* (GONZAGA; SANTOS, 2009; WILSON; JACKSON, 2013).

De acordo com dados do Agrofit (2018), os nematicidas biológicos registrados para uso no Brasil possuem como princípio ativo oito microorganismos (apenas dois deles fungos) e suas combinações, que possuem *M. incognita*, *M. javanica*, *P. brachyurus* ou *H. glycines* como organismos-alvo.

O primeiro nematicida microbiológico registrado no país foi o Nemat, à base do fungo *Purpureocillium* (= *Paecilomyces*) *lilacinum*, que inicialmente foi registrado para o controle de meloidoginoses e, mais recentemente, teve seu espectro de atuação ampliado para *P. brachyurus*. Rousidou et al. (2013) observaram que o produto de nome comercial BIOACT[®] (*P. lilacinus*, estirpe 251) poderia promover o aumento de microorganismos copiotróficos no solo, ou seja, aqueles adaptados à alta taxa de substrato. Entretanto, tal produto ainda não se encontra com registro liberado para o Brasil.

O potencial de *Pochonia chlamydosporia* foi explorado no desenvolvimento de nematicidas nos últimos anos (NEVES et al., 2009). Isso culminou no segundo nematicida biológico a obter registro no Brasil, Rizotec, para o controle de *M. javanica*.

Desta forma, até 2016, Nemat e Rizotec eram os únicos nematicidas biológicos disponíveis no mercado nacional (BALLAGRO; SBN). Contudo, à época, ambos eram apenas registrados para o controle de nematoides das galhas, *Meloidogyne* spp., excluindo-se *P. brachyurus*.

Novos produtos biológicos que devem estar disponíveis no mercado nos próximos anos possuem como base o uso de fungos do gênero *Trichoderma* (*T. harzianum* e *T. asperellum*) e *Arthrobotrys*. Os mecanismos envolvidos na ação de *T. harzianum* sobre os nematoides seriam através de metabólitos produzidos pelo fungo e pelo parasitismo direto pelo antagonista (SHARON et al., 2001). Neste caso, além da capacidade de parasitar ovos de *Meloidogyne*, a resistência sistêmica induzida nas plantas estaria entre os principais

mecanismos de supressão de nematoides (SAHEBANI; HADAVI, 2008). A ação de *Arthrobotrys* sp. envolve a capacidade de aprisionar os nematoides, criando uma rede adesiva ao seu hospedeiro (NIU; ZHANG, 2011).

Recentemente, nematicidas à base de rizobactérias foram disponibilizados no mercado nacional, sendo produtos constituídos pelos gêneros *Bacillus* e *Pasteuria*, que são os gêneros dominantes de bactérias nematófagas do solo (LI et al., 2015; TIAN et al., 2007), o que facilita a prospecção de cepas efetivas. Neste contexto, *Bacillus* sp. se destaca por, além de promover o crescimento vegetal, ainda produzir endósporos altamente resistentes e uma infinidade de metabólitos secundários que podem ter efeito sobre nematoides (ENGELBRECHT et al., 2018).

Em testes para observar a redução da eclosão de *M. javanica* em testes *in vitro*, cepas de *Bacillus* (74%) têm se sobressaído a *Pseudomonas* (54,77%) (TURATTO et al., 2017). Outro estudo avaliou o efeito de 662 cepas de rizobactérias promotoras de crescimento sobre a mortalidade de nematoides e *Bacillus* sp. foi o que teve efeitos mais significativos (XIANG et al., 2017). Entre as cepas, *B. firmus* é a que possui maior representatividade em número de produtos registrados no Brasil (Agrofit, 2018) e em formulações produzidas no mundo (ENGELBRECHT et al., 2018).

A bactéria *B. firmus* se mostra promissora no controle de *P. brachyurus* pela sua capacidade de proteger as raízes e de promover a redução da população do nematoide em soja (RIBEIRO et al., 2015). Apesar disso, formulações dessa bactéria foram inicialmente desenvolvidas sem abranger o alvo *P. brachyurus* (TEREFE et al., 2008), sendo comercializadas pela AgroGreen que, em 2009, teve a exploração comercial do nematicida adquirida pela multinacional Bayer Crop Sciences. Atualmente, esta empresa comercializa os produtos formulados de nomes comerciais Votivo[®], para o controle de *P. brachyurus* na cultura da soja, via tratamento de sementes, e Nortica[®], em outros países, para aplicação em drench para controle de nematoides em gramados (WILSON; JACKSON, 2013).

Em relação a *B. firmus*, alguns mecanismos de ação podem estar envolvidos simultaneamente no controle de nematoides. Segundo Keren-zur et al. (2000), *B. firmus* agiria colonizando ovos de nematoides. Freitas (2001) afirma que espécies de *Bacillus* spp. seriam capazes de desorientar os nematoides no solo através da decomposição de exsudatos radiculares, comprometendo, assim, o estímulo quimiotrópico da planta hospedeira. Ao mesmo tempo, sugere-se que metabólitos secundários produzidos por *B. firmus* teriam efeito direto de toxicidade sobre nematoides, causando paralisia e aumento na taxa de mortalidade dos mesmos (MENDOZA et al., 2008).

Nas décadas passadas, a expectativa era que a efetividade do controle biológico de nematoides não se igualasse ao controle químico (FERRAZ; SANTOS, 1995). Contudo, atualmente, os resultados têm indicado boa competitividade de microrganismos frente às moléculas químicas e a antiga percepção tem se alterado. Por exemplo, Morgado et al. (2015) observaram que *B. subtilis* pode ser equivalente ao carbofurano no controle de *M. incognita*, *M. javanica* e *P. zaeae* em cana de açúcar. Zhou et al. (2016), comparando cepas de *B. methylotrophicus* e *Lysobacter antibioticus* com produtos químicos (carbofurano e abamectina), observaram maior eficácia das bactérias na redução da incidência de doença causada por *M. incognita*.

Após a inoculação, a eficácia do controle desses nematicidas biológicos se reduz com o passar do tempo, sendo essa queda dependente do microrganismo utilizado (WEI et al., 2014) e da relação agente de controle x ambiente. Para aumentar a eficiência de controle com microrganismos antagonistas, os produtos comerciais têm sido formulados com a presença de mais de um agente de biocontrole (LAMOVSĚK et al., 2013). Isto se observa como estratégia da FMC Química do Brasil Ltda, pelo registro de nematicidas constituídos pela combinação de *Bacillus licheniformis* + *B. subtilis*.

Apesar dos avanços no desenvolvimento de produtos biológicos para controle de nematoides, um grande entrave é a adequação das formulações às condições as quais são submetidos os agentes de controle, como temperatura, tipo de solo, restos de cultura, matéria orgânica, entre outros. A eficiência do controle pode ser comprometida se condições favoráveis para o desenvolvimento do microrganismo não sejam satisfeitas, como a cobertura vegetal do solo, por exemplo (MACHADO et al., 2016). Isto porque recomenda-se que a aplicação de microrganismos de biocontrole seja preferencialmente na cultura de cobertura, quando os níveis de umidade são mais favoráveis (SILVA, 2015).

Portanto, é provável que a sobrevivência e atividade desses organismos sejam alteradas de acordo com o manejo cultural, culturas utilizadas, sazonalidade da safra em que são aplicados, e, principalmente, se o sistema é constituído de práticas conservacionistas (plantio direto, rotação de culturas, consorciação) ou por cultivos convencionais. Neste contexto, organismos antagônicos que obtenham sucesso na colonização dos solos e que consigam permanecer viáveis na rizosfera tendem a ser mais eficazes a longo prazo (COLLANGE et al., 2011).

Quadro 2 - Dados do registro de nematicidas biológicos no Brasil, em 2018.

Princípio ativo	Nome comercial	Titular de registro	Organismo alvo	Ano de registro
<i>Purpureocillium</i> (= <i>Paecilomyces</i>) <i>lilacinus</i>	Nemat	Balagro Agro Tecnologia Ltda.	<i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2013
<i>Pochonia</i> <i>chlamydosporia</i>	Rizotec	Rizoflora Biotecnologia S. A.	<i>M. javanica</i>	2016
<i>Bacillus firmus</i>	Votivo	Bayer S. A	<i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2017
<i>Bacillus firmus</i>	Votivo Prime	Bayer S. A	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2017
<i>Bacillus firmus</i>	Andril	Bayer S. A	<i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2017
<i>Bacillus firmus</i>	Andril Prime	Bayer S. A	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2017
<i>Bacillus firmus</i>	Oleage	Bayer S. A	<i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2017
<i>Bacillus firmus</i>	Oleage Prime	Bayer S. A	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2017
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Nemacontrol	Simbiose Ind. e Com. de Fert. e Insumos Microbiológicos Ltda.	<i>P. brachyurus</i>	2018
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	PFC-control	Simbiose Ind. e Com. de Fert. e Insumos Microbiológicos Ltda.	<i>P. brachyurus</i>	2018
<i>Bacillus methilotrophicus</i>	Onix	Laboratório de Biocontrole Farroupilha Ltda.	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2018
<i>Bacillus methilotrophicus</i>	Onix OG	Laboratório de Biocontrole Farroupilha Ltda.	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2018
<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>B. subtilis</i>	Presence	FMC Química do Brasil Ltda.	<i>M. incognita</i> , <i>P. brachyurus</i>	2017
<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>B. subtilis</i>	Quartzo	FMC Química do Brasil Ltda.	<i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2017
<i>Bacillus subtilis</i>	Rizos	Laboratório de Biocontrole Farroupilha Ltda.	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2018
<i>Bacillus subtilis</i>	Rizos OG	Laboratório de Biocontrole Farroupilha Ltda.	<i>M. javanica</i> , <i>P. brachyurus</i>	2018
<i>Pasteuria nishizawae</i>	Clariva PN	Syngenta Proteção de Cultivos	<i>H. glycines</i>	2017

Fonte: adaptado de AGROFIT.

3 OCORRÊNCIA E DENSIDADE POPULACIONAL DE NEMATOIDES FITOPARASITAS NA SOJA EM SUCESSÃO AO MILHO OU BRAQUIÁRIA SOLTEIROS E AO CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA

3.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto do consórcio milho-braquiária e os respectivos cultivos solteiros na comunidade de nematoides fitoparasitas presentes na soja em sucessão de culturas. Para isto, foram selecionados 10 locais que apresentavam lavouras com o cultivo da soja em sucessão ao consórcio milho-braquiária e áreas próximas nas quais se praticava o cultivo solteiro de milho ou braquiária. Foram efetuadas coletas de amostras de solo e raízes na cultura da soja com as quais procederam-se as análises nematológica, química e de textura de solo. Os resultados mostraram que *Pratylenchus brachyurus* foi o nematoide encontrado com maior frequência nas amostras de raízes. A representatividade deste nematoide foi maior na presença do consórcio milho-braquiária. Houve correlação negativa entre a população de *P. brachyurus* nas raízes e o teor de carbono e silte no solo. Diante das informações coletadas, sugere-se que a inserção da braquiária em consorciação com o milho esteja favorecendo a população de *P. brachyurus* nos locais estudados.

Palavras-chave: *Glycine max.* *Urochloa ruziziensis.* *Zea mays.* Consorciação de plantas. *Pratylenchus brachyurus*

3.2 ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the impact of corn-ruzigrass consortium and the respective single crops in the phytoparasite nematodes community present in soybean cropped succession. For that, 10 crop-sites with soybean cultivation in succession to the corn-brachiaria consortium and nearby areas where single corn or brachiaria cultivation is practiced were selected. Soil samples and roots were collected in the soybean crop in which the nematological, chemical analysis and soil texture analysis were carried out. The results showed that *Pratylenchus brachyurus* was the most frequently found nematode in the root samples. The representativity of this nematode was higher in the presence of corn-ruzigrass consortium. There was negative correlation between *P. brachyurus* population in the roots and soil carbon and silt content. Considering the information collected, it is suggested that the insertion of brachiaria in consortium with corn is favoring the population of *P. brachyurus* in the studied sites.

Key words: *Glycine max.* *Urochloa ruziziensis.* *Zea mays.* Intercropped plants. *Pratylenchus brachyurus*

3.3 INTRODUÇÃO

Áreas com cultivos anuais apresentam menor diversidade de espécies de nematoides em comparação com áreas nativas (NORTON; NILBACK, 1991). A agricultura favorece nematoides que conseguem se adaptar a ambientes que são sujeitos a frequentes alterações (GOULART; MONTEIRO; FERRAZ, 2003). Alguns desses nematoides são parasitas de plantas e estão entre os principais patógenos da cultura da soja, que, além de ser a principal cultura no Brasil, é uma das que mais sofre danos em decorrência do ataque desses patógenos (LOBO et al., 2017).

Os principais nematoides de importância agrícola no mundo são os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.), os nematoides das lesões radiculares (*Pratylenchus* spp.) e os nematoides de cisto (*Heterodera* spp. e *Globodera* spp.) (JONES et al., 2013; SASSER; FRECKMAN, 1987). No Brasil, de acordo com uma portaria publicada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2015), as espécies *M. incognita*, *M. javanica*, *P. brachyurus* e *H. glycines* são as mais prejudiciais. A distribuição desses nematoides é variável entre as principais regiões agrícolas do Brasil e são escassos os levantamentos recentes em áreas nas quais se cultiva soja.

Até o início dos anos 2000, *Meloidogyne* spp. e *H. glycines* eram considerados os mais relevantes na cultura da soja no Brasil e isso fez com que, em alguns casos, somente estes nematoides recebessem atenção (FRANZENER et al., 2005). Em levantamento realizado na cultura da soja no Oeste do Estado do Paraná, os resultados indicaram a presença de *Meloidogyne* spp. em aproximadamente 50% das amostras (ROESE et al., 2001). No Rio Grande do Sul, um estudo sobre a distribuição de *H. glycines* indicou 72 propriedades infestadas, de um total de 665 amostradas (BONATO et al., 2002). Outro estudo, para o mesmo Estado, constatou que 65% das amostras apresentavam *Meloidogyne* spp., 100% *Helicotylenchus* spp. e 10% *Pratylenchus* spp. (KIRSCH et al., 2016).

No cerrado, Goulart et al. (2003) verificaram que, em áreas cultivadas, *Helicotylenchus* e *Pratylenchus* foram os gêneros que ocorreram de forma mais abundante em relação às áreas nativas. Em genótipos de soja no Estado do Acre, Sharma et al. (2002) confirmaram essa tendência para *Helicotylenchus* spp. e *Pratylenchus* spp., sendo que *Meloidogyne* sp. estava presente em 4% das amostras e não foram detectados espécimes de *H. glycines*. Em lavouras de soja no Mato Grosso do Sul, um estudo mostrou que o gênero *Pratylenchus* foi o que ocorreu em maiores populações (PEREIRA et al., 2015).

O principal esquema de sucessão de plantas utilizado no Brasil é o cultivo do milho seguido da soja no sistema de plantio direto. Neste cenário, observa-se que, na cultura do milho, tanto *Meloidogyne* spp. quanto *P. brachyurus* são capazes de se multiplicar ao longo do tempo, especialmente *P. brachyurus*, uma vez que não estão disponíveis cultivares de soja ou milho resistentes. Sabe-se que, uma vez utilizadas cultivares de milho suscetíveis, a tendência é que ocorra o aumento do inóculo para a soja em sucessão (SANTANA-GOMES et al., 2014).

Regiões do centro-oeste e sudeste do Brasil e norte do Paraná são consideradas aptas para a consorciação do milho de segunda safra com a braquiária (LANDAU, 2013) e essa prática tem sido recomendada pelos diversos benefícios inerentes à incorporação da braquiária ao sistema (CECCON, 2013). As braquiárias não são boas hospedeiras para *Meloidogyne* spp. e *H. glycines* (BRITO; FERRAZ, 1987; DIAS-ARIEIRA et al., 2002; DIAS-ARIEIRA et al., 2003; CARNEIRO et al., 2006), mas as principais espécies do gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) são hospedeiras de *P. brachyurus* (DIAS-ARIEIRA; FERRAZ; RIBEIRO, 2009; INOMOTO; MACHADO; ANTEDOMÊNICO, 2007; MACHADO et al., 2007).

Estudos realizados por Valocká et al. (2001) indicaram maior riqueza de gêneros em cultivos anuais do que em pastagens nativas, mostrando a capacidade dessas espécies vegetais em selecionar determinados grupos de nematoides. Segundo Seinhorst (1970), a alteração das plantas cultivadas é a prática que possui maior impacto na comunidade de nematoides no solo. Assim, a introdução da braquiária em consorciação com o milho poderia alterar o nível populacional de nematoides na área ou até mesmo a frequência com que cada espécie é encontrada nas amostras. A braquiária acrescenta volume radicular ao sistema e, após a colheita do milho, ela permanece como planta de cobertura para o sistema de plantio direto (SPD), que poderia favorecer a sobrevivência de nematoides na área, bem como promover o aumento de sua densidade populacional.

O potencial dos nematoides em causar danos nas culturas está condicionado à relação planta/patógeno, à presença dos mesmos na área e à sua densidade populacional. É essencial conhecer as espécies de nematoides presentes na área para que se conheça o risco com os cultivos utilizados. Portanto, são necessárias informações sobre a presença de nematoides em áreas de soja em sucessão ao consórcio milho-braquiária, bem como sobre possíveis alterações das populações de nematoides submetidas a este manejo. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a ocorrência e densidade populacional de fitonematoides

na cultura da soja em sucessão a sistemas com milho e braquiária solteiros e ao consórcio milho-braquiária.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas 10 lavouras nas quais era realizado o cultivo do milho safrinha consorciado com a braquiária e, para cada uma delas, outra propriedade ou talhão vizinho no qual era realizado apenas o cultivo do milho solteiro de segunda safra ou braquiária solteira, totalizando 20 áreas (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Local e característica das áreas de coleta das amostras.

Local	Cidade-Estado	Sistema de sucessão
1	Cambé – PR	Milho/Soja
	Cambé – PR	Consórcio/Soja
2	Cambé – PR	Milho/Soja
	Cambé – PR	Consórcio/Soja
3	Cambé – PR	Milho/Soja
	Cambé – PR	Consórcio/Soja
4	Distrito Maravilha - PR	Milho/Soja
	Distrito Maravilha - PR	Consórcio/Soja
5	Ibiporã – PR	Milho/Soja
	Ibiporã – PR	Consórcio/Soja
6	Londrina – PR	Milho/Soja
	Londrina – PR	Consórcio/Soja
7	Mundo Novo – MS	Milho/Soja
	Mundo Novo – MS	Consórcio/Soja
8	Alvorada do Sul - PR	Milho/Soja
	Alvorada do Sul - PR	Consórcio/Soja
9	Jaguapitã - PR	Braquiária/Soja
	Jaguapitã - PR	Consórcio/Soja
10	Cafeara - PR	Milho/Soja
	Cafeara - PR	Consórcio/Soja

Fonte: o próprio autor.

Durante a safra 2017/2018 da soja em sucessão, após o florescimento (R1-Rn), foram coletadas quatro amostras na camada de 0-25 cm em cada lavoura para cada um dos sistemas utilizados (milho/braquiária solteira ou consórcio milho-braquiária). Cada

amostra representou uma repetição, totalizando 80 unidades amostrais. As amostras consistiram de aproximadamente 500 g de solo e 20 g de raízes e, após coletadas, foram mantidas em câmara fria a 9 °C no Laboratório de Nematologia do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Londrina, PR.

A partir do material coletado, foram realizadas extrações dos nematoides das raízes e do solo. Para a extração das raízes, a metodologia consistiu inicialmente na lavagem das amostras, seguida de pesagem das raízes para determinação da massa fresca de raiz (MFR). Em seguida, as raízes foram submetidas ao processamento em liquidificador com a utilização de água, por 45 segundos, e, posteriormente, à passagem da suspensão em conjunto de peneiras sobrepostas de 230 e 500 mesh, seguindo-se a metodologia descrita por Boneti e Ferraz (1981). Após, os nematoides presentes na suspensão assim obtida eram identificados e quantificados em câmara de Peters, sob microscópio de luz, obtendo-se o número de nematoides por grama de raiz (nema/g).

Para extração dos nematoides do solo, foi utilizada a metodologia adaptada de Baermann (MACHADO; SILVA, 2018). Para tal, 50 cm³ de solo foram depositados sobre papel filtro sobreposto em malha de aço inox repousado em funil contendo cloreto de cálcio 0,025 M. Na base inferior do funil, um tubo coletor foi inserido sendo que, após 48 h, este era retirado e submetido à temperatura de 60 °C por 5 minutos, adicionando-se subsequentemente solução de trietanolamina e formalina (TAF) (suspensão e solução na proporção 1:1 v/v) para fixação e preservação das amostras. A partir da contagem do material, também em câmara de Peters, foi obtido o número de nematoides por cm³ de solo. Para todos os casos foi realizada exclusivamente a contagem dos nematoides fitoparasitas utilizando-se as informações disponibilizadas em chaves de identificação, a partir do sistema de classificação proposto por DeLey e Blaxter (2002).

Foram calculadas as variáveis de abundância relativas das espécies, frequência dos nematoides nas lavouras e densidades populacionais na raiz e no solo. Para cada área amostrada foi realizada, também, análise química e de textura de solo de amostras compostas a partir de quatro sub-amostras (repetições) de cada lavoura e feita a comparação das médias gerais entre áreas sem e com consórcio milho-braquiária. A composição dos grupos alimentares e o índice de distúrbio ambiental foram obtidos pela análise dos dados no software Nematode Indicator Joint Analysis (NINJA).

A análise estatística consistiu na comparação das médias das variáveis nematológicas e das análises de solo entre os grupos sem e com consórcio milho-braquiária pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney, a 5% de significância. Foi feita a correlação de

Spearman entre os dados da análise nematológica e da análise química e textura de solo. Para todas as análises foi utilizado o software estatístico Graphpad Prism 7.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pratylenchus brachyurus foi o nematoide prevalente nas amostras de raízes de soja, representando 64,15% da média total de espécimes de nematoides encontrados e 56,57% e 71,73% nas áreas sem consórcio e com consórcio, respectivamente (Tabela 3.2). Quando se compara o sistema para cada local, é possível observar que em 70% deles nas áreas com consórcio milho-braquiária *P. brachyurus* apresentou maior importância no conjunto de nematoides nas amostras. Destaca-se que a predominância de *P. brachyurus* na área com cultivo da braquiária solteira também ocorreu em relação ao consórcio milho-braquiária (local 9), demonstrando que a inserção da braquiária seleciona a população de *P. brachyurus*.

Ainda nas amostras de raízes, verifica-se que *Helicotylenchus dihystera* é o segundo maior representante dos fitonematoides, seguido de *Scutellonema brachyurus*, *Rotylenchulus reniformis* e *Meloidogyne* sp. (Tabela 3.2).

De acordo com os resultados das amostras de solo (Tabela 3.3), *H. dihystera* foi o nematoide prevalente e, de modo geral, *S. brachyurus* e *R. reniformis* também apresentaram maior importância no cômputo do total de nematoides em relação ao observado nas amostras de raízes. Assim, no solo, *P. brachyurus* apresentou menor abundância, mas, assim como nas amostras de raízes, em 60% dos locais no sistema com consórcio milho-braquiária a frequência deste nematoide foi maior em relação ao cultivo solteiro.

A partir da análise da frequência de ocorrência dos nematoides nas amostras de raízes (Figura 3.1), observa-se que *P. brachyurus* e *H. dihystera* foram os nematoides que apresentaram a maior frequência nas áreas avaliadas, sendo encontrados em 100% delas, tanto para o sistema sem quanto com consórcio milho-braquiária. São resultados esperados para *P. brachyurus*, que possui a capacidade de parasitar todas as espécies de plantas cultivadas em ambos os sistemas avaliados. A frequência de *H. dihystera* verificada neste estudo está acima da relatada em áreas de soja no Paraná (BAIDA et al., 2015) e, ao que tudo indica, a braquiária não parece impactar a população deste nematoide. Entretanto, soja e milho são suscetíveis a esse nematoide (AMARO et al., 2016; MACHADO; AMARO; SILVA, 2017).

Tabela 3.2 - Abundância relativa (%) de nematoides em raízes de soja, após o florescimento, de acordo com o sistema de cultivo antecessor.

Local	Sistema ¹	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	<i>Helicotylenchus dihystera</i>	<i>Scutellonema brachyurus</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>Meloidogyne</i> sp.
1	sem	36,63	24,75	37,62	0,99	0,00
	com	90,73	9,27	0,00	0,00	0,00
2	sem	33,33	44,44	22,22	0,00	0,00
	com	90,20	9,80	0,00	0,00	0,00
3	sem	43,24	27,57	29,19	0,00	0,00
	com	69,77	23,26	6,98	0,00	0,00
4	sem	60,31	35,88	2,29	1,53	0,00
	com	48,04	51,96	0,00	0,00	0,00
5	sem	62,50	36,36	0,00	0,00	1,14
	com	70,59	28,43	0,98	0,00	0,00
6	sem	41,67	20,04	37,77	0,53	0,00
	com	70,04	28,88	1,08	0,00	0,00
7	sem	30,04	4,24	0,00	0,71	65,02
	com	73,75	9,71	0,00	0,00	16,54
8	sem	88,16	4,39	0,00	7,46	0,00
	com	45,22	8,70	41,74	4,35	0,00
9	sem	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	com	86,78	13,22	0,00	0,00	0,00
10	sem	69,77	27,91	0,00	0,00	2,33
	com	72,13	16,39	0,00	0,00	11,48

¹sem = sem consórcio milho-braquiária; com = com consórcio milho-braquiária.

Fonte: o próprio autor.

Tabela 3.3 - Abundância relativa (%) de nematoides em amostras de solo de áreas de cultivo de soja, após o florescimento, de acordo com o sistema de cultivo antecessor.

Local	Sistema ¹	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	<i>Helicotylenchus dihystra</i>	<i>Scutellonema brachyurus</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>Meloidogyne</i> sp.
1	sem	1,28	34,04	55,74	8,94	0,00
	com	9,15	89,02	1,22	0,61	0,00
2	sem	2,38	64,29	29,76	3,57	0,00
	com	9,09	67,27	9,09	14,55	0,00
3	sem	2,30	31,90	60,06	5,75	0,00
	com	14,89	70,92	12,77	1,42	0,00
4	sem	7,81	54,69	7,03	30,47	0,00
	com	2,06	43,62	4,94	49,38	0,00
5	sem	9,24	78,99	0,00	11,76	0,00
	com	4,35	66,67	21,74	7,25	0,00
6	sem	1,89	29,25	33,49	35,38	0,00
	com	3,64	94,18	1,45	0,73	0,00
7	sem	8,93	26,79	0,00	10,12	54,17
	com	25,97	45,45	0,00	20,78	7,79
8	sem	12,50	9,01	0,00	78,49	0,00
	com	6,31	2,34	26,87	64,49	0,00
9	sem	10,00	90,00	0,00	0,00	0,00
	com	13,48	86,52	0,00	0,00	0,00
10	sem	16,10	83,90	0,00	0,00	0,00
	com	25,00	75,00	0,00	0,00	0,00

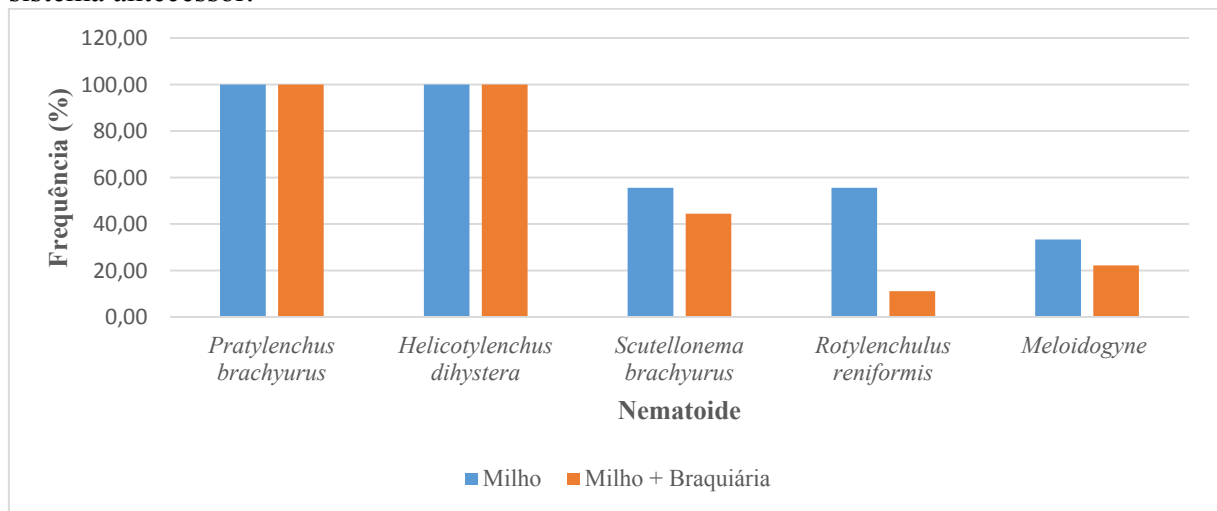
¹sem = sem consórcio milho-braquiária; com = com consórcio milho-braquiária.

Fonte: o próprio autor.

Scutellonema brachyurus, *R. reniformis* e *Meloidogyne* sp. foram encontrados em menor frequência de ocorrência, especialmente em raízes de soja nas áreas com sistema de consórcio milho-braquiária. Na literatura, não é encontrada informação a respeito da capacidade de parasitismo de *S. brachyurus* em braquiárias, o que dificulta qualquer interpretação a respeito da menor frequência em áreas com consórcio milho-braquiária. As braquiárias não são boas hospedeiras de *R. reniformis* e, inclusive, são recomendadas para o manejo de áreas infestadas com este nematoide (ASMUS, 2005; ASMUS; RICHTETTI, 2010), o que explica a queda brusca da frequência com que este nematoide foi encontrado na presença de espécies de braquiária. Relação semelhante se

verifica para nematoides do gênero *Meloidogyne* (DIAS-ARIEIRA et al., 2003; CARNEIRO et al., 2006) e, portanto, é possível que as braquiárias também estejam sendo responsáveis pela menor seleção de nematoides das galhas nos locais amostrados.

Figura 3.1 - Frequência de ocorrência de nematoides nas raízes de soja em áreas agrícolas a partir de amostras coletadas na cultura da soja (após o florescimento), comparando-as pelo sistema antecessor.



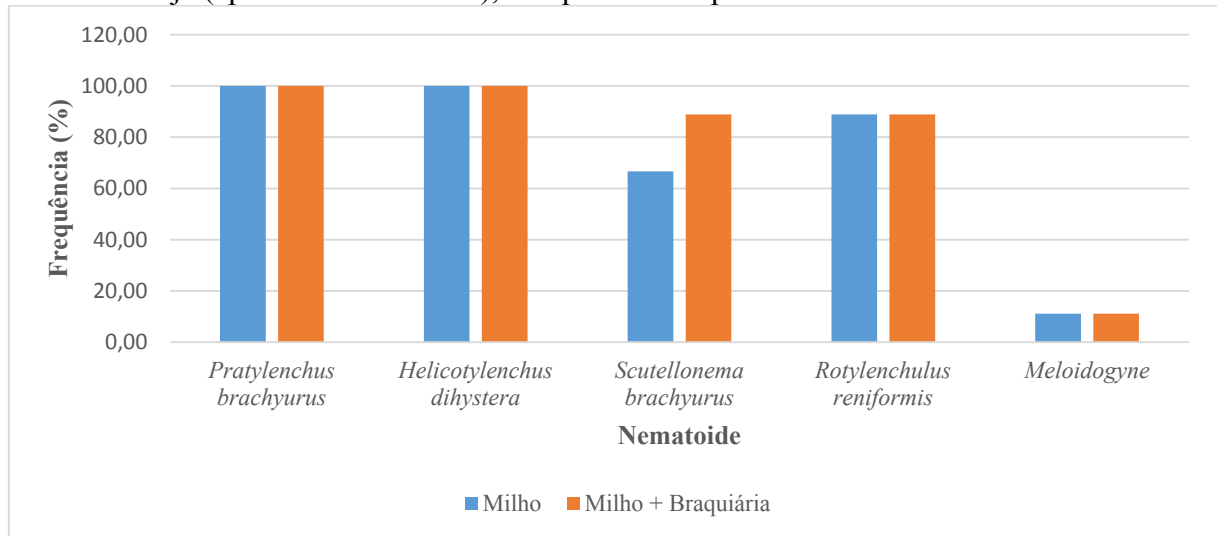
Fonte: o próprio autor.

A frequência com que os nematoides foram encontrados nas amostras de solo (Figura 3.2) demonstra que *P. brachyurus* e *H. dihystera* se mantiveram detectáveis em 100% das áreas (sem ou com consórcio milho-braquiária). Estes resultados se assemelham com o levantamento realizado no Estado do Acre, em que se verificou frequência de *P. brachyurus* e *H. dihystera* de 92 e 85%, respectivamente, demonstrando que essa distribuição não se restringe às principais regiões do Centro-Oeste e Sul do Brasil (SHARMA et al., 2002).

No solo, *S. brachyurus* foi encontrado em maior frequência nas lavouras e, diferentemente do observado nas amostras de raízes, a tendência foi de maior frequência nas áreas com consórcio milho-braquiária. *Rotylenchulus reniformis* também foi encontrado em maior frequência nas amostras de solo, mas com o mesmo comportamento nos resultados em relação ao sistema antecessor à soja.

Apesar da introdução do nematoide em uma área indene não ser determinada, necessariamente, pela planta cultivada no local, para que ocorra o efetivo estabelecimento do nematoide na área são necessárias plantas hospedeiras e, nos casos destas serem suscetíveis, há maior probabilidade das espécies serem identificadas devido à alta população de espécimes nas amostras.

Figura 3.2 - Frequência de ocorrência de nematoides no solo a partir de amostras coletadas na cultura da soja (após o florescimento), comparando-as pelo sistema antecedente.



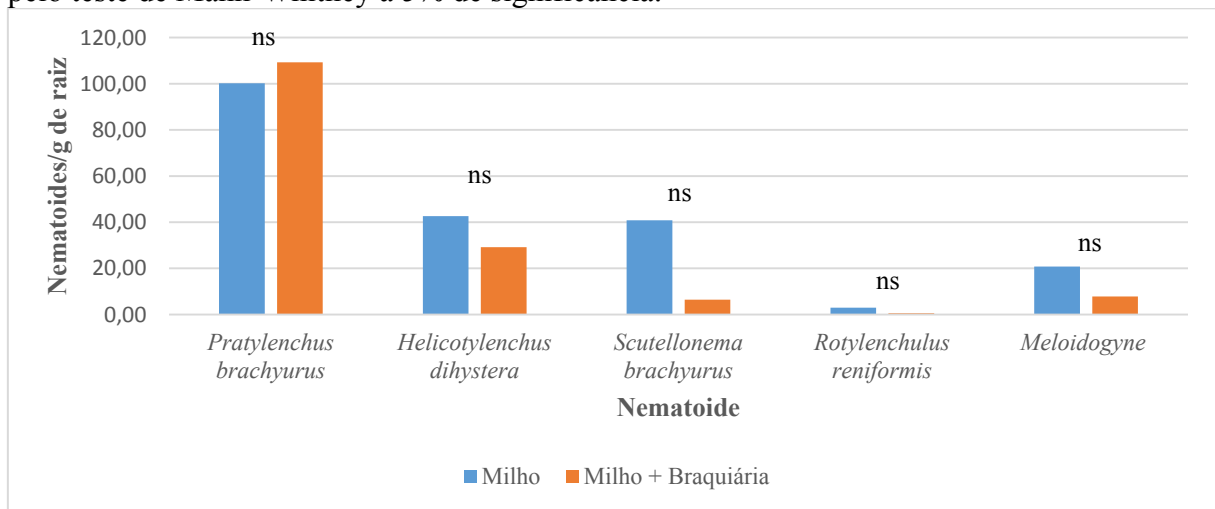
Fonte: o próprio autor.

Em relação à densidade de nematoides nas raízes nas amostras coletadas (Figura 3.3), observou-se que *P. brachyurus* foi encontrado em população equivalente pelo menos ao dobro da concentração das demais espécies de fitonematoides. Pereira et al. (2015), em levantamento realizado no Estado do Mato Grosso do Sul, verificaram que *P. brachyurus* esteve presente durante todo o ciclo da cultura da soja e apresentou, na maioria das épocas de avaliação, a maior densidade populacional.

Além disso, verificou-se população média deste nematoide de 100 e 110 nematoides por grama de raiz, em áreas com milho solteiro e consórcio milho-braquiária, respectivamente, contudo sem apresentar diferença estatística significativa. Devido à grande variabilidade de manejo das áreas, é possível que tenha ocorrido interferência de diversos fatores na capacidade comparativa entre os tratamentos. Fontes de variação como a reação ao nematoide das diferentes espécies de braquiária e cultivares de milho e soja utilizadas, inóculo inicial, bem como a população total de nematoides nas áreas estudadas são determinantes para o nível populacional de *P. brachyurus*. Isto evidencia a necessidade da realização de estudos que permitam a verificação da multiplicação de *P. brachyurus* controlando-se as principais variáveis envolvidas na capacidade multiplicativa do nematoide.

No caso de *H. dihystra*, *S. brachyurus*, *R. reniformis* e *Meloidogyne* sp., também não houve diferença significativa entre os sistemas de cultivos utilizados. Portanto, a inserção da braquiária na modalidade de consórcio com o milho não beneficiou as populações destes nematoides nas raízes da soja em sucessão de culturas no sistema de plantio direto.

Figura 3.3 - População de nematoides em amostras de raízes coletadas na cultura da soja (após o florescimento), comparando-as pelo sistema antecessor. ^{ns} diferença não significativa pelo teste de Mann-Whitney a 5% de significância.



Fonte: o próprio autor.

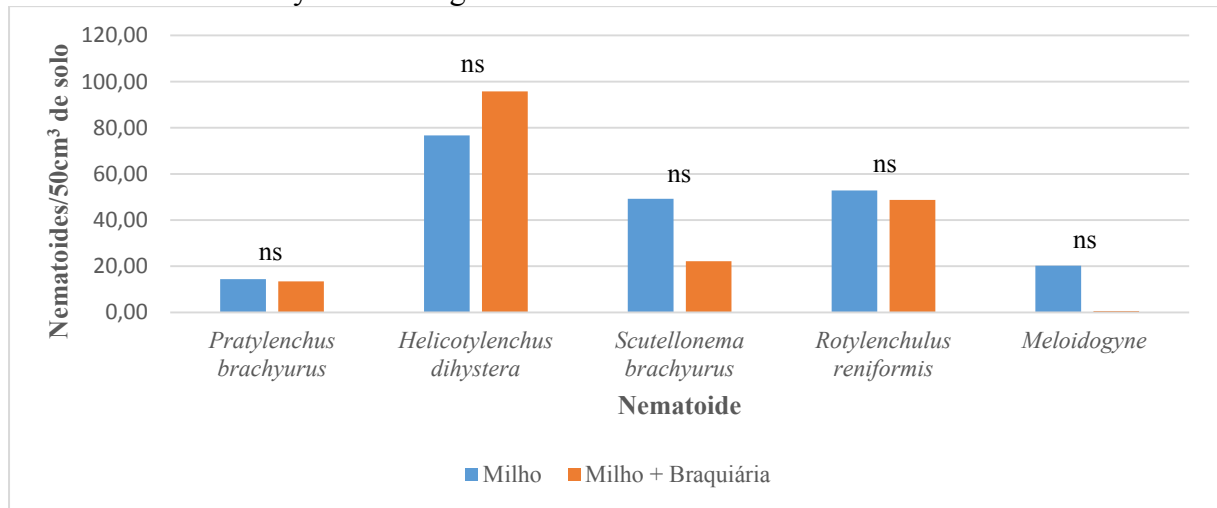
A população de *P. brachyurus* no solo foi semelhante entre os sistemas milho solteiro e consórcio milho-braquiária. No solo, *P. brachyurus* esteve em menor população em comparação aos demais nematoides, exceto em relação à *Meloidogyne* sp. nas áreas com cultivo do milho solteiro (Figura 3.4). Contudo, o número considerável de exemplares de *Meloidogyne* sp. nos locais avaliados pode ser explicado pela alta capacidade reprodutiva das fêmeas aberrantes, o que resulta em alta densidade e variabilidade espacial das populações (BRIDA et al., 2016).

A maior densidade de nematoides no solo foi verificada para a espécie *H. dihystra*. A média das áreas foi de 76,67 e 95,78 para o sistema com milho solteiro e consórcio milho-braquiária, respectivamente. Este resultado é corroborado por Figueira et al. (2001), que observaram que o sistema de pasto ou cobertura natural do solo favorecem o aumento da infestação de *Helicotylenchus*. Para *S. brachyurus*, *R. reniformis* e *Meloidogyne* sp., a população de nematoides no solo seguiu resultado semelhante ao verificado para as raízes.

A população de nematoides nas raízes representa de forma mais precisa a relação cultivar-nematóide. Principalmente inferências a partir de resultados de amostras de solo devem considerar o método de extração e espécie de nematóide. Silva et al. (2017) verificaram que menores populações de *P. brachyurus* foram encontradas no solo em comparação às raízes e que o inverso ocorreu para *R. reniformis*, corroborando os resultados aqui apresentados. Assim, diante dos diversos fatores que podem influenciar os danos causados pelos nematoides na cultura, torna-se impreciso afirmar se os nematoides atingiram

ou não o nível de dano econômico, tanto pela amostra de raiz quanto de solo, mas é possível tomar ciência de quais nematoides estão presentes e possuem o potencial de oferecer riscos aos cultivos.

Figura 3.4 - População de nematoides em amostras de solo coletadas na cultura da soja (após o florescimento), comparando-as pelo sistema antecessor. ^{ns} diferença não significativa pelo teste de Mann-Whitney a 5% de significância.



Fonte: o próprio autor.

No agrupamento da comunidade de fitoparasitas de acordo com o hábito alimentar (Figuras 3.5 e 3.6), é possível verificar três grupos principais: semiendoparasitas, endoparasitas migradores e parasitas sedentários. Em relação aos nematoides presentes nas raízes (Figura 3.5), observa-se que no consórcio milho-braquiária a predominância de nematoides endoparasitas migradores é ampliada. Isto pode ser explicado pelo fato da sobrevivência de nematoides endoparasitas migradores na entressafra consistir basicamente no parasitismo de restos de raízes pós-colheita e plantas daninhas (MOENS; PERRY, 2009). Assim, com a braquiária permanecendo como planta de cobertura, esses nematoides encontram alternativa de sobrevivência.

Figura 3.5 - Composição dos grupos alimentares de nematoides presentes em amostras de raízes de soja, em função do sistema antecessor.



Fonte: o próprio autor.

De acordo com a composição de nematoides no solo (Figura 3.6), é possível verificar a predominância de nematoides semiendoparasitas, no caso *Helicotylenchus* e *Scutellonema*, de acordo com a caracterização proposta pelo software NINJA. Estes resultados indicam que o hábito de vida é determinante na diferença da composição entre amostras de raiz e solo. Por isso, análises realizadas em solo na entressafra, ou em culturas não hospedeiras, podem levar a diagnósticos não robustos em que populações baixas de determinadas espécies não sejam adequadamente detectadas.

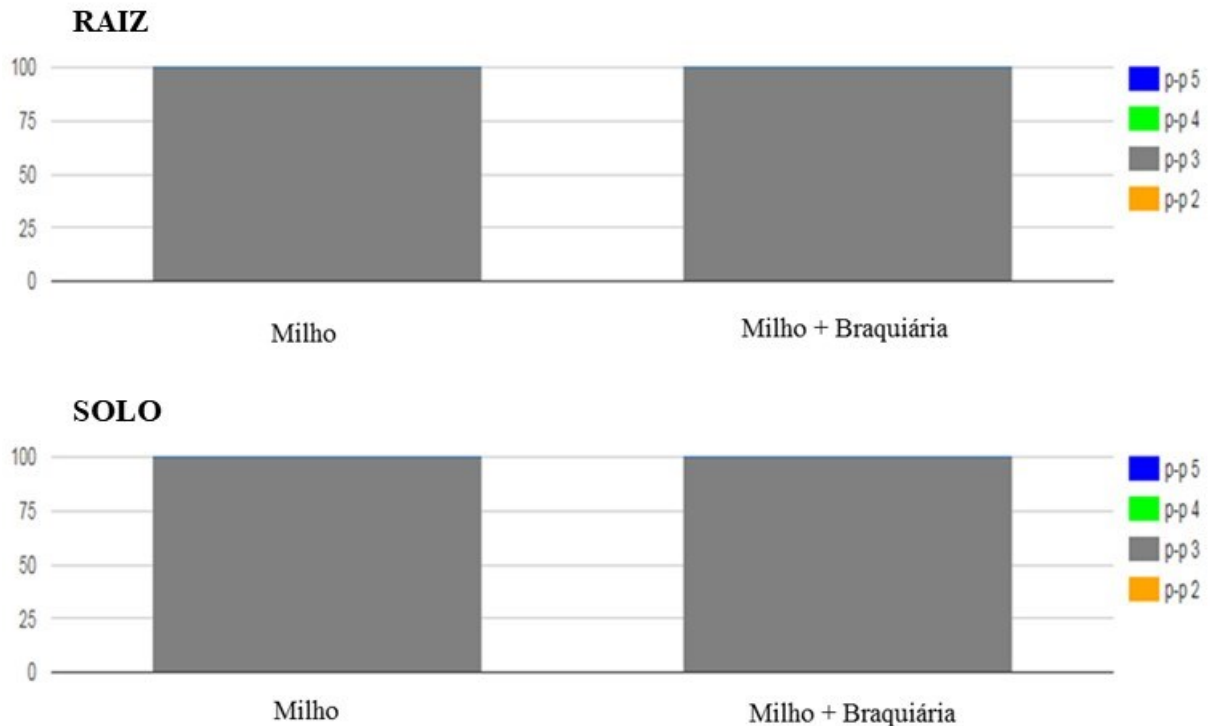
Figura 3.6 - Composição dos grupos alimentares de nematoides presentes em amostras de solo na cultura da soja, em função do sistema antecedente.



Fonte: o próprio autor.

A comunidade de nematoides fitoparasitas encontrada nas amostras de raiz e solo nas áreas estudadas correspondem ao grupo p-p 3, tanto para aquelas com cultivo da soja em sucessão ao milho solteiro quanto com milho-braquiária (Figura 3.7). De acordo com Bongers (1990), a classificação de níveis p-p indica o nível de distúrbio ambiental baseado na composição de espécies de nematoides. Assim, quanto maior o p-p (até 5) significa que a comunidade é composta por espécies que possuem ciclo de vida longo e, portanto, habitam ambientes mais estáveis e maduros. Nível p-p 3 é caracterizado por apresentar indivíduos que possuem períodos longos de ciclo e que são relativamente sensíveis à distúrbios (BONGERS; BONGERS, 1997). Por esta razão, a escolha das espécies de plantas utilizadas em áreas infestadas deve ser criteriosa, uma vez que a implementação da rotação de cultura como forma de manejo pode ser eficiente e, por outro lado, a omissão quanto à escolha adequada da cultivar ou espécie vegetal pode gerar prejuízos significativos.

Figura 3.7 - Fração de nematoides herbívoros nas raízes e no solo.



Fonte: o próprio autor.

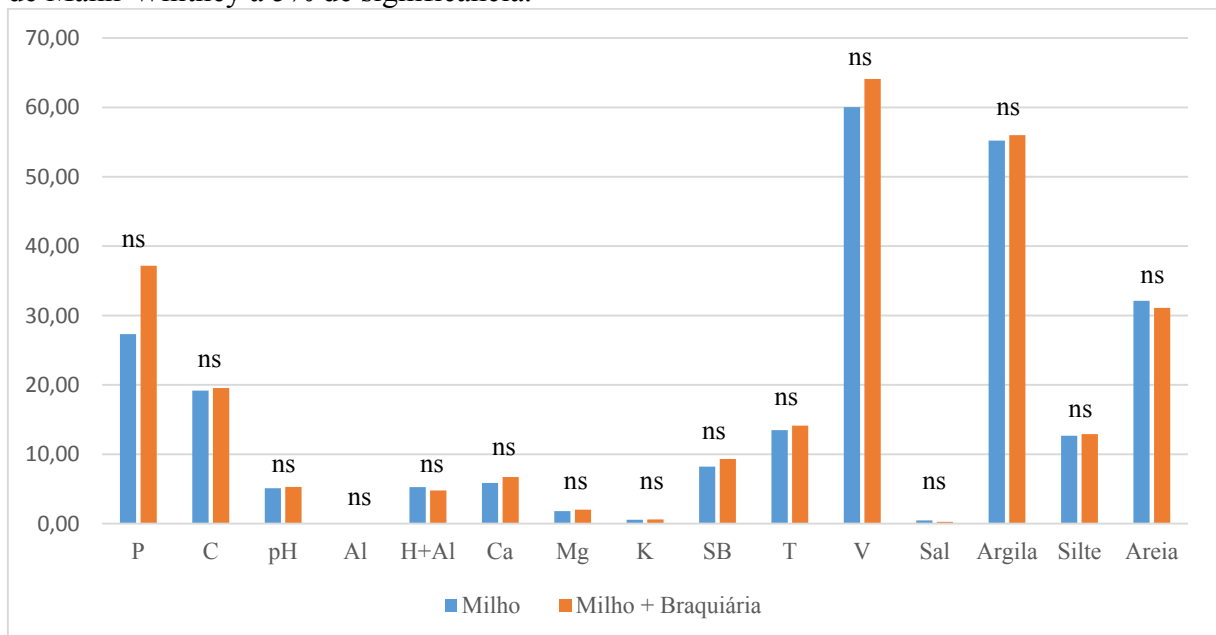
Os resultados da análise química e de textura de solo são apresentados na Figura 3.8. De modo geral, a variável mais influenciada pelo sistema utilizado foi o elemento P, que apresentou média de 27,31 e 37,17 mg/dm³ de solo em áreas sem e com consórcio milho-braquiária, respectivamente. A alteração nos níveis de P no solo é esperada, uma vez que a braquiária apresenta alta capacidade de ciclagem deste nutriente (FOLONI et al., 2008).

Como esperado, a média de V acompanhou o aumento dos elementos constituintes da SB (K, Ca, Mg, Na). O pH passou de 5,11 na área de cultivo solteiro para 5,28 na área consorciada, e, com isso, os valores de H + Al foram de 5,26 para 4,78 entre os sistemas. Este é um impacto importante, uma vez que o Al está diretamente relacionado à redução do porte de plantas e surgimento de reboleiras em áreas infestadas por *P. brachyurus* (FRANCHINI et al., 2011). Na área do MS houve maior presença de Al, o que pode explicar o fato de em áreas do Cerrado haver maior quantidade de relatos de danos causados por *P. brachyurus* (FRANCHINI et al., 2014).

A textura do solo se manteve estável em função do manejo realizado nas áreas. Como as coletas de áreas com diferentes manejos foram feitas em propriedades vizinhas, ou próximas, possivelmente a dependência da textura com a origem do solo

(CAMPOS et al., 2007) tenha sido determinante para a homogeneidade dos resultados entre os sistemas.

Figura 3.8 - Análise química e de textura de solo de amostras coletadas na cultura da soja (após o florescimento), comparando as amostras pelo sistema antecedente. Fósforo (P) expresso em mg/dm^3 ; carbono (C) expresso em g/dm^3 ; alumínio (Al), acidez potencial (H + Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (T) expressos em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de solo; e saturação por bases (V), saturação por alumínio (Sal), Argila, Silte e Areia expressos em porcentagem (%). ^{ns} diferença não significativa pelo teste de Mann-Whitney a 5% de significância.



Fonte: o próprio autor.

Os resultados de correlação entre as variáveis da análise química e textura do solo em relação às espécies de nematoides são apresentados nas Tabelas 3.4 e 3.5. Quando utilizados os resultados da extração de nematoides nas raízes, *P. brachyurus* e *R. reniformis* não se correlacionaram com nenhuma das variáveis do solo. *Helicotylenchus dihystra* apresentou correlação positiva apenas com o teor de silte no solo. A população de *S. brachyurus* apresentou correlação positiva com C, H+Al, argila e silte, e negativa com teor de areia. Diferentemente de *S. brachyurus*, *Meloidogyne* sp. se correlacionou negativamente com o teor de argila e silte do solo, além de se correlacionar negativamente com C, H+Al, Ca, Mg, SB, T, e positivamente com o teor de areia.

De modo geral, a correlação indica ter havido maior influência na população dos fitonematoides nas raízes pelas variáveis de textura de solo. Diversos trabalhos mostram a influência da textura do solo sobre as populações de nematoides (WYSE-PESTER, 2002; MONFORT et al., 2007; RODRIGUES et al., 2011). As correlações com as populações

presentes nas raízes possuem relação com o fato de que em solos mais densos possa ocorrer a limitação da mobilidade e sobrevivência dos fitonematoides (FRECKMAN; CASWELL, 1985).

Nossos resultados mostram que solos arenosos favorecem o parasitismo de *Meloidogyne* nas raízes. Rinaldi et al. (2014) haviam relatado o favorecimento de solos arenosos na multiplicação de *M. javanica* na cultura da soja. Maranhão (2008) relata que, não só a reprodução, mas os danos causados por *Meloidogyne* spp. são intensificados em solos arenosos. Esse gênero esteve presente, quase que exclusivamente, no local 7, que corresponde à área situada no Estado do MS, que conhecidamente apresenta solos mais arenosos.

Tabela 3.4 - Valores do coeficiente de correlação de Spearman entre variáveis de análise química e textural do solo e nematoides nas raízes de amostras coletadas na cultura da soja (após o florescimento).

	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	<i>Helicotylenchus dihystra</i>	<i>Scutellonema brachyurus</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>Meloidogyne</i> sp.
P	0,120 ^{ns}	0,198 ^{ns}	-0,142 ^{ns}	-0,332 ^{ns}	0,275 ^{ns}
C	-0,139 ^{ns}	0,284 ^{ns}	0,583**	-0,104 ^{ns}	-0,641**
pH	-0,379 ^{ns}	0,0470 ^{ns}	-0,138 ^{ns}	-0,200 ^{ns}	0,302 ^{ns}
Al	0,277 ^{ns}	-0,109 ^{ns}	0,0609 ^{ns}	0,00762 ^{ns}	-0,406 ^{ns}
H+Al	0,225 ^{ns}	0,219 ^{ns}	0,542*	0,349 ^{ns}	-0,661**
Ca	-0,177 ^{ns}	0,274 ^{ns}	0,288 ^{ns}	0,0241 ^{ns}	-0,451*
Mg	-0,215 ^{ns}	0,373 ^{ns}	0,306 ^{ns}	-0,0701 ^{ns}	-0,451*
K	-0,234 ^{ns}	0,230 ^{ns}	0,368 ^{ns}	-0,129 ^{ns}	-0,368 ^{ns}
SB	-0,185 ^{ns}	0,298 ^{ns}	0,273 ^{ns}	-0,0343 ^{ns}	-0,451*
T	-0,141 ^{ns}	0,367 ^{ns}	0,312 ^{ns}	-0,0505 ^{ns}	-0,512*
V	-0,367 ^{ns}	0,137 ^{ns}	0,0494 ^{ns}	-0,120 ^{ns}	-0,109 ^{ns}
SAI	0,284 ^{ns}	-0,109 ^{ns}	0,0367 ^{ns}	-0,0152 ^{ns}	-0,406 ^{ns}
Argila	0,206 ^{ns}	0,230 ^{ns}	0,574**	0,313 ^{ns}	-0,607**
Silte	-0,131 ^{ns}	0,534*	0,448*	0,0508 ^{ns}	-0,500*
Areia	-0,213 ^{ns}	-0,369 ^{ns}	-0,611**	-0,240 ^{ns}	0,640**

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade; $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. P = Fósforo; C = Carbono; pH = potencial hidrogeniônico; Al = alumínio; H + Al = acidez potencial; Ca = cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; SB = soma de bases; T = capacidade de troca de cátions; V = saturação por bases; SAI = saturação por alumínio.

Fonte: o próprio autor.

Solos argilosos favoreceram *S. brachyurus* e este pode ser um dos fatores determinantes no fato deste nematoide ser mais comum em regiões do Estado do Paraná. Além disso, é possível inferir que este nematoide é altamente dependente das condições de

umidade do solo, pois ao mesmo tempo que se correlacionam negativamente com o teor de areia, correlaciona-se positivamente com o C orgânico no solo, que possui relação indireta com a melhoria na retenção de água do solo.

A granulometria está diretamente relacionada à capacidade de retenção de água e aeração do solo (NORTON, 1978). Assim, apesar do comportamento variável das populações das diferentes espécies em função da textura do solo e alguns deles (*P. brachyurus* e *R. reniformis*) não se correlacionarem com tais variáveis, em solos mais leves, que drenam água mais rapidamente, a tendência é que ocorra maior estresse fisiológico nas plantas submetidas ao parasitismo de nematoides (DROPKIN, 1980).

Nos resultados de correlação com as populações de nematoides presentes no solo (Tabela 3.5), verifica-se que *P. brachyurus* se correlacionou negativamente com C e teor de silte. Neste caso, *H. dihystra* não se correlacionou com nenhuma das variáveis. Por outro lado, a população de *S. brachyurus* não se correlacionou apenas com Al, V e SAl. *Rotylenchulus reniformis* novamente não se correlacionou com as variáveis estudadas e *Meloidogyne* sp. apenas se correlacionou negativamente com C.

Em seu trabalho, Franchini et al. (2011), a partir de resultados de análises nematológicas feitas apenas nas raízes, concluíram que a população de *P. brachyurus* não está relacionada com os atributos químicos do solo. Entretanto, neste trabalho, realizando a comparação com a população presente no solo, foi possível verificar relação com C orgânico.

Debiasi et al. (2011) observaram menores densidades populacionais de *P. brachyurus* em reboleiras. Nestas, identificaram menores teores de C e associaram isso ao fato de plantas em condições de solo com maiores quantidades de C suportarem melhor o estresse causado pelo nematoide e, assim, não evidenciarem os sintomas. Contudo, deve-se considerar que a debilidade das plantas nas reboleiras também induz o decréscimo da população de nematoides e é possível que o menor teor de C estivesse sendo provocado justamente pelo menor desenvolvimento das plantas naquele local.

Ao melhorarem a capacidade de aeração do solo, retenção de água e, com isso, a nutrição das plantas, solos com maiores teores de matéria orgânica (M.O.) promovem condições favoráveis para plantas suportarem o parasitismo por nematoides. Além disso, a decomposição da matéria orgânica no solo promove a liberação de compostos tóxicos ao nematoide (RITIZINGER; FANCELLI, 2006) e o aumento da comunidade de microrganismos no solo (CATTELAN et al., 1997), entre eles também os antagonistas. Este contexto corrobora a correlação negativa de *P. brachyurus* no solo com o C, observada em nosso estudo. Assim, a matéria orgânica provavelmente estaria relacionada à maior

capacidade das plantas em suportarem os danos ocasionados por *P. brachyurus*, e, também, à redução de sua população.

Portanto, caso o consórcio milho-braquiária promova incremento significativo de raiz na área, haverá estímulo ao aumento da população de *P. brachyurus* devido à suscetibilidade de plantas de braquiária inseridas ao sistema. Em contrapartida, com a decomposição de maior volume de M.O. e liberação de compostos tóxicos, haverá tendência de decréscimo da população do nematoide.

Houve relação de *P. brachyurus* no solo com menores teores de silte, característica esta de solos menos resistentes a processos erosivos (GRIEBELER et al., 2005). A relação de nematoides com solo de condição de textura intermediária já foi observada com *Heterodera glycines* em estudos anteriores (ROCHA et al., 2006) e *Tylenchulus semipenetrans* (HERNANDEZ et al., 1993).

Tabela 3.5 - Valores do coeficiente de correlação de Spearman entre variáveis de análise química e textural do solo e nematoides no solo de amostras coletadas na cultura da soja (após o florescimento).

	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	<i>Helicotylenchus dihystera</i>	<i>Scutellonema brachyurus</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>Meloidogyne sp.</i>
P	0,00752 ^{ns}	0,343 ^{ns}	-0,147 ^{ns}	-0,225 ^{ns}	0,0346 ^{ns}
C	-0,450*	0,377 ^{ns}	0,722***	0,0748 ^{ns}	-0,494*
pH	-0,0416 ^{ns}	0,167 ^{ns}	-0,0277 ^{ns}	-0,0128 ^{ns}	0,0384 ^{ns}
Al	-0,0812 ^{ns}	-0,0424 ^{ns}	-0,0680 ^{ns}	-0,212 ^{ns}	-0,237 ^{ns}
H+Al	-0,113 ^{ns}	0,120 ^{ns}	0,609**	0,424 ^{ns}	-0,427 ^{ns}
Ca	-0,233 ^{ns}	0,269 ^{ns}	0,465*	0,351 ^{ns}	-0,406 ^{ns}
Mg	-0,385 ^{ns}	0,338 ^{ns}	0,523*	0,315 ^{ns}	-0,406 ^{ns}
K	-0,182 ^{ns}	0,380 ^{ns}	0,577**	0,247 ^{ns}	-0,330 ^{ns}
SB	-0,260 ^{ns}	0,326 ^{ns}	0,467*	0,319 ^{ns}	-0,406 ^{ns}
T	-0,354 ^{ns}	0,299 ^{ns}	0,490*	0,327 ^{ns}	-0,439 ^{ns}
V	-0,177 ^{ns}	0,205 ^{ns}	0,206 ^{ns}	0,155 ^{ns}	-0,257 ^{ns}
SAI	-0,0759 ^{ns}	-0,0529 ^{ns}	-0,0966 ^{ns}	-0,237 ^{ns}	-0,237 ^{ns}
Argila	-0,139 ^{ns}	0,170 ^{ns}	0,642**	0,385 ^{ns}	-0,412 ^{ns}
Silte	-0,476*	0,312 ^{ns}	0,607**	0,363 ^{ns}	-0,348 ^{ns}
Areia	0,302 ^{ns}	-0,228 ^{ns}	-0,671**	-0,321 ^{ns}	0,412 ^{ns}

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade; $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. P = Fósforo; C = Carbono; pH = potencial hidrogeniônico; Al = alumínio; H + Al = acidez potencial; Ca = cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; SB = soma de bases; T = capacidade de troca de cátions; V = saturação por bases; SAI = saturação por alumínio.

Fonte: o próprio autor.

Portanto, considerando-se que: 1) a abundância relativa de *P. brachyurus* foi maior em áreas de consórcio milho-braquiária (Tabela 3.2); 2) os teores de C e silte não se diferenciaram em função do sistema de cultivo utilizado (Figura 3.8); 3) houve correlação negativa de *P. brachyurus* com os teores de C e silte no solo (Tabela 3.5); é possível inferir que o fator determinante na dinâmica populacional do nematoide seja a inserção da braquiária em cultivo solteiro ou na modalidade de consorciação com o milho.

3.6 CONCLUSÕES

Pratylenchus brachyurus é, entre os fitonematoídeos, o mais representativo nas amostras de raízes de soja analisadas e, nas áreas com o consórcio milho-braquiária, sua importância foi ainda maior.

Pratylenchus brachyurus está distribuído em alta frequência nas áreas que tem sido proposta a prática do consórcio milho-braquiária.

Estudos com o isolamento das variáveis envolvidas são necessários para inferências sobre o impacto do consórcio milho-braquiária sobre a densidade de *P. brachyurus* nas raízes de soja em sucessão de culturas.

A população de *P. brachyurus* presente nas raízes não indicou correlação com as variáveis do solo, mas sua concentração no solo está associada negativamente com o teor de C e silte.

Sugere-se que a inserção da braquiária proporcione condições favoráveis à viabilidade de *P. brachyurus* e que, portanto, apresente potencial de influenciar na população do nematoide presente na cultura da soja em sucessão.

4 DINÂMICA POPULACIONAL E MANEJO DE *Pratylenchus brachyurus* NA SOJA EM SUCESSÃO AO CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO DE MILHO E BRAQUIÁRIA

4.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto das culturas do milho e braquiária, cultivadas em consorciação e solteiras, com a soja em sucessão de cultura, sobre a população de *Pratylenchus brachyurus*, bem como avaliar a eficiência de nematicidas. Foram conduzidos dois experimentos em vasos submetidos à condição controlada de casa de vegetação. No primeiro experimento foram utilizados três tratamentos iniciais (milho e braquiária solteiros e em consórcio), na presença e ausência de *P. brachyurus*. A soja semeada na modalidade de plantio direto se diferenciou entre sem e com o uso dos nematicidas (químico – Fluopyram e biológico – *Bacillus firmus*). Neste experimento foi realizado o acompanhamento com análises química, de textura de solo e da produtividade da soja. No segundo experimento foram utilizados apenas o consórcio milho-braquiária e diferenciação pela presença e ausência do tratamento nematicida foi avaliado nas duas safras. Para os dois experimentos foi realizada análise nematológica da raiz em ambas as safras e os componentes fitotécnicos das culturas foram avaliados. Os resultados mostraram que a braquiária favorece a população de *P. brachyurus* analisada na soja em sucessão. O nematicida Fluopyran apresentou maior estabilidade de controle de acordo com as variações da cultura e sistema de cultivo em que foi aplicado, embora *B. firmus* utilizado concomitantemente no consórcio milho-braquiária e na soja também tenha apresentado controle satisfatório. Conclui-se que o manejo da cultura da braquiária pós colheita do milho tem impacto preponderante na manutenção da viabilidade do inóculo de *P. brachyurus* para soja. Portanto, áreas de consórcio milho-braquiária que estejam infestadas por este nematoide devem ser monitoradas e, quando imprescindível, o controle com o uso de nematicidas poderá ser adotado.

Palavras-chave: *Glycine max.* *Urochloa ruziziensis.* *Zea mays.* Consorciação de plantas. Nematicida. Tratamento de sementes.

4.2 ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the impact of corn and brachiaria cultivated intercropped with soybean in crop succession, on the population of *Pratylenchus brachyurus*, as well to evaluate the efficiency of nematicides. Two experiments were carried out on pots under greenhouse conditions. In the first experiment, three initial treatments (corn and brachiaria singly and in consortium) were used, in the presence and absence of *P. brachyurus*. The soybean sown in no-tillage modality was differentiated between the use of nematicide (chemical - Fluopyram and biological - *Bacillus firmus*). This experiment was followed with chemical, soil texture and soybean yield analysis. In the second experiment, only the corn-brachiaria consortium was used and differentiation with presence and absence of the nematicidal treatment was evaluated in the two crops. For both experiments, a root nematological analysis was performed in both crops and the phytotechnical components of the crops were evaluated. The results showed that brachiaria favors the *P. brachyurus* population analyzed in soybean succession. The nematicide Fluopyram presented higher control stability according to culture and cultivation system variations in which it was applied, although when

B. firmus was used concurrently in the corn-brachiaria consortium and soybean the results were also satisfactory. It is concluded that the post-harvest corn crop management has a preponderant impact on the maintenance of the *P. brachyurus* inoculum's viability for soybean. Therefore, corn-brachiaria consortium areas that are infested by this nematode should be monitored and, when necessary, control with the use of nematicides may be adopted.

Key words: *Glycine max.* *Urochloa ruziziensis.* *Zea mays.* Intercropped plants. Nematicide. Seed treatment.

4.3 INTRODUÇÃO

O consórcio milho-braquiária tem sido recomendado principalmente em substituição ao milho solteiro cultivado no período da safrinha. Neste sistema, após a colheita do milho, a braquiária (*Urochloa* spp.) atua como planta de cobertura promovendo o controle de plantas daninhas (JAKELAITIS et al., 2004; MATEUS et al., 2010), melhorando aspectos físicos (CHIODEROLI et al., 2012) e químicos do solo a partir da reciclagem de nutrientes (CRUSCIOL; BORGHI, 2007).

Após a dessecação da braquiária, a cultura em sucessão é semeada na modalidade do sistema de plantio direto (SPD). A principal cultura utilizada em sucessão ao consórcio milho-braquiária é a soja, na qual observa-se maior estabilidade na produção em decorrência da prática desse sistema (ALVES et al., 2013; MECCHI et al., 2016; RICHETTI, 2013). Contudo, áreas infestadas por nematoides inspiram cuidados, principalmente em relação à capacidade do milho e da braquiária de multiplicá-los e aumentar o inóculo para a cultura da soja (ASMUS; INOMOTO, 2013).

Neste contexto, a espécie *Pratylenchus brachyurus*, pertencente ao grupo dos nematoides das lesões radiculares, está entre os principais nematoides na cultura da soja no Brasil (DIAS et al., 2010) e é capaz de se multiplicar em ambas as plantas do consórcio milho-braquiária (INOMOTO et al., 2006; INOMOTO; MACHADO; ANTEDOMÊNICO, 2007; INOMOTO, 2011). A utilização de culturas suscetíveis pode levar ao aumento da população de *P. brachyurus* para a cultura em sucessão (CUNHA et al., 2015; SANTANA-GOMES et al., 2014). Rodrigues et al. (2014) observaram que a população de *P. brachyurus* na soja em sucessão aos tratamentos braquiária e consórcio milho-braquiária foi inferior ao milho solteiro, mas a repetição do experimento não confirmou esse resultado, e, além disso, as conclusões podem ter sido comprometidas pelo cultivo dos sistemas pelo período de apenas 60 dias.

Além da braquiária possuir a capacidade de multiplicar *P. brachyurus* ao longo do tempo, a sua utilização como planta de cobertura estende o período de presença de raízes vivas em plena atividade na área. Por outro lado, a sua utilização promove o maior aporte de matéria orgânica no solo e a sua decomposição pode produzir compostos que são tóxicos ao nematoide, bem como favorecer a atividade biológica e, com isso, o desenvolvimento de microrganismos antagonistas.

O manejo de *P. brachyurus* é complexo principalmente pela ausência de cultivares resistentes disponíveis no mercado. Em situações de alta infestação, a estratégia de manejo pode envolver a rotação com algumas poucas culturas disponíveis que são conhecidamente más hospedeiras, mas não exploráveis economicamente, como crotalária e milheto (FERRARI et al., 2016; INOMOTO et al., 2007; INOMOTO, 2011). Com isso, para que seja viabilizado esse sistema, a implementação de controle com nematicidas pode ser imprescindível. Os nematicidas são recomendados para tratamento de sementes ou aplicação via sulco de semeadura e, dessa forma, seu efeito ocorre predominantemente nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura, suprimindo a população de nematoides na área.

Devido à relevância de *P. brachyurus*, recentemente alguns nematicidas têm sido registrados para o controle desse nematoide e é previsto que novos ingredientes ativos (i. a.) sejam registrados como produtos formulados nos próximos anos. Os nematicidas químicos são registrados por cultura e alvo e, em sua maioria, estão disponíveis para a soja e alguns deles para o milho, mas, no caso das braquiárias, não existe nenhum registro vigente atualmente no Brasil (AGROFIT, 2018).

Entre os novos i.a. está o fluopyram, que se trata de um fungicida que tem sido testado quanto aos seus efeitos sobre nematoides, além de *Bacillus firmus*, bactéria que pertence ao gênero mais relevante atualmente na formulação de produtos de controle biológico de nematoides. O fluopyram aplicado via tratamento de sementes demonstrou ser efetivo no controle de *P. brachyurus* em milho e soja (ASSELTA et al., 2018; SOUZA et al., 2018; VANZO et al., 2015). Resultados também evidenciam a eficiência de *B. firmus* em controlar *P. brachyurus* na soja (RIBEIRO et al., 2015).

Desta forma, torna-se interessante investigar se a eficiência desses nematicidas no controle de *P. brachyurus* na soja é variável de acordo com o sistema de cultivo antecessor, uma vez que são poucas as informações sobre o impacto do controle nematicida de *P. brachyurus* na produtividade da soja nesse sistema, considerando que o consórcio milho-braquiária tende a promover maior estabilidade produtiva para soja sob condições adversas (RICHETTI et al., 2014). Além disso, não se sabe se o tratamento

realizado exclusivamente no milho é capaz de interferir no desenvolvimento de *P. brachyurus* no consórcio milho-braquiária e se este tratamento pode suprimir o desenvolvimento da população de *P. brachyurus* na safra da soja em sucessão.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi analisar o impacto do consórcio milho-braquiária e do uso de nematicidas sobre a população de *P. brachyurus* no sistema de sucessão com a soja, bem como os efeitos desses fatores sobre a produtividade da cultura da soja.

4. 4 MATERIAL E MÉTODOS

Experimento 1

O experimento foi conduzido em condição de casa de vegetação, no Instituto Agrônomo do Paraná, situado no município de Londrina, PR (23°18'36"S, 51°09'46"O). Foram utilizados vasos com capacidade de 25 L contendo 20 L de mistura de areia e solo (2:1), previamente esterilizado em estufa de circulação de ar quente a 150° por 5 horas. Antes da instalação do experimento, uma amostra de solo foi obtida para análise química (macro e micronutrientes) e de textura. O experimento foi conduzido no período de abril de 2017 a fevereiro de 2018, com temperaturas durante o período experimental variando entre 6 °C e 48 °C.

Inicialmente, foram adicionados 10 g/vaso de Osmocote Plus (15% N, 9% P₂O₅, 12% K₂O, 1% Mg, 2,3% S, 0,05% Cu, 0,45 % Fe, 0,06% Mn, 0,02% Mo) e o solo foi revolvido. Em seguida, foi realizada a semeadura de braquiária (*U. ruziziensis*) e milho (cv. Balu 280 PRO) em três sistemas, braquiária solteira, consórcio braquiária-milho e milho solteiro. A composição foi de uma planta por vaso nas culturas solteiras e uma planta de cada cultura para o consórcio.

Aos 10 dias após a semeadura, foi realizada a inoculação, sendo que, para cada sistema, houve a diferenciação entre vasos inoculados e não inoculados. O inóculo utilizado foi obtido de raízes de plantas de arroz mantidas em casa de vegetação pela metodologia de extração descrita por Boneti e Ferraz (1981) sem a adição de hipoclorito de sódio. Foram inoculados 400 espécimes de *P. brachyurus* por vaso, divididos em dois orifícios realizados próximo ao colo das plantas.

Após 120 dias da inoculação, foram avaliadas quatro plantas inoculadas de cada sistema, para monitoramento da multiplicação do nematoide. Destas, a parte aérea foi

pesada e as raízes foram lavadas, pesadas e submetidas à metodologia descrita por Boneti e Ferraz (1981) para extração de ovos e juvenis. A partir da amostra da suspensão de nematoides, foi realizada a contagem em câmara de Peters sob microscópio de luz. As variáveis avaliadas nessa data foram massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), número de nematoides por grama de raiz (nema/g) e fator de reprodução (FR), índice obtido pela razão entre população final (Pf) e população inicial (Pi), ou inóculo inicial. Neste momento, foi realizada análise química e de textura de solo a partir de uma amostra composta de solo para cada sistema.

Ao término do cultivo do milho, foi realizada a dessecação de todo o experimento com glifosato na dose de 5 L/ha. Passados 30 dias da aplicação do dessecante, a parte aérea foi retirada e pesada para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA). Considerando a área da superfície do vaso, a palhada foi retornada na concentração de 1,8 t/ha, de acordo com o sistema conduzido, seguindo-se a proporção de 1:1 entre milho e braquiária para os vasos onde foi conduzido o consórcio. Novamente, foi realizada adubação com Osmocote Plus na concentração de 10 g/vaso.

Após, foram semeadas seis sementes de soja (cv. Nidera 5909) por vaso, de acordo com o tratamento, com ou sem nematicida. Os nematicidas testados foram um químico e um biológico que possuem como ingredientes ativos o fluopyram e *B. firmus*, respectivamente. A aplicação dos produtos foi via tratamento de sementes, nas doses de 0,012 mL/g de semente para o fluopyram e de 0,004 mL/g de semente para *B. firmus* (Tabela 4.1). Aos 15 dias após a semeadura, foi realizada a avaliação do estado de plantas, para observar possível efeito dos produtos sobre a germinação da soja.

Tabela 4.1 - Código dos produtos, número do Registro Especial Temporário (RET), ingrediente ativo (i.a.), dose e via de aplicação dos nematicidas testados.

Código	RET	i.a.	mL/g de semente	Via de aplicação
BCS-AR 83685	136314	Fluopyram	0,012	TS
BFI-1582 240 FS	14011	<i>Bacillus firmus</i>	0,004	TS

TS = tratamento de semente.

Fonte: o próprio autor.

Não foi realizada re-inoculação de *P. brachyurus* na cultura da soja. A avaliação da multiplicação do nematoide em parte das plantas de soja foi realizada aos 70 dias após a semeadura. A parte aérea total, por vaso, foi retirada e pesada. As raízes foram lavadas,

pesadas e submetidas à extração de ovos e juvenis (BONETI; FERRAZ, 1981). A contagem de nematoídeos foi feita em câmara de Peters, sob microscópio de luz. As variáveis avaliadas foram MFPA, MFR, nema/g e fator de flutuação populacional (FPP), dado pela razão entre a população final na cultura sucessora e a população inoculada na cultura antecessora.

No momento da colheita, 120 dias após a semeadura, foi realizada avaliação das variáveis de produtividade nas plantas de soja remanescentes. As variáveis analisadas foram MSPA, número de sementes por planta (SP), peso de 1000 sementes e produtividade por hectare. Neste momento, amostras de solo compostas por seis sub-amostras de cada tratamento foram coletadas para a realização de análise química e textural.

Tabela 4.2 - Combinação dos tratamentos de acordo com a presença ou ausência de *Pratylenchus brachyurus*, sistema de cultivo na safrinha e utilização de nematicida na cultura da soja.

Inoculação	Sistema (safrinha)	Nematicida (soja)
Sem nematoíde	Braquiária	Testemunha
Sem nematoíde	Braquiária	Fluopyram
Sem nematoíde	Braquiária	<i>B. firmus</i>
Sem nematoíde	Consórcio	Testemunha
Sem nematoíde	Consórcio	Fluopyram
Sem nematoíde	Consórcio	<i>B. firmus</i>
Sem nematoíde	Milho	Testemunha
Sem nematoíde	Milho	Fluopyram
Sem nematoíde	Milho	<i>B. firmus</i>
Com nematoíde	Braquiária	Testemunha
Com nematoíde	Braquiária	Fluopyram
Com nematoíde	Braquiária	<i>B. firmus</i>
Com nematoíde	Consórcio	Testemunha
Com nematoíde	Consórcio	Fluopyram
Com nematoíde	Consórcio	<i>B. firmus</i>
Com nematoíde	Milho	Testemunha
Com nematoíde	Milho	Fluopyram
Com nematoíde	Milho	<i>B. firmus</i>

Fonte: o próprio autor.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado e os tratamentos utilizados estão discriminados na Tabela 4.2. Na primeira safra, os tratamentos foram distribuídos no esquema fatorial duplo 2 x 3 (inoculação x sistemas), sendo o primeiro fator a presença ou ausência de *P. brachyurus* e o segundo, a braquiária solteira, o consórcio milho-braquiária e o milho solteiro, com quatro repetições. Na safra da soja, foram 18 tratamentos e seis repetições por avaliação, no esquema fatorial triplo 2 x 3 x 3 (inoculação x sistemas antecessores x nematicida) com a inclusão dos tratamentos nematicidas (testemunha, fluopyram e *B. firmus*).

Os dados coletados foram submetidos à verificação da normalidade de resíduos e homogeneidade de variâncias e, quando necessário, foram transformados seguindo a indicação da análise de Boxcox. Atendidos os pressupostos, foram realizadas análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. As análises foram feitas com o software R versão 2.15.2 (R CORE TEAM, 2017), pacote ExpDes (FERREIRA et al., 2013).

Experimento 2

O experimento foi conduzido em condição de casa de vegetação entre abril e novembro de 2017, com controle de temperatura que variou entre 12 °C e 44 °C no período experimental. Foram utilizados vasos de 3 L, contendo mistura de areia e solo esterilizado em estufa de circulação de ar quente a 150 °C por 5 horas, na proporção de 2:1.

Num primeiro momento, foi conduzido o sistema de consorciação braquiária-milho em todos os vasos. Para isto, foi transplantada uma muda de braquiária, previamente germinada em bandeja, e uma semente de milho (cv. Balu 280 PRO), com ou sem nematicida. Foram utilizados os produtos à base de fluopyram e *B. firmus*, em aplicação via tratamento de semente, e uma testemunha sem aplicação de nematicida (Tabela 4.1).

Dez dias após a semeadura/transplante, foram inoculados 350 espécimes de *P. brachyurus* por vaso. Decorridos 100 dias da inoculação, quatro repetições foram retiradas para avaliação nematológica. Para isso, as raízes foram lavadas, pesadas e submetidas à metodologia de extração descrita por Boneti e Ferraz (1981). As variáveis analisadas neste momento foram Pf, nema/g, FR, MFPA e MFR.

O experimento foi dessecado com glifosato (5 L/ha), 130 dias após a sua instalação. Após 30 dias da dessecação, foram avaliadas a massa seca de parte aérea (MSPA) e a palhada (braquiária + milho) foi retornada ao solo, na concentração de 4 t/ha. Em seguida,

foi realizada a semeadura de duas sementes de soja (cv. Nidera 5909) por vaso, com ou sem nematicida, para os tratamentos em que já haviam recebido tratamento nematicida na cultura do milho, de acordo com a Tabela 4.3.

Aos 70 dias após a semeadura da soja, foi feita avaliação da MFPA, MFR e FFP do nematoide. Novamente, procedeu-se a extração dos nematoides pela metodologia descrita por Boneti e Ferraz (1981).

Tabela 4.3 - Tratamentos e momento de aplicação.

Tratamento	Momento de aplicação
Testemunha	-
Fluopyram	Milho (Consórcio) + Soja Milho (Consórcio)
<i>Bacillus firmus</i>	Milho (Consórcio) + Soja Milho (Consórcio)

Fonte: o próprio autor.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. Na primeira safra (consórcio milho-braquiária), o experimento foi composto por três tratamentos (testemunha, fluopyram e *B. firmus*) e quatro repetições por tratamento. Na cultura da soja, o experimento foi disposto no esquema fatorial duplo 2 x 2 + 1 (nematicidas no consórcio x nematicidas na soja + sem nematicida), com a presença ou ausência dos nematicidas e a testemunha como tratamento adicional.

Os dados coletados foram submetidos aos testes de normalidade de resíduos e homogeneidade de variâncias. Quando necessário, foi realizada a transformação pela indicação da análise de Boxcox. Atendidos os pressupostos, foi realizada a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Para as análises estatísticas foi utilizado o software R versão 2.15.2 (R CORE TEAM, 2017), pacote ExpDes (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2018).

4. 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Os resultados da avaliação da parte aérea nos sistemas (Tabela 4.4) mostraram que não houve diferença significativa entre os tratamentos quando avaliada a

MFPA total produzida. A MFPA do milho quando cultivado em consórcio foi significativamente menor à MFPA do milho solteiro. Esse resultado pode ser explicado pela competição sofrida pelo milho consorciado. Silva e Vaz-de-Melo (2013) já haviam observado decréscimo linear na MFPA em híbridos de milho com o aumento da densidade de *U. brizantha*.

A braquiária não apresentou diferença no comportamento da MFPA em função do cultivo solteiro ou consorciado com o milho. Trabalhos mostram que determinadas espécies de braquiária possuem melhor capacidade de competição em cultivo consorciado e este pode ter sido o caso de *U. ruziziensis*. Severino et al. (2006), por exemplo, verificaram que *U. brizantha* sofre menos a interferência do consórcio com o milho do que *U. decumbens*.

Não houve diferença significativa para MFR das plantas de milho e braquiária em função do sistema de cultivo. Portanto, considera-se que o nematoide possuía condição semelhante de volume radicular para parasitismo e, conseqüentemente, a Pf de *P. brachyurus* não foi influenciada pela quantidade de raiz disponível. Apesar das braquiárias aportarem grande volume radicular ao solo e se diferenciarem do milho nesta característica, principalmente nas camadas de maior profundidade (CRUSCIOL; BORGHI, 2007), a grande concentração de nematoides fitoparasitas se dá nas camadas superficiais, numa profundidade de 5 a 30 cm (NORTON; NIBLACK, 1991), em que ocorre maior disponibilidade de tecido vegetal e oxigenação. Portanto, qualquer limitação imposta pelo cultivo em vaso se torna menos relevante, além do que, tal condição foi imposta para todos os sistemas.

Tabela 4.4 - Massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raiz (MFR) de plantas de milho e braquiária, solteiras e consorciadas, 120 dias após a inoculação com *Pratylenchus brachyurus*.

Sistema	MFPA (g)			MFR (g)
	Milho	Braquiária	Total	
Braquiária	-	350,00 a	350,00 a	254,63 a
Consórcio	206,33 b	271,75 a	479,08 a	289,50 a
Milho	390,50 a	-	390,50 a	295,13 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

A análise nematológica (Tabela 4.5) mostrou que não houve diferença significativa entre os sistemas utilizados para Pf, nema/g e FR. Com base no FR, é possível

verificar que todos os sistemas aumentaram, ainda que em baixa intensidade, a população de *P. brachyurus* ao longo do tempo, variando entre 1,22 e 1,47 vezes, para o sistema com milho e braquiária solteira, respectivamente.

O FR em *U. ruzizensis* no presente experimento foi semelhante ao encontrado em outros estudos, em que frequentemente verificou-se FR abaixo de 2 nessa planta, variando entre 1,1 e 5,2 (INOMOTO et al., 2007; INOMOTO; ASMUS, 2010; QUEIRÓZ et al., 2014). Já na cultura do milho, o comportamento do FR é muito variável de acordo com o híbrido utilizado. Inomoto (2011), avaliando a reprodução de *P. brachyurus* em híbridos de milho, observou num primeiro experimento FR entre 8,23 e 77,32, e num segundo experimento entre 4,03 e 15,40. Variações consideráveis também podem ocorrer no FR de *P. brachyurus* na cultura do milho em função do momento de avaliação, como observado por Inomoto (2011), que relatou para um mesmo híbrido de milho FR de 1,89 aos 70 dias e 46,73 aos 107 dias após a inoculação. No único trabalho presente na literatura que comparou ao mesmo tempo a reação de milho e *U. ruzizensis* a *P. brachyurus*, foi verificado FR entre 3,63 e 10,40 para milho e entre 1,16 e 2,55 para *U. ruzizensis* aos 90 dias após a inoculação (QUEIRÓZ et al., 2014).

No presente trabalho, aos 120 dias após a inoculação as plantas de milho estavam com o ciclo finalizado, podendo indicar que neste momento a curva da densidade de nematoide por planta estivesse em queda, comportamento este já observado em função da época de avaliação (SANTOS et al., 2015). Com isso, para as condições testadas e utilizando o híbrido de milho Balu 280 PRO, é possível inferir que a condição de densidade populacional remanescente para a cultura em sucessão foi semelhante entre os sistemas testados.

Tabela 4.5 - População final (Pf), número de nematoides por grama de raiz (Nema/g) e fator de reprodução (FR) de *Pratylenchus brachyurus* em plantas de milho e braquiária, solteiras e consorciadas, 120 dias após a inoculação.

Sistema	Pf	Nema/g	FR
Braquiária	586,50 a	2,90 a	1,47 a
Consórcio	452,00 a	1,51 a	1,13 a
Milho	487,50 a	1,83 a	1,22 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

De acordo com os resultados de MSPA (Tabela 4.6), não ocorreu interação entre os fatores analisados. Houve maior produção total de MSPA na presença de *P. brachyurus* em comparação à ausência do nematoide e, quando comparados os sistemas, o consórcio milho-braquiária resultou em maior MSPA em comparação à braquiária e milho solteiros. Este comportamento é resultado do maior número de plantas por vaso, uma de milho e uma de braquiária. Ceccon e Concenço (2014) observaram que a produção de MSPA total do consórcio milho-*U. ruziziensis* foi quase duas vezes maior em relação ao milho solteiro em condições de campo. No presente trabalho, a MSPA da braquiária foi significativamente maior na presença do nematoide e quando cultivada em consorciação com o milho. A MSPA do milho não foi influenciada pela presença do nematoide e também foi menor quando cultivado em consorciação com a braquiária.

Apesar do milho ser planta boa hospedeira para *P. brachyurus*, os danos são raramente relatados, sugerindo-se que essa planta apresenta alta tolerância ao nematoide (MAINARDI; ASMUS, 2015). No caso da braquiária, esta característica permitiu que não ocorresse perda do sistema radicular neste experimento, ao mesmo tempo em que houve maior crescimento da área fotossintetizante como resposta da planta ao parasitismo moderado, visando melhorar sua atividade fisiológica. Este evento já havia sido observado por Abrão e Mazzafera (2001), que relataram aumento da parte aérea do algodoeiro conforme se aumentou a densidade de inóculo de *M. incognita*.

Tabela 4.6 - Massa seca de parte aérea (MSPA) de plantas de milho e braquiária, solteiras e consorciadas, 30 dias após a dessecação com glifosato.

MSPA Total (g)			
Sistema	Sem nematoide	Com nematoide	Média
Braquiária	105,77	133,19	119,49 b
Consórcio	129,90	160,57	145,24 a
Milho	119,01	134,56	126,79 b
Média	118,23 B	142,77 A	
MSPA Braquiária (g)			
Sistema	Sem nematoide	Com nematoide	Média
Braquiária	105,77	133,19	119,49 a
Consórcio	56,60	83,63	70,11 b
Média	81,19 B	108,41 A	
MSPA Milho (g)			
Sistema	Sem nematoide	Com nematoide	Média
Milho	119,01	134,56	126,79 a
Consórcio	73,30	76,94	75,12 b
Média	96,16 A	105,75 A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

A avaliação do estande de plantas de soja (Tabela 4.7) não apresentou interação entre os fatores analisados. Foi verificada diferença significativa do número de plântulas em função do sistema antecedente, com maiores valores na soja semeada após o milho solteiro. Possivelmente, na braquiária, o maior volume de matéria seca por grama de palhada pode ter proporcionado cobertura excessiva para a germinação das sementes de soja. Experimento realizado por Correia et al. (2013) mostrou que o consórcio milho-*U. ruziziensis* favoreceu a população de plantas de soja em sucessão. Entretanto, os autores relataram que toda a área experimental foi roçada 54 dias antes da semeadura da soja, o que pode ter impactado no comparativo entre os tratamentos.

Ainda para o estande de plantas, não houve diferença significativa em função da presença ou ausência de *P. brachyurus* e do tratamento nematicida realizado. Entretanto, no primeiro par de folhas de soja dos tratamentos com fluopyram, foram observados sintomas de fitotoxicidade, com a presença de manchas claras restritas a este tecido que não comprometeram o posterior desenvolvimento vegetal.

Tabela 4.7 - Estande de plantas de soja (cv. Nidera 5909) por vaso aos 15 dias após a semeadura, com ou sem *Pratylenchus brachyurus*, sob diferentes sistemas de cultivo antecedentes e tratamentos nematicidas.

Tratamento	Braquiária		Consórcio		Milho		Média
	sem	com	sem	com	sem	com	
Testemunha	4,3	4,8	4,4	4,9	4,9	5,7	4,83 a
Fluopyram	4,8	4,9	4,8	4,7	5,2	5,4	4,96 a
<i>Bacillus firmus</i>	4,3	4,4	4,4	5,2	4,8	4,8	4,67 a
Média	4,59 B		4,72 B		5,14 A		
	4,66 A	4,87 A					

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. sem = sem nematoide; com = com nematoide.

Fonte: o próprio autor.

A MFPA da soja em sucessão à braquiária foi menor em relação aos demais sistemas estudados. Além disso, para o tratamento com *B. firmus* houve redução dos valores das variáveis MFPA e MFR na presença de *P. brachyurus* (Tabela 4.8).

Considerando-se apenas a testemunha, sem a inoculação de *P. brachyurus*, verificou-se que o tratamento com *B. firmus* apresentou MFR de 217,91 e os demais não passaram de 161. Quando observamos as plantas inoculadas com *P. brachyurus*, a tendência é oposta. O fato de as plantas da testemunha terem apresentado MFR média cerca de 50 g acima

dos outros tratamentos pode ter influenciado diretamente na reprodução do nematoide, uma vez que a MFR é fator determinante para a multiplicação dos mesmos.

Tabela 4.8 - Massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raiz (MFR) de soja, aos 70 dias após a semeadura, em função da presença ou não de *Pratylenchus brachyurus*, do sistema de cultivo antecessor e nematicida utilizado.

MFPA (g)								
Tratamento	Braquiária		Consórcio		Milho		Média	
	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com
Testemunha	306,58	262,50	265,17	311,27	368,83	378,33	317,37 aA	313,53 aA
Fluopyram	289,17	277,25	361,33	321,17	280,33	382,42	326,94 aA	310,28 aA
<i>Bacillus firmus</i>	307,00	180,33	334,67	278,08	398,92	309,25	346,86 aA	255,89 aB
Média	270,47 B		311,95 A		352,01 A			

MFR (g)								
Tratamento	Braquiária		Consórcio		Milho		Média	
	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com
Testemunha	163,32	185,49	134,28	188,40	184,17	206,77	160,59 aA	193,56 aA
Fluopyram	189,38	195,78	184,36	223,33	106,85	215,59	160,20 aA	211,56 aA
<i>Bacillus firmus</i>	208,95	132,63	223,44	173,67	221,35	140,97	217,91 aA	149,09 aB
Média	179,26 A		187,91 A		179,28 A			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. sem = sem nematoide; com = com nematoide.

Fonte: o próprio autor.

Os resultados da avaliação nematológica realizada na cultura da soja (Tabela 4.9) mostram que houve interação nos fatores para Pf, nema/g e FFP. Em todas variáveis avaliadas, os menores valores foram obtidos com a utilização da braquiária solteira como cultivo antecessor e tratamento de sementes com *B. firmus* na cultura da soja, enquanto os maiores valores ocorreram no sistema com a braquiária solteira e sem tratamento nematicida.

Analisando-se apenas a testemunha, verifica-se que o sistema com a braquiária solteira, ou em consórcio, resultou em maior multiplicação de *P. brachyurus* na soja cultivada na sequência. Uma hipótese para justificar a diferença na população de *P. brachyurus* na cultura da soja em função da cultura antecessora, apesar do milho e braquiária

apresentarem população do nematoide semelhante ao final do ciclo na safrinha, é a influência da cultura hospedeira na agressividade ou virulência nos indivíduos. A capacidade de plantas selecionarem indivíduos mais virulentos já foi observada para *Meloidogyne* spp. em tomateiro após sucessivas gerações (NETSCHER, 1977).

Tabela 4.9 - População final (Pf), número de nematoides por grama de raiz (Nema/g) e fator de flutuação populacional (FFP) de *Pratylenchus brachyurus* na soja cultivada em sucessão a diferentes sistemas de cultivo, com e sem nematicidas, aos 70 dias após o plantio.

Pf			
Tratamento	Braquiária	Consórcio	Milho
Testemunha	19125,00 aA	7783,33 aA	3395,83 aB
Fluopyram	2005,83 bA	2159,17 bA	2640,83 aA
<i>Bacillus firmus</i>	990,00 bB	6243,33 aA	5988,33 aA
Nema/g			
Tratamento	Braquiária	Consórcio	Milho
Testemunha	94,18 aA	53,00 aA	16,89 bB
Fluopyram	11,13 bA	11,32 bA	18,05 bA
<i>Bacillus firmus</i>	8,67 bB	43,65 aA	53,60 aA
FFP			
Tratamento	Braquiária	Consórcio	Milho
Testemunha	47,82 aA	19,46 aA	8,49 aB
Fluopyram	5,02 bA	5,40 bA	6,60 aA
<i>Bacillus firmus</i>	2,48 bB	15,61 aA	14,97 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

Outra hipótese para explicar tal situação se refere à condição do tecido radicular da braquiária e do milho parasitado entre o período de avaliação/dessecação e semeadura da soja. No momento da avaliação na safrinha, o milho estava no final do ciclo e, cerca de cinco dias após a dessecação, as plantas já estavam mortas. No caso da braquiária, devido ao ciclo perene, as plantas estavam em plena atividade no momento da avaliação e, somente após 20-25 dias da aplicação de glifosato, as plantas estavam completamente dessecadas. Como o processo de decomposição das raízes do milho se iniciou anteriormente ao da braquiária e *P. brachyurus* é um endoparasita obrigatório, é possível que tenha ocorrido maior mortalidade de espécimes no tratamento com milho entre o período de dessecação e a semeadura da soja, induzindo diferença de inóculo inicial remanescente no solo.

Em experimento realizado por Debiasi et al. (2016), ao analisarem a população no solo na semeadura e na colheita da soja, os autores verificaram que as áreas onde foi cultivada *U. ruziziensis* diferenciaram-se estatisticamente daquelas com milho por apresentarem maior população de *P. brachyurus* no solo. No mesmo trabalho, analisando a população nas raízes da soja, os autores observaram que, aos 45 dias, o tratamento com *U. ruziziensis* apresentou população inferior ao milho mas, aos 90 dias, superior. Este resultado indica que o estágio fenológico também pode ser determinante na degradação das raízes e na sobrevivência/disponibilização de *P. brachyurus* para a cultura em sucessão.

Além disso, o efeito da palhada devolvida ao sistema deve ser considerado. A decomposição da matéria orgânica pode liberar compostos pré-existentes ou metabólitos que são tóxicos aos nematoides. A quantidade de palhada nos diferentes sistemas foi padronizada em 1,8 t/ha, mas sabe-se que a decomposição da matéria orgânica ocorre de forma mais intensa quanto menor for a relação C/N. Trabalhos mostram que a relação C/N da palhada de braquiária é de cerca de 40,76 aos 90 dias após o plantio de *U. ruziziensis* (MENEZES; LEANDRO, 2004), enquanto do milho, 71,32 aos 120 dias após a semeadura (SILVA et al., 2009).

Os nossos resultados indicam, ainda, que conhecer o FR de uma cultivar não é o único aspecto relevante para determinar a população de *P. brachyurus* para a cultura em sucessão, mas também o tempo ao qual a planta é submetida ao parasitismo. Este quesito pode explicar os resultados divergentes dos nossos encontrados por Rodrigues et al. (2014), ao cultivarem sistemas compostos por braquiária e milho por apenas 60 dias até a semeadura da soja em sucessão.

De modo geral, os tratamentos nematicidas reduziram a população de *P. brachyurus*, independente do sistema avaliado. O tratamento com fluopyram foi o que apresentou maior constância entre os sistemas utilizados, apresentando redução significativa para todos as variáveis nos sistemas com braquiária solteira e consórcio milho-braquiária, não apresentando diferença significativa em relação à testemunha no milho solteiro. Entretanto, *B. firmus* teve seu efeito minimizado na presença de plantas de milho, tanto em cultivo consorciado quanto solteiro, não apresentando redução significativa e, no caso da variável nema/g, apresentou valor médio de 53,60, significativamente superior em relação ao da testemunha sem nematicida (16,89).

Algumas hipóteses podem explicar a relação *P. brachyurus* – *B. firmus* - milho. A primeira possibilidade é que ao *B. firmus* induzir o crescimento radicular, característica esta já relatada na literatura, apesar de não apresentar diferença significativa

neste trabalho, tenha ocorrido estímulo ao crescimento da população de *P. brachyurus* e a menor MFR na presença do nematoide indique que o parasitismo foi suficiente para causar danos à soja.

Outra hipótese é que a capacidade de colonização de bactérias endofíticas é essencial para o antagonismo de fitonematoídes (PINHO et al., 2009) e um dos modos de ação destas bactérias é pela interferência no reconhecimento da planta hospedeira pelo fitonematoide (STIRLING, 1991). Além disso, *B. firmus* é citado entre as principais espécies para a deterioração de silagens (LINDGREN et al., 1985). Desta forma, o controle efetivo de *B. firmus* evidenciado pós-cultivo de braquiária pode estar relacionado à baixa relação C/N da palhada retornada ao sistema ou outro tipo de afinidade com a matéria orgânica desta cultura. Por pertencerem ao grupo das bactérias solubilizadoras de fosfato (DATA et al., 1982), a disponibilização de P pós-braquiária pode ter sinalizado e intensificado o metabolismo e atividade microbiana.

Em relação à produtividade da soja, não foram observadas diferenças significativas em função da presença do nematoide e do sistema antecessor, exceto para o tratamento com *B. firmus*, que resultou em menor produtividade (Tabela 4.10). Este resultado está de acordo com o verificado para MFPA e MFR no tratamento com *B. firmus* na presença de *P. brachyurus* (Tabela 4.8).

Os resultados de análise química e de textura do solo (Figura 4.1) realizado no período da safrinha mostram a influência dos três sistemas estudados sobre as condições do solo. O teor de P no solo foi o que mais se alterou, sendo que, no cultivo com a braquiária solteira, obteve-se o menor valor, enquanto que no consórcio houve condição intermediária e, no milho solteiro, a maior concentração. Isto evidencia a capacidade da braquiária de exportar o nutriente do solo. Os demais nutrientes se mantiveram relativamente constantes, independentemente do sistema utilizado.

Em relação à textura do solo, foi verificada tendência de solo mais argiloso na cultura do milho e mais arenoso com a braquiária solteira. Uma vez que as culturas utilizadas não possuem a capacidade de interferência a curto prazo no tamanho das partículas do solo, sugere-se que os diferentes valores se devam ao acaso, pela coleta da amostra.

No solo analisado no momento da colheita da soja (Figura 4.2), foi possível observar o retorno do P ao solo nos vasos em que a palhada foi proveniente da braquiária solteira, onde foi observado o maior teor desse elemento. Neste momento, os resultados da textura do solo indicaram menor variação nos sistemas utilizados. Considerando que o elemento P não está adequadamente disponível na maioria dos solos para o bom

desenvolvimento da soja (RAIJ et al., 2001), a disponibilização de P proporcionada pela braquiária pode favorecer o desenvolvimento da cultura da soja. Entretanto, com o intenso parasitismo na soja por *P. brachyurus*, ocorre a limitação na absorção de nutrientes essenciais para a manutenção da produtividade em função da destruição do sistema radicular.

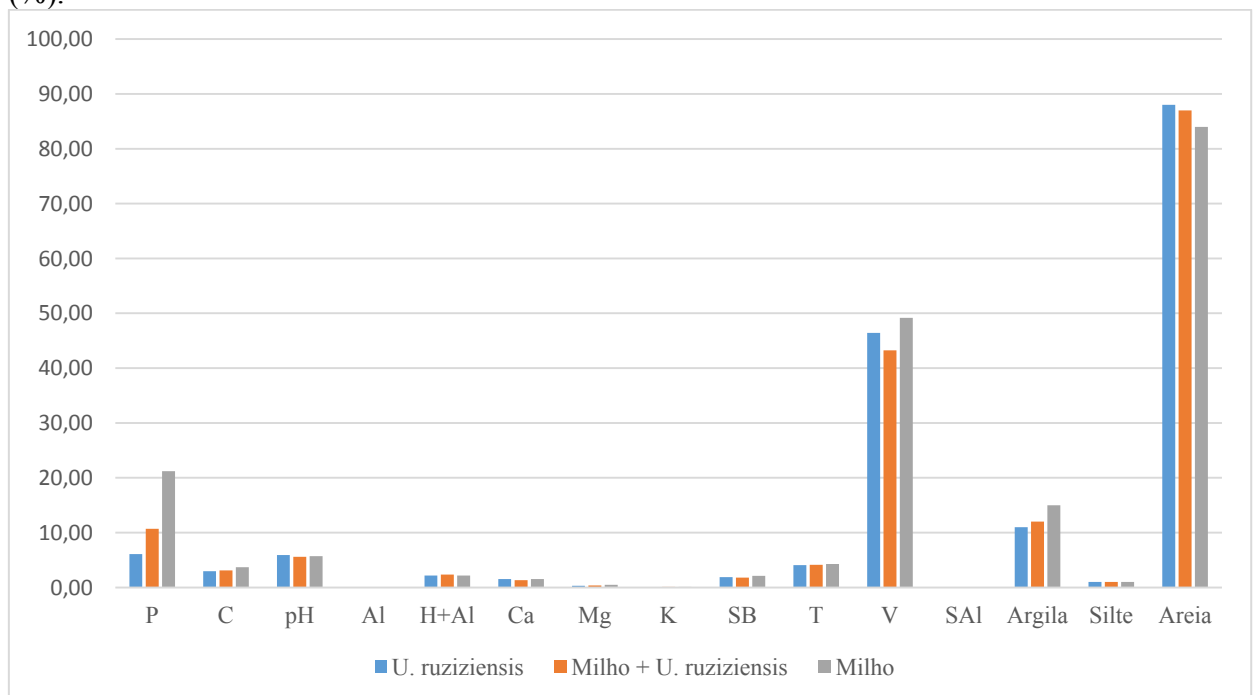
Tabela 4.10 - Produtividade da soja (cv. Nidera 5909) (Kg/ha) em função da inoculação ou não (sem e com) com *Pratylenchus brachyurus*, sistema de cultivo antecessor e nematicida utilizado.

Tratamento	Braquiária		Consórcio		Milho		Média
	sem	com	sem	com	sem	com	
Testemunha	2814,35	3327,22	4212,56	2413,89	3025,56	2884,11	3199,72 a
Fluopyram	3703,00	2462,89	2566,00	2778,00	2546,78	3267,33	2887,33 a
<i>Bacillus firmus</i>	2085,56	2824,78	1949,56	2322,89	2266,78	2903,00	2392,09 b
Média	2956,41 A		2707,15 A		2815,59 A		
	2854,53 A	2798,24 A					

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. sem = sem nematoide; com = com nematoide.

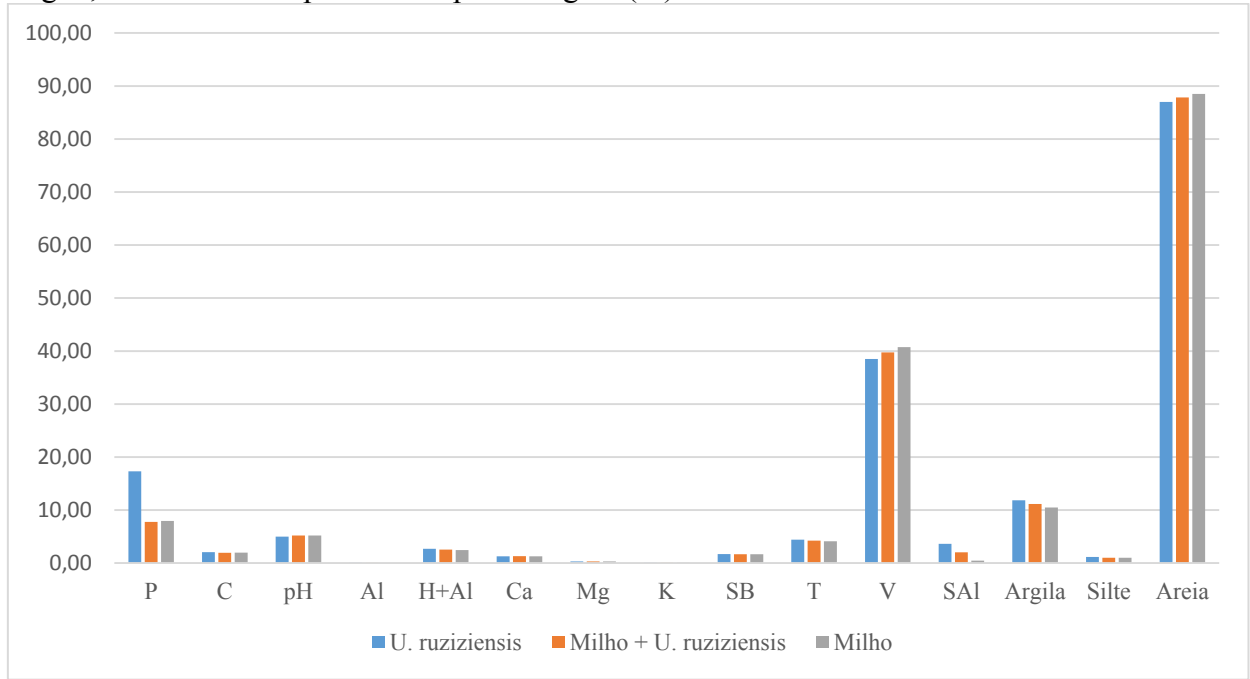
Fonte: o próprio autor.

Figura 4.1 - Resultado da análise de solo (química e textural) em três sistemas de cultivo, no momento da dessecação. Fósforo (P) expresso em mg/dm³; carbono (C) expresso em g/dm³; alumínio (Al), acidez potencial (H + Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (T) expressos em cmol_c/dm³ de solo; e saturação por bases (V), saturação por alumínio (SAI), Argila, Silte e Areia expressos em porcentagem (%).



Fonte: o próprio autor.

Figura 4.2 - Resultado da análise de solo (química e textural) na cultura da soja, no momento da colheita, comparando-se as amostras pelo sistema antecessor. Fósforo (P) expresso em mg/dm^3 ; carbono (C) expresso em g/dm^3 ; alumínio (Al), acidez potencial (H + Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (T) expressos em cmol/dm^3 de solo; e saturação por bases (V), saturação por alumínio (SAI), Argila, Silte e Areia expressos em porcentagem (%).



Fonte: o próprio autor.

Experimento 2

A partir da análise nematológica realizada no consórcio ao final do ciclo da cultura do milho (Tabela 4.11), observa-se que o uso dos nematicidas químico e biológico reduziram significativamente a população de *P. brachyurus*, com destaque para *B. firmus* que reduziu a Pf em mais de 90% em comparação com a testemunha sem tratamento. Em relação ao número de nematoides/g de raiz, fluopyram e *B. firmus* proporcionaram redução em relação à testemunha, mas sem diferirem significativamente entre si. O FR do nematoide na testemunha foi maior que 1,0 (1,63), enquanto que nos tratamentos nematicidas, o FR foi menor que 1,0. Portanto, o cultivo do consórcio sem uso de nematicidas resultou no aumento populacional de *P. brachyurus* e a utilização de nematicidas, no seu decréscimo. Em sistema de plantio direto, esse efeito é importante para reduzir o inóculo inicial ao qual a cultura sucessora será submetida.

É importante ressaltar que, devido à limitação imposta pela ausência de registro de nematicidas para as braquiárias, o tratamento nematicida foi realizado apenas na semente de milho e, ainda assim, seu efeito se estendeu ao sistema como um todo

contribuindo para o controle. Isto poderia explicar o maior efeito proporcionado por *B. firmus* em relação ao fluopyram, uma vez que o desenvolvimento do agente de biocontrole na rizosfera pode ter abrangido maior área e compensado a ausência de tratamento da braquiária. Ainda, com o estabelecimento de *B. firmus* na rizosfera, o seu efeito residual tenderá a ser maior que o de nematicidas químicos, principalmente considerando o longo período entre inoculação e avaliação (colheita).

Tabela 4.11 - População final (Pf), fator de reprodução (FR) e número de nematoides por grama de raiz (Nema/g) no sistema de consorciação milho-braquiária com diferentes tratamentos nematicidas, aos 110 dias após a inoculação de 350 espécimes de *Pratylenchus brachyurus* por vaso.

Tratamento	Pf	Nema/g	FR
Testemunha	571,50 a	10,46 a	1,63 a
Fluopyram	135,75 b	2,59 b	0,39 b
<i>Bacillus firmus</i>	55,50 c	1,69 b	0,16 c

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Não houve diferença significativa para as variáveis MFPA e MFR no consórcio milho-braquiária em função do nematicida utilizado (Tabela 4.12). Quando comparada separadamente a MFPA de milho e braquiária, também não se observou diferença significativa. Este resultado ocorreu apesar dos nematicidas terem surtido efeito na população de *P. brachyurus*. Isto pode ser explicado pelo fato da multiplicação pouco intensa do nematoide no sistema (FR = 1,63) e/ou pela capacidade das culturas de tolerarem o parasitismo. Não houve diferença significativa para MSPA (Tabela 4.13) entre os tratamentos realizados, tanto no total da MSPA produzida pelo sistema quanto para as culturas separadamente.

Tabela 4.12 - Massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raiz (MFR) de plantas de milho e braquiária cultivadas em sistema de consorciação e inoculadas com 350 espécimes de *Pratylenchus brachyurus* por vaso, aos 110 dias após a semeadura.

Tratamento	MFPA (g)			MFR (g)
	Milho	Braquiária	Total	
Testemunha	69,50 a	19,38 a	88,88 a	55,08 a
Fluopyram	56,38 a	25,00 a	81,30 a	56,41 a
<i>Bacillus firmus</i>	68,75 a	18,13 a	86,88 a	47,45 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

Tabela 4.13 - Massa seca de parte aérea (MSPA) de plantas de milho e braquiária cultivadas em consorciação, 30 dias após a dessecação com glifosato.

Tratamento	MSPA (g)		Total
	Milho	Braquiária	
Testemunha	15,31 a	18,13 a	33,44 a
Fluopyram	15,38 a	18,94 a	34,31 a
<i>Bacillus firmus</i>	17,19 a	19,50 a	36,69 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4.14, na cultura da soja não foi verificada diferença significativa para MFPA e MFR em função da utilização de nematicidas. O uso de nematicidas resultou em redução média de mais de 50% na população de *P. brachyurus*, obtendo-se diferença significativa para Pf, nema/g e FR.

Tabela 4.14 - Massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raiz (MFR) de plantas de soja, 70 dias após a semeadura em sucessão ao consórcio milho-braquiária, população final (Pf), fator de flutuação populacional (FFP) e número de nematoides por grama de raiz (Nema/g) de *Pratylenchus brachyurus*, com e sem tratamento nematicida.

Tratamento	MFPA (g)	MFR (g)	Pf	Nema/g	FFP
Adicional	44,50 a	49,70 a	14516,50 a	294,76 a	41,48 a
Fatorial	41,40 a	42,62 a	5926,06 b	134,33 b	16,93 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Tratamento Adicional = sem nematicida para as duas safras; Tratamento Fatorial = com nematicida.

Fonte: o próprio autor.

No desdobramento da fatorial dos tratamentos com uso de nematicidas (Tabela 4.15), tem-se a comparação entre fluopyram e *B. firmus* e, para cada um deles, o efeito da aplicação no consórcio e na soja ou apenas no consórcio. Em nenhum dos casos houve interação significativa entre os fatores. Para as variáveis MFPA e MFR das plantas de soja, não houve diferença significativa em função do nematicida utilizado e época de aplicação. Para Pf, nema/g e FR, o uso de fluopyram resultou sempre em menor quantidade de nematoide em relação a *B. firmus* e, em todos os casos, a aplicação combinada do nematicida no milho do consórcio e na soja resultou em redução significativamente mais expressiva.

Na cultura da soja, todas as plantas presentes no vaso nos tratamentos com nematicidas foram provenientes de sementes tratadas e, assim, o nematicida químico pôde atuar mais efetivamente. Contudo, quando observado apenas o resultado na soja, para o tratamento de sementes no consórcio, o produto químico também teve melhor resultado.

Diante disso, como fluopyram age como nematicida, causando de fato a morte de espécimes de *P. brachyurus* durante o ciclo do milho, a possibilidade de que seu efeito tenha perdurado é maior.

Tabela 4.15 - Massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raiz (MFR) de plantas de soja em sucessão ao consórcio milho-braquiária, população final (Pf), fator de flutuação populacional (FFP) e número de nematoides por grama de raiz (Nema/g) de *Pratylenchus brachyurus*, com comparação entre nematicidas e entre momentos de aplicação (consórcio + soja / consórcio).

MFPA (g)			
Nematicida	Consórcio + Soja	Consórcio	Média
Fluopyram	36,63	44,38	40,50 a
<i>Bacillus firmus</i>	41,33	43,25	42,29 a
Média	38,99 A	43,81 A	
MFR (g)			
Nematicida	Consórcio + Soja	Consórcio	Média
Fluopyram	45,18	43,49	44,34 a
<i>Bacillus firmus</i>	40,21	41,62	40,91 a
Média	42,69 A	42,56 A	
Pf			
Nematicida	Consórcio + Soja	Consórcio	Média
Fluopyram	521,00	4591,50	2556,25 b
<i>Bacillus firmus</i>	4313,33	14278,50	9295,88 a
Média	2417,13 B	9435,00 A	
Nema/g			
Nematicida	Consórcio + Soja	Consórcio	Média
Fluopyram	11,01	92,74	51,88 b
<i>Bacillus firmus</i>	108,61	325,31	216,79 a
Média	59,64 B	209,03 A	
FFP			
Nematicida	Consórcio + Soja	Consórcio	Média
Fluopyram	1,49	13,12	7,30 b
<i>Bacillus firmus</i>	12,32	40,80	26,59 a
Média	6,91 B	26,96 A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

Bacillus firmus apresentou melhor efeito quando utilizado no consórcio milho-braquiária, com reinoculação na cultura da soja, mas tal efeito não foi expressivo, uma vez que a população de *P. brachyurus* foi cerca de 10 vezes maior que a observada com o uso de fluopyram. Quando aplicado apenas no consórcio, *B. firmus* apresentou resultados de Pf, nema/g e FR semelhantes ao da testemunha sem tratamento em ambas as safras. Este resultado está em consonância com os obtidos no experimento 1.

Apesar de *B. firmus* reduzir a mobilidade de juvenis de *Meloidogyne incognita* (TEREFE; TEFERA; SAKHUJA, 2009) e *Radopholus similis* (MENDOZA; KIEWNICK; SIKORA, 2008) em testes realizados *in vitro*, este efeito ainda não foi confirmado em *P. brachyurus*. Assim, a menor população deste nematoide nas raízes no consórcio-milho braquiária pode ser resultante do efeito de desorientação do nematoide ocasionado pela transformação dos exsudatos radiculares com a ação do agente de biocontrole (FREITAS, 2001) e não necessariamente devido à mortalidade de indivíduos. De acordo com os resultados apresentados, portanto, o efeito de *B. firmus* sobre a população de *P. brachyurus* é dependente da cultura na qual exerce o controle.

Estes resultados mostram que os efeitos do tratamento nematicida no consórcio milho-braquiária são evidentes também na cultura da soja. Ressalta-se, portanto, a importância do registro de nematicidas para as culturas do milho e da braquiária. Apesar de as perdas na cultura do milho, em muitos casos, não justificam por si só o controle do nematoide (SILVA et al., 2001), a redução do inóculo para a soja cultivada em sucessão pode ser uma ferramenta viável para o manejo de *P. brachyurus*. Além disso, a combinação da aplicação de nematicidas também na cultura da soja reforça os efeitos dos produtos e aumenta a viabilidade do cultivo da soja em áreas infestadas.

4.6 CONCLUSÕES

Experimento 1

No momento da colheita do milho, os sistemas proporcionam a mesma densidade populacional de *P. brachyurus* para a soja em sucessão.

A soja cultivada em sucessão a *U. ruziziensis* apresenta maior população de *P. brachyurus* nas raízes.

O uso de fluopyram na cultura da soja é eficiente para redução da população de *P. brachyurus*. Os efeitos de *B. firmus* não foram satisfatórios na soja em sucessão ao milho para o controle de *P. brachyurus*.

Experimento 2

Os nematicidas fluopyram e *B. firmus* controlaram *P. brachyurus* no consórcio milho-braquiária, mesmo que apenas sementes de milho tenham sido tratadas.

O efeito da aplicação de fluopyram é verificado na soja em sucessão, ainda que não haja reaplicação do produto nesta cultura. *Bacillus firmus* não apresentou bom desempenho na cultura da soja quando aplicado somente no milho como cultura antecessora.

A combinação do tratamento de sementes com nematicidas no consórcio aliado ao tratamento também na cultura da soja aumenta a eficiência de controle de *P. brachyurus*.

5 AVALIAÇÃO DA PREFERÊNCIA HOSPEDEIRA DE *Pratylenchus brachyurus* ENTRE MILHO E BRAQUIÁRIA

5.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de atração de *Pratylenchus brachyurus* por raízes de milho e braquiária. No primeiro experimento, conduzido em casa de vegetação, foi realizada a inoculação de *P. brachyurus* em um ponto equidistante entre vasos contendo de um lado milho e do outro braquiária, interligados por um canal contendo solo para o deslocamento dos espécimes. Os nematoides foram extraídos 18 dias após a inoculação. O segundo experimento, realizado *in vitro*, consistiu na comparação do número de espécimes de *P. brachyurus* na superfície de segmentos de raízes de milho e braquiária, de forma isolada e na mesma placa, em meio contendo gel Pluorônico. No primeiro experimento foram identificados espécimes apenas nas raízes de milho. No teste *in vitro* observou-se maior concentração da população de *P. brachyurus* na superfície de raízes de milho entre 6 e 7 horas após o início do período experimental. Os resultados mostraram que *P. brachyurus* apresenta preferência em se hospedar em raízes de milho. Portanto, esta característica estaria contribuindo com os maiores fatores de reprodução verificados para cultura do milho, em comparação com a braquiária, de acordo com informações disponíveis na literatura.

Palavras-chave: *Urochloa ruzizensis*. *Zea mays*. Consorciação de plantas. Nematóide das lesões. Quimiotaxia.

5.2 ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the attractiveness of *Pratylenchus brachyurus* by corn and brachiaria roots. In the first experiment, conducted in greenhouse condition, *P. brachyurus* inoculation was carried out at an equidistant point between pots growing on one side maize and on the other brachiaria, interconnected by a channel containing soil for the displacement of the specimens. The nematodes were extracted 18 days after the inoculation. The second experiment, carried out *in vitro*, consisted in comparing the number of *P. brachyurus* specimens on the surface of corn and brachiaria root segments, isolated and on the same plate, in medium containing Pluoronic gel. In the first experiment, specimens were identified only in corn roots. The *in vitro* test showed higher concentration of *P. brachyurus* population on corn root surface between 6 and 7 hours after the beginning of the experimental period. The results showed that *P. brachyurus* has preference in lodging corn roots. Therefore, this characteristic should be contributing with the highest reproductive factors verified for maize crop, in comparison with brachiaria, according to information available in the literature.

Key words: *Urochloa ruzizensis*. *Zea mays*. Intercropped plants. Root-lesion nematode. Chemotaxis.

5.3 INTRODUÇÃO

Pratylenchus brachyurus está entre os principais nematoides na agricultura brasileira devido aos prejuízos causados em grandes culturas e às dificuldades que envolvem seu manejo (MACHADO, 2015; SANTANA-GOMES et al., 2014). É um nematoide vermiforme e possui hábito endoparasita migrador e essa característica propicia que o nematoide seja infectivo em todas as etapas de seu ciclo de vida a partir de sua eclosão do ovo como juvenil de segundo estágio (J2). A sua atração pelo tecido radicular ocorre mediante órgãos sensoriais que captam alterações no meio provocadas pela liberação de exsudatos das plantas (CASTILLO; VOVLAS, 2007).

Atualmente, existe a preocupação da infestação por *P. brachyurus* em áreas em que se cultiva milho e *Urochloa ruziziensis* consorciadas ou não. Isto porque ambas as culturas utilizadas apresentam reação de suscetibilidade ao nematoide (INOMOTO; MACHADO; ANTEDOMÊNICO, 2007; INOMOTO, 2011; QUEIRÓZ et al., 2014) e, com isso, existe a possibilidade de aumento populacional do patógeno. Além disso, pouco se sabe sobre o impacto da combinação das culturas e tão pouco a forma com que cada uma delas influencia na dinâmica populacional do patógeno.

Em áreas de cultivo consorciado, pode haver maior parasitismo do nematoide na raiz de uma espécie em detrimento de outra, fazendo com que o nível populacional seja determinado principalmente pela hospedeira preferencial. Entretanto, o fato de uma planta possuir maior capacidade de atração não é condição indispensável para que ocorra maior multiplicação do nematoide, sendo o contrário também verdadeiro. Este é o caso, por exemplo, de plantas denominadas “armadilhas”, que são aquelas que possuem boa capacidade de atrair o nematoide mas, devido a algum mecanismo fisiológico, induzem a morte do nematoide ou inviabilizam seu ciclo (FERRAZ et al., 2010).

Contudo, considerando duas culturas suscetíveis e a possibilidade do cultivo consorciado resultar em aumento do volume radicular na área, isto corresponderá a uma situação benéfica para maior taxa de sobrevivência e multiplicação do nematoide. Ainda, se a planta inserida no cultivo consorciado apresentar maior capacidade de atração e multiplicação do nematoide em relação àquela já utilizada, o aumento populacional tenderá a ser maior em comparação ao cultivo solteiro.

Desta forma, elucidar detalhes da interação planta-patógeno pode ajudar a melhor compreender o fator de reprodução de *P. brachyurus* nas culturas do milho e da braquiária e os possíveis impactos no inóculo inicial nas culturas em sucessão. Além de

estudos realizados em casa de vegetação, estudos *in vitro* relativos à atração de nematoides por raízes podem ser feitos com a utilização do gel plurônico, em substituição ao gel de agarose, que permite boa condução em temperatura adequada ao nematoide, boa transparência e baixa contaminação em curtos períodos (WANG; LOWER; WILLIAMSON, 2009). Contudo, os trabalhos já realizados contemplaram principalmente nematoides dos gêneros *Meloidogyne* (ČEPULYTĖ et al., 2017; WANG; LOWER; WILLIAMSON, 2009) e *Heterodera* (YANFENG et al., 2017) e, até o momento, nenhum deles para estudo do comportamento de *P. brachyurus*.

Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho foi comparar a capacidade de atração e penetração de *P. brachyurus* em plantas de milho e *U. ruzizensis*, em condições controladas de casa de vegetação e *in vitro*.

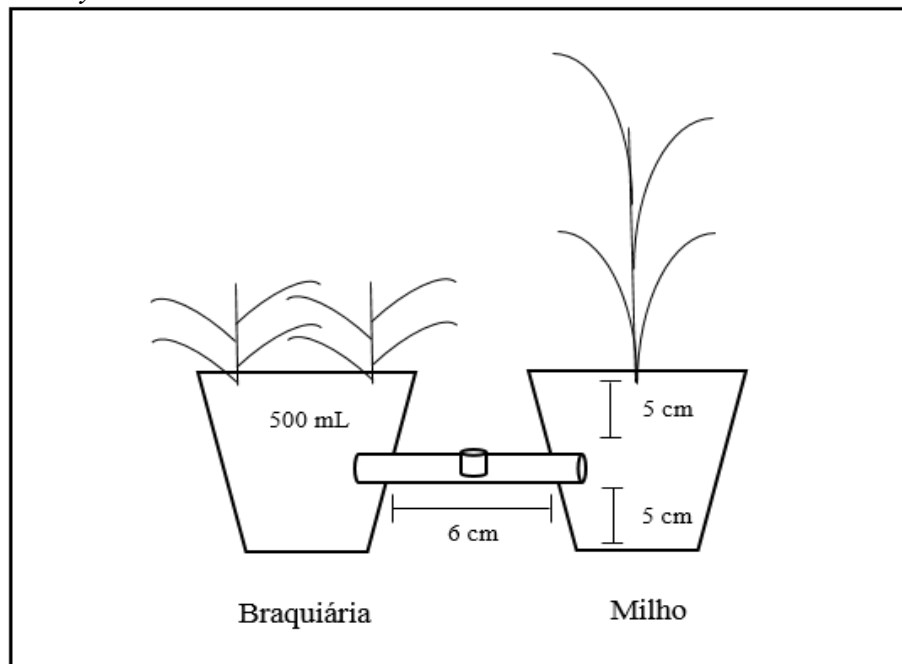
5. 4 MATERIAL E MÉTODOS

Experimento 1

Em casa de vegetação, foi realizado experimento para a comparação da capacidade de atração de espécimes de *P. brachyurus* por plantas de milho e braquiária. Para isto, foram utilizados vasos de 500 mL interligados por um segmento de tubo de policloreto de vinila (PVC) de 16 mm de diâmetro interno e 6 cm de comprimento, posicionado a 5 cm da superfície e da base do vaso (Figura 5.1). Neste tubo, foi feito um único orifício equidistante entre os vasos, que foram devidamente nivelados na bancada da casa de vegetação. Os vasos foram preenchidos com substrato na proporção 1:1 (v/v) de solo e areia.

Em cada conjunto de dois vasos interligados, foram transplantadas em um deles uma muda de milho (cv. P30F53) e, no outro, duas mudas de *U. ruzizensis* (Sementes Matsuda) após oito dias da semeadura. Aos 18 dias após o transplante, foi realizada a inoculação de 5000 espécimes de *P. brachyurus* no orifício feito no tubo de ligação, dividida em cinco aplicações de 1 mL contendo 1000 espécimes a cada cinco minutos, para evitar a translocação da suspensão de inóculo para algum dos lados.

Figura 5.1 - Representação esquemática da configuração dos vasos para o experimento de preferência hospedeira a *Pratylenchus brachyurus*.



Fonte: o próprio autor.

Aos 18 dias após a inoculação, a parte aérea do experimento foi cortada e descartada e procedeu-se a extração dos nematoides. Para isto, foi utilizada a metodologia de extração de nematoides de amostras de solo por flotação e peneiramento seguidos de Funil de Bearmman otimizado (MACHADO; SILVA, 2019), em que todo o conteúdo dos vasos foi revolvido em água e, 30 segundos após o término do revolvimento, a suspensão do solo foi vertida em um conjunto de peneiras de 20 sobreposta a outra de 500 Mesh, sendo o material recolhido depositado sobre duas folhas sobrepostas de papel filtro montadas em malha de metal, que foi mantida sobre funil preenchido com cloreto de cálcio (0,025 M) e com um tubo coletor na extremidade durante 48 horas.

O volume radicular de cada vaso foi pesado para a obtenção da massa fresca de raiz (MFR), fracionado em segmentos de aproximadamente 1 cm e processado em liquidificador com água por 30 segundos, seguindo-se a metodologia descrita por Boneti e Ferraz (1981), sem a utilização de hipoclorito de sódio. Os nematoides foram quantificados com auxílio de câmara de Peters sob microscópio de luz, determinando-se o número total de nematoides na amostra, ou seja, a quantidade de nematoides que migraram para cada um dos lados, além do número de nematoides por grama de raiz. Os dados foram submetidos aos pressupostos da análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste F a 5% de significância. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com dois

tratamentos (milho ou braquiária) e 10 repetições.

Experimento 2

No segundo experimento foi observada a capacidade de atração de raízes de *P. brachyurus* por milho e braquiária em condições *in vitro*. Para este estudo foram obtidos espécimes de *P. brachyurus* a partir de raízes de plantas de arroz mantidas em casa de vegetação. Foram obtidos segmentos de raízes de milho (cv. P30F53) e braquiária (*U. ruziziensis*) de plantas com 10 dias após a semeadura.

Um gel foi preparado pela diluição de Pluoronic[®] F-127 na concentração de 23 g do produto para 80 mL de água esterilizada. Para a completa diluição, a solução foi mantida sob agitação a 4°C durante 24 horas. Em placas de acrílico com poços de 3,5 cm de diâmetro, foi inserido um segmento de 1 cm de raiz de milho, de braquiária ou de milho e braquiária. Em seguida, foi acrescentado 1 mL de suspensão de inóculo contendo 300 espécimes de *P. brachyurus* em cada poço. Após isto, 4 mL da solução para a formação do gel foi inserida no poço e as raízes foram ajustadas para permanecerem ao centro.

Em microscópio de luz, foram feitas avaliações da capacidade de atração dos nematoides pelas raízes. Para isto, foram realizadas contagens do número de nematoides na superfície das raízes (até 1 mm) com 5, 6, 7 e 8 h após a instalação do experimento. Em cada avaliação, foram tomadas fotografias em objetiva ocular com aumento de 5 x, resultando em aumento total de 50 x.

Dois tratamentos foram comparados de acordo com a raiz utilizada (milho e braquiária) em duas condições (em poços separados e juntas) e quatro repetições. Os dados de contagens foram submetidos aos pressupostos de análise de variância e as médias, comparadas pelo teste F a 5% de significância.

5. 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Houve diferença significativa para todas as variáveis analisadas no experimento de preferência (Tabela 5.1). O milho apresentou maior MFR, Pf e Nema/g em comparação à braquiária. A concentração média de nematoides nas raízes de milho foi de 1,05 nematoides/g de raiz, o que resultou na Pf média de 40,8 nematoides no vaso, o

correspondente a menos de 1% do total inoculado. Apenas foram encontrados espécimes de *P. brachyurus* nas raízes e, provavelmente devido à baixa quantidade, não foi possível observá-los no solo.

Tabela 5.1 - Massa fresca de raiz (MFR) de milho e braquiária, população final (Pf) e número de nematoides por grama de raiz (Nema/g) de *Pratylenchus brachyurus* em raízes de milho e braquiária, 18 dias após a inoculação.

Tratamento	MFR (g)	Pf	Nema/g
Milho	40,85 a	40,80 a	1,05 a
Braquiária	27,55 b	0 b	0 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

Nematoides fitoparasitas, em geral, não apresentam boa capacidade de deslocamento por ação própria, a qual se restringe a poucos centímetros durante todo seu ciclo de vida (FERRAZ; BROWN, 2016). No presente estudo, os nematoides foram inoculados a uma distância de pelo menos 4 cm dos sistemas radiculares do milho ou braquiária. Ao que tudo indica, essa condição adversa resultou na falta de estímulo à locomoção, em função da pequena quantidade de exsudatos radiculares que provavelmente chegaram aos nematoides o que, aliada à baixa capacidade de deslocamento, culminou na pequena quantidade de nematoides recuperados.

Além disso, a capacidade de recuperação dos nematoides presentes em amostras de solo e raízes pelas metodologias comumente utilizadas geralmente é baixa, o que também pode ter levado à pequena quantidade de nematoides encontrada ao final do período experimental. Neste trabalho, a metodologia utilizada, uma modificação do Funil de Baermann, é recomendada para espécies de *Pratylenchus*, por proporcionar maior capacidade de recuperação de adultos e juvenis (RODRÍGUEZ-KÁBANA; POPE, 1981; YEN et al., 1998), em comparação à metodologia do Funil de Baermann originalmente descrita, cuja eficiência era de cerca de 20% (OOSTENBRINK, 1970). Para *Bursaphelenchus xylophilus*, nematoide migrador a exemplo de *Pratylenchus* spp., Son e Moon (2013) obtiveram uma eficiência de extração de juvenis de 70 a 80% com a utilização da metodologia do Funil de Baermann, o que reforça a ideia de que, apesar de não ser totalmente eficiente, a metodologia de extração utilizada é adequada.

De qualquer forma, o milho se apresentou mais eficiente na atração de indivíduos de *P. brachyurus*, o que indica preferência pelas raízes desta cultura. A maior

MFR do milho pode ter contribuído com maior concentração de exsudatos, e, portanto, maior possibilidade destes serem percebidos pelos órgãos sensoriais do nematoide.

Experimento 2

Após o período de 5 horas, a quantidade de *P. brachyurus* na superfície das raízes começou a ser adequada para o devido acompanhamento e comparação entre os tratamentos (Tabela 5.2). Quando as culturas foram comparadas isoladamente, não houve diferença significativa pelo teste F ($p < 0,05$) em nenhum dos períodos avaliados. Neste caso, houve crescimento na contagem de nematoides ao longo do tempo (Figura 5.2) com maior amplitude entre os tratamentos entre 6 e 7 h e menor taxa de crescimento ao final do período de avaliação.

Com os segmentos de raiz de milho e braquiária disponíveis no mesmo poço da placa, houve diferença significativa para os períodos entre 6 e 7 h, nos quais a contagem de nematoides foi significativamente superior para o milho. No período de 8 h, houve decréscimo do número de nematoides na superfície de ambas as raízes e não foi mais possível a diferenciação entre os tratamentos. Isto pode ser explicado pelo fato de que, neste momento, foi observada elevada quantidade de *P. brachyurus* já no interior das raízes (Figura 5.3). Apesar de ter sido verificada preferência pela raiz de milho, esta característica foi atenuada na comparação isolada. Isto indica que, na ausência de hospedeiro mais atrativo ao nematoide (milho), este parasitará a raiz da planta hospedeira disponível (braquiária), garantindo sua sobrevivência e multiplicação.

Assim como relatado por Wang et al. (2009), que avaliaram a atração de *Meloidogyne* spp. por segmentos de raiz de tomate, foi observado no presente trabalho que a distribuição do nematoide não foi uniforme ao longo do segmento e que houve a formação de pontos de concentração, que provavelmente estaria relacionado à liberação de conteúdo celular ocasionada pela degradação durante o parasitismo, ou ao chamado efeito 'Cheerios', que seria a aglomeração por tensão a partir do encontro de nematoides (GART; VELLA; JUNG, 2011).

Tabela 5.2 - Número de espécimes de *Pratylenchus brachyurus* na superfície de raízes de milho ou braquiária *in vitro*, em gel Pluorônico (PF – 127), em diferentes períodos de avaliação.

Tratamento	Período de avaliação			
	5h	6h	7h	8h
Milho	7,25 a	16,75 a	29,25 a	33,25 a
Braquiária	5,75 a	10,75 a	22,25 a	25,00 a
Milho M-B	9,25 a	13,75 a	13,00 a	8,50 a
Braquiária M-B	4,75 a	5,00 b	3,50 b	5,25 a

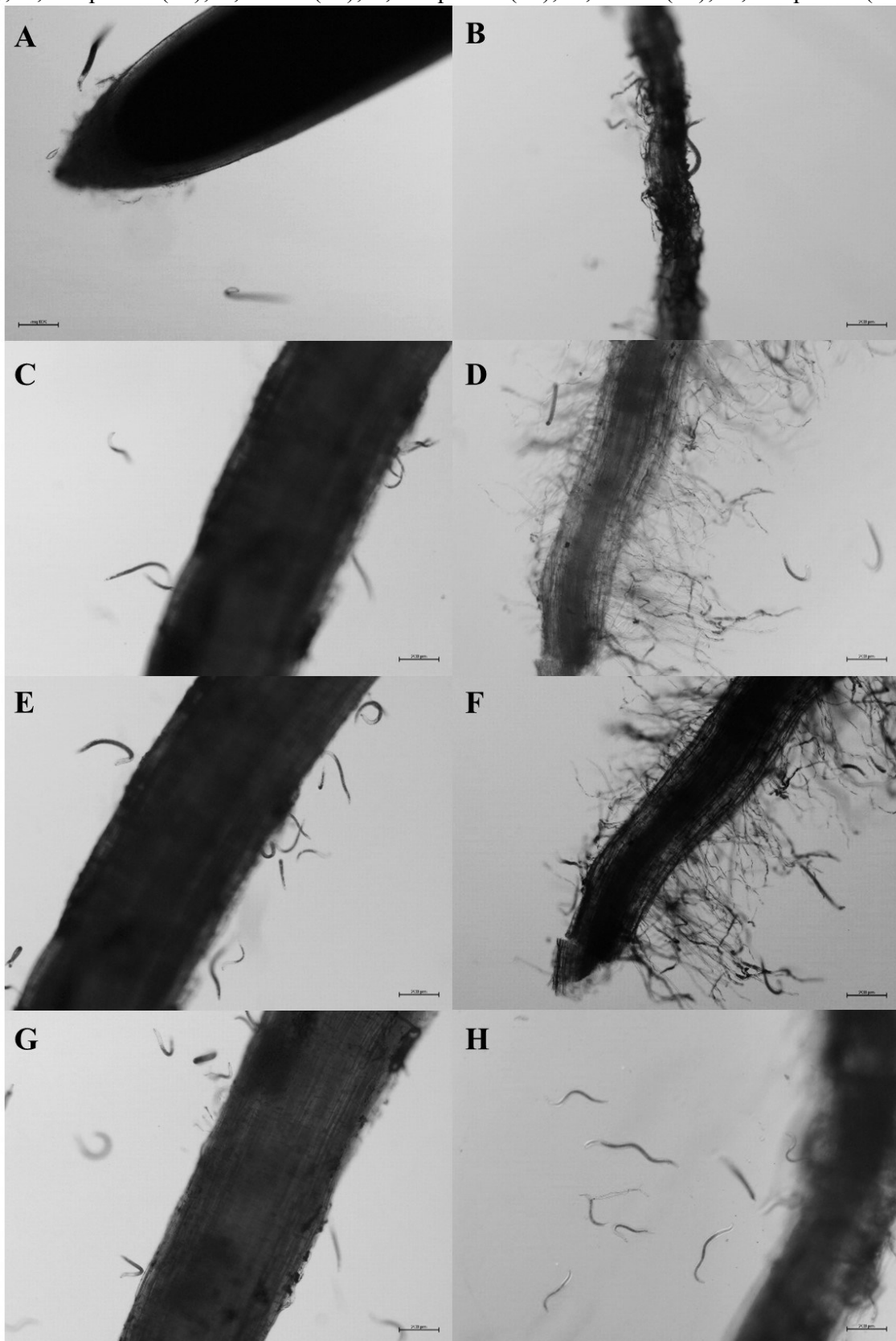
Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

Nossos resultados sugerem que, em distâncias mais longas, o milho teria maior capacidade de sinalização/atração do que a braquiária, sendo esta mais dependente da interceptação radicular até uma região mais próxima ao nematoide. Assim, o milho, ao menos nas fases iniciais de desenvolvimento, apresentaria maior capacidade competitiva em relação à braquiária, o que tenderá a ser atenuado pelo posterior desenvolvimento da braquiária e pelo consequente aumento da área de abrangência de seu sistema radicular. Este pode ser um dos fatores envolvidos no maior fator de reprodução observado para cultivares de milho em relação à braquiária em trabalhos encontrados na literatura.

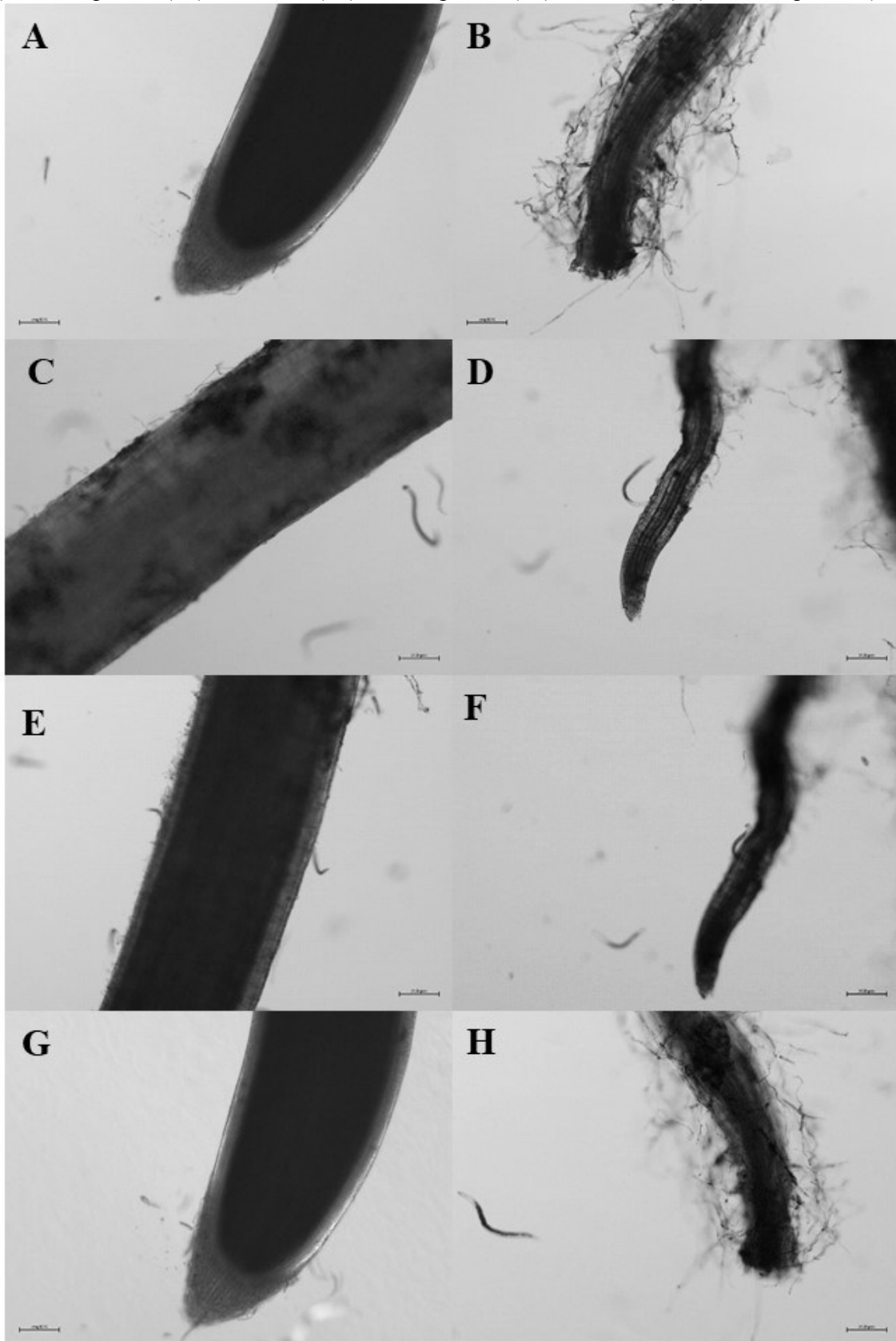
A intensidade com que as raízes de milho e braquiária atraem *P. brachyurus* pode impactar também na relação do nematoide com as raízes da cultura em sucessão. Por determinado período, as raízes restantes após a colheita ou dessecação podem hospedar nematoides que ainda estão presentes no solo e o milho, apresentando maior capacidade de atrair o nematoide, possivelmente apresentará potencial de reter e atrair maior quantidade de espécimes. Desta forma, no momento em que a cultura em plantio direto é implantada, se menos atrativa ao nematoide, este tenderá à menor taxa de migração das raízes de sua preferência, fazendo com que a multiplicação da população do nematoide na cultura em sucessão ao milho seja retardada.

Figura 5.2 - Segmentos de raízes de milho e braquiária isolados em gel Pluorônico (PF – 127) contendo espécimes de *Pratylenchus brachyurus*. **A**, milho (5h); **B**, braquiária (5h); **C**, milho (6h); **D**, braquiária (6h); **E**, milho (7h); **F**, braquiária (7h); **G**, milho (8h); **H**, braquiária (8h).



Fonte: o próprio autor.

Figura 5.3 - Segmentos de raízes de milho e braquiária juntos no gel Pluorônico (PF – 127) contendo espécimes de *Pratylenchus brachyurus*. **A**, milho (5h); **B**, braquiária (5h); **C**, milho (6h); **D**, braquiária (6h); **E**, milho (7h); **F**, braquiária (7h); **G**, milho (8h); **H**, braquiária (8h).



Fonte: o próprio autor.

5. 6 CONCLUSÕES

Pratylenchus brachyurus possui maior atratividade por raízes de milho em comparação à braquiária (*U. ruziensis*).

Demonstrou-se que o uso do gel Plurônico é útil para a avaliação da capacidade de atração de *P. brachyurus* por raízes e que, portanto, também possui potencial de uso em outras modalidades de estudo envolvendo este nematoide.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Observou-se que *Pratylenchus brachyurus* está presente em áreas em que tem sido proposto o consórcio milho-braquiária e que ocorre a tendência deste nematoide ser beneficiado pela inserção da braquiária ao sistema. Também foi verificado neste trabalho que o controle nematicida pode ser adotado tanto para redução populacional no consórcio milho-braquiária, como forma de redução do inóculo inicial para a cultura seguinte, quanto na soja em plantio direto. Contudo, nossos resultados indicam que a eficiência dos nematicidas pode ser variável de acordo com as especificidades do sistemas de cultivo. *Pratylenchus brachyurus* demonstrou ter preferência por raízes de milho o que demonstra que as maiores populações do nematoide na soja em sucessão à braquiária não envolvem estritamente a relação nematoide-hospedeira mas também a colaboração de outros aspectos envolvidos no manejo das culturas. Devido à importância deste nematoide para a soja cultivada em sucessão de culturas e à suscetibilidade das plantas do sistema, a população de *P. brachyurus* deve ser monitorada em áreas de consorciação de milho-braquiária e, quando necessário, medidas de controle devem ser implementadas para permitir a convivência com o nematoide na área.

REFERÊNCIAS

- ABRÃO, M. M.; MAZZAFERA, P. Efeitos do nível de inóculo de *Meloidogyne incognita* em algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n.1, p. 19-26, 2001.
- AGRIOS, G. N. Plant diseases caused by nematodes. In: AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**, San Diego: Academic Press, 1997. p. 565-597.
- AGROFIT. **Consulta de praga**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 13/07/2018.
- ALCÂNTARA, V. S. B.; AZEVEDO, J. L. de. Isolamento e seleção de fungos predadores de nematoides. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 135-46. 1981.
- ALMEIDA, A. A. et al. Eficiência do nematicida fluensulfone no controle de *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus* em soja. Congresso Brasileiro de Nematologia, 32, **Anais...** Londrina, 2015. Disponível em: <http://nematologia.com.br/wp-content/uploads/2015/06/anaiscbn32.pdf>. Acesso em: 08/08/2018.
- ALMEIDA, F. A. de et al. Reação de cultivares de soja aos nematoides das galhas. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 59, n. 3, p. 228-234, jul.- set. 2016.
- ALVARENGA, R. C. et al. **A cultura do milho na Integração Lavoura Pecuária**. Circular Técnica, 80. Embrapa Milho e Sorgo. (2006). Sete Lagoas, MG, dez. 2006.
- ALVES, T. C. U. et al. Reação de cultivares de soja ao nematóide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus*. **Revista Biodiversidade**, Rondonópolis, v. 10, n. 1, p. 73-79, 2011.
- ALVES, V. B. et al. Milho safrinha consorciado com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da soja em sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 280-292, 2013.
- AMARO, P. M. et al. Eficiência de Nimitz[®] no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja. CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 32, 2015, Londrina. **Anais [...]**. Piracicaba: SBN, 2015. p. 90-91. Disponível em: <http://nematologia.com.br/wp-content/uploads/2015/06/anaiscbn32.pdf>. Acesso em: 08/08/2018.
- AMARO, P. M. et al. Reação de híbridos de milho a *Helicotylenchus dihystera*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 33., 2016, Petrolina. **Anais [...]**. Piracicaba: SBN, 2016.
- ASMUS, G. L. et al. Reação de algumas culturas de cobertura utilizadas no sistema plantio direto a *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 29, p. 47-52, 2005.
- ASMUS, G. L. **Reação de algumas culturas de cobertura utilizadas no sistema de plantio direto ao nematoide reniforme**. Comunicado Técnico, Embrapa-Dourados, v. 99, jan. 2005.
- ASMUS, G. L.; ISHIMI, C. M. Flutuação populacional de *Rotylenchulus reniformis* em solo cultivado com algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 51-57, jan. 2009.

ASMUS, G. L.; RICHETTI, A. **Rotação de culturas para o manejo do nematoide reniforme em algodoeiro**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa-Dourados, v. 55, ago. 2010.

ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. Nematoides em Cultivos Integrados. In: CECCON, G. **Consórcio Milho-Braquiária**. Brasília: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. p. 145-161.

ASSELTA, F. O. et al. Eficácia do tratamento de sementes com fluopyram FS 600 no controle de *Pratylenchus brachyurus* ocorrente na cultura do milho (*Zea mays*). Congresso Brasileiro de Nematologia, 35, **Anais [...]**. Bento Gonçalves: SBN, 2018. p. 156. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Cristiano_Belle/publication/326127044_Anais_Palestras_e_Resumos_do_35_Congresso_Brasileiro_de_Nematologia/links/5b3a29de4585150d23ef585a/Anais-Palestras-e-Resumos-do-35-Congresso-Brasileiro-de-Nematologia.pdf. Acesso em: 23 jul. 2018.

BAERMANN, G. Eine einfache method zur auffindung von ankvlostomum (Nematoden) larven in erdproben. **Nederlands-Indie**, v. 57, p. 131-137, 1917.

BAIDA et al. Ocorrência de *Helicotylenchus dihystera* em cultivo de soja no Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 32, Londrina, **Anais [...]**. Piracicaba: SBN, jun. 2015.

BAKER, K. F.; COOK, R. J. **Biological Control of Plant Pathogens**. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1974. 433 p.

BARBOSA, G. G. et al. Efeito da sucessão braquiária-soja na população de *Pratylenchus brachyurus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 32., Londrina. **Anais [...]**. Piracicaba: SBN, 2015, p. 160. Disponível em: <http://nematologia.com.br/wp-content/uploads/2015/06/anaiscbn32.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2018.

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

BONATO, E. R. et al. Distribuição do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952) no Rio Grande do Sul. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 26, n. 1, p. 97-100, 2002.

BONETI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos 28 de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, n.3, p. 553, 1981.

BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia**, Berlin, v. 83, p. 14–19, 1990.

BONGERS, T. et al. Proposed changes of c-p classification for nematodes. **Russian Journal of Nematology**, Moscou, v. 3, n. 1, p.61–62, 1995.

- BORGES, D. C. **Reação de culturas de cobertura utilizadas no sistema de plantio direto ao nematoide das lesões *Pratylenchus brachyurus* e ao nematoide das galhas, *Meloidogyne incognita***. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2009.
- BORGES, D. C. et al. Reação de genótipos de *Avena* spp. a *Meloidogyne incognita* raça 4. **Tropical Plant Pathology**, Fortaleza, v. 34, p. 24-28, 2009.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* no Sistema Plantio Direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 163-171, fev. 2007.
- BORGHI, E. et al. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 559-568, 2008.
- BORTOLINI et al. Controle de *Pratylenchus brachyurus* via tratamento de semente de soja. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 830, dez. 2013.
- BRAGA, I. **Discriminação varietal de cultivares de *Urochloa brizantha* por marcador molecular ISSR**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BRIDA, A. L. de et al. Variabilidade espacial de *Meloidogyne javanica* em soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 42, n. 2, p. 175-179, 2016.
- BRIDA, A. L.; CORREIA, É. C. S. DA S.; WILCKEN, S. R. S. Suscetibilidade de cultivares de soja ao nematoide das lesões radiculares. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 43, n. 3, p. 248-249. 2017.
- BRITO, J. A.; FERRAZ, S. Seleção de gramíneas antagonistas a *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 11, p. 260-269, 1987.
- BROCH, D. L.; PITOL, C.; BORGES, E. P. **Integração agricultura pecuária: plantio direto da soja sobre pastagem na integração agropecuária**. Maracaju: Fundação MS, 1997. 24 p. (Fundação MS. Informativo técnico, 1/97).
- CAMPOS, M. C. C. et al. Variabilidade espacial da textura de solos de diferentes materiais de origem em Pereira Barreto, SP. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 149-157, 2007.
- CAMPOS, V. P.; SOUZA, J. T. DE; SOUZA, R. M. DE. Controle de fitonematóides por meio de bactérias. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 6, p. 285-327, 1998.
- CARDOSO, F. Plantio direto - ano 2000. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 90, p. 12-13, jun. 2000. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/501935EA5234F79C83257AA300699E8A/\\$FILE/Jornal%2090.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/501935EA5234F79C83257AA300699E8A/$FILE/Jornal%2090.pdf). Acesso em: 10 jul. 2018.

- CARNEIRO, R. G. et al. Reação de gramíneas a *Meloidogyne incognita*, a *M. paranaensis* e a *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 30, p. 287-291, 2006.
- CARNEIRO, R. G. et al. Reação de Milho, Sorgo e Milheto a *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 31, n. 2, 2007.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, jan.-fev. 2009.
- CARVALHO, C. et al. Ocorrência e hospedabilidade de fitonematoides em espécies de *Brachiaria* spp. e *Stylosanthes* spp. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 43, 2010. Suplemento. Cuiabá. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, p. 275, 2010.
- CARVALHO, C. et al. Hospedabilidade de genótipos de *Brachiaria* spp. a *Pratylenchus brachyurus* em diferentes texturas de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 21., 2011, Maceió. **Anais [...]**. Brasília: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2011. CD-ROM.
- CASTILLO, P.; VOVLAS, N. ***Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management**. Leiden: Brill, 2007. 529 p.
- CATTELAN, A. J.; GAUDÊNCIO, C. A.; SILTA, T. A. Sistemas de rotação de culturas em plantio direto e os microorganismos do solo, na cultura da soja, em Londrina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 293-301, 1997.
- CECCON, G. et al. Milho safrinha em consórcio com alternativas de outono-inverno para produção de palha e grãos, em Mato Grosso do Sul, em 2005. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8. 2005, Assis. **Anais [...]**. Campinas: INSTITUTO AGRONÔMICO, 2005. p. 361-366.
- CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 17, n. 97, p. 17-20, jan.-fev. 2007.
- CECCON, G.; KURIHARA, C. H.; STAUT, L. A. Manejo de *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com milho safrinha e rendimento de soja em sucessão. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 19, n. 113, p. 4-8, set.-out. 2009.
- CECCON, G. et al. Desempenho do consórcio milho-braquiária: populações de plantas e modalidades de semeadura de *Urochloa brizantha* cv. Piatã. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Campinas: INSTITUTO AGRONÔMICO, 2012. CD-ROM.
- CECCON, G. **Consórcio Milho-Braquiária**. Embrapa Agropecuária Oeste, Brasília, 2013. 175 p.
- CECCON, G.; CONCENÇO, G. Produtividade de massa e dessecação de forrageiras perenes para integração lavoura-pecuária. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 319-326, 2014.
- ČEPULYTĖ, R. et al. Potent attractant for root-knot nematodes in exudates from seedling root tips of two host species. **Scientific Reports**, 8, 10847, jul. 2018.

- CHELINHO, S. et al. Toxicity of the bionematicide 1,4-naphthoquinone on non-target soil organisms. **Chemosphere**, Los Angeles, v. 181, p. 579–588, ago. 2017.
- CHIAMOLERA, F. M. Susceptibility of winter crops to *Pratylenchus brachyurus* and effect on the nematode population in the maize crop. **Nematropica**, Florida, v. 42, n. 2, p. 267-275, 2012.
- CHIODEROLI, C. A. et al. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 37–43, 2012.
- COLLANGE, B. et al. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. **Crop Protection**, Oxford, v. 30, n. 10, p. 1251–1262. 2011.
- CONAB. **Safra brasileira de grãos. Boletim da safra de grãos 2018**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 19/06/2018.
- CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; FUZITA, W. E. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 65-76, jan.-fev. 2013.
- COSTA, M. J. N. DA; PASQUALLI, R. M.; PREVEDELLO, R. Efeito do teor de matéria orgânica do solo, cultura de cobertura e sistema de plantio no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 40, n. 1. p. 63-70. jan. 2014.
- CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Consórcio de milho com braquiária: produção de forragem e palhada para o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 100, jul-ago. 2007.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Integração lavoura-pecuária: benefício das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 125, p. 2-15, mar. 2009.
- CUNHA, T. P. L. et al. Ocorrência de nematoides e produtividade de feijoeiro e milho em função de sistemas de cultivo sob plantio direto. **Nematropica**, Flórida, v. 45, n. 1, p. 34-42, 2015.
- DATTA, M., BANIK, S., GUPTA, R.K. Studies on the efficacy of a phytohormone producing phosphate solubilizing *Bacillus firmus* in augmenting paddy yield in acid soils of Nagaland. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 69, p. 365-373, 1982.
- DEBIASI, H. et al. Monitoramento da fertilidade do solo e da ocorrência do nematoide das lesões radiculares em soja no mato grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia: SBCS. 2011.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.7, jul. 2012.
- DEBIASI, H. et al. Práticas culturais na entressafra da soja para o controle de *Pratylenchus brachyurus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.10, p.1720-1728, out. 2016.

DE LEY, P.; BLAXTER, M. M. Systematic position and phylogeny. In: LEE, D. L. **The biology of nematodes**. Boca Raton: CRC, 2002, cap. 1, p. 1-30.

DIAS, W. P. et al. Nematóides de cisto da soja: biologia e manejo pelo uso da resistência genética. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n.1, 2009.

DIAS, W. P. et al. **Nematóides em soja: identificação e controle**. Circular técnica, Embrapa Soja, Londrina, v. 76, 2010.

DIAS-ARIEIRA, C. R. et al. Penetração e desenvolvimento de *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* e *Heterodera glycines* em quatro gramíneas forrageiras. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 26, p. 35-41, 2002.

DIAS-ARIEIRA, C. R. et al. Avaliação de gramíneas forrageiras para o controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* (Nematoda). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, p. 473-477, 2003.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERRAZ, S.; RIBEIRO, R. C. F. Reação de gramíneas forrageiras a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 2, p. 90-93, 2009.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; GIL, M. A.; GONÇALVES, R. F. Interação entre nematocidas e herbicidas aplicados no plantio da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n.3, jul-set. 2006.

DROPKIN, V. H. **Introduction to plant nematology**. New York, John Wiley; Sons. 293 p. 1980.

DUTRA, M. R.; CAMPOS, V. P. Manejo do solo e da irrigação como nova tática de controle de *Meloidogyne incognita* em feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 6, p. 608-614, nov-dez. 2003.

EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/951/consorcio-milho-safrinha-com-braquiaria>. Acesso em: 10/07/2018.

ENDO, B. Responses of root-lesion nematodes, *Pratylenchus brachyurus* and *P. zae* to various plants and soil types. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 49, p. 417-421, 1959.

ENGELBRECHT, G. et al. *Bacillus*-based bionematicides: development, modes of action and commercialization. **Biocontrol Science and Technology**, v. 28, n. 7, p. 629-653, abr. 2018.

FAVORETO, L. et al. Estudo fitossanitário, multiplicação e taxonomia de nematóides encontrados em sementes de gramíneas forrageiras no Brasil. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 35, n.1-2, p. 20-35, 2011.

FAVORETO, L. et al. Ocorrência de *Aphelenchoides* sp. em plantas de soja com sintomas de Soja Louca II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 3, 2015, Londrina. **Anais [...]**. Piracicaba: SBN, 2015. p. 81-82. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282859761_OCORRENCIA_DE_Aphelenchoides_sp_EM_PLANTAS_DE_SOJA_COM_SINTOMAS_DE_SOJA_LOUCA_II_OCCURRENCIA_DE_Aphelenchoides_sp_IN_SOYBEAN_PLANTS_WITH_GREEN_STEM_SYMPTOM. Acesso em: 20 maio. 2017.

FERNANDES, R. H. et al. *Pochonia chlamydosporia* e *Bacillus subtilis* no controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em mudas de tomateiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 194-200, jan.-fev. 2014.

FERRARI, E. et al. Dinâmica populacional do nematoide *Pratylenchus brachyurus* em diferentes sistemas produtivos em MT. **Scientific Electronic Archives**, Sinop, v. 9, n. 3, p. 32-40, jul. 2016.

FERRAZ, L. C. C. B. Interações entre *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne javanica* em soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, p. 305-309, 1995.

FERRAZ, L. C. C. B. Reações de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, 1996.

FERRAZ, L. C. C. B. O nematoide *Pratylenchus brachyurus* e a soja sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 96, p. 23-27, set.-out. 2006.

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

FERRAZ, S.; SANTOS, M. A. DOS. Controle biológico de fitonematóides pelo uso de fungos. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 3, p. 283-314, 1995.

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

FERREIRA, A. et al. Fluazaindolizine: novo nematicida para o controle do nematoide *Meloidogyne javanica* na cultura do tomate. In: XXXV Congresso Brasileiro de Nematologia, 35, **Anais...** Bento Gonçalves, RS. 2018.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **Package ‘ExpDes’: Experimental Designs**. 2018.

FIETZ, C. R. et al. Demanda hídrica do consórcio milho e braquiária em Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 10., 2009, Rio Verde. **Anais [...]**. Rio Verde: FESURV, 2009. p. 298-303.

FIGUEIRA, A. F.; BERBARA, R. L. L.; PIMENTEL, J. P. Estrutura da população de nematóides do solo em uma unidade de produção agroecológica no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 223- 229, 2011.

FOLONI, J. S. S. et al. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1147-1155, 2008.

FOLONI, J. S. S. et al. Instalação de espécie forrageira em razão da profundidade no solo e contato com fertilizante formulado NPK. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 7-12, jan.- mar. 2009.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; DIAS, W. P. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo e da população de *Pratylenchus brachyurus*. Agricultura de Precisão para Culturas Anuais. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.;

BERNARDI, A. C. de C. (Ed.). **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2011.

FRANCHINI, J. C. et al. Perda de produtividade da soja em área infestada por nematoide das lesões radiculares na região médio norte do Mato Grosso. *In*: BERNARDI, A. C. de C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014, p. 274-278.

FRANCHINI, J. C. et al. Relação entre atributos de solo, população de nematoide das lesões radiculares e crescimento de plantas de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n.1, 2018.

FRANZENER, G. et al. Nematoides formadores de galha e de cisto patogênicos à cultura da soja em municípios do oeste do Paraná. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 29, n. 2, p. 261-265, 2005.

FREITAS J. R. B. et al. Soil Factors Influencing Nematode Spatial Variability in Soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 109, n. 2, p. 610-619, mar. 2017.

FREITAS, L. G. Rizobactérias versus nematoides. *In*: Reunião de Controle Biológico e Fitopatógenos, 7. **Anais...** Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, 2001. p. 25-35.

GARCIA, A. et al. Avaliação de perdas causadas pelo nematoide de cisto através da comparação de rendimentos entre cultivares resistentes e suscetíveis. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 25, **Anais...** Piracicaba (SP), 2005, p.109.

GARCIA, C. M. P. et al. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 157-163, mar/abr. 2012.

GARCIA, T. V.; KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Bactérias endofíticas como agentes de controle biológico na orizicultura. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 82, p. 1-9, 2015.

GART, S.; VELLA, D.; JUNG, S. The collective motion of nematodes in a thin liquid layer. **Soft Matter**, v. 7, p. 2444–2448, fev. 2011.

GIMENES, M. J. et al. Interferência de *Brachiaria ruziziensis* sobre plantas daninhas em sistema de consórcio com milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 931-938, jul-set. 2011.

GONÇALVES et al. Integração lavoura-pecuária. **Circular técnica**, n. 44, Embrapa, Londrina, PR, 2007.

GONÇALVES JÚNIOR, D. B. et al. Tratamento de sementes de feijoeiro no controle de *Pratylenchus brachyurus*, *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 37, p. 3-4, 2013.

GONZAGA, V. et al. **Chave ilustrada para a identificação das seis espécies de *Pratylenchus* mais comuns no Brasil**. Disponível em: <http://nematologia.com.br/wp-content/uploads/2012/08/chavigo.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2018.

- GOULART, A. M. C.; MONTEIRO, A. R.; FERRAZ, L. C. C. B. Comunidades de nematoides em cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. 2. Diversidade taxonômica. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 27, n. 2, p. 129-137. 2003.
- GOULART, A. M. C. **Aspectos gerais sobre nematoides-das-lesões-radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008, 30p.
- GOULART, A. M. C. et al. **Diversidade de nematóides em um latossolo vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no cerrado**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília. **Anais [...]**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. Disponível em: http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio/trabalhos_pdf/00478_trab2_ap.pdf. Acesso em: 30 nov. 2018.
- GRAY, N. F. Fungi attacking vermiform nematodes. In: POINAR JR., G. O.; JANSSON, H. B. **Disease of nematodes**. Boca Raton: CRC Press, v. 2, 1988, p.3-38.
- GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; SILVA, J. M. A. DA; RAMOS, M. M.; SILVA, D. D. DA. Modelo para a determinação do espaçamento entre desaguadouros em estradas não pavimentadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 397-405, 2005.
- HERMAN, M.; HUSSEY, R. S.; BOERMA, H. R. Interactions between *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus brachyurus* on soybean. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 20, n. 1, p. 79-85. 1998.
- HERNANDEZ, A. J.; CROZZOLI, R.; RIVAS, D. Capacidad reproductiva de *Tylenchulus semipenetrans* em três suelos de diferentes texturas. **Fitopatología Venezolana**, Maracay, v. 6, n. 2, p. 40-41. 1993.
- HU, Y. et al. Ethylene response pathway modulates attractiveness of plant roots to soybean cyst nematode *Heterodera glycines*. **Scientific Reports**, 7, 41282, jan. 2017.
- INOMOTO, M. M. et al. Reação de dez coberturas vegetais a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 30, p. 151-157, 2006.
- INOMOTO, M. M.; MACHADO, A. C. Z.; ANTEDOMÊNICO, S. R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 4, p. 341-344, jul.-ago. 2007.
- INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. Host status of graminaceous cover crops for *Pratylenchus brachyurus*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 94, n. 8, ago. 2010.
- INOMOTO, M. M. Avaliação da resistência de 12 híbridos de milho a *Pratylenchus brachyurus*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 308-312, set-out. 2011.
- INOMOTO, M. M. Manejo cultural de nematoides. In: GALBIERI, R.; BELOT, J.L. **Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle**. Instituto Mato-grossense do Algodão – IMAmt, 2016, p. 257-286.
- JAEHN, A.; MENDES, M. L.; SILVA, M. F. A. Nematoides fitoparasitos associados a cultura da soja *Glycine max* (L.) Merr., no Vale do Paranapanema, SP. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 22, n.1, p. 79-81. 1998.

- JAKELAITIS, A. et al. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 553-560, 2004.
- JONES, J. T. et al. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, Hoboken, v. 14, n. 9, p. 946-961, 2013.
- JUHÁSZ, A. C. P. et al. Desafios fitossanitários para a produção de soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 34, n. 276, p. 66-75, set-out. 2013.
- KARIA, C. T.; DUARTE, J. B.; ARAÚJO, A. C. G. **Desenvolvimento de cultivares do gênero *Brachiaria* (trin.) Griseb. no Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. Documentos, 163.
- KERRY, B. R. Biological control. In: BROWN, R. H.; KERRY, B. R. **Principles and practice of nematode control in crops**. Sidney, Academic Press, p. 233-63. 1987.
- KERRY, B. R. Exploitation of nematophagous fungal *Verticillium chlamydosporium* Goddard for the biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). In: BUTT, T. M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. **Fungi as biocontrol agents: Progress, problems and potential**. Wallingford: CABI Publishing, 2001. 155-167 p.
- KIRSCH, V. G. et al. Caracterização de espécies de *Meloidogyne* e de *Helicotylenchus* associadas à soja no Rio Grande do Sul. **Nematropica**, Flórida, v. 46, n. 2, p. 197-208, 2016.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. **Renovação de pastagens de cerrado com arroz. I. Sistema Barreirão**. CNPAF-Embrapa. 20p. (Documentos, 33), 1991.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. **Sistema Santa Fé - tecnologia Embrapa: integração lavoura pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).
- LANDAU, E. C.; MOURA, L.; GUIMARÃES, D. P. **Mapeamento das épocas aptas para o plantio de milho consorciado com braquiária na segunda safra agrícola no Brasil**. Circular técnica 187, Sete Lagoas, MG, dez. 2013.
- LENNÉ, J. M. Controlling *Meloidogyne javanica* on *Desmodium ovalifolium* with grasses. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 65, p. 870-871, 1981.
- LEONEL, F. de P. et al. Consórcio capim-braquiária e milho: comportamento produtivo das culturas e características nutricionais e qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 38, n. 1, p. 166-176, 2009.
- LEVY, R. M. et al. Reação de genótipos de milho ao parasitismo de *Meloidogyne incognita* raça 1 e a *M. paranaensis*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 575-578, 2009.
- LI, J. et al. Molecular mechanisms of nematode-nematophagous microbe interactions: Basis for biological control of plant-parasitic nematodes. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 53, p. 67-95. 2015.

- LIMA, R. D.; FERRAZ, S.; SANTOS, J. M. Ocorrência de *Heterodera* sp. em soja, no Triângulo mineiro. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1 p. 101-102. 1992.
- LIMA, E. do V. et al. Mistura de sementes de *Brachiaria brizantha* com fertilizante NPK. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 471-474, fev. 2010.
- LIMA, F. S. de O. et al. Population dynamics of the root lesion nematode, *Pratylenchus brachyurus*, in soybean fields in Tocantins state and its effect to soybean yield. **Nematropica**, Flórida, v. 45, n. 2, 2015.
- LOBO, K. S. et al. Reação de genótipos de soja em solo naturalmente infestado com *Rotylenchulus reniformis*. **Nematropica**, Flórida, v. 47, n. 1, p. 18-25, 2017.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 38, p.133-146, 2009.
- MACHADO, A. C. Z.; VENZKE FILHO, S. P.; INOMOTO, M. M. Reprodução de fitonematoides identificados em uma área de plantio direto em três espécies de gramíneas. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 173-177, 2000.
- MACHADO, A. C. Z. et al. Host status of green manures for two isolates of *Pratylenchus brachyurus* in Brazil. **Nematology**, Leiden, v. 9, n. 6, p. 799-805, 2007.
- MACHADO, V. et al. Bactérias como agentes de controle biológico de fitonematóides. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p. 165-182, 2012.
- MACHADO, A.C.Z.; ALVES, S.; ÁVILA, M. R. Efeito Indireto. **Revista Cultivar - Grandes Culturas**, Pelotas, p. 16-20, jan. 2013.
- MACHADO, A. C. Z. Current nematode threats to Brazilian agriculture. **Current Agricultural Science and Technology**, Santa Maria, v. 20, p. 26-35, 2014.
- MACHADO, A. C. Z. et al. Phenotypic variability and response of Brazilian oat genotypes to different species of root-knot and root-lesion nematodes. **European Journal of Plant Pathology**, v. 141, p. 111-117, jan. 2015.
- MACHADO, A. C. Z. et al. Characterization of Brazilian populations of *Pratylenchus brachyurus* using morphological and molecular analyses. **Tropical Plant Pathology**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 102-110, abr. 2015.
- MACHADO, A. C. Z. Ataques de nematoides custam R\$ 35 bilhões ao agronegócio brasileiro. **Revista Agrícola**. 2015. Disponível em: <http://www.ragricola.com.br/destaque/ataques-de-nematoides-custam-r-35-bilhoesao-agronegocio-brasileiro>. Acesso em: 05 jun. 2016.
- MACHADO, A. C. Z.; AMARO, P. M.; SILVA, S. A. Reação de cultivares de soja a *Helicotylenchus dihystera*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 34., 2017, Vitória. **Anais [...]**. Piracicaba: SBN, 2017.
- MAINARDI, J. T.; ASMUS, G. L. Danos e potencial reprodutivo de *Pratylenchus brachyurus* em cinco espécies vegetais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 4, p. 38-47, out.-dez. 2015.

MAKINO, P. A. et al. Estabelecimento de *Brachiaria ruziziensis* em função de velocidades de semeadura e níveis de chuva. In: JORNADA DE INICIAÇÃO À PESQUISA DA EMBRAPA, 2012, Dourados. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2012. 1 CD-ROOM.

MALLMANN, G. et al. Fungos e nematoides associados a sementes de forrageiras tropicais. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 39, p. 201-203, 2013.

MARANHÃO, L. M. P. **Comunidade, dinâmica populacional e variabilidade espacial de nematoides em áreas de cultivo da cana-de-açúcar sob diferentes condições edafoclimáticas no Nordeste**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2008.

MARCHI, C. E. et al. Nematofauna fitopatogênica de sementes comerciais de forrageiras tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 655-660, 2007.

MATEUS, R. P. G. et al. Efeito da presença de *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com milho (*Zea mays*) na supressão de plantas daninhas. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 26, **anais...** Ribeirão Preto, p. 1484-1488. 2010.

MATTOS, C. F. B. et al. Sensibilidade de *Pratylenchus brachyurus* ao novo ingrediente ativo fluazaindolizine. Congresso Brasileiro de Nematologia, 35., Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Piracicaba: SBN, 2018.

MECHI, I. A. et al. Anos de Consórcio de Milho safrinha com braquiária sobre a Produtividade da Soja em Sucessão. Congresso Nacional de Milho e Sorgo: Milho e Sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar, 35., Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Piracicaba: SBN, 2018.

MEDEIROS, J. E. et al. Reação de genótipos de milho ao parasitismo de *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 25, n. 2, p. 243-245, 2001.

MEDINA, R. **Investigation of maize root exudates on *Heterodera glycines* populations under direct and indirect exposure**. Dissertação (Mestrado), The Ohio State University. 2017. Disponível em: http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1482499805741097. Acesso em: 20 jun. 2018.

MELAKEBERHAN, H. et al. Effects of agronomic practices on the timeline of *Heterodera glycines* establishment in a new location. **Nematology**, Riverside, v.17, p. 705-713, 2015.

MENDOZA, A. R.; KIEWNICK S.; SIKORA, R. A. In vitro activity of *Bacillus firmus* against the burrowing nematode *Radopholus similis*, the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the stem nematode *Ditylenchus dipsaci*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 18, p. 377-389, 2008.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n.3, p. 173-180, 2004.

MOENS, M.; PERRY, R. N. Migratory plant endoparasitic nematodes: a group rich in contrasts and divergence. **Annual Review of Phytopathology**, [S.I.] v. 47, n. 1, p. 313-332, 2009.

- MONFORT, W. S. et al. Potential for site-specific management of *Meloidogyne incognita* in cotton using soil textural zones. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 39, n. 1, p. 1-8, 2007.
- MONQUERO, P. A. et al. Intervalo de dessecação de espécies de cobertura do solo antecedendo a semeadura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 561–563, jul.-set. 2010.
- MOOSAVI, M. R.; ZARE, R. Fungi as biological control agents of plant-parasitic nematodes. In: MÉRILLON, J., RAMAWAT, K. **Plant Defence: Biological Control**. Progress in Biological Control, v. 12. Springer, Dordrecht. 2012.
- MORITZ, M.P.; SIMÃO, G.; CARNEIRO, R.G. Reação de aveia a *Meloidogyne incognita* raças 1 e 3, e a *M. paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 27, p. 207-210, 2003.
- NABINGER, C. Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtropico brasileiro. In: SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS E PRODUÇÃO ANIMAL, 1., 2006, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: UFRGS, 2006, p. 25-76.
- NAWAZ, M.; MABUBU, J. I.; HUA, H. Current status and advancement of biopesticides: Microbial and botanical pesticides. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, Delhi, v. 4, n. 2, p. 241–246, 2016.
- NEPOMUCENO, M. P. et al. Períodos de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e seu reflexo na produtividade da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 557- 565, jul.-set. 2012.
- NETSCHER, C. Observations and preliminar studies on the occurrence of resistance breaking biotypes of *Meloidogyne* spp. on tomato. **Cahiers ORSTOM Series Biologie**, Paris, v. 11, p. 173-178, 1977.
- NEVES, S. et al. Desempenho de híbridos de milho sob a ação de *Pratylenchus brachyurus* e *P. zaeae*. **Nematropica**, Flórida, v. 46, n. 1, p. 71-75. 2016.
- NEVES, W. DOS S. et al. Controle biológico de fitonematoides. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 251, p. 84-92, 2009.
- NILES, R. K.; FRECKMAN, D. W. From the ground up: nematode ecology in bioassessment and ecosystem health. In: BARKER, K. R.; PEDERSON, G. A.; WINDHAM, G. L. **Plant and nematode interactions**. Madison: American Society of Agronomy, 1998. p. 65-85.
- NIU, X-M; ZHANG, K-Q. Mycology: An International Journal on Fungal Biology. **Mycology**, v. 2, n. 2, p. 59-78, jun. 2011.
- NOEL, G. R.; EDWARDS, D. I. Population development of *Heterodera glycines* and soybean yield in soybean-maize rotations following introduction into a non-infested field. **Journal of Nematology**, Lakeland, v. 28, n. 3, p. 335-342, set. 1996.
- NOEL, G. R.; WAX, L. M. Population Dynamics of *Heterodera glycines* in Conventional Tillage and No-Tillage Soybean/Corn Cropping Systems. **Journal of Nematology**, Lakeland, v. 35, n.1, p. 104–109. 2003.
- NORTON, D. C. **Ecology of plant-parasitic nematodes**. New York, John Wiley; Sons. 1978.

- NORTON, D. C.; NIBLACK, T. L. Biology and ecology of nematodes. In: NICKLE, W. R. **Manual of Agricultural Nematology**. Marcel Decker, New York, 47–72. 1991.
- NOVARETTI, W. R. T.; REIS, A. M. Influência do Método de Aplicação de Nematicidas no Controle de *Pratylenchus zae* em Soqueiras de Cana-de-açúcar e Definição dos Níveis de Dano e de Controle. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n.1, 2009.
- NUNES, A. S. et al. Épocas de manejo químico de *Brachiaria decumbens* antecedendo o plantio direto da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 297–302, abr.-jun. 2009.
- OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments—A review. **Applied Soil Ecology**, v. 44, n. 2, p. 101-115, fev. 2010.
- OLIVEIRA, I. P. DE et al. **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: EMBRAPACNPAF, 1996. 90 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 64).
- OLIVEIRA, P. de et al. **Sistema Santa Brígida - tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 16 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 88).
- OLIVEIRA, C. M. G. DE; CASTRO, L. H. S.; SANTOS, M. A. DOS. **Diagnose de Fitonematoides**. 1. Ed. Editora Millennium. Campinas, 2016. 368 p.
- OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Wageningen: Mededeelingen van de Landbouwhogeschool, 1966, p. 66-64.
- OOSTENBRINK, M. Comparison of techniques for population estimation of soil and plant nematodes. In: PHILLIPSON, J. (Ed.) **Methods of Study in Soil Ecology**. Proceedings of the Paris Symposium, UNESCO Paris, pp. 249-255, 1970.
- PARIZ, C. M. et al. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, mai. 2011.
- PAULINO, T. S.; TSUHAKO, A. T.; PAULINO, V. T. Efeito do estresse hídrico e da profundidade de semeadura na emergência de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 3, n. 5, jun. 2004.
- PEREIRA, A. C. et al. Ocorrência de nematoides fitoparasitos em solo cultivado com algodão e soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 4, p. 14–19, out.-dez. 2015.
- PILAR, M. N. et al. Eficácia do ingrediente ativo fluazaindolizine em aplicação no sulco de plantio no manejo do nematoide das galhas *Meloidogyne incognita* na cultura da soja. Congresso Brasileiro de Nematologia, 35., **Anais...**Bento Gonçalves, RS. 2018.
- PINHO, R. S. C. et al. Efeito de bactérias endofíticas no controle de *Meloidogyne incognita* e sua capacidade de colonização de raízes de tomateiro. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 1, p.54-60, 2009.

- PIPOLO, V.C.; PIPLOLO, A. E.; A. JAEHN. Identificação de fitonematóides que ocorrem em áreas de cultivo de soja na região agrícola de Dourados, MS. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 119-123. 1997.
- PONTE, J.J. et al. Indicação de plantas imunes a Meloidogynose. I – Primeira triagem entre gramíneas forrageiras. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 51-55, 1981.
- QUEIROZ, C. de A. et al. Reação de acessos e cultivares de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 40, n. 3, p. 226-230, jul-set. 2014.
- RACK, V. M. et al. Reação de cultivares de arroz de terras altas a dois isolados de *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 37, n. 3-4. p. 37-41. 2013.
- RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.
- REVISTA PLANTIO DIRETO. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, n. 99, maio-jun. 2007.
- RIBEIRO, N. R. Avaliação da resistência de genótipos de milho, sorgo e milheto a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* raça 3. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Viçosa, v.1, n.3, p.102-106, 2002.
- RIBEIRO, D. F. et al. Votivo[®] (*Bacillus firmus*) no controle de *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus brachyurus* em soja. Congresso Brasileiro de Nematologia, 32., Londrina. **Anais [...]**. Piracicaba: SBN, 2015. p. 177. Disponível em: <http://nematologia.com.br/wp-content/uploads/2015/06/anaiscbn32.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2018.
- RICHART, A. et al. Desempenho do milho safrinha e da *Brachiaria ruziziensis* cv. Comum em consórcio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 497-502, out.-dez. 2010.
- RICHETTI, A. Viabilidade econômica da sucessão consórcio milho-braquiária/soja/milho safrinha. In: CECCON, G. **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 164-175. 2013.
- RICHETTI, A.; PEZARICO, C. R.; SUNAKOZAWA, L. M. **Relatório de avaliação dos impactos das tecnologias geradas pela Embrapa**. Unidade Agropecuária Oeste, Dourados, mar. 2016.
- RIEDE, C. R. et al. IPR Afrodite – new oat cultivar with nematode resistance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Piracicaba, v. 15, p. 278-281, 2015.
- RINALDI, L. K.; NUNES, J.; MONTECELLI, T. D. N. Efeito de texturas do solo sobre populações de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* em soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 7, n.1, p. 83 – 101, 2014.
- RIOS, A. D. F. et al. Host suitability of soybean and corn genotypes to the root lesion caused by nematode under natural infestation conditions. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n.4, abr. 2016.

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331-338, ago. 2006.

ROCHA, M. R. da; CARVALHO, Y. de.; CORRÊA, G. de C.; CATTINI, G. P.; RAGAGNIN, O. Efeito da textura do solo sobre população de *Heterodera glycines*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 30, n.1, p. 11-15, 2006.

RODRIGUES, C.V. M. A. et al. Vertical distribution of nematodecommunities associated with sugarcane. **Nematropica**, Flórida, v. 41, n. 1, p. 1-7, 2011.

RODRIGUES, D. B. et al. Crop rotation for *Pratylenchus brachyurus* control in soybean. **Nematropica**, Flórida, v. 44, n. 2, p.146-151, 2014.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; POPE, M. H. A simple incubation method for the extraction of nematodes from soil. **Nematropica**, Flórida, v. 11, p. 175-185, 1981.

ROESE, A. D. et al. Levantamento de doenças na cultura da soja, *Glycine max* (L.) Merrill, em municípios da região Oeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1293-1297, 2001.

SADER, R. et al. Efeito da mistura de fertilizantes fosfatados na germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. e de *Brachiaria decumbens* Stapf. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 37-43, 1991.

SAHEBANI, N.; HADAVI, N. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 40, n. 8, p. 2016-2020, ago. 2008.

SANTANA-GOMES, S. DE M et al. Sucessão de culturas no manejo de *Pratylenchus brachyurus* em soja. **Nematropica**, Flórida, v. 44, n. 2, p. 200-206, 2014.

SANTOS, J. B. et al. Épocas de dessecação anterior a semeadura sobre o desenvolvimento da soja resistente ao glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 4, p. 869-875, out.-dez. 2007.

SANTOS, T. F. S. et al. Controle de *Pratylenchus brachyurus* em esquema de rotação/sucessão com braquiária e estilosantes. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 248-253, 2011.

SANTOS, T. F. S. et al. Reprodução de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes níveis de inóculo e tempo de avaliação em três cultivares de soja. **Nematropica**, Flórida, v. 45, n. 1, p. 43-50, 2015.

SANTOS, P. R. A. dos et al. Características morfológicas e produtivas do milho no consórcio com forrageiras em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.11, n.7, p. 2031-2039, 2017.

SASSER, J. N.; FRECKMAN, D. W. A world perspective on Nematology: the role of the Society. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. **Vistas on Nematology**. Hyattsville: Society of Nematologists, 1987. p. 7-14.

SCHMITT, J.; BELLÉ, C. Reação de cultivares de soja a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. **Nematropica**, Flórida, v. 46, n. 1, 2016.

SEINHORST, J. W. Dynamics of populations of plant parasitic nematodes. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 8, p. 131-156, 1970.

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. II – Implicações sobre as espécies forrageiras. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 45-52, 2006.

SHADE, A. et al. Fundamentals of microbial community resistance and resilience. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 3, n. 417, dez. 2012.

SHARMA, R. D. et al. Nematoides associados a genótipos de soja cultivados no Acre, Brasil. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 26, n.1, p. 109-111, 2002.

SHARON, E. Biological Control of the Root-Knot Nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 91, n. 7, 2001.

SIERIEBRIENNIKOV, B.; FERRIS, H.; GOEDE, R. G. M. NINJA: An automated calculation system for nematode-based biological monitoring. **European Journal of Soil Biology**, Amsterdã, v. 61, p. 90-93, 2014.

SILVA, J. F. V. et al. **Produção de grãos em ambientes com nematoides de galhas**. Documentos, Embrapa Soja, 168. 2001.

SILVA, R. A. DA et al. Ocorrência de *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* na cultura do algodoeiro no Estado do Mato Grosso. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n.3, mai-jun. 2004.

SILVA, P. C. G. DA et al. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1504-1512, nov. 2009.

SILVA, L. de A.; VAZ-DE-MELO, A. Avaliação da produtividade de milhos híbridos consorciados com *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. *In*: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., Palmas. **Anais [...]**. Palmas: UFT, 2013.

SILVA, S. A. et al. Host reaction of forage grasses to root-knot and lesion nematodes. **Nematoda**, Piracicaba, e01215, 2015.

SILVA, S. A. et al. Análise comparativa de metodologias para extração de nematoides de solo e raiz. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 34., Vitória. **Anais [...]**. Piracicaba: SBN, 2017.

SILVA, M. G. et al. Fluazaindolizine: Novo nematicida para o controle do nematoide *Pratylenchus zaeae* na cultura da cana-de-açúcar. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 35., Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Piracicaba: SBN. 2018.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA – SBN. *Pratylenchus brachyurus*. Disponível em: <http://docentes.esalq.usp.br/sbn/fix/brachy.pdf>. Acesso em: 10/07/2018.

SON, J. A.; MOON, Y. S. Efficiency of the Baermann funnel technique as revealed by direct counts of pine wood nematodes in pine tissue. **Nematology**, Leiden, v. 15, p. 125-127, 2013.

SOUZA, M. S. X. A. et al. Avaliação da eficiência de fluopyram 500 SC no controle de nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) na cultura da soja (*Glycine max*). Congresso Brasileiro de Nematologia, 35., Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Piracicaba: SBN, 2018. p. 157. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Cristiano_Belle/publication/326127044_Anais_Palestras_e_Resumos_do_35_Congresso_Brasileiro_de_Nematologia/links/5b3a29de4585150d23ef585a/Anais-Palestras-e-Resumos-do-35-Congresso-Brasileiro-de-Nematologia.pdf. Acesso em: 23 jul. 2018.

STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. **Plant resistance to parasitic nematodes**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. 258 p.

STIRLING, G. R. Biological Control of Plant Parasitic Nematodes: Progress, Problems and Prospects. **CAB International**, Wallingford, 1991. 282 p.

TEREFE, M.; TEFERA, T.; SAKHUJA, P. Effect of a formulation of *Bacillus firmus* on root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infestation and the growth of tomato plants in the greenhouse and nursery. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 100, p. 94–99, 2009.

TIAN, B.; YANG, J.; ZHANG, K.-Q. Bacteria used in the biological control of plant-parasitic nematodes: Populations, mechanisms of action, and future prospects. **FEMS Microbiology Ecology**, Oxford, 61, n. 2, p.197–213. 2007.

TURATTO, M. F. et al. Control potential of *Meloidogyne javanica* and *Ditylenchus* spp. using fluorescent *Pseudomonas* and *Bacillus* spp. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 49, n. 1, p. 54-58, jan-mar. 2017.

UZUELE, E. L. **Eficácia do tratamento de sementes com o nematicida tiofazafen no controle dos nematoides *Heterodera glycines*, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *Pratylenchus brachyurus* e *P. zaeae***. 58 fls. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências), Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2016.

VALLE, L.A.C.; FERRAZ, S.; DIAS, W.P.; TEIXEIRA, D.A. Controle do nematoide de cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe, com gramíneas forrageiras. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 1-11, 1996.

VALLE, C. B. **DBO na TV: a importância da braquiária para a pecuária nacional**. 2018. Disponível em: <http://tvterraviva.band.uol.com.br/videos/ultimos-videos/16419637/dbo-na-tv-a-importancia-da-braquiaria-para-a-pecuaria-nacional.html>. Acesso em: 08 jul. 2018.

VALOCKÁ, B.; SABOVÁ, M.; RENCO, M. Soil and plant nematode communities of two of ecosystems. **Helminthologia**, Slovak Republic, v. 38, n. 2, p. 105-109, 2001.

VANZO, G. L. et al. Eficiência de Verango[®] no controle de *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne javanica* em soja. Congresso Brasileiro de Nematologia, 32., Londrina. **Anais [...]**. Piracicaba: SBN, 2015. p. 92. Disponível em: <http://nematologia.com.br/wp-content/uploads/2015/06/anaiscbn32.pdf>. Acesso em: 23/07/2018.

VIEIRA, J. M; KICHER, A. N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 12, 1995. Piracicaba. Capim Colonião. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 147-196.

WANG, C.; LOWER, S.; WILLIAMSON, V. M. Application of Pluronic gel to the study of root-knot nematode behaviour. **Nematology**, Leiden, v. 11, n. 3, p. 453-464. 2009.

WEI, L. et al. Isolation and characterization of a rhizobacterial antagonist of root-knot nematodes. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 9, n.1, 2014. e85988.

WYSE-PESTER, D.Y.; WILES, L.J.; WESTRA, P. The potential for mapping nematode distribution for site-specific management. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 34, n. 2, p. 80-87, 2002.

XIANG, N. Biological control of *Meloidogyne incognita* by spore-forming plant growth-promoting rhizobacteria on cotton. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 101, n. 5, p. 774–784, maio. 2017.

XING, L.; WESTPHAL, A. Effects of crop rotation of soybean with corn on severity of sudden death syndrome and population densities of *Heterodera glycines* in naturally infested soil. **Field Crops Research**, v. 112, n. 1, p. 107-117, abr. 2009.

YAN, G. et al. Developing a Real-Time PCR Assay for Detection and Quantification of *Pratylenchus neglectus* in Soil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 97, n. 6, p. 757-764, jun. 2013.

YEM, J. H. et al. The comparison of three nematode-extraction methods on four selected nematodes. **Plant Protection Bulletin**, Taipei, v. 40, p. 153-162, 1998.

ZANON, E. DE M. et al. Germinação de sementes de forrageiras perenes em baixas temperaturas e diferentes profundidades. In: JORNADA DE INICIAÇÃO À PESQUISA DA EMBRAPA, 2012, Dourados. **Anais [...]**. Brasília: Embrapa, 2012. 1 CD-ROM.

ZIMMER, A. H. **Gramíneas forrageiras tropicais para integração lavoura-pecuária**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/6477925/artigo-gramineas-forrageiras-tropicais-para-integracao-lavoura-pecuaria>>. Acesso em: 20 maio. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A
Dados capítulo 3

Quadro 3.1. Contagem de nematoides em amostras de raízes de soja, coletadas após o florescimento, em função do sistema de cultivo antecessor.

Local	Sistema	<i>Pb</i>	<i>Hd</i>	<i>Sb</i>	<i>Rr</i>	<i>M</i>
1	sem	74	50	76	2	0
1	com	186	19	0	0	0
2	sem	33	44	22	0	0
2	com	46	5	0	0	0
3	sem	80	51	54	0	0
3	com	60	20	6	0	0
4	sem	79	47	3	2	0
4	com	49	53	0	0	0
5	sem	55	32	0	0	1
5	com	72	29	1	0	0
6	sem	235	113	213	3	0
6	com	194	80	3	0	0
7	sem	85	12	0	2	184
7	com	281	37	0	0	63
8	sem	201	10	0	17	0
8	com	52	10	48	5	0
9	sem	26	0	0	0	0
9	com	210	32	0	0	0
10	sem	60	24	0	0	2
10	com	44	10	0	0	7

Valores médios de quatro repetições por local expressos em número de nematoide por grama de raiz. *Pb* = *Pratylenchus brachyurus*; *Hd* = *Helicotylenchus dihystera*; *Sb* = *Scutellonema brachyurus*; *Rr* = *Rotylenchulus reniformis*; *M* = *Meloidogyne* sp.

Quadro 3.2. Contagem de nematoides em amostras de solo em áreas de soja, coletadas após o florescimento, em função do sistema de cultivo antecessor.

Local	Sistema	<i>Pb</i>	<i>Hd</i>	<i>Sb</i>	<i>Rr</i>	<i>M</i>
1	sem	3	80	131	21	0
1	com	15	146	2	1	0
2	sem	2	54	25	3	0
2	com	5	37	5	8	0
3	sem	8	111	209	20	0
3	com	21	100	18	2	0
4	sem	10	70	9	39	0
4	com	5	106	12	120	0
5	sem	11	94	0	14	0
5	com	9	138	45	15	0
6	sem	4	62	71	75	0
6	com	10	259	4	2	0
7	sem	30	90	0	34	182
7	com	20	35	0	16	6
8	sem	43	31	0	270	0
8	com	27	10	115	276	0
9	sem	1	9	0	0	0
9	com	12	77	0	0	0
10	sem	19	99	0	0	0
10	com	11	33	0	0	0

Valores médios de quatro repetições por local expressos em número de nematoide por 50 cm³ de solo. *Pb* = *Pratylenchus brachyurus*; *Hd* = *Helicotylenchus dihystrera*; *Sb* = *Scutellonema brachyurus*; *Rr* = *Rotylenchulus reniformis*; *M* = *Meloidogyne* sp.

APÊNDICE B

Dados capítulo 4

Quadro 4.1. Resultado da análise química de solo nos sistemas (experimento 1), no momento da dessecação.

Trat.	P	C	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	SB	T	V	Sal
1	6,10	2,96	5,90	0,00	2,18	1,52	0,32	0,05	1,89	4,07	46,43	0,00
2	10,70	3,11	5,60	0,00	2,35	1,32	0,37	0,10	1,79	4,14	43,23	0,00
3	21,20	3,70	5,70	0,00	2,18	1,52	0,49	0,10	2,11	4,29	49,18	0,00

Valores para amostras compostas de quatro subamostras (repetições).

Fonte: o próprio autor.

Quadro 4.2. Resultado da análise textural de solo na cultura da soja (experimento 1), no momento da dessecação.

Trat.	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
1	11,00	1,00	88,00
2	12,00	1,00	87,00
3	15,00	1,00	84,00

Valores para amostras compostas de quatro subamostras (repetições).

Fonte: o próprio autor.

Quadro 4.3. Resultado da análise química de solo na cultura da soja (experimento 1), no momento da colheita.

Trat.	P	C	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	SB	T	V	SAI
1	51,7	2,53	4,7	0,19	3,17	1,27	0,41	0,12	1,80	4,97	36,21	9,54
2	13,0	2,06	5,0	0,05	2,73	1,47	0,32	0,05	1,84	4,57	40,26	2,64
3	19,1	2,09	4,7	0,19	2,94	1,30	0,37	0,10	1,77	4,71	37,57	9,69
4	11,1	2,14	4,9	0,08	2,73	1,27	0,24	0,05	1,56	4,29	36,36	4,87
5	4,3	1,36	4,7	0,10	2,73	0,95	0,24	0,07	1,26	3,99	31,57	7,35
6	10,7	2,29	5,3	0,00	2,54	1,40	0,41	0,10	1,91	4,45	42,92	0,00
7	10,9	2,02	4,9	0,04	2,73	1,07	0,24	0,10	1,41	4,14	34,05	2,75
8	8,4	2,10	5,3	0,00	2,35	1,35	0,37	0,07	1,79	4,14	43,23	0,00
9	10,0	2,33	5,1	0,00	2,73	1,27	0,37	0,10	1,74	4,47	38,92	0,00
10	6,7	1,94	5,2	0,00	2,54	1,27	0,24	0,07	1,58	4,12	38,34	0,00
11	8,1	1,55	5,3	0,00	2,35	1,37	0,37	0,07	1,81	4,16	43,50	0,00
12	5,3	2,25	5,1	0,00	2,54	1,07	0,24	0,07	1,38	3,92	35,20	0,00
13	9,5	1,55	5,5	0,00	2,35	1,22	0,28	0,07	1,57	3,92	40,05	0,00
14	5,0	2,33	5,4	0,00	2,54	1,37	0,32	0,05	1,74	4,28	40,65	0,00
15	6,0	1,94	5,5	0,00	2,35	1,60	0,41	0,07	2,08	4,43	46,95	0,00
16	4,6	1,71	5,3	0,00	2,35	1,37	0,28	0,05	1,70	4,05	41,97	0,00
17	6,7	1,67	5,2	0,00	2,35	1,25	0,28	0,07	1,60	3,95	40,50	0,00
18	7,1	2,02	5,5	0,00	2,18	1,45	0,32	0,07	1,84	4,02	45,77	0,00

Valores para amostras compostas de seis subamostras (repetições).

Fonte: o próprio autor.

Quadro 4.4. Resultado da análise textural de solo na cultura da soja (experimento 1), no momento da colheita.

Trat.	Argila (%)	Silte (%)	Arcia (%)
1	13	1	86
2	13	2	85
3	13	1	86
4	13	1	86
5	11	1	88
6	11	1	88
7	12	1	87
8	10	1	89
9	11	1	88
10	10	1	89
11	11	1	88
12	11	1	88
13	10	1	89
14	11	1	88
15	11	1	88
16	9	1	90
17	11	1	88
18	10	1	89

Valores para amostras compostas de seis subamostras (repetições).

Fonte: o próprio autor.