

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EMERSON FABIO DOS REIS

INCIDÊNCIA DE *Fusarium* spp. EM SOJA SOB DIFERENTES PREPAROS E
COBERTURAS DO SOLO NO INVERNO

CURITIBA

2013

EMERSON FABIO DOS REIS

INCIDÊNCIA DE *Fusarium* spp. EM SOJA SOB DIFERENTES PREPAROS E
COBERTURAS DO SOLO NO INVERNO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal em Sistemas Integrados, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Adelino Pelissari
Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Lucimeris Ruaro

CURITIBA

2013

À minha esposa Alessandra e filhas Agnes e Livia, pelo apoio, carinho e compreensão que foi fundamental durante este período.

Aos meus pais Joaquim e Lúcia, pelos ensinamentos e amor.

Aos meus irmãos Edson, Lucinha e Madson, pela amizade e incentivo.

Ao sobrinho Pedro Henrique e cunhada Viviane, pela importante contribuição.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade da vida e desenvolvimento pessoal.

Ao Professor Dr. Adelino Pelissari pela orientação e ensinamentos.

À Professora Dra Lucimeris Ruaro pela co-orientação e dedicação.

Aos Doutores Anibal de Moraes, Cássio A. Tormena, Cristina G. Mendonça, Edilson B. de Oliveira, José C. Tosin e Sebastião B. C. Lustosa pela dedicação e apoio.

Aos colegas Andriana Micheli, Paulo Galo (Fundação ABC), Olavo Correa e André Prando pela importante contribuição.

Aos professores da Pós-Graduação pela contribuição na minha formação profissional.

A secretária Lucimara Antunes pela dedicação no atendimento e suporte aos alunos da pós graduação da UFPR.

Aos Engenheiros Agrônomos Antônio Ferreira, Robson Monastier e Silvio Carreira (Monsanto do Brasil), pelo apoio e incentivo.

BIOGRAFIA

Emerson Fábio dos Reis, filho de Joaquim Santos dos Reis e Maria Lucia dos Reis, nasceu na cidade de Tupãssi, PR, em 22 de abril de 1975.

Iniciou em 1991 no Colégio Agropecuária Arlindo Ribeiro-CAEAR, recebendo o título de Técnico em Agropecuária em 1993. Ingressou na Universidade do Estado de Santa Catarina-UDEAC, no curso de Agronomia, no segundo semestre do ano de 1994, na qual recebeu o grau de Engenheiro Agrônomo no ano de 2000. Durante o período acadêmico foi bolsista de CNPQ na área de uso e conservação do solo e realizou diversos estágios em cooperativas, prefeitura e escritório de planejamento.

De 2000 a 2003, trabalhou na Cooperativa Coopervale (C.vale), atuando como engenheiro agrônomo. Em março de 2003 iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, Concentração em Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná. Defendeu a dissertação em julho de 2005.

De setembro de 2003 a maio de 2008, trabalhou na Hokko do Brasil, posteriormente chamada Arysta Lifescience, atuando um ano na área de vendas e quatro anos na área de pesquisa e desenvolvimento.

Em março de 2009 iniciou o Curso de Doutorado em Agronomia, Concentração em Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná.

De maio de 2008 até o momento, trabalha na Monsanto do Brasil na área de Desenvolvimento Tecnológico. Entre o período de 2008 a 2012 trabalhou em Desenvolvimento de Produto para as marcas Agroeste, Agroceres, Dekalb e Roundup. A partir de 2012, trabalha em Desenvolvimento de Mercado para a marca Agroeste atuando no Estado do Paraná.

RESUMO

Um dos problemas da cultura da soja refere-se ao controle das doenças, sendo este, um dos fatores limitantes à obtenção de maiores rendimentos da cultura. A Podridão Vermelha da Raiz da soja (PVR) é causada pelos fungos do gênero *Fusarium*, *Fusarium F. tucumaniae* sp. nov., *F. brasiliense* e *F. cuneirostrum*. É uma das doenças mais preocupantes dentre as que ocorrem atualmente em soja no Brasil devido à sua dificuldade de controle. O dano devido à PVR varia entre 20% e 80%, dependendo da cultivar e do estágio de desenvolvimento da cultura no momento da infecção. Os objetivos deste trabalho foram verificar a influência dos sistemas de cultivo com e sem o revolvimento do solo, e quatro coberturas de inverno sobre a incidência da PVR e a produtividade das cultivares CD 206 e FT Fênix. Também foram avaliados a influência destes tratamentos sobre a densidade do solo, taxa de infiltração, resistência a penetração e o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados. Os sistemas de preparo do solo e as coberturas de inverno utilizadas não influenciam a incidência da PVR em cultivares de soja ou o número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo. O revolvimento do solo proporcionou aumento da produtividade da soja, no segundo ano de manejo. Os preparos de solo e as coberturas de inverno não influenciam para a redução do fungo *Fusarium* spp. no sistema radicular da soja. O sistema de plantio direto aumenta a resistência do solo a penetração no segundo ano de preparo quando comparado ao solo revolvido. O preparo do solo favorece maior taxa de infiltração de água no solo que o sistema de plantio direto. O sistema de plantio direto aumenta o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados do solo nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm, no segundo ano de preparo.

Palavras - chave: *Fusarium* spp.. Manejo do solo. Adubo verde.

ABSTRACT

One of the problems of soybean refers to the control of diseases, which is one of the limiting factors to achieving higher crop yields. The sudden death syndrome in soybean (SDS) is caused by fungi of the genus *Fusarium*, *Fusarium F. tucumaniae* sp. nov., *F. brasiliense* and *F. cuneirostrum*. It is one of the most troubling diseases that occur among those currently in soybeans in Brazil, because of its difficulty to control. Yield losses due SDS is between 20% to 80% depending of the cultivar and the stage of development of the crop at the time of infection. The objectives of this study was to investigate the influence of cropping systems with and without soil tillage, and four winter cover crops on the incidence of SDS and the yield of cultivars CD 206 and FT Fênix. We also evaluated the influence of these treatments on soil density, infiltration rate, penetration resistance and mean weight diameter (MWD) of aggregates. The soil management and winter cover crops used do not influence the incidence of SDS in soybean cultivars or the number of propagules of *Fusarium* spp. in the soil. The soil plowed provides increased soybean yield in the second year of management. The soil managements and winter covers crops do not influence the reduction of *Fusarium* spp. the root system of soybeans. The no-tillage system increases the resistance to penetration in the second year of preparation when compared to plow. The soil favors higher rate of water infiltration into the soil than no-till system. The no-tillage system increases the mean weight diameter (MWD) of soil aggregates at depths of 0 to 5 cm and 5 to 10 cm in the second year of preparation.

Keywords: *Fusarium* spp.. Green manure. Soil management..

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1 Objetivo Geral	10
1.1.2 Objetivo Específico	10
1.2 HIPÓTESE	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 SOJA	12
2.2 EPIDEMIAS	13
2.3 PODRIDÃO VERMELHA DE RAIZ	14
2.4 QUALIDADE DO SOLO	15
2.4.1 Indicadores de Qualidade do Solo	16
REFERÊNCIAS	18
3 CAPÍTULO 1 – PODRIDÃO VERMELHA DA RAIZ DA SOJA EM CULTIVOS COM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E COBERTURAS DO SOLO	21
RESUMO	21
ABSTRACT	22
3.1 INTRODUÇÃO	23
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.2.1 Caracterização do Local	23
3.2.2 Condução do Experimento	24
3.2.3 Avaliações	25
3.2.4 Delineamento Experimental	25
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
3.4 CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS	29
4 CAPÍTULO 2 – OCORRÊNCIA DE <i>FUSARIUM</i> SPP. EM DIFERENTES PREPAROS E COBERTURAS NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	36
RESUMO	36
ABSTRACT	37

4.1 INTRODUÇÃO	38
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	39
4.2.1 Caracterização do Local	39
4.2.2 Condução do Experimento	40
4.2.3 Avaliações	41
4.2.4 Delineamento Experimental	42
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.4 CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
ANEXOS	58

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REVISÃO DE LITERATURA

- Figura 1 Dinâmica das relações entre os fatores que influenciam o desenvolvimento de doenças de plantas e seus reflexos 13

CAPÍTULO 1

- Figura 1 Precipitação (mm) (colunas) e temperatura média do ar (°C) (linha) entre 01/11/2006 a 31/03/2007 e 01/11/2007 a 30/03/2008 em Ponta Grossa, PR (FUNDAÇÃO ABC, 2012) 35

CAPÍTULO 2

- Figura 1 Precipitação (mm) (colunas) e temperatura média do ar (°C) (linha) entre 01/11/2006 a 31/03/2007 e 01/11/2007 a 30/03/2008 em Ponta Grossa, PR (FUNDAÇÃO ABC, 2012)..... 56

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1	Número de propágulos de <i>Fusarium</i> spp. no solo, massa de mil grãos e produtividade da soja nos tratamentos preparo do solo e coberturas de inverno, nas safras 2006/07 e 2007/08	31
Tabela 2	Incidência de podridão vermelha da raiz da soja (IPVRS) na raiz e na folha de plantas de soja, massa de mil grãos e produtividade das cultivares de soja CD 206 e FT Fênix, nas safras 2006/07 e 2007/08	32
Tabela 3	Número médio de vagens e grãos das plantas com e sem sintomas de podridão vermelha da raiz (PVR), das cultivares de soja CD 206 e FT Fênix, nos tratamentos preparo do solo e cobertura de inverno na safra 2007/08	33
Tabela 4	Número de propágulos de <i>Fusarium</i> spp. no solo, massa de mil grãos e produtividade da soja nos tratamentos solo revolvido e plantio direto sobre influências das coberturas de inverno, nas safras 2006/07 e 2007/08.....	34

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Resistência do solo à penetração, taxa de infiltração, número de propágulos de <i>Fusarium</i> spp. no solo e incidência na raiz nos tratamentos com e sem revolvimento do solo nas safras 2006/07 e 2007/08	50
Tabela 2	Resistência do solo à penetração e taxa de infiltração, submetidos a pousio e diferentes coberturas de inverno nas safras 2006/07 e 2007/08	51
Tabela 3	Densidade do solo e estabilidade de agregados (DMP = diâmetro médio ponderado) nos tratamentos com e sem revolvimento do solo na safra 2007/08	52
Tabela 4	Densidade do solo e diâmetro médio ponderado (DMP) submetido a pousio e diferentes coberturas de inverno na safra 2007/08	53
Tabela 5	Correlação de Pearson entre as variáveis estudadas na safra 2006/07	54
Tabela 6	Correlação de Pearson entre as variáveis estudadas na safra 2007/08	55

1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos da humanidade, a agricultura é essencial para a sobrevivência da espécie humana e também a base da economia mundial. Porém, tem sido observado nos últimos anos uma verdadeira revolução nos métodos de cultivo em todas as espécies, sejam aquelas de consumo in natura, como também de culturas comerciais, como a soja, por exemplo. A soja é considerada a mais importante fonte de proteína e óleo vegetal no mundo, em função da qualidade e baixo custo de produção. No Brasil, a soja é a principal cultura de valor comercial. A área plantada é de cerca de 24,9 milhões de hectares com uma produção de aproximadamente 65,5 milhões de toneladas (IBGE, 2012). Apesar do grande esforço e recursos investidos na pesquisa e assistência técnica, a produtividade da soja está abaixo do potencial produtivo da cultura. Diversos fatores limitam os rendimentos no Brasil, dentre eles, as doenças que incidem na cultura. Aproximadamente 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus já foram identificados no Brasil (EMBRAPA, 2006). Esse número continua aumentando com a expansão da soja para novas áreas e também como consequência da monocultura.

A podridão vermelha da raiz (PVR), também conhecida como síndrome da morte súbita, é uma doença relativamente nova na cultura da soja. A doença é causada pelo fungo *Fusarium* spp. e atinge várias áreas de cultivo de soja no Brasil e outros países. Em 1993, nos EUA, registram-se perdas de 20 à 46% no rendimento da cultura em áreas com alta incidência dos sintomas (SCHERM; YANG, 1996). Essa doença foi observada pela primeira vez na safra 1981/82, em São Gotardo (MG). A partir da safra 96/97, sua presença foi verificada desde o Maranhão ao Rio Grande do Sul, sendo os Estados do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina, do Paraná, do Mato Grosso, do Mato Grosso do Sul, de Goiás e de Minas Gerais os mais afetados. A PVR ocorre em reboleiras ou de forma generalizada na lavoura. Informações disponíveis até o momento indicam que, com exceção de cultivares resistentes, nenhuma prática agrônômica tem sido adequada para reduzir o impacto da doença. A rotação de cultura com o milho ou a cobertura com milheto não controla a doença. Além disso, safras chuvosas e semeadura direta favorecem a incidência da doença.

O conceito de qualidade do solo (QS) começou a ser formulado no início dos anos 90, sendo definido, de forma simplificada, como a aptidão para o uso (LARSON; PIERCE, 1991). Já, Doran e Parkin (1994) elaboraram uma definição mais complexa relativa à capacidade do solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema, sustentando a produtividade biológica,

mantendo a qualidade do ambiente e promovendo a saúde de plantas e animais. Para avaliar a QS, faz-se necessário selecionar algumas de suas propriedades que são consideradas como atributos indicadores. Um eficiente indicador deve ser sensível às variações do manejo, bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo, capaz de elucidar os processos do ecossistema, ser compreensível e útil para o agricultor e, preferentemente, de fácil e barata mensuração (DORAN; ZEISS, 2000). Ainda, deve ser sensível às alterações na QS induzidas por modificações recentes no manejo do solo.

Existe uma ausência de informações em relação ao controle da doença podridão vermelha das raízes (PVR) presente na cultura da soja. Em consequência, faz-se necessário desenvolver métodos preventivos que minimizem os prejuízos e, que ao mesmo tempo, apresentem resultados econômicos e satisfatórios.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos do sistema de preparo do solo, com e sem o revolvimento e da cobertura de inverno sobre a incidência de *Fusarium* spp. na cultura da soja.

1.1.2 Objetivos Específicos

- 1- Verificar a incidência do fungo *Fusarium* spp., no solo e planta, respectivamente.
- 2- Determinar os componentes do rendimento da cultura da soja sob incidência de *Fusarium* spp.
- 3- Avaliar os atributos físicos do solo (resistência do solo à penetração, taxa de infiltração do solo, densidade do solo e estabilidade dos agregados do solo).

1.2 HIPÓTESE

Se, o sistema de cultivo pode reduzir a fonte de inóculo de patógenos, resultando em uma condição de solo favorável para a proteção da planta contra a infecção de doenças radiculares. Assim, conhecendo melhor a relação entre os atributos do solo, então considerados como indicadores de qualidade do solo, preparos do solo e os patógenos do solo, porque será possível estabelecer sistemas de preparo e cultivo do solo que favoreçam de forma racional e eficiente o controle de doenças e a produção da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SOJA

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma espécie originária da Ásia, onde seus primeiros relatos datam de cerca de 5.000 anos. Graças às suas características nutritivas e à sua adaptabilidade a diferentes latitudes, solos e condições climáticas, o cultivo da soja se expandiu por todo o mundo, constituindo-se numa das principais plantas cultivadas (SILVA et al., 2006).

A exploração comercial da soja iniciou-se nos Estados Unidos na segunda metade do século XX, primeiramente como forrageira e depois como grão. A partir da década de 40 a área cultivada para grãos superou a cultivada para forragens (EMBRAPA, 1998).

A soja chegou ao Brasil em 1882, introduzida via Estados Unidos por um professor da Escola de Agronomia da Bahia. Entretanto, foi no Rio Grande do Sul que a cultura encontrou condições favoráveis para se estabelecer. A partir dos anos 40, começou adquirir alguma importância econômica, consolidando-se como principal cultura do agronegócio a partir da década de 70.

Atualmente, a cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merril] tem grande importância mundial apresentando produção de 263,7 milhões de toneladas na safra 2010/2011, dos quais o Brasil, o atual segundo maior produtor, contribuiu com 75 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2011).

Dentre os principais fatores que limitam o rendimento, a lucratividade e o sucesso da produção de soja, as doenças estão entre os mais importantes. No mundo são conhecidas mais de 100 doenças da cultura da soja. Dependendo do local, algumas atingem níveis de dano econômico e outras passam despercebidas. O monocultivo da soja, em áreas extensas, tem trazido consequências graves no que se refere ao número de doenças que acometem a cultura (SILVA; CARVALHO; CARVALHO, 2006). Segundo Yorinori e Lazzarotto (2004), existem aproximadamente 35 doenças de importância econômica causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus identificadas no Brasil. Perdas anuais na cultura da soja, motivadas por doenças, são estimadas entre 15 e 20%. Algumas doenças mais severas como a ferrugem da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, pode reduzir drasticamente a produtividade e em alguns casos inviabilizar a colheita.

2.2 EPIDEMIAS

As epidemias de doenças de plantas são os resultados da combinação dos seguintes elementos: planta hospedeira suscetível, patógeno virulento e condições favoráveis de ambiente, ocorrendo por um período de tempo suficientemente longo. Esses três fatores conjuntamente formam o chamado triângulo de doenças. O homem pode desempenhar importante papel para o surgimento e desenvolvimento das epidemias. Daí a importância de se ter uma visão holística do sistema, da interação dos fatores, da dinâmica dos processos que interferem na ocorrência e no desenvolvimento das doenças. Numa visão holística, incluem-se os efeitos das doenças sobre os segmentos da sociedade, economia, ecossistemas e outros. A epidemiologia trata dessas relações, quando, por exemplo, estuda as perdas na produção causadas pelas doenças e seus reflexos na economia de uma região. Na Figura 1 tem-se uma visão geral da dinâmica das relações entre os principais fatores relacionados ao desenvolvimento de doenças de plantas (VALE; JESUS JÚNIOR; ZAMBOLIM, 2004).

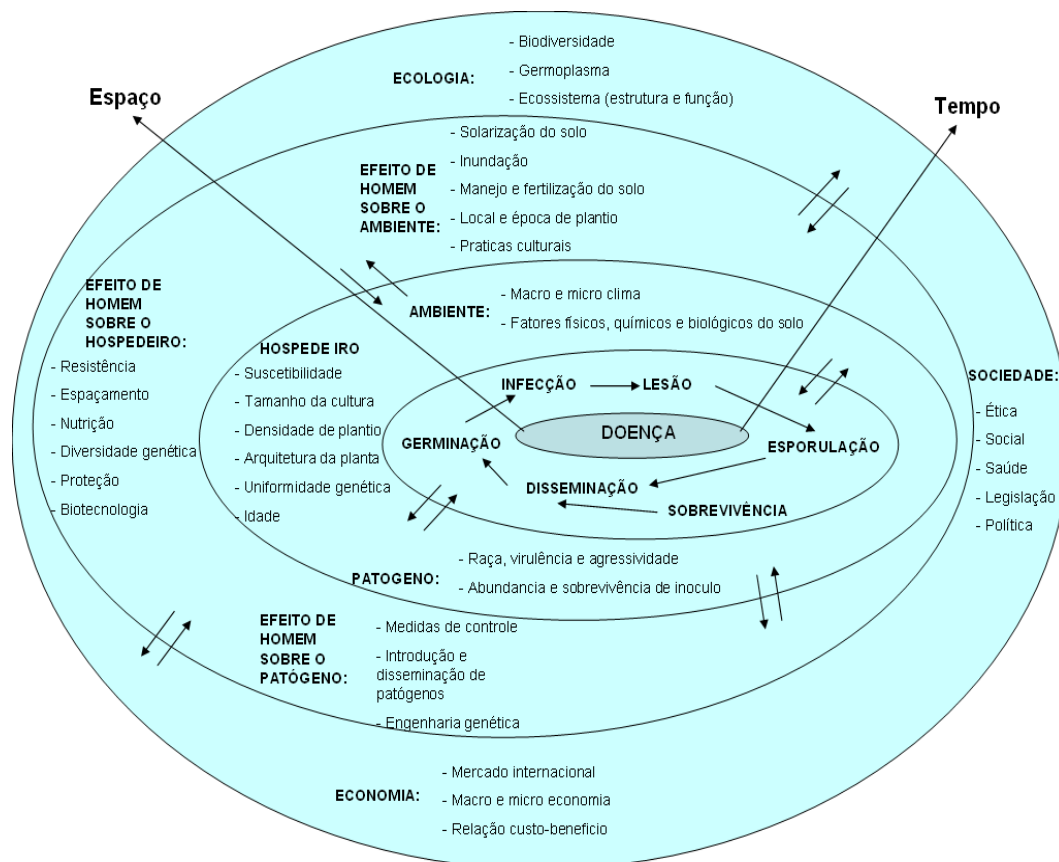


Figura 1 – Dinâmica das relações entre os fatores que influenciam o desenvolvimento de doenças de plantas e seus reflexos.

Fonte: Vale, Jesus Júnior e Zambolim, (2004).

Uma das principais causas da diminuição no rendimento dos grãos em plantas cultivadas tem ocorrido em função da incidência cada vez maior de doenças, sejam elas de origem fúngica, bacteriana, virótica e de nematóides (YORINORI; PAIVA, 2002).

2.3 PODRIDÃO VERMELHA DE RAIZ

A podridão vermelha da raiz (PVR) era associada ao fungo *Fusarium solani* f. sp. *glycines*, mas, recentemente, foi determinado que, na América do Sul, essa doença é causada pela espécie *F. tucumaniae* sp. nov., que é filogeneticamente e morfológicamente diferente de *F. virguliforme* sp. nov., causador da doença na América do Norte (AOKI et al., 2003; ARRUDA et al., 2005).

Segundo Aoki, O'Donnell e Scandiani (2005), a PVR na América do Sul é causada por quatro espécies de *Fusarium*: *Fusarium brasiliense* sp. nov., *F. cuneirostrum* sp. nov., *F. tucumaniae* e *F. virguliforme*. Sendo que no Brasil, recentemente, além do *F. tucumaniae*, duas novas espécies foram formalmente descritas como causando PVR em soja, *F. brasiliense* e *F. cuneirostrum*. Além disso, Aoki, O'Donnell e Scandiani. (2005), revelam que a morfologia de conídios permite identificar as quatro espécies de *Fusarium*. *Fusarium virguliforme* sp. nov, formalmente conhecido como *F. solani* f. sp. *glycines*, é descrito e ilustrado como agente causal da PVR na América do Norte, e *F. tucumaniae* sp. nov. é apresentado como agente causal da PVR na América do Sul. Os resultados de estudos moleculares evidenciaram ser possível a alteração de nomenclatura em que se utiliza *forma especialis*. Aoki et al. (2003), descrevem as características morfológicas de conídios e conidióforos que distinguem *F. tucumaniae* de outras espécies dentro do complexo de *F. solani*, tais como *F. virguliforme* e *F. phaseoli*.

Os conídios de *F. solani* f. sp. *glycines* são disseminados pela água, e sobrevivem por pouco tempo no solo. Os conídios no solo são convertidos em clamidosporos em poucos dias (PARK, 1956 apud MEYERS; COOK, 1972). Estruturas de resistência na forma de clamidosporos, localizadas no solo ou em restos culturais, constituem o inóculo primário da doença (ROY et al., 1997). O modo de penetração do fungo nas raízes ainda não foi bem esclarecido, mas provavelmente, seja de forma direta, isto é, a penetração ocorreria durante a germinação de clamidosporos ou de macroconídios que entram em contato com o sistema radicular das plantas (FRONZA, 2003).

A PVR induz o sintoma foliar típico de folha carijó, com manchas cloróticas e necróticas interveais e a região das nervuras permanece com coloração verde normal (ALMEIDA et al., 1997). Este sintoma é mais evidente próximo à fase de florescimento e pode progredir causando completa desfolha das plantas. O sintoma de infecção na raiz inicia com uma mancha avermelhada, mais visível na raiz principal e geralmente localizada um a dois centímetros abaixo do nível do solo. Com a evolução da infecção, é observada uma expansão da lesão, que passa a circundar a raiz, assumindo coloração castanho-avermelhado escuro. A necrose situa-se no tecido cortical, enquanto o lenho da raiz adquire uma coloração castanho-clara, estendendo-se pelo tecido lenhoso da haste a vários centímetros acima do nível do solo. Na lesão, pode ser observada uma massa azulada de esporos do patógeno. Os sintomas foliares da PVR iniciam de duas a três semanas antes da floração estendendo-se até o período de enchimento de grãos, quando normalmente é observada a morte da planta (RUPE; GBUR, 1995). Em plantas severamente afetadas, a desfolha ocorre prematuramente causando abortamento de vagens (ROY et al., 1989; RUPE, 1989; WRATHER et al., 1997).

Condições de alta umidade do solo e temperaturas amenas são favoráveis ao desenvolvimento da doença, sendo que temperaturas em torno de 15°C favoreceram o desenvolvimento dos sintomas nas raízes e, entre 22 à 24 °C, na parte aérea (SCHERM; YANG, 1996). Assim, áreas irrigadas ou com maior altitude parecem ser mais sujeitas à incidência da doença (FRONZA, 2003). O efeito da temperatura também é importante para a germinação dos macroconídios, que não ocorre a 4 °C e é maior a 25 °C do que a 20° ou 30 °C (LI; HARTMAN; GRAY, 1998). Embora vários fatores químicos e físicos do solo estejam associados com a incidência da PVR, frequentemente, tem-se observado que a doença é mais severa nas áreas mais produtivas (RUPE, 1999).

2.4 QUALIDADE DO SOLO

O entendimento atual do conceito de qualidade de solo compreende o equilíbrio entre os condicionantes geológicos, hidrológicos, químicos, físicos e biológicos do solo (BRUGGEN; SEMENOV, 2000; SPOSITO; ZABEL, 2003). Esse termo, muitas vezes utilizado como sinônimo de saúde do solo refere-se à capacidade do solo sustentar a produtividade biológica dentro dos limites do ecossistema, mantendo o equilíbrio ambiental e

promovendo a saúde de plantas e animais e do próprio ser humano (SPOSITO; ZABEL, 2003).

O conceito de qualidade do solo surgiu no final da década de 70 e durante os 10 anos seguintes esteve muito associado ao conceito de fertilidade (KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003). Acreditava-se, por exemplo, que um solo quimicamente rico era um solo com alta qualidade, isto porque tinha a capacidade de prover a produção agrícola. Entretanto, a percepção de qualidade do solo evoluiu principalmente nos últimos 10 anos, e, num entendimento mais amplo, percebe-se que não basta apenas o solo apresentar alta fertilidade, mas, também, possuir boa estruturação e abrigar uma alta diversidade de organismos.

Dessa forma, a qualidade do solo influencia o potencial de uso, a produtividade e a sustentabilidade global do agroecossistema, sendo seu estudo necessário para fornecer informações sobre o manejo do solo e assegurar a tomada de decisões para uma melhor utilização desse recurso (SPOSITO; ZABEL, 2003).

A indagação de como avaliar a perda de qualidade de um determinado solo em função do manejo agrícola é antiga, controversa e pertinente. A resposta mais adequada parece ser a utilização de características, presentes no agroecossistema, que sejam indicativas do estado de qualidade do solo. Como consequência, surge uma nova questão: qual ou quais seriam essas características? De um lado, a análise química do solo, embora muito útil para estimar o potencial produtivo do solo, fornece apenas informações sobre a capacidade do solo manter a produtividade vegetal. Por outro, alterações nos atributos físicos ou a perda de matéria orgânica do solo podem levar anos para ocorrer de forma significativa, o que pode revelar tardiamente um estado de degradação do solo (CARTER, 1986).

2.4.1 Indicadores de Qualidade do Solo

Para Islam e Weil (2000), os indicadores podem ser distinguidos em três grandes grupos: os efêmeros, cujas alterações ocorrem em curto espaço de tempo ou são modificados pelas práticas de cultivo, tais como: umidade do solo, densidade, pH, disponibilidade de nutrientes; os permanentes, que são inerentes ao solo, tais como: profundidade, camadas restritivas, textura, mineralogia; e, entre esses dois extremos, estão os indicadores intermediários, que demonstram uma crítica influência da capacidade do solo em desempenhar suas funções, tais como: agregação, biomassa microbiana, quociente

respiratório, carbono orgânico total e ativo. Para esses autores, os indicadores intermediários são os de maior importância para integrarem um índice de QS.

No Sul do Brasil, estudos referentes ao assunto ainda são escassos. Amado et al. (1998), avaliando áreas arenosas da fronteira sudoeste do RS, concluíram que sistemas de preparo convencional, nesses solos de alta fragilidade, tiveram, como consequência, a redução de sua qualidade física e química, quando comparados ao campo natural. Vezzani (2001), avaliando os estados de ordem dos sistemas de cultivo, encontrou que a maior proporção de macroagregados e carbono retido caracterizavam estados de ordem em níveis hierárquicos mais altos, gerando, conseqüentemente, propriedades emergentes que habilitavam o solo a exercer suas funções com excelência de qualidade.

Recentemente, várias estratégias de avaliação da QS têm sido propostas. Dentre elas, destacam-se as que consideram a necessidade de um conjunto numeroso de atributos químicos, físicos e biológicos do solo para a obtenção de um índice confiável de QS (LARSON; PIERCE, 1991; DORAN; PARKIN, 1994).

Em oposição a estas, existem também aquelas que consideram que um número reduzido de atributos chaves, como a matéria orgânica do solo (MOS), que podem expressar eficientemente a QS (GREGORICH et al., 1994; SEYBOLD; HERRICK; BREDJA, 1998).

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2011. **Anuária da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2011.

ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L.P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, A. A. Doenças da soja. In: KIMATI, H.; AMORIM, A.; BERGAMIN FILHO, L. E. A. CAMARGO, J. A. M. **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. cap. 61, p. 642-664.

AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J.; GRAPEGIA JÚNIOR, G.; PONTELLI, C.B.; ESPÍNDOLA, M. C. G.; PEDRUZZI, C. Qualidade de solos derivados de Areias Quartzosas da fronteira sudoeste do RS: indicadores químicos. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., 1998, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p. 275-278.

AOKI, T.; O'DONNELL, K.; HOMMA, Y.; LATTANZI, A. R. Sudden death syndrome of soybean is caused by two morphologically and phylogenetically distinct species within the *Fusarium solani* species complex, *F. virguliforme* in North America and *F. tucumaniae* in South America. **Mycologia**, Bronx, v. 95, p. 660-684, 2003.

AOKI, T.; O'DONNELL, K.; SCANDIANI, M. M. Sudden death syndrome of soybean in South America is caused by four species of *Fusarium*: *Fusarium brasiliensis* sp. nov., *F. cuneirostrum* sp. nov., *F. tucumaniae*, and *F. virguliforme*. **Mycoscience**, Tokyo, v. 46, no. 3, p. 162-183, 2005.

ARRUDA, G. T.; MILLER, R. N. G.; FERREIRA, M. A. S. V.; CAFÉ-FILHO, A. C. Morphological and molecular characterization of the sudden death syndrome pathogen of soybean in Brazil. **Plant Pathology**, Oxford, v. 54, no. 1, p. 53-65, 2005.

BRUGGEN, A. H. C.; SEMENOV, A. M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, no.1, p. 13-24, 2000.

CARTER, M. R. Microbial biomass and index for tillage-induced changes in soil biological properties. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 7, no. 1, p. 29-40, 1986

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-22.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability; Managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, p. 3-11, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas Para a Cultura da Soja na Região Central do Brasil - 1998/99**. Londrina, 1998.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja - Paraná 2007**. Londrina, 2006. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/tpsoja_2007_pr.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2007.

FRONZA, V. **Genética da reação da soja à *Fusarium solani* f. sp. *glycines***. 2003. 154 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C. M.; ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 74, p. 367-375, 1994.

IBGE. **Produção, área e rendimento médio de soja**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impressao.php?id_noticia=472 - 10k>. Acesso em: 8 dez. 2012.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal Soil Water Conservation**, Ankeny, v. 55, no. 1, p. 69-78, 2000.

KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A.; ANDREWS, S. S. Soil quality: why and how? **Geoderma**, Amsterdam, v. 114, no. 3/4, p. 145-156, 2003.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. **Conservation and enhancement of soil quality**. In: INTERNATIONAL BOARD FOR SOIL RESEARCH AND MANAGEMENT, 12., Bangkok, 1991. v. 2.

LI, S.; HARTMAN, G. L.; GRAY, L. E.; Chlamydospore formation, production, and nuclear status in *Fusarium solani* f. sp. *glycines* soybean sudden death syndrome causing isolates. **Mycologia**, Bronx, v. 90, no. 3, p.414-421, 1998.

MEYERS, J. A.; COOK, R. J. Induction of chlamydospore formation in *Fusarium solani* by abrupt removal of the organic carbon substrate. **Phytopathology**, St. Paul, v. 62, p. 1148-1153, 1972.

PARK, D. Effect of substrate on a microbial antagonism, with reference to soil conditions. **British Mycological Society Transaction**, London, v. 39, p. 239-259, 1956.

ROY, K. W.; RUPE, J. C.; HERSHMAN, D. E.; ABNEY, S. A. Sudden death syndrome of soybean. **Plant Disease**, St. Paul, v. 81, no.10, p. 1100-1111, 1997.

ROY, K.W.; RUPE, J. C.; HERDHMAN, D. E.; ABNEY, T. S. Sudden death syndrome: *Fusarium solani* as incitant and relation of *Heterodera glycines* to disease severity. **Phytopathology**, St. Paul, v.79, no. 2, p.191-197, 1989.

RUPE, J. C. Epidemiology of sudden death syndrome of soybean. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999. p. 139- 148.

RUPE, J. C. Frequency and pathogenicity of *Fusarium solani* recovered from soybeans with sudden death syndrome. **Plant Disease**, St. Paul, v. 73, p. 581-584, 1989.

- RUPE, J. C.; GBUR, E. E. Effect of plant age, maturity group, and the environment on disease progress of sudden death syndrome of soybean. **Plant Disease**, St. Paul, v.77, p. 139-143, 1995.
- SCHERM, H.; YANG, X. B. Development of sudden death syndrome of soybean in relation to soil temperature and soil water matric potential. **Phytopathology**, St. Paul, v. 86, no. 6, p. 642-649, 1996.
- SEYBOLD, C. A.; HERRICK, J. E.; BREDJA, J. J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. **Soil Sci.**, Madison, v. 164, p. 224-233, 1998.
- SILVA, J. A. L.; CARVALHO, T. B.; CARVALHO, P. R. S. **Levantamento da ocorrência da ferrugem da soja** (*Phakopsora*. Teresina Pi). Piauí: Universidade Federal do Piauí, 2006.
- SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. **Geoderma**, Amsterdam, v. 114, no. 3/4, p. 143-144, 2003.
- VALE, F. X. R.; JESUS JÚNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perffil, 2004.
- VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Campinas, SP, v. 24, p. 35-42, 2000.
- VEZZANI, F. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- WRATHER, J. A.; Anderson, T.R.; Arsyad, D. M., Gai, J.; Ploper, L.D.; Porta-Puglia, A. Soybean disease loss estimates for the top 10 soybean producing countries in 1994. **Plant Disease**, St. Paul, v. 81, p. 107-110, 1997.
- YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. **Situação da Ferrugem Asiática da Soja no Brasil e na América do Sul**. Londrina: Embrapa, 2004. Documentos 236.
- YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M. **Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): Alerta**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. Folder. 4 p.

3 CAPÍTULO 1 – PODRIDÃO VERMELHA DA RAIZ DA SOJA EM CULTIVOS COM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E COBERTURAS DO SOLO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos sistemas de manejo do solo e de coberturas de inverno sobre o número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo, a incidência da podridão-vermelha-da-raiz (PVR) e a produtividade das cultivares de soja CD 206 e FT Fênix. Foram realizados dois experimentos nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com três repetições. Foram avaliados dois sistemas de preparo do solo: plantio direto e revolvimento do solo na profundidade de 20 cm. As coberturas de inverno utilizadas foram: aveia-preta, com duas densidades de plantio; aveia-preta + ervilhaca; azevém; e pousio. A incidência da doença, na safra de 2006/2007, na cultivar FT Fênix, foi menor que na CD 206. Na safra 2007/2008, não houve diferença significativa. Houve incremento na produtividade, de 125 kg ha⁻¹, com o solo revolvido, em comparação ao plantio direto. A cobertura com aveia-preta + ervilhaca apresentou maior número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo, na safra de 2006/2007. No entanto, no segundo ano, essa diferença não foi observada. Os sistemas de preparo do solo e as coberturas de inverno utilizadas não influenciam a incidência da PVR em cultivares de soja ou o número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo. O sistema com solo revolvido proporcionou aumento de produtividade da soja, no segundo ano de manejo.

Palavras-chave: *Fusarium* spp.. *Glycine max*. Adubo verde. Manejo do solo.

Sudden death syndrome of soybean under different soil management systems and cover crops

ABSTRACT

The objective of this work was to assess the effect of soil management systems and winter cover crops on the number of propagules of *Fusarium* spp. in soil, the incidence of sudden death syndrome (SDS), and the productivity of the soybean cultivars CD 206 and FT Fênix. Two experiments were carried out in the 2006/2007 and 2007/2008 crop years. The experimental design was a randomized complete block in a split-split plot arrangement, with three replicates. Two soil tillage systems were evaluated: no-tillage and plowed soil at a depth of 25 cm. The soil covers used were: black oat, with two planting densities; black oat + vetch; ryegrass; and fallow. The incidence of the disease in the 2006/2007 crop year in the cultivar FT Fênix was lower than in CD 206. In the 2007/2008 crop, there was no significant difference. There was an increase in productivity, of 125 kg ha⁻¹, in the plowed treatment, when compared to no-tillage. The cover with black oat + vetch showed a higher number of propagules of *Fusarium* spp. in soil in the 2006/2007 crop year. However, in the second year, this difference was not observed. The soil management systems and winter cover crops used do not influence the incidence of SDS in soybean cultivars or the number of *Fusarium* spp. propagules in soil. The plowed system provides an increase in soybean yield in the second year of management. Index terms: *Fusarium*, *Glycine max*, green manure, soil management.

Keywords: *Fusarium* spp., *Glycine max*. Green manure. Soil management.

3.1 INTRODUÇÃO

A podridão-vermelha-da-raiz (PVR), também conhecida como síndrome da morte súbita, é causada pelo complexo de fungos que compreende quatro espécies de *Fusarium*: *F. brasiliense* sp. nov., *F. cuneirostrum* sp. nov. e *F. tucumaniae* sp. nov., encontradas em cultivos de soja (*Glycine max* L.) na América do Sul, e *F. virguliforme* sp. nov., na América do Norte (AOKI; O'DONNELL; SCANDIANI, 2005). Segundo Arruda et al. (2005), no Brasil, a espécie prevalente é a *F. tucumaniae*. PVR tem causado perdas significativas na produção de soja, no Brasil (EMBRAPA SOJA, 2006). Para esse patógeno, não há opção de controle químico, e a rotação de culturas na área de cultivo não é eficaz (SILVA et al., 2002). A resistência das cultivares à doença é parcial, uma vez que, sob alta pressão de inóculo, mesmo os genótipos com maior nível de resistência podem apresentar sintomas típicos da PVR (MUELLER et al., 2002; SILVA et al., 2002; GÁSPERI; PRESTES; COSTAMILAN, 2003). No entanto, a rotação de culturas, com o uso de plantas de cobertura do solo, contribui para reduzir o ataque de pragas e doenças, que é mais intenso quando o cultivo de uma única espécie é realizado sucessivamente na mesma área (GABRIEL FILHO; STROHHAECKER; FEY, 2003). A incorporação de matéria orgânica pode melhorar as características físicas e químicas do solo, aumentar a atividade e o tamanho da comunidade microbiana e ainda ter efeito no controle de fitopatógenos (FENILE; SOUSA, 1999; BAPTISTA et al., 2007). Contudo, os fungos fitopatogênicos, como *Fusarium* spp., sobrevivem melhor em solo com restos de cultura enterrados (Almeida et al., 2001). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos sistemas de preparo do solo e de coberturas de inverno sobre o número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo, a incidência da PVR e a produtividade das cultivares de soja CD 206 e FT Fênix.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização do Local

Os experimentos foram conduzidos no campo, nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008 na Fazenda Experimental da Fundação ABC no município de Ponta Grossa, PR,

coordenadas 25°00'48"S e 50°09'05"W, com altitude média de 890 m, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (LVd-1) (SANTOS et al., 2006). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfb, ou seja, clima temperado propriamente dito, temperatura média no mês mais frio 18 °C, com verões frescos, temperatura média no mês mais quente 22 °C e sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000).

3.2.2 Condução do Experimento

Os experimentos foram conduzidos em duas etapas, inverno e verão. No inverno, cada unidade experimental tinha área total de 79,92 m² (6,6 x 12 m). Nas parcelas foram avaliados os dois preparos de solo: semeadura direta e revolvimento do solo na profundidade de 20 cm, através de aerador (Aeromix, Ikeda, Marília - SP) tratorizado, realizado no inverno antes da semeadura das plantas de cobertura de solo. Nas subparcelas foram avaliadas as quatro coberturas de solo e o pousio. As coberturas do solo foram: aveia preta com 40 kg de sementes.ha⁻¹; aveia preta com 80 kg de sementes e adição de 20 kg de N ha⁻¹ através de uréia; aveia preta + ervilhaca com 50 kg de sementes.ha⁻¹ para cada espécie e, azevém com 60 kg de sementes ha⁻¹. Para a escolha das densidades das coberturas, considerou-se o número de sementes recomendada e também acima. Os tratamentos foram instalados no cultivo de inverno no mês de maio de 2006 referente a safra 2006/07 e maio de 2007, safra 2007/08. As coberturas foram roladas com rolo faca em setembro, antecedendo a semeadura da soja realizada em outubro nos anos de 2006 e 2007. No verão, cada subparcela da fase de inverno foi dividida em duas partes iguais, constituindo assim subsubparcelas, onde foram plantados dois cultivares de soja CD 206 e FT Fênix. A escolha das cultivares ocorreu devido a CD 206 apresentar suscetibilidade a *Fusarium* spp. e ser a mais cultivada na micro região 104 e, a FT Fênix devido apresentar tolerância a *Fusarium* spp., porém informação não publicada. A correção do solo foi realizada utilizando-se o adubo N-P-K com a fórmula 00-20-20 na dose de 250 kg.ha⁻¹. A densidade de plantio foi de 260 mil plantas ha⁻¹ (13 sementes m⁻¹ e espaçamento de 50 cm entre linhas). Todos os tratamentos culturais (aplicação de herbicidas, inseticidas e fungicidas) da soja foram efetuados conforme Embrapa Soja (2006).

3.2.3 Avaliações

A avaliação do número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo foi realizada antes da semeadura da soja utilizando o método do meio de Nash e Snyder (1962), em amostras de solo coletadas na profundidade de 0 a 20 cm através da utilização de um trado holandês, totalizando sete amostras por repetição. As amostras de solo foram encaminhadas para o laboratório de Fitotecnia da Fundação ABC, onde processou as análises. A incidência de *Fusarium* spp. foi determinada através da percentagem de plantas que apresentaram o sintoma em um total de 20 plantas por parcela, no estágio fenológico R6 da soja, observando o sintoma na área foliar conhecido como folha carijó, que é caracterizado por manchas cloróticas e necróticas internervais e região das nervuras com a coloração verde normal e, na raiz a coloração castanho clara a castanho avermelhado escuro (ALMEIDA et al., 2005). Essas plantas, após avaliadas, foram separadas pela presença ou ausência de PVR e realizou-se a contagem do número de vagens e de sementes por planta, observando-se o número médio de vagens e grãos das plantas com e sem sintomas. Esta avaliação foi realizada na safra 2007/08 para a verificação da influência das variáveis estudadas nos dois anos de cultivo.

Para determinação da produtividade foram colhidas manualmente, trilhadas e pesadas duas linhas de 10 m de comprimento e com espaçamento de 0,45 m totalizando 9 m² de área útil de cada parcela. Avaliou-se o peso de grãos através da pesagem de 100 sementes por parcela, multiplicando-se o resultado por 10. Os dados foram corrigidos para 13% de umidade utilizando a fórmula (correção da umidade = $100 - \text{umidade da amostra} / 87 \times \text{peso da amostra}$) e os dados de produtividade transformados para kg ha⁻¹.

3.2.4 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas no inverno e subsubdivididas no verão. Os resultados da avaliação foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre os fatores avaliados. O plantio direto apresentou menor número de propágulos de *Fusarium* spp., em solo seco, na safra de 2006/2007, em comparação ao solo revolvido (Tabela 1). Esse resultado divergiu do de Toledo-Souza et al. (2008), que observou que o sistema plantio direto favorece o aumento da população de *Fusarium* spp. no solo. Entretanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos na safra de 2007/2008. Na safra de 2006/2007, ao se considerar o período do segundo decêndio de fevereiro ao segundo decêndio de março, em que a cultura encontrava-se nos estádios mais suscetíveis à doença, isto é, do estágio R1 ao R6, verificou-se precipitação de 211 mm e temperatura média de 22,1 °C (Figura 1). Já na safra de 2007/2008, no mesmo período, observou-se precipitação de 116 mm e temperatura média de 21,1 °C (FUNDAÇÃO ABC, 2012). Farias Neto et al. (2006), ao avaliar o efeito da umidade na ocorrência e no desenvolvimento da PVR, com parcelas irrigadas em diferentes fases fenológicas e lâminas d'água, concluíram que o desenvolvimento dos sintomas da PVR é altamente favorecido pela elevada umidade no solo, especialmente nas fases reprodutivas R4 e R5.

Para a massa de mil grãos em ambas as safras e a produtividade da soja na safra de 2006/2007, não foram observadas diferenças significativas entre os sistemas de preparo do solo (Tabela 1). Esses dados corroboram os de Silveira e Stone (2003), que verificaram que o sistema de preparo do solo não afeta a produtividade da soja.

Contudo, para a produtividade de soja na safra de 2007/2008, observou-se aumento significativo no tratamento com solo revolvido, com incremento de 125 kg ha⁻¹ (Tabela 1). A menor produtividade no tratamento com plantio direto pode ser atribuída à compactação do solo na camada superficial ou subsuperficial (KLUTHCOUSKI et al., 2000). Já Santos, Lhamby e Spera (2006) verificaram que, independentemente de rotação, a soja cultivada sob plantio direto e sob cultivo mínimo apresenta maior produtividade, maior massa de mil grãos e maior altura de plantas, em comparação à soja cultivada sob preparo convencional de solo. Os tratamentos com as diferentes coberturas de inverno na safra de 2006/2007 (Tabela 1) apresentaram diferenças significativas quanto ao número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo e quanto à produtividade de soja. A cobertura com aveia-preta + ervilhaca apresentou maior número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo. Neste mesmo tratamento, observou-se menor produtividade de soja do que a observada no tratamento aveia-preta cultivada com

40 kg ha⁻¹ de sementes, na safra de 2006/2007. A cobertura com aveia-preta cultivada com 40 kg de sementes e a cobertura com azevém proporcionaram as menores quantidades de propágulos do fungo no solo. Na safra de 2007/2008, após a influência do segundo ano dos tratamentos com diferentes coberturas de inverno, não foi observada diferença significativa para o número de propágulos de *Fusarium* spp. por grama de solo seco, a massa de mil sementes e a produtividade de soja entre os tratamentos. Assim, as plantas de cobertura, após dois anos de cultivo, influenciaram a estabilidade do número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo entre os tratamentos avaliados. Na análise complementar, safra 2006/07, observou-se maior número de propágulos de *Fusarium* spp. na cobertura aveia preta + ervilhaca no solo revolvido. Enquanto, no plantio direto, as coberturas não diferiram entre si, apenas o tratamento pousio, apresentou aumento significativo de propágulos de *Fusarium* spp. no solo (Tabela 4). Na safra seguinte 2007/08, não verificou-se diferença significativa do número de propágulos de *Fusarium* spp. nas coberturas e preparos do solo (Tabela 4). Esses resultados confirmam os de Toledo-Souza et al. (2008), que relataram que plantios prévios de gramíneas, em geral, são supressores da população de *Fusarium* spp. em áreas infestadas, enquanto plantios prévios de leguminosas tendem a favorecer o aumento da população desse patógeno.

As cultivares CD 206 e FT Fênix apresentaram sintomas de PVR, avaliados no estágio fenológico R6 da soja. Na safra de 2006/2007, a incidência da PVR no sistema radicular da cultivar FT Fênix foi significativamente menor, em comparação à cultivar CD 206 (Tabela 2). No entanto, não foi observada diferença na safra de 2007/2008. A incidência de PVR nas folhas da cultivar FT Fênix foi superior à da cultivar CD 206, em ambos os anos. A massa de mil grãos da cultivar FT Fênix foi significativamente maior que a da CD 206, mas não houve diferença significativa entre as cultivares quanto à produtividade. Farias Neto et al. (2006), ao trabalhar com parcelas submetidas à inoculação e não inoculadas com *Fusarium* spp., observaram reduções em produtividade de grãos de até 27%, em cultivares suscetíveis, que apresentaram severos sintomas foliares. Contudo, os sintomas iniciais, nessas cultivares, foram observados nos estádios R4 e R5, anteriores aos verificados no presente trabalho. Apesar da divergência de resultados, sabe-se que a resistência das plantas a essa doença é descrita como parcial, uma vez que, sob alta pressão de inóculo, mesmo os genótipos resistentes podem apresentar sintoma típico da PVR (MUELLER et al., 2002; SILVA et al., 2002), sem terem sua produtividade afetada. A cultivar CD 206 apresentou maior número de vagens e grãos, quando comparada à cultivar FT Fênix, em plantas sem ou com a incidência de PVR (Tabela 3). O preparo do solo e as coberturas de inverno não afetaram o número de vagens e grãos, nas plantas sem ou com a incidência de PVR.

3.4 CONCLUSÕES

1. Os sistemas de preparo de solo (solo revolvido ou plantio direto) e as coberturas de inverno não influenciaram o número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo, no segundo ano de manejo; entretanto, no primeiro ano, o plantio direto e o uso de aveia-preta e azevém reduzem o número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo.
2. O plantio de aveia-preta e azevém aumenta a produtividade da soja apenas no primeiro ano de manejo, enquanto o revolvimento do solo proporciona aumento de produtividade da soja, no segundo ano de manejo.
3. A produtividade das cultivares de soja CD 206 e FT Fênix não foi afetada pela incidência de podridão-vermelha-da-raiz (PVR); no entanto, a cultivar FT Fênix foi mais susceptível à incidência de PVR nas folhas e menos nas raízes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, A. A.; GODOY, C. V.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M. C. Doenças da soja (*Glycine max*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. p. 569-588.

ALMEIDA, A. M. R.; SARAIVA, O. F.; FARIAS, J. R. B.; GAUDENCIO, C. A.; TORRES, E. Survival of pathogens on soybean debris under no-tillage and conventional tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 10, 2001.

AOKI, T.; O'DONNELL, K.; SCANDIANI, M. M. Sudden death syndrome of soybean in South America is caused by four species of *Fusarium*: *Fusarium brasiliensis* sp. nov., *F. cuneirostrum* sp. nov., *F. tucumaniae*, and *F. virguliforme*. **Mycoscience**, Tokyo, v. 46, no. 3, p. 162-183, 2005.

ARRUDA, G. T.; MILLER, R. N. G.; FERREIRA, M. A. S. V.; CAFÉ-FILHO, A. C. Morphological and molecular characterization of the sudden death syndrome pathogen of soybean in Brazil. **Plant Pathology**, Oxford, v. 54, no. 1, p. 53-65, 2005.

BAPTISTA, M. J.; REIS JUNIOR, F. B. dos; XAVIER, G. R.; ALCÂNTARA, C. de; OLIVEIRA, A. R. de; SOUZA, R. B.; LOPES, C. A. Eficiência da solarização e fiofumigação do solo no controle da murcha-bacteriana do tomateiro no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 933-938, 2007.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. 1 CDROM.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de soja: região central do Brasil - 2007**. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 199 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 11).

FARIAS NETO, A. L.; HARTMAN, G. L.; PEDERSEN, W. L.; LI, S.; BOLLERO, G. A.; DIERS, B. W. Irrigation and inoculation treatments that increase the severity of soybean sudden death syndrome in the field. **Crop Science**, Madison, v. 46, p. 2547-2554, 2006.

FENILE, R. C.; SOUSA, N. L. de. Efeitos de materiais orgânicos e da umidade do solo na patogenicidade de *Rhizoctonia solani* Kuhn GA-4 HGI ao feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, p. 1959-1967, 1999.

FUNDAÇÃO ABC. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**. Disponível em: <http://sma2.fundacaoabc.org.br/servicos/solicitacao_dados>. Acesso em: 2 abr. 2012.

GABRIEL FILHO, A.; STROHHAECKER, L.; FEY, E. Profundidade e espaçamento da mandioca no plantio direto na palha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 461-467, 2003.

GÁSPERI, A. C.; PRESTES, A. M.; COSTAMILAN, L. M. Reação de cultivares de soja à podridão-vermelha-da-raiz causada por *Fusarium solani* f. sp. *glycyne*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, p. 544-547, 2003.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. **Compendium of soybean diseases**. St. Paul: APS Press, 1999.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D.; FERRANO, L. A. Manejo do solo e o rendimento da soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.

LUCAS, J. A. **Plant pathology and plant pathogens**. 3rd. Oxford: Blackwell Science, 1998.

MUELLER, D. S.; HARTMAN, G. L.; NELSON, R. L.; PEDERSEN, W. L. Evaluation of *Glycine max* germplasm for resistance to *Fusarium solani* f. sp. *Glycyne*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 86, no. 7, p. 741-746, 2002.

NASH, S. M.; SNYDER, W. C. Quantitative estimatives by plate counts of propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soil. **Phytopathology**, St. Paul, v. 52, p. 567-572, 1962.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; SPERA, S. T. Rendimento de grãos de soja em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 21-29, 2006.

SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. S.; YORINORI, J. T.; ALMEIDA, A. M. R.; ARIAS, C. A. A.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.; OLIVEIRA, E.; LIMA, C. G.; SCHOBBER, I. C.; GOULART FILHO, G.; ALIGLIERI, G. M. G.; GOMES, J. I.; SOUZA, N. V.; BENATO, L. C. **Contribuição ao desenvolvimento de linhagens de soja com resistência a patógenos**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. 43 p. (Embrapa Soja. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1).

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Sistema de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, p. 240-244, 2003.

TOLEDO-SOUZA, E. D.; SILVEIRA, P. M. da; LOBO JUNIOR, M.; CAFÉ FILHO, A. C. Sistemas de cultivo, sucessões de culturas, densidade do solo e sobrevivência de patógenos de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 8, p. 971-978, 2008.

TABELAS

Tabela 1 – Número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo, massa de mil grãos e produtividade da soja nos tratamentos preparo do solo e coberturas de inverno, nas safras 2006/07 e 2007/08⁽¹⁾

Tratamento	<i>Fusarium solani</i> (N. colônias/g de solo)		Massa de mil grãos (g)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08
Preparo do solo						
Solo revolvido ⁽²⁾	43,2 b	34,6 a	205,9 a	198,5 a	4702,5 a	3350,9 a
Solo sem revolvimento	34,0 a	28,6 a	204,0 a	200,3 a	4676,7 a	3225,8 b
DMS	4,7	30,8	8,7	19,4	1257,6	67,3
CV (%)	7,8	61,9	3,8	8,7	24,1	1,8
Cobertura de inverno ⁽³⁾						
Pousio	47,4 b	26,9 a	204,5 a	201,4 a	4715,7 ab	3406,4 a
Aveia Preta 40	38,0 c	25,6 a	207,9 a	198,5 a	4992,8 a	3205,6 a
Aveia Preta 80	28,3 d	42,1 a	203,7 a	195,7 a	4642,7 ab	3221,2 a
Aveia Preta + Ervilhaca	56,1 a	34,0 a	204,1 a	201,0 a	4431,5 b	3236,7 a
Azevém	23,1 d	29,4 a	204,6 a	200,5 a	4665,1 b	3372,0 a
DMS	7,7	18,5	13,1	7,2	401,4	304,8
CV (%)	11,3	40,5	5,1	2,9	8,2	7,4

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. ⁽²⁾Solo revolvido até a profundidade de 20 cm. ⁽³⁾Aveia preta 40, 40 kg ha⁻¹ de sementes por ha; Aveia preta 80, 80 kg ha⁻¹ de sementes e adição de 20 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia; Aveia preta + ervilhaca, 50 kg ha⁻¹ de sementes para cada espécie e, Azevém, 60 kg ha⁻¹ de sementes.

Tabela 2 – Incidência de podridão vermelha da raiz da soja (IPVRS) na raiz e na folha de plantas de soja, massa de mil grãos e produtividade das cultivares de soja CD 206 e FT Fênix, nas safras 2006/07 e 2007/08⁽¹⁾

Cultivar	IPVRS na raiz (%)		IPVRS na folha (%)		Massa mil grãos (g)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08
CD 206	51,7 b	82,6 a	1,2 a	1,4 a	166,9 a	155,0 a	4706,2 a	3249,2 a
FT Fênix	39,9 a	77,6 a	1,7 b	2,4 b	243,0 b	243,8 b	4673,0 a	3327,6 a
DMS	7,0	6,4	0,4	0,8	4,70	2,9	230,2	113,0
CV (%)	28,7	14,9	57,8	83,8	4,3	2,7	9,1	6,3

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 3 – Número médio de vagens e grãos das plantas com e sem sintomas de podridão vermelha da raiz (PVR), das cultivars de soja CD 206 e FT Fênix, nos tratamentos preparo do solo e coberturas de inverno na safra 2007/08⁽¹⁾

Variáveis	Sem sintoma de PVR		Com sintoma de PVR	
	Vagem	Semente	Vagem	Semente
Preparo do solo				
Solo revolvido ⁽²⁾	36,2 a	71,2 a	36,8 a	74,0 a
Plantio direto	35,7 a	72,3 a	37,1 a	75,3 a
DMS	5,5	8,52	6,9	14,3
CV (%)	13,8	10,6	16,9	17,3
Cobertura de inverno⁽³⁾				
Pousio	34,8 a	72,9 a	34,3 a	71,9 a
Aveia Preta 40	37,6 a	75,2 a	35,2 a	69,4 a
Aveia Preta 80	35,6 a	70,9a	38,5 a	77,4 a
Aveia Preta + Ervilhaca	36,5 a	69,1 a	37,2 a	74,4 a
Azevém	35,4 a	71,2 a	39,6 a	80,2 a
DMS	5,0	11,8	6,1	10,9
CV (%)	11,1	13,1	13,3	11,7
Cultivar				
CD 206	41,1 a	87,6 a	42,1 a	90,5 a
FT Fênix	30,8 b	56,2 b	31,8 b	58,8 b
DMS	1,5	5,0	2,3	4,2
CV (%)	7,7	13,1	11,5	10,6

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. ⁽²⁾Solo revolvido até a profundidade de 20cm. ⁽³⁾Aveia preta 40, 40 kg ha⁻¹ de sementes; Aveia preta 80, 80 kg ha⁻¹ de sementes e adição de 20 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia; Aveia preta + Ervilhaca, 50 kg ha⁻¹ de sementes para cada espécie; e Azevém, 60 kg ha⁻¹ de sementes.

Tabela 4 – Número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo, massa de mil grãos e produtividade da soja nos tratamentos solo revolvido e plantio direto sobre influência das coberturas de inverno, nas safras 2006/07 e 2007/08⁽¹⁾.

Safr	<i>Fusarium solani</i>		Massa de mil grãos		Produtividade	
	(N. colônias/g de solo)		(g)		(kg.ha ⁻¹)	
Safr			2006/2007			
Preparo do solo ⁽²⁾	SR	PD	SR	PD	SR	PD
Cobertura de inverno ⁽³⁾						
Pousio	27,4 bC	67,5 aA	207,8	201,2	4.734 aA	4.698 aAB
Aveia Preta 40	45,8 aB	30,2 bB	209,6	206,3	4.880 aA	5.105 aA
Aveia Preta 80	31,3 aC	25,5 aB	198,9	208,6	4.500 aA	4.786 aAB
AP + E.	89,2 aA	23,0 bB	210,4	197,9	4.514 aA	4.349 aB
Azevém	22,3 bC	24,0 bB	202,8	206,5	4.884 aA	4.446 aAB
Média	43,2	34,0	205,9 a	204,1a	4.703	4.677
ANAVA ⁽⁴⁾						
F Preparo do solo	68,56*		0,807 ^{ns}		0,008 ^{ns}	
F Cobertura	57,11**		0,309 ^{ns}		3,274*	
F Interação	115,05**		2,068 ^{ns}		1,766 ^{ns}	
Safr			2007/2008			
Cobertura de inverno ⁽³⁾						
Pousio	31,9	22,0	201,0	202,0	3.351	3.462
Aveia Preta 40	30,7	20,5	198,2	198,9	3.334	3.078
Aveia Preta 80	31,7	52,5	196,5	194,9	3.289	3.154
AP + E	44,3	23,8	198,2	203,8	3.352	3.121
Azevém	34,8	24,2	198,9	202,2	3.429	3.315
Média	34,7 a	28,6 a	198,5 a	200,4 a	3.351 a	3.226 b
ANAVA ⁽⁴⁾						
F Preparo do solo	0,717 ^{ns}		0,404 ^{ns}		63,940*	
F Cobertura	1,626 ^{ns}		1,987 ^{ns}		1,766 ^{ns}	
F Interação	2,236 ^{ns}		0,657 ^{ns}		1,061 ^{ns}	

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. ⁽²⁾SR: Solo revolvido até a profundidade de 20 cm e SSR: Solo sem revolvimento. ⁽³⁾Aveia preta 40, 40 kg ha⁻¹ de sementes por ha; Aveia preta 80, 80 kg ha⁻¹ de sementes e adição de 20 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia; AP + E: Aveia preta + ervilhaca, 50 kg ha⁻¹ de sementes para cada espécie e, Azevém, 60 kg ha⁻¹ de sementes.

FIGURA

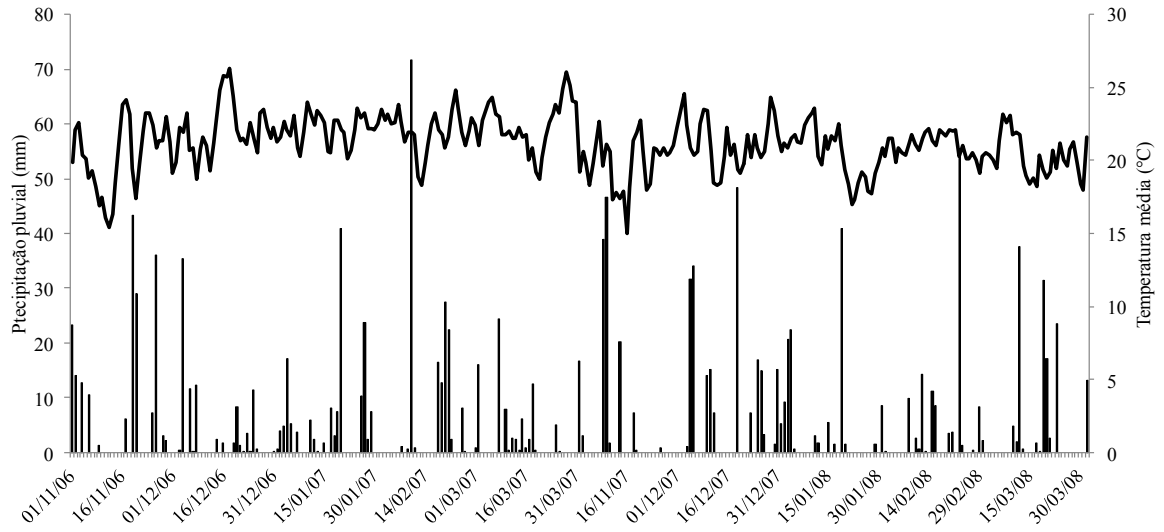


Figura 1 – Precipitação pluvial (mm) (colunas) e temperatura (°C) média do ar (linha) entre 01/11/2006 a 31/03/2007 e 01/11/2007 a 30/03/2008 em Ponta Grossa, PR (FUNDAÇÃO ABC, 2012).

4 CAPÍTULO 2 – INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PREPAROS E COBERTURAS EM ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E SUAS RELAÇÕES COM A OCORRÊNCIA DE FUSARIUM

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a influência dos sistemas de preparo do solo de plantio direto e de solo revolvido e quatro coberturas de inverno sobre a densidade do solo, taxa de infiltração, resistência a penetração, diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados e a ocorrência de *Fusarium* spp. Foram realizados dois experimentos nos anos agrícolas 2006/07 e 2007/08. Utilizou-se o delineamento experimental de parcelas subdivididas em blocos ao acaso com três repetições. As parcelas foram compostas dos sistemas de preparo de solo: plantio direto e solo com revolvimento. Nas sub-parcelas foram testadas as coberturas do solo: aveia preta com duas densidades de plantio; aveia preta + ervilhaca e azevém e o pousio. Os preparos solo revolvido e sistema plantio direto e as coberturas de inverno não influenciaram significativamente para a redução do fungo *Fusarium* spp. no sistema radicular da soja. O sistema de plantio direto aumenta a resistência do solo à penetração no segundo ano de preparo quando comparado ao solo revolvido. O preparo do solo revolvido favorece maior taxa de infiltração de água no solo que o sistema de plantio direto. O sistema de plantio direto aumenta o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados do solo nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm, no segundo ano de preparo.

Palavras-chave: Atributos físico do solo. *Fusarium* spp.. Manejo do solo.

INFLUENCE OF DIFFERENT SOIL MANAGEMENT AND COVERS CROP IN THE PHYSICAL ATTRIBUTES OF SOIL AND THEIR RELATIONS WITH THE OCCURRENCE OF FUSARIUM

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the influence of management systems for soil tillage and plowed and four winter cover crops on soil density, infiltration rate, resistance to penetration, mean weight diameter (MWD) of aggregates and occurrence *Fusarium* spp. Two experiments were conducted in the years 2006/07 and 2007/08. We used the experimental design of randomized blocks in a split plot design with three replications. The main plot was composed of soil management systems: no-tillage and soil plowed. In sub-plots were tested soil covers crops: oat with two planting densities; oat + vetch and rye and fallow. The plowed management and no-tillage and winter cover crops did not affect significantly to the reduction of *Fusarium* spp. the root system of soybeans. The no-tillage system increases the resistance to penetration in the second year of preparation when compared to plow. The plowed soil favors higher rate of water infiltration into the soil than no-till system. The no-tillage system increases the mean weight diameter (MWD) of soil aggregates at depths of 0 to 5 cm and 5 to 10 cm in the second year of preparation.

Keywords: Soil physical attributes. *Fusarium* spp., Soil management.

4.1 INTRODUÇÃO

As alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são mais pronunciadas no sistema de preparo convencional do que nos sistemas conservacionistas, pelo fato do revolvimento alterar a densidade do solo, o volume e distribuição do tamanho de poros e a estabilidade dos agregados, influenciando na infiltração da água, na erosão hídrica e no crescimento e desenvolvimento das plantas (BERTOL et al., 2004). Além da densidade do solo, da retenção e infiltração do solo, a resistência do solo à penetração é amplamente utilizada para indicar a compactação do solo (LEÃO et al., 2004). A resistência do solo à penetração é uma medida da resistência que o solo oferece a algo que tenta se mover através dele, como uma raiz em crescimento ou uma ferramenta de cultivo (PEDROTTI; PAULETTO; GOMES, 2001). As alterações nas condições físicas do solo influenciam também o comportamento biológico, a exemplo do crescimento das raízes e de micro-organismos. A Podridão Vermelha da Raiz (PVR), também conhecida como Síndrome da Morte Súbita, é causada pelo complexo de fungos que compreende quatro espécies de *Fusarium*: *F. brasiliense* sp. nov., *F. cuneirostrum* sp. nov. e *F. tucumaniae* sp. nov., encontradas em cultivos de soja na América do Sul e *F. virguliforme* sp. nov., na América do Norte (AOKI; O'DONNELL; SCANDIANI, 2005). Segundo Arruda et al. (2005) no Brasil, a espécie prevalente é *F. tucumaniae*.

A incorporação de material orgânico pode melhorar as características físicas e químicas do solo, aumentar a atividade e a diversidade da comunidade microbiana e ainda ter efeito no controle de fitopatógenos (FENILE; SOUSA 1999; BAPTISTA et al., 2007). Porém, segundo Almeida (2001) os fungos fitopatogênicos como *Fusarium* spp. sobrevivem melhor em solo no qual os restos de cultura são incorporados durante as práticas de preparo do solo. Especificamente em relação à PVR, ela apresenta um progresso estritamente relacionado à sua ecologia e epidemiologia. Ainda há dificuldade para explicar a variação do aparecimento dos sintomas com os fatores ambientais (edafoclimáticos), estágio da cultura e práticas de manejo (SCHERM; YANG; LUNDEEN, 1996).

Os micróbios patogênicos que permanecem vivos em restos culturais de soja constituem a fonte de inóculo preliminar no campo (KMETZ et al., 1979). De acordo com Baird et al. (1997), os restos culturais de soja abrigam os fungos patogênicos que poderiam atuar como fitopatogênicos para a cultura da soja na safra seguinte.

Um estudo relatado por Almeida (1997) indica que enterrar resíduos reduz a sobrevivência dos fungos tais como a *Cercospora kikuchii*, *Colletotrichum truncatum* e

Phomopsis soja; porém, aumenta a incidência de *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina* e *Fusarium spp.*

De acordo com Almeida (1997), os sistemas de rotação de culturas, plantas de cobertura e manejos do solo influenciam as propriedades físicas e químicas do solo, bem como a produtividade das culturas de feijão, milho e soja. Esses dados concordam com Franchini et al. (2000), relatam que os sistemas de manejos conservacionistas, ou seja, aqueles que implicam em menor revolvimento de solo possível e aliado à manutenção da cobertura com palha, podem afetar positivamente as características químicas, físicas e biológicas do solo, interferindo por sua vez na distribuição das raízes, com reflexos no crescimento da parte aérea, interagindo consequentemente, no rendimento de grãos da espécie em cultivo. A rotação de culturas com o uso de plantas de cobertura do solo contribui para reduzir a ação erosiva da chuva, reciclar nutrientes e reduzir a pressão de ataque de pragas, plantas daninhas e doenças (GABRIEL FILHO; STROHHAECKER; FEY, 2003).

A interação do manejo de culturas em sucessão ou rotação com sistemas de preparo do solo, incluindo a ausência ou presença parcial do revolvimento do solo, resulta em mudanças em atributos físicos do solo relacionados com a sua qualidade agrônômica e a sustentabilidade global do agroecossistema. Neste contexto, são necessários estudos para fornecer informações sobre o manejo do solo e assegurar a tomada de decisões para uma melhor utilização desse recurso (SPOSITO; ZABEL, 2003).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar a influência dos sistemas de preparos do solo em sistema de plantio direto e com revolvimento do solo bem como de quatro estratégias para coberturas do solo na estação de inverno sobre as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na incidência de *Fusarium spp.*

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Caracterização do Local

Os experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas 2006/07 e 2007/08 na Fazenda Experimental da Fundação ABC no município de Ponta Grossa, PR, coordenadas 25°00'48"S e 50°09'05"W, com altitude média de 890 m, em solo classificado como Latossolo Vermelho

Distrófico conforme Santos, Lhamby e Spera (2006). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfb, ou seja, clima temperado propriamente dito com temperatura média de 18 °C no mês mais frio e com temperatura média de 22 °C no mês mais quente e sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000). Os dados de precipitação e temperatura obtidos durante a realização do experimento são apresentados na Figura 1.

4.2.2 Condução do Experimento

Os experimentos foram conduzidos em duas etapas: na safra de inverno e de verão. Na safra de inverno, o delineamento experimental utilizado foi blocos com parcelas subdivididas. Cada unidade experimental tinha área total de 79,92 m² (6,6 x 12 m). Nas parcelas foram avaliados os dois preparos de solo: sistema de plantio direto e revolvimento do solo na profundidade de 20 cm, por meio de um equipamento denominado de aerador (Aeromix, Ikeda, Marília - SP) tratorizado, realizado antes da semeadura das plantas de cobertura de solo. Nas subparcelas foram avaliadas as quatro estratégias de coberturas de solo em adição ao sistema de pousio. As coberturas do solo foram: C1- cultura da aveia preta semeada com 40 kg de sementes ha⁻¹; C2- cultura da aveia preta semeada com 80 kg de sementes e adição de 20 kg de N ha⁻¹ por meio de aplicação de uréia; C3- cultura da aveia preta + cultura da ervilhaca com 50 kg de sementes ha⁻¹ para cada espécie e C4- cultura do azevém semeada com 60 kg de sementes ha⁻¹. Para a escolha das densidades de plantio das coberturas, considerou-se o número de sementes recomendada e a densidade utilizada pelos produtores da região de Ponta Grossa. Os tratamentos foram instalados no mês de maio de 2006 referente à safra 2006/07 e maio de 2007 referente à safra 2007/08. As coberturas foram roladas com rolo faca no mês de setembro, antecedendo a semeadura da soja realizada em outubro nos anos de 2006 e 2007. No verão, cada subparcela da fase de inverno foi dividida em duas partes iguais, constituindo assim subsubparcelas, onde foram plantados dois cultivares de soja CD 206 e FT Fênix. A escolha das cultivares ocorreu devido a CD 206 apresentar suscetibilidade a *Fusarium* spp. e ser a mais cultivada na micro 104 e a FT Fênix devido apresentar tolerância a *Fusarium* spp., porém informação não publicada. A correção do solo foi realizada utilizando-se a fórmula 00-20-20 na dose de 250 kg ha⁻¹. A densidade de plantio foi de 260 mil plantas ha⁻¹ (13 sementes m⁻¹ e espaçamento de 50 cm entre linhas). Todos os tratos culturais

(aplicação de herbicidas, inseticidas e fungicidas) da soja foram efetuados conforme Embrapa Soja (2006).

4.2.3 Avaliações

Na safra 2006/07 foram avaliadas a resistência do solo à penetração utilizando um penetrômetro eletrônico PLG1020 da marca Falker realizando 5 amostragens até 60 cm de profundidade por repetição. A correção dos valores de resistência e relação a umidade foi feita utilizando-se o modelo proposto por Busscher et al. (1997), através de dois modelos matemáticos: $C=aW^b$, onde C é a resistência medida em MPa, W é a umidade gravimétrica e “a e b” são parâmetros do modelo ajustado. —, onde C_c é a resistência do solo corrigida em MPa, C_o é a resistência do solo observada, dC/dW é a derivada primeira da equação anterior em relação a umidade, W_c é a umidade pelo qual os dados foram corrigidos e W_o é a umidade gravimétrica determinada em cada ponto de medida. A taxa de infiltração de água no solo foi determinada pelo método do infiltrômetro de duplo anel. Dentro de cada parcela experimental, determinou-se dois pontos para a realização da avaliação. Os testes foram iniciados, através da adição de água simultaneamente nos dois anéis até a altura de 0,075 m de lâmina de água. Após esse momento, iniciou-se a contagem do tempo. Os valores de infiltração foram obtidos através da equação:

—————, conforme Embrapa (1979).

Ajustou-se o modelo matemático conforme Forsythe (1985) para determinar a velocidade de infiltração e a infiltração acumulada no solo através de $VI=aT^{-0.5}+b$, sendo VI (velocidade de infiltração), T (tempo em horas) e, “a e b” são os parâmetros de ajuste do modelo. Para determinar a infiltração acumulada, os dados foram ajustados a equação $IA=cT^{0.5}+d$, onde IA é a infiltração acumulada em cm, T é o tempo em horas e “c e d” são os parâmetros do modelo. Na safra 2007/08 foram avaliadas a densidade do solo (Ds), através da utilização de anéis volumétricos acoplados em um amostrador específico para a introdução e retirada dos anéis nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm conforme Blake e Hartge (1986).

A amostragem de estabilidade dos agregados em água foi realizada através de um pré-tratamento das amostras no campo de acordo com Madari (2004), onde se preconiza a classificação de agregados naturais por tamanho sendo estes separados em grupos estáveis sob

uma força destrutiva aplicada. Em seguida, foi efetuada a determinação da distribuição das classes de agregados por meio do tamisamento a úmido, pelo método de Yoder (1936) modificado por Castro Filho, Muzilli e Podanoschi (1998) utilizando-se o tamisador, com peneiras de 8, 4, 2, 1 e 0,5 mm de abertura de malha e medindo o diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), utilizando-se a equação DMP conforme Kemper e Chepil (1965), onde w_i é a proporção de cada classe em relação ao total e x_i é o diâmetro médio das classes expressa em mm. Para a avaliação da resistência do solo a penetração e a taxa de infiltração de água no solo foi determinada seguindo a metodologia realizada na safra anterior. A avaliação do número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo foi realizada antes da semeadura da soja utilizando o método de Nash e Snyder (1962), em amostras de solo coletadas na profundidade de 0 a 20 cm através da utilização de um trado holandês em sete amostras por repetição. A incidência de *Fusarium* spp. foi determinada através da porcentagem de plantas que apresentaram o sintoma em um total de 20 plantas por parcela, avaliadas no estágio fenológico R6 da soja, observando o sintoma na raiz a coloração castanho clara a castanho avermelhado escuro (ALMEIDA et al., 2005).

4.2.4 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas no inverno e subdivididas no verão. Os resultados da avaliação foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi verificado efeito significativo dos sistemas de preparo do solo na resistência do solo à penetração na safra 2006/07. Já na safra 2007/08, observou-se aumento significativo da resistência à penetração no sistema plantio direto (Tabela 1). Esses dados corroboram os de Tormena et al. (2002), que verificaram que os sistemas de preparo mínimo e preparo convencional do solo proporcionam condições físicas menos restritivas ao crescimento das

plantas, quando comparado com o plantio direto. A ausência de preparo do solo no plantio direto pode resultar, no entanto, no adensamento da superfície do solo (BERTOL et al., 2004), o que pode aumentar a densidade e a resistência do solo ao penetrômetro e diminuir a porosidade (ALBUQUERQUE; SANGOI; ENDER, 2001), em relação ao preparo convencional. De acordo Ressia et al. (1997) o sistema de plantio direto torna a camada superior do perfil do solo mais compacta, com maior densidade e com maior resistência à penetração de raízes, quando comparado com os preparos convencionais, ocorrendo o inverso nas camadas inferiores. Para a taxa de infiltração observou-se diferença significativa do preparo do solo em ambas as safras, em que o tratamento solo revolvido com o aerador apresentou 410,5 mm e 162 mm maior que o sistema de plantio direto, nas safras 2006/07 e 2007/08, respectivamente. Confirmado por Balbuena et al. (1996) que a taxa de infiltração de água quando utilizou-se arado de aiveca foi maior que na escarificação e no plantio direto. Contrariando Bertol, Cogo e Miquelluti (1997) que o plantio direto quando comparado ao preparo mecânico do solo aumenta a infiltração de água, reduz a erosão hídrica, em especial diminui a perda de solo e facilita o desenvolvimento das raízes das plantas. Desta forma, o plantio direto contribui para preservar as boas condições físicas e hídricas do solo (BAYER; MIELNICZUK, 1997). Posteriormente, Bertol et al. (2001) observou que a taxa de infiltração de água no solo, tanto inicial quanto final, é maior no preparo convencional do que na semeadura direta e campo nativo.

O sistema plantio direto reduziu significativamente o número de colônias de *Fusarium* spp. na safra 2006/07. Confirmando com Almeida et al. (2001) fungos patogênicos *Fusarium* spp. sobrevivem e crescem melhor em solo com restos culturais enterrados. Conforme Toledo-Souza et al. (2008), observou que o sistema plantio direto favorece o aumento da população de *Fusarium* spp. no solo. Entretanto, os resultados não foram significativos na safra 2007/08 (Tabela 1). Não foram verificados efeitos estatisticamente significativos das coberturas de solo, nas safras 2006/07 e 2007/08, sobre a resistência do solo à penetração e da taxa de infiltração de água (Tabela 2). Segundo Camargo e Alleoni (1997), valores até 2500 kPa são considerados baixos e apresentam pouca limitação ao desenvolvimento das raízes. Entretanto, o efeito imediato do preparo sobre a capacidade de infiltração de água é mais pronunciado do que o tipo de cobertura (FRONZA; AMADO; KRAMPE, 1993).

Independentemente da profundidade de avaliação, os valores médios de Ds não foram afetados pelos tratamentos de preparo do solo (Tabela 3) e para as diferentes coberturas de solo (Tabela 4). Conforme Kiehl (1979) para solos argilosos, a densidade é considerada ideal quando assume níveis que variam entre 1,0 e 1,2 g cm⁻³, assim, confirmando os resultados

encontrados de Ds dentro dos níveis sugeridos. Esse resultado divergiu de Tormena et al. (2002) que constatou maiores valores de densidade do solo na camada de 0 a 10 cm no plantio direto. Conforme Sanchez (2012) o primeiro ciclo de cultivo de plantas de cobertura não promove alterações na densidade do solo, microporosidade, porosidade total e resistência a penetração do solo. Para o diâmetro médio ponderado (DMP), nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm o sistema plantio direto apresentou aumento significativo quando comparado ao solo revolvido. Confirmando Da Ros et al. (1997) que os valores da estabilidade de agregados é maior no plantio direto do que no preparo convencional. Também, Castro Filho, Muzilli e Podanoschi (1998) que devido o acúmulo de resíduos vegetais na superfície, o sistema de plantio direto melhorou o estado de agregação graças ao incremento do teor de C-orgânico, sobretudo na camada superior (0-10 cm) do solo onde, independentemente da sucessão de culturas, o valor de DMP foi significativamente superior em relação ao do plantio convencional. Bertol et al. (2001) verificou que o diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água varia conforme o sistema de manejo, sendo menor no preparo convencional do que no campo nativo e na semeadura direta, exceto na profundidade de 0-2,5 cm.

Entretanto, segundo Cruz et al. (2003), não se refletiu diferença estatística do diâmetro médio ponderado entre o sistema de preparo plantio direto e convencional. Os tratamentos com as diferentes coberturas de inverno na safra de 2007/2008 (Tabela 4) apresentaram diferenças significativas quanto ao DMP nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm. O pousio apresentou maior DMP na profundidade de 0 a 5 cm quando comparado com as coberturas. A cobertura de azevém na profundidade de 5 a 10 cm apresentou menor DMP, enquanto as demais coberturas e pousio, não diferiram significativamente. Na profundidade de 10 a 20 cm, não foi observado diferença significativa entre as coberturas para o DMP. Sendo assim, as coberturas avaliadas não influenciaram o aumento da agregação do solo. Esse resultado divergiu de Silva et al. (1998), que as gramíneas perenes, através de seu sistema radicular, tiveram efeito positivo na agregação e na estabilidade dos agregados do solo. No entanto, algumas gramíneas, de acordo com Kanno et al. (2004) indicam que quando introduzidas na área após a cultura da soja apresentam maior capacidade de produção de biomassa do sistema radicular em relação a soja, justificando a influência positiva na agregação do solo.

Os valores de correlação entre as variáveis físicas do solo e ocorrência de *Fusarium* spp. na raiz e solo são mostrados na Tabela 5. O solo revolvido apresentou maior taxa de absorção de água no solo em ambas as safras estudadas e aumento na incidência da PVR na raiz de 12,6% e 7,2% nas safras 2006/07 e 2007/08, respectivamente, sem diferença significativa (Tabela 1). A correlação de Pearson entre *Fusarium* spp. na raiz e a taxa de

infiltração foi de 0,50 ($p < 0,005$) na safra 2006/07. Verificou-se uma correlação positiva em que com maior taxa de infiltração ocorreu maior incidência de *Fusarium* spp. na raiz (Tabela 5). Na safra 2007/2008 observou-se uma correlação negativa entre a produtividade e a resistência a penetração. Isso demonstra que a resistência a penetração influenciou na redução da produtividade de grãos da soja (Tabela 6). Também, verificou-se uma correlação negativa entre a incidência de *Fusarium* spp. na raiz e a resistência do solo a penetração. Assim, a resistência a penetração influenciou na redução de *Fusarium* spp. na raiz. De acordo Beutler et al. (2006) o valor de resistência à penetração a partir do qual ocorre redução da produtividade varia entre cultivares. Avaliando um solo Latossolo vermelho, a produtividade de soja decresceu a partir de valores de resistência do solo à penetração de 2,24 a 2,97 MPa. As demais características físicas do solo avaliadas não apresentaram correlações significativas com a ocorrência de *Fusarium* spp. nas raízes.

4.6 CONCLUSÕES

1. Os preparos do solo e as coberturas de inverno, não influenciaram significativamente para a redução do fungo *Fusarium* spp. no sistema radicular da soja.
2. O sistema de plantio direto aumenta a resistência do solo a penetração no segundo ano de preparo quando comparado ao solo revolvido.
3. O preparo do solo revolvido favorece maior taxa de infiltração de água no solo que o sistema de plantio direto.
4. O sistema de plantio direto aumenta o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados do solo nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm, no segundo ano de preparo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p.717-723, 2001.
- ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, A. A.; GODOY, C. V.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M. C. Doenças da soja (*Glycine max*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. p. 569-588.
- ALMEIDA, A. M. R.; SARAIVA, O. F.; FARIAS, J. R. B.; GAUDENCIO, C. A.; TORRES, E. Survival of pathogens on soybean debris under no-tillage and conventional tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 10, p. 1231-1238, 2001.
- ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L.P.; YORINORI, J.T.; SILVA, J.F.V., HENNING, A. A. Doenças da soja. In: L. KIMATI, H.; AMORIM, A. BERGAMIN FILHO, L. E. A. CAMARGO, J. A. M. **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. cap. 61, p. 642-664.
- AOKI, T.; O'DONNELL, K.; SCANDIANI, M. M. Sudden death syndrome of soybean in South America is caused by four species of *Fusarium*: *Fusarium brasiliensis* sp. nov., *F. cuneirostrum* sp. nov., *F. tucumaniae*, and *F. virguliforme*. **Mycoscience**, Tokyo, v. 46, p. 162-183, 2005.
- ARRUDA, G. T.; MILLER, R. N. G.; FERREIRA, M. A. S. V.; CAFÉ-FILHO, A. C. Morphological and molecular characterization of the sudden death syndrome pathogen of soybean in Brazil. **Plant Pathology**, Oxford, v. 54, p. 53-65, 2005.
- BALBUENA, R. H.; ARAGON, A.; MAC DONAGH, P. M.; CLAVERIE, J. A.; TERMINIELLO, A. M. Evaluación de 3 sistemas de labranza en un suelo argiudol típico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., 1996, Bauru. **Anais...** Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. 1 CDROM.
- BAPTISTA, M. J.; REIS JUNIOR, F. B. dos; XAVIER, G. R.; ALCÂNTARA, C. de; OLIVEIRA, A. R. de; SOUZA, R. B.; LOPES, C. A. Eficiência da solarização e fiofumigação do solo no controle da murcha-bacteriana do tomateiro no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 933-938, 2007.
- BAIRD, R. E.; MULLINIX, B. G.; PEERY, A. B.; LANG, M. L. Diversity and longevity of the soybean debris mycobiota in a no-tillage system. **Plant Disease**, St. Paul, v. 81, n. 5, p. 530-534, 1997.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 105-112, 1997.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas a do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 28, p.155-163, 2004.

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, jul./set. 2001

BERTOL, I.; COGO, N. P.; MIQUELLUTI, D. J. Sedimentos transportados pela enxurrada relacionados à cobertura e rugosidade superficial do solo e taxa de descarga. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 3, p. 199-206, 1997.

BEUTLER, N. A.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; SILVA, A. P. Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em latossolo vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, SP, v.30, p.787-794, 2006

BLAKE, G. R.; HARTAGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2nd. ed. Madison: American Society of Agronomy. Pt. 1: Physical and mineralogical methods, Agronomy, v. 9, p. 364-367, 1986.

BUSSCHER, W. J.; BAUER, P. J.; CAMP, C.R.; SOJKA, R.E. Correction of cone index for water content differences in a coastal plain soil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.43, n.2, p.205-217, 1997.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Degaspar, 1997.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. 1 CDROM.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 22, p. 527-538, 1998.

CRUZ, A. C. R.; PAULETTO, E. A.; FLORES, C. A.; SILVA, J. B. Atributos físicos e carbono orgânico de um argissolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 27, p. 1105-1112, 2003.

DA ROS, C. O.; SECCO, D.; FIORIN, J. E.; PETRERE, C.; CADORE, M. A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma de estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 21, 241-247, 1997.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de soja** – região central do Brasil - 2007. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 199 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 11).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, SNLCS, np. 1979.

- FENILE, R. C.; SOUSA, N. L. de. Efeitos de materiais orgânicos e da umidade do solo na patogenicidade de *Rhizoctonia solani* Kuhn GA-4 HGI ao feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, p. 1959-1967, 1999.
- FORSYTHE, W. **Física de solos**: manual de laboratório, San José: IICA, 212p. 1985.
- FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 459- 467, 2000.
- FRONZA, D.; AMADO, T. J. C.; KRAMPE, R. Efeito imediato do preparo do solo na cobertura, rugosidade superficial e infiltração de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p. 2904-2915.
- GABRIEL FILHO, A.; STROHHAecker, L.; FEY, E. Profundidade e espaçamento da mandioca no plantio direto na palha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 461-467, 2003.
- KANNO, T.; MACEDO, M.C.M.; NAKAMURA, T.; YOSHIMURA, Y.; FUKUDA, E.; KANDA, K.; NAKANISHI, N.; SAITO, M.; ANDO, Y. **Grassland management technology for sustainable Agro-Pastoral systems in subtropical zone of Brazil**. Japan: Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 2004. p.5-13. Jircas Working Report, n. 36.
- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK C. A. (Ed.). **Methods of Soil Analysis**, [S.l.]: ASA, 1965. v. 9, p. 499-510.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia** – relações solo-planta. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- KMETZ, K. T.; ELLET, C. E.; SCHMITTHENER, A. F. Soybean seed decay: sources of inoculum and nature of infection. **Phytopathology**, St. Paul, v. 69, n. 7, p. 798-801, 1979.
- LEÃO, T. P.; SILVA, A. P.; MACEDO, M. C. M.; IMOFF, S.; EUCLIDES, V. P. B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 28, p. 415-423, 2004.
- MADARI, B. E. Procedimento para uma estimativa compartimentada do sequestro de Carbono no solo. In: **Materia Orgânica do Solo – Comunicado Técnico**, nº 22, 2004.
- NASH, S. M.; SNYDER, W. C. Quantitative estimates by plate counts of propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soil. **Phytopathology**, St. Paul, v. 52, p. 567-572, 1962.
- PEDROTTI, A.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 28, p. 477- 484, 2004.
- RESSIA, J.; MENDIVIL, G.; BALBUENA, R.; CHIDICHIMO, H. Propriedades físicas del suelo y biomasa de maíz en función de diferentes sistemas de labranza. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997. 1 CDROM.

SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno.** 48 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Guarapuava, 2012.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; SPERA, S. T. Rendimento de grãos de soja em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 21-29, 2006.

SCHERM, H.; YANG, X. B.; LUNDEEN, P. Relationship of soil factors to severity of sudden death syndrome of soybean in Iowa. **Phytopathology**, St. Paul, v. 86, p. 84, 1996.

SILVA, F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, SP, v.22, p.311-317, 1998.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. **Geoderma**, Amsterdam, v. 114, no. 3/4, p. 143-144, 2003.

TOLEDO-SOUZA, E. D.; SILVEIRA, P. M. da; LOBO JUNIOR, M.; CAFÉ FILHO, A. C. Sistemas de cultivo, sucessões de culturas, densidade do solo e sobrevivência de patógenos de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 8, p. 971-978, 2008.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, S. A. C.; GONÇALVES, C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 795-801, out./dez. 2002.

TABELAS

Tabela 1 – Resistência do solo à penetração (RP), taxa de infiltração, número de propágulos de *Fusarium* spp. no solo e incidência na raiz nos tratamentos com e sem revolvimento do solo nas safras 2006/07 e 2007/08⁽¹⁾

Preparo do solo ⁽²⁾	RP (MPa)		Taxa de infiltração (mm h ⁻¹)		<i>Fusarium</i> spp			
	2006/7	2007/08	2006/07	2007/08	n. colônias/g de solo		incidência na raiz (%)	
					2006/07	2007/08	2006/07	2007/08
Solo revolvido	0,809 a	1,609 b	1369,6 a	1204,5 a	43,2 a	34,6 a	52,11 a	83,75 a
Sistema Plantio Direto	0,864 a	1,844 a	959,1 b	1042,1 b	34,0 b	28,6 a	39,52 a	76,53 a
F ⁽³⁾	1,91 ^{ns}	28,17 [*]	55,08 [*]	21,97 [*]	68,56 [*]	0,72 ^{ns}	9,59 ^{ns}	1,23 ^{ns}
CV (%)	13,09	7,03	13,01	8,41	7,86	61,96	24,3	31,42

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. ⁽²⁾Cultivo em plantio direto, sem revolvimento e solo com preparo até 20 cm. ⁽³⁾*, ** e ^{ns}: significativo ao nível de 5 e 1 % de significância e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Tabela 2 – Resistência a penetração e taxa de infiltração, submetidos a pousio e diferentes coberturas de inverno nas safras 2006/07 e 2007/08⁽¹⁾

Cobertura de inverno ⁽²⁾	RP (MPa)		Taxa de infiltração (mm h ⁻¹)	
	2006/07	2007/08	2006/07	2007/08
Pousio	1,00 a	1,68 a	956,3 a	1040,2 a
Aveia Preta 40	0,82 a	1,71 a	1449,0 a	940,0 a
Aveia Preta 80	0,83 a	1,81 a	1264,0 a	940,8 a
Aveia Preta + Ervilhaca	0,78 a	1,76 a	1011,5 a	1450,9 a
Azevém	0,74 a	1,65 a	1141,0 a	1220,6 a
F ⁽³⁾	2,44 ^{ns}	1,47 ^{ns}	1,64 ^{ns}	0,88 ^{ns}
CV (%)	18,91	7,49	32,59	51,3

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. ⁽²⁾Aveia preta 40: 40 kg ha⁻¹ de sementes; Aveia preta 80: 80 kg ha⁻¹ de sementes e adição de 20 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia; Aveia preta + ervilhaca: 50 kg ha⁻¹ de sementes para cada espécie e, Azevém: 60 kg ha⁻¹ de sementes. ⁽³⁾*, ** e ^{ns}: significativo ao nível de 5 e 1 % de significância e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Tabela 3 – Densidade do solo e estabilidade de agregados (DMP = diâmetro médio ponderado e massa seca) nos tratamentos com e sem revolvimento do solo na safra 2007/08⁽¹⁾

Preparo do Solo	DS (kg dm ⁻³)			DMP (mm)		
	0 – 5 cm	5 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 5 cm	5 – 10 cm	10 – 20 cm
Solo revolvido	1,14 a	1,22 a	1,21 a	11,96 b	12,10 b	11,70 a
Sistema Plantio Direto	1,16 a	1,25 a	1,21 a	12,96 a	12,65 a	12,06 a
F ⁽²⁾	0,38 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,00 ^{ns}	534,18**	40,79*	0,82 ^{ns}
CV (%)	8,40	9,10	11,02	0,94	1,89	7,82

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%; ⁽²⁾*, ** e ^{ns}: significativo ao nível de 5 e 1 % de significância e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Tabela 4 – Densidade do solo e diâmetro médio ponderado (DMP) submetido a pousio e diferentes coberturas de inverno na safra 2007/08⁽¹⁾

Cobertura de inverno ⁽²⁾	DS (kg dm ⁻³)			DMP (mm)		
	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm
Pousio	1,16 a	1,24 a	1,17 a	12,87 a	12,72 a	11,60 a
Aveia Preta 40	1,14 a	1,21 a	1,20 a	12,44 b	12,51 ab	12,07 a
Aveia Preta 80	1,16 a	1,26 a	1,24 a	12,01 c	12,35 abc	11,42 a
Aveia Preta + Ervilhaca	1,12 a	1,22 a	1,26 a	12,43 b	12,25 ab	11,89 a
Azevém	1,18 a	1,24 a	1,19 a	12,54 b	12,05 c	12,54 a
F ⁽³⁾	0,57 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,62 ^{ns}	24,96**	8,11**	1,51 ^{ns}
CV (%)	7,13	6,20	9,77	1,21	1,77	7,31

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. ⁽²⁾Aveia preta 40: 40 kg ha⁻¹ de sementes; Aveia preta 80: 80 kg ha⁻¹ de sementes e adição de 20 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia; Aveia preta + Ervilhaca: 50 kg ha⁻¹ de sementes para cada espécie e, Azevém, 60 kg ha⁻¹ de sementes. ⁽³⁾*, ** e ^{ns}: significativo ao nível de 5 e 1 % de significância e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Tabela 5 – Correlação de Pearson entre as variáveis estudadas na safra 2006/07⁽¹⁾

	PROD	FUSR	FUSS	INF	RESPEN
PROD	1	-0,05 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,22 ^{ns}
FUSR		1	0,04 ^{ns}	0,50 ^{**}	-0,14 ^{ns}
FUSS			1	-0,04 ^{ns}	0,35 ^{ns}
INF				1	0,05 ^{ns}
RESPEN					1

⁽¹⁾^{ns}, * e **: não significativo, significativo ao nível de 5 e 1 % de significância, respectivamente, pelo teste t.

PROD: produtividade; FUSR: incidência de *Fusarium* spp. na raiz; FUSS: incidência de *Fusarium* spp. no solo; INF: taxa de infiltração; RESPEN: resistência a penetração.

Tabela 6 – Correlação de Pearson entre as variáveis estudadas na safra 2007/08⁽¹⁾

	FUSR	FUSS	DS	INF	RESPEN	DMP 0-5	DMP 5-10	DMP 10-20
PROD	0,12 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,50 **	-0,07 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,27 ^{ns}
FUSR		0,23 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,36 *	-0,25 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
FUSS			0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,01 ^{ns}
DS				-0,02 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
INF					-0,01 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}
RESPEN						0,35 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,08 ^{ns}
DMP 05							0,52 **	0,27 ^{ns}
DMP 510								-0,06 ^{ns}

⁽¹⁾ns, * e **: não significativo, significativo ao nível de 5 e 1 % de significância, respectivamente, pelo teste t. PROD: produtividade; FUSR: incidência de *Fusarium* spp. na raiz; FUSS: incidência de *Fusarium* spp. no solo; DS: densidade do solo; INF: taxa de infiltração; RESPEN: resistência a penetração; DMP 05: diâmetro médio ponderado de 0 a 5 cm; DMP 510: diâmetro médio ponderado de 5 a 10 cm; DMP 1020: diâmetro médio ponderado de 10 a 20 cm.

FIGURA

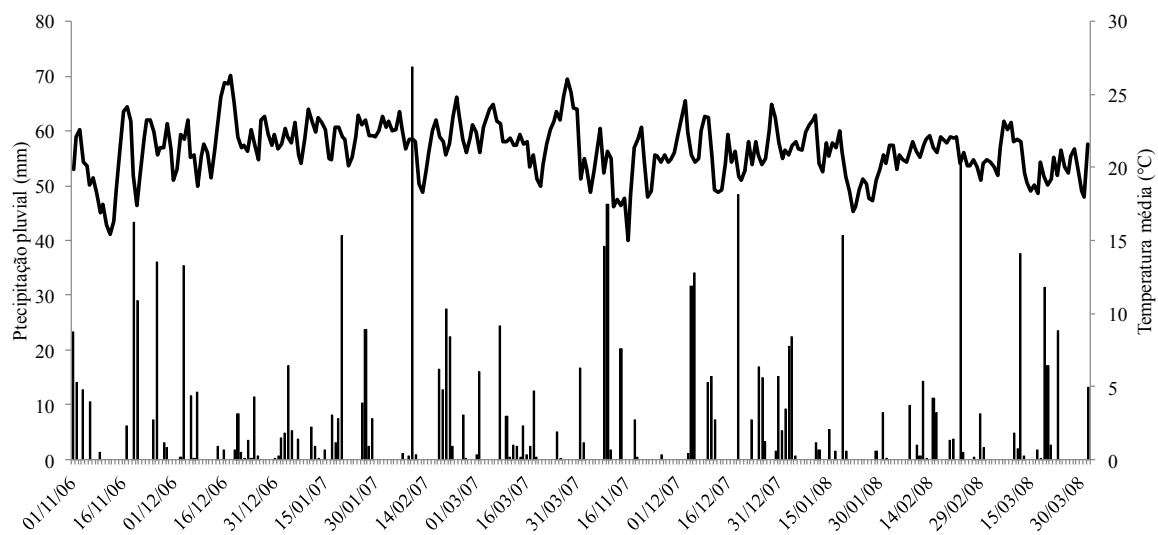


Figura 1 – Precipitação pluvial (mm) (colunas) e temperatura (°C) média do ar (linha) entre 01/11/2006 a 31/03/2007 e 01/11/2007 a 30/03/2008 em Ponta Grossa, PR (FUNDAÇÃO ABC, 2012).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura da soja é a principal planta cultivada pelos agricultores no verão do Brasil, sendo importante para a geração de empregos, sustentabilidade financeira do produtor rural e impacto em outros segmentos do comércio através da sua lucratividade. Dentre as doenças importantes para a soja, destaca-se a Fusariose (*Fusarium* spp.), devido o seu crescente aumento, sobretudo a dificuldade de controle. O avanço no entendimento da relação entre os sistemas de preparo e cobertura do solo com as propriedades físicas do solo, será fundamental para o controle das doenças de solo e restos culturais. Para que o entendimento da medida de controle de *Fusarium* spp. e de outras doenças de solo seja encontrada sendo economicamente viável e segura, novas pesquisas deverão ser direcionadas para:

- Avaliação de *Fusarium* spp. e atributos do solo em cultivo de soja sob sistemas de preparo e coberturas do solo, durante período superior a 5 anos.
- Investigação da correlação entre as condições climáticas e sistemas de cultivo com a incidência da doença e seu controle.
- Estudo do dano econômico ocasionado pelo *Fusarium* spp. em cultivar suscetível de soja.
- Avaliação da ação de *Trichoderma* spp. sobre a incidência de *Fusarium* spp.
- Realização de pesquisa aplicada considerando a transdisciplinaridade para a compreensão das doenças de solo e encontrar possíveis controles.
- Em sistemas integrados, ampliar os estudos de doenças de solo considerando as propriedades físicas do solo, sistemas de cultivo e integração lavoura pecuária.

ANEXOS

ANEXO A – Análise de Variância do Capítulo 1, Safra 2006/07.

Tabela 1 – Tabela de Análise de Variância de *Fusarium* spp., produtividade e massa de mil grãos expressando o valor de F

FV	GL	<i>Fusarium</i> spp.			Produtividade	Massa de mil grãos
		Solo	Raiz	Folha		
Repetição	2	12,17	2,85	0,61	0,42	10,72
Preparo do solo	1	68,55	9,58	1,02	0,01	0,81
CV %		7,86	34,36	224,63	24,14	3,83
Cobertura	4	57,11	1,23	1,98	3,27	0,31
Preparo x cobertura	4	115,04	0,06	1,00	1,76	2,07
CV %		11,32	37,11	72,93	8,22	5,11
Variedade	1		12,04	5,23	0,09	1115,90
Preparo x variedade	1		3,84	3,91	0,88	1,39
Cobertura x variedade	4		1,02	0,31	0,27	3,03
Preparo x cobertura	4		0,53	0,60	0,40	1,76
CV %			28,73	57,83	9,12	4,30

ANEXO B – Análise de Variância do Capítulo 1, Safra 2007/08.

Tabela 1 – Tabela de Análise de Variância de Produtividade e Massa de mil grãos expressando o valor de F

FV	GL	Produtividade	Massa de mil grãos
Repetição	2	0,68	0,40
Preparo do solo	1	63,94	0,16
CV %		1,84	8,77
Cobertura	4	1,76	1,98
Preparo x cobertura	4	1,10	0,65
CV %		7,41	2,92
Variedade	1	2,09	3941,82
Preparo x variedade	1	0,02	2,26
Cobertura x variedade	4	1,14	3,45
Preparo x cobertura	4	0,99	0,93
CV %		6,38	2,75

Tabela 2 – Tabela de Análise de Variância de Fusarium spp. expressando o valor de F

FV	GL	<i>Fusarium spp.</i>		
		Solo	Raiz	Folha
Repetição	2	3,16	0,51	0,39
Preparo do solo	1	0,72	1,23	0,88
CV %		61,96	31,42	274,9
Cobertura	4	1,62	0,34	2,55
Preparo x cobertura	4	2,23	2,09	2,43
CV %		40,56	14,66	61,99
Variedade	1		2,55	5,87
Preparo x variedade	1		3,24	3,43
Cobertura x variedade	4		0,35	0,11
Preparo x cobertura	4		0,31	0,21
CV %			14,95	83,82

Tabela 3 – Tabela de Análise de Variância de Podridão vermelha da raiz (PVR) na vagem e semente, expressando o valor de F

FV	GL	Sem sintoma de PVR		Com sintoma de PVR	
		Vagem	Semente	Vagem	Semente
Repetição	2	0,97	0,39	3,54	2,13
Preparo do solo	1	0,16	0,40	0,02	0,15
CV %		13,84	10,66	16,91	17,32
Cobertura	4	0,89	0,69	2,35	2,87
Preparo x cobertura	4	0,20	0,34	1,87	2,06
CV %		11,11	13,18	13,35	11,74
Variedade	1	207,38	167,17	86,75	239,35
Preparo x variedade	1	0,35	0,26	1,15	2,77
Cobertura x variedade	4	0,26	0,40	1,84	2,91
Preparo x cobertura	4	1,87	0,47	0,72	0,71
CV %		7,72	13,10	11,59	10,63

ANEXO C – Análise de Variância do Capítulo 2, Safra 2006/07.

Tabela 1 – Tabela de Análise de Variância de *Fusarium* spp., produtividade e massa de mil grãos expressando o valor de F

FV	GL	<i>Fusarium</i> spp. no solo		Produtividade	Peso mil sementes
		Solo	Raiz		
Repetição	2	12,17	2,85	0,42	10,72
Preparo do solo	1	68,55	9,58	0,01	0,81
CV %		7,86	34,36	24,14	3,83
Cobertura	4	57,11	1,23	3,27	0,31
Preparo x cobertura	4	115,04	0,06	1,76	2,07
CV %		11,32	37,11	8,22	5,11
Variedade	1		12,04	0,09	1115,90
Preparo x variedade	1		3,84	0,88	1,39
Cobertura x variedade	4		1,02	0,26	3,03
Preparo x cobertura	4		0,53	0,40	1,76
CV %			28,73	9,12	4,30

Tabela 2 – Tabela de Análise de Variância da Taxa de infiltração e Resistência a penetração (RP) expressando o valor de F.

FV	GL	Tx. infiltração	RP
Repetição	2	3,90	2,68
Preparo do solo	1	55,08	1,91
CV %		13,01	13,09
Cobertura	4	1,64	2,44
Preparo x cobertura	4	0,35	3,09
CV %		32,59	18,91

ANEXO D – Análise de Variância do Capítulo 2, Safra 2007/08.

Tabela 1 – Tabela de Análise de Variância do Diâmetro médio ponderado (DMP) expressando o valor de F

FV	GL	DMP 0 a 5 cm	DMP 5 a 10 cm	DMP 10 a 20 cm
Repetição	2	6,23	0,10	0,97
Preparo do solo	1	534,18	40,79	0,82
CV %		0,94	1,89	7,82
Cobertura	4	24,96	8,11	1,51
Preparo x cobertura	4	32,90	7,97	1,83
CV %		1,21	1,77	7,31

Tabela 2 – Tabela de Análise de Variância da Densidade do solo (Ds) expressando o valor de F

FV	GL	Ds 0 a 5 cm	Ds 5 a 10 cm	Ds 10 a 20 cm
Repetição	2	3,35	0,38	0,57
Preparo do solo	1	0,38	0,30	0,01
CV %		8,40	9,10	11,02
Cobertura	4	0,57	0,31	0,62
Preparo x cobertura	4	1,54	0,51	1,46
CV %		7,13	6,20	9,77

Tabela 3 – Tabela de Análise de Variância da Taxa de infiltração e Resistência a penetração (RP) expressando o valor de F

FV	GL	Tx. infiltração	Resistência a penetração
Repetição	2	43,26	2,74
Preparo do solo	1	21,96	28,16
CV %		8,41	7,03
Cobertura	4	0,87	1,46
Preparo x cobertura	4	0,28	0,38
CV %		51,30	7,49

Tabela 4 – Tabela de Análise de Variância de *Fusarium* spp. expressando o valor de F

FV	GL	<i>Fusarium</i> spp.	
		Solo	Raiz
Repetição	2	3,16	0,51
Preparo do solo	1	0,72	1,23
CV %		61,96	31,42
Cobertura	4	1,62	0,34
Preparo x cobertura	4	2,23	2,09
CV %		40,56	14,66
Variedade	1		2,55
Preparo x variedade	1		3,24
Cobertura x variedade	4		0,35
Preparo x cobertura	4		0,31
CV %			14,95

ANEXO E – Meio de Nash & Snider específico para isolamento de *Fusarium solani*.

Preparo do Meio de cultura:

Peptona	15,0 g
KH ₂ PO ₄	1,0 g
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.5 g
Agar bacteriológico	15.0 g
Água destilada q.s.p	1000 ml

Após autoclavar o meio, e estando com aproximadamente 60°C, adicionar:

PCNB (Quintozene)	1,0 g
Streptomicina	0,15 g
Oxgall	0,5 g
Clorotetraciclina	0,05 g

Preparo do solo:

- Secar ao ar, moer bem e peneirar (0,45 mm).
- Diluir o solo em 1:150 (1g de solo: 150 ml H₂O dest. esterelizada)
- Colocar 200 µl dessa mistura sobre o meio das placas.
- Incubar a 25° C por 5 a 7 dias com 12:12 h de luz.
- Contar o número de colônias.

ANEXO F – Vista parcial da área experimental (imagem superior) e durante a avaliação da incidência de *Fusarium* spp. na raiz e folha (imagem inferior).



ANEXO G – Vista parcial da parcela experimental da cultivar FT Fênix e CD 206 (imagem superior) e cultivares apresentando sanidade foliar e sintomas de *Fusarium* spp. (imagem inferior).



ANEXO H – Avaliação do sistema radicular da soja, plantas com e sem sintomas de *Fusarium* spp. (a e b, respectivamente), avaliação de vagens sem e com sintomas de *Fusarium* spp. (c) e sintomas da doença em folha (d).



ANEXO I – Avaliação das propriedades físicas do solo, estrutura dos agregados (a e b, no campo e laboratório, respectivamente), resistência do solo a penetração (c) e densidade do solo (d).

