

Eliane Divina de Tolêdo Souza  
Engenheira Agrônoma

**Influência de sistemas de cultivo e de sucessões de culturas em patógenos de solo do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.).**

Brasília - DF

Maio – 2006

Universidade de Brasília  
Departamento de Biologia  
Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia

Eliane Divina de Toledo-Souza

**Influência de sistemas de cultivo e de sucessões de culturas em patógenos de solo do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.).**

Orientador: Professor Adalberto C. Café Filho.

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fitopatologia do Departamento de Biologia da Universidade de Brasília, para obtenção do Grau de Doutor em Fitopatologia.

Brasília - DF

Maio – 2006

ELIANE DIVINA DE TOLÊDO-SOUZA

**Influência de sistemas de cultivo e de sucessões de culturas em patógenos de solo do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.).**

Tese aprovada para obtenção do grau de Doutor em Fitopatologia,  
Departamento de Fitopatologia, Universidade de Brasília.

Membros da banca:

---

Prof. Adalberto C. Café Filho  
Orientador

---

Dr. Murillo Lobo Júnior

---

Prof. Luiz Eduardo Bassay Blum

---

Dr. Jefferson Luís da Silva Costa

---

Dr. Carlos Alberto Lopes

Ofereço

a mamãe (Divina) e ao papai  
(Dorival) que me deram raízes e asas.

Dedico

a *Ana Carolina* e ao *Felipe* que me  
mostram o grande sentido da vida.

## AGRADEÇO

À Universidade de Brasília pela oportunidade do curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Ensino Superior (CAPES/MEC) pela bolsa de estudo imprescindível a realização do curso.

Ao coordenador do curso de pós-graduação Prof. Dr. Cláudio Lúcio Costa e a Embrapa Arroz e Feijão na pessoa do chefe Dr. Pedro Antônio Arraes Pereira que celebrando um contrato de parceria viabilizaram a execução desse trabalho.

A Sílvia que orou para que isso se concretizasse.

Ao Prof. Adalberto C. Café Filho pela disponibilidade e orientação, quem, apesar da distância se fez sempre presente.

Ao Dr. Murillo Lobo Júnior pelas sugestões para o andamento do trabalho.

Ao Dr. Pedro Marques da Silveira que colaborou muito para viabilizar o trabalho.

A Dra. Anna Cristina Lanna pela amizade.

Ao Dr. Leonardo Cunha Melo pelas contribuições nas análises estatísticas.

A Cecília Peixoto e Antonio Braz pelo convívio amigo.

Ao técnico de laboratório José Gomes que auxiliou muito nos trabalhos de laboratório e casa-de-vegetação.

Ao auxiliar de campo Afonso que com sua pronta disponibilidade e bom humor tornou ameno trabalho árduo.

Aos colegas do curso Renata, João Vicente, Denise Dornelo, e principalmente à Gesimária pela amizade de longa data e de longas distâncias.

Aos meus pais Divina e Dorival porque sempre foram meu porto seguro.

Aos meus irmãos Elenízia, Eloízia, Maria do Socorro e Erival porque sou a última e muito amada irmã; a meus cunhados Bruno, Rubson, Vanderlei e Celmita porque são muito especiais e vieram contribuir para o crescimento da nossa abençoada família; aos meus sobrinhos Alison, Augusto, Maria Eugênia, Débora, Humberto, Rubson Filho, Dorival Neto, Maria Luísa, Luís Fernando, Bárbara e Maria Vitória que trouxeram, um a um, novas alegria e esperança.

A minha colaboradora e sogra Ana pelo apoio imprescindível, a qual realizou muitas vezes tarefas que eram minhas.

Ao Eduardo co-autor, junto comigo, das duas maiores obras da minha vida.

De forma muito especial a Ana Carolina e Felipe aos quais dedico meu amor incondicional e irrestrito de mãe.

E acima de tudo ao autor da vida, Ele que é: onipotente, onipresente e onisciente e que tornou possível todas essas coisas. A Ele a honra e a glória.

## SUMÁRIO

	Página
Lista das figuras.....	IX
Lista das tabelas.....	XI
Lista de anexos.....	XIII
Influência de sistemas de cultivo e de sucessões de culturas em patógenos de solo do feijoeiro-comum ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	16
INTRODUÇÃO.....	18
Patógenos de solo do feijoeiro.....	18
Sistema de plantio direto <i>versus</i> plantio convencional.....	20
Culturas utilizadas para produção de resíduos.....	23
Indicadores da qualidade do solo.....	25
MATERIAL E MÉTODOS.....	27
Culturas antecedentes.....	27
Semeadura do feijão.....	28
Delineamento experimental.....	28
Variáveis analisadas.....	29
RESULTADOS.....	33
Massa da matéria seca das culturas antecedentes.....	33
Densidade do solo.....	33
Atividade enzimática total do solo.....	33
Produtividade do feijoeiro.....	34
Fertilidade do solo.....	34

Estimativa da população de <i>Fusarium</i> spp. no solo.....	40
Estimativa da população de <i>Rhizoctonia solani</i> no solo.....	44
Porcentage de tombamento do feijoeiro.....	49
Severidade de podridão radicular.....	53
Incidencia de murcha-de-fusário.....	61
DISCUSSÃO.....	69
Populações de patógenos.....	69
Tombamento do feijoeiro.....	70
Podridão radicular.....	71
Murcha-de-fusário.....	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

## Lista de figuras

Figura	Título	Página
1	Propágulos de <i>Fusarium</i> spp. por grama de solo cultivado com feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessão a gramíneas e leguminosas nas safras 2003 (A), 2004 (B) e 2005(C).	42
2	Propágulos de <i>Fusarium</i> spp. por grama de solo cultivado com feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessão com gramíneas e leguminosas, no sistema de plantio direto e convencional nas safras 2003, 2004 e 2005.	43
3	Porcentagem do resíduo orgânico colonizado por <i>Rhizoctonia solani</i> em solo cultivado com feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessões com gramíneas e leguminosas nas safras 2003 (A), 2004 (B) e 2005(C).	46
4	Porcentagem do resíduo orgânico colonizado por <i>Rhizoctonia solani</i> em solo cultivado com feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) precedido por gramíneas e leguminosas, no sistema de plantio direto e convencional nas safras 2003, 2004 e 2005.	48
5	Porcentagem de tombamento do feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessão com gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio na safra 2005.	51
6	Porcentagem de tombamento do feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessão com gramíneas e leguminosas, em dois sistema de plantio nas safras 2003, 2004 e 2005.	52
7	Severidade de podridão radicular incitada por <i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> no feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessão com gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio nas safras 2003 (A) e 2005 (B).	54

Figura	Título	Página
8	Severidade de podridão radicular incitada por <i>Rhizoctonia solani</i> no feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessão com gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio, nas safras 2003 (A) e 2004(B).	56
9	Severidade de podridão radicular, incitada por <i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> e por <i>Rhizoctonia solani</i> , do feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessão com gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio, na safra 2004.	57
10	Severidades de podridão radicular, incitada por <i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , do feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ). Valores médios por cultura antecedente em dois sistemas de plantio nas safras 2003 e 2005.	59
11	Severidades de podridão radicular, incitada por <i>Rhizoctonia solani</i> , do feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessão com gramíneas e leguminosas no plantio direto e convencional, nas safras 2003 e 2005.	60
12	Incidência de murcha-de-fusário do feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessão a gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio, nas safras 2003, 2004 e 2005.	61
13	Incidência de murcha-de-fusário do feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessão a gramíneas e leguminosas. Valores médios por cultura antecedente em dois sistemas de cultivos, nas safras 2003 (A), 2004 (B) e 2005 (C).	63
14	Incidência média de murcha-de-fusário do feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessão com gramíneas e leguminosas no sistema de plantio direto e convencional nas safras 2003, 2004 e 2005.	65

## Lista de tabelas

Tabela	Título	página
1	Massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro, atividade enzimática total e densidade do solo e produtividade do feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em sucessão com gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio.	35
2	Atividade enzimática total densidade do solo e produtividade do feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) em dois sistemas de plantio.	36
3	Potencial de hidrogênio (pH), cálcio (Ca), potássio (K), fósforo (P) e matéria orgânica (M.O.)no solo cultivado com algumas culturas na safra 2004 e 2005.	38
4	Porcentagem do tombamento do feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) precedido por diferentes culturas em dois sistemas de plantio na safra 2003 e 2004.	50
5	Plaqueamento, em meio de cultivo ágar-água, de raízes de feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ), com sintomas de podridão radicular, em sucessão com gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio na safra 2004.	58
6	Coefficientes de correlação de Pearson entre massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro (MMS, kg/ha), tombamento do feijoeiro (TF, %), podridão radicular de <i>Fusarium</i> no feijoeiro (PRF, severidade), podridão radicular de <i>Rhizoctonia</i> no feijoeiro (PRR, severidade), estimativa da população de <i>Rhizoctonia solani</i> no solo (Pop. R, % do resíduo orgânico colonizado), estimativa da população de <i>Fusarium</i> spp, no solo (Pop. F, n° de propágulos por grama de solo), incidência murcha-de-fusário do feijoeiro (MF, %), produtividade do feijoeiro (PF, kg/ha) e densidade do solo (DS, g/cm <sup>3</sup> ), na safra 2003.	66

Tabela	Título	página
7	Coeficientes de correlação de Pearson entre massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro (MMS, kg/ha), tombamento do feijoeiro (TF, %), podridão radicular de <i>Fusarium</i> e <i>Rhizoctonia</i> no feijoeiro (PR, severidade), atividade enzimática total (AET, µg de FDA hidrolisado/ g de solo seco/mim), estimativa da população de <i>Rhizoctonia solani</i> no solo (Pop. R, % do resíduo orgânico colonizado), estimativa da população de <i>Fusarium</i> spp, no solo (Pop. F, nº de propágulos/g de solo), incidência de murcha-de-fusário do feijoeiro (MF, %), produtividade do feijoeiro (PF, kg/ha) e densidade do solo (DS, g/cm <sup>3</sup> ), potencial de hidrogênio do solo (pH), cálcio do solo (Ca, cmol/dm <sup>3</sup> ), fósforo do solo (P, ppm), potássio do solo (K, ppm) e matéria orgânica do solo (MO gl/dm <sup>3</sup> ) na safra 2004.	67
8	Coeficientes de correlação de Pearson entre massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro (MMS, kg/ha), tombamento do feijoeiro (TF, %), podridão radicular de <i>Fusarium</i> no feijoeiro (PRF, severidade), podridão radicular de <i>Rhizoctonia</i> no feijoeiro (PRR, severidade), atividade enzimática total (AET, µg de FDA hidrolisado/ g de solo seco/mim), estimativa da população de <i>Rhizoctonia solani</i> no solo (Pop. R, % do resíduo orgânico colonizado), estimativa da população de <i>Fusarium</i> spp, no solo (Pop. F, nº de propágulos/g de solo), incidência de murcha-de-fusário do feijoeiro (MF, %), produtividade do feijoeiro (PF, kg/ha) e densidade do solo (DS, g/cm <sup>3</sup> ), potencial de hidrogênio do solo (pH), cálcio do solo (Ca, cmol/dm <sup>3</sup> ), fósforo do solo (P, ppm), potássio do solo (K, ppm) e matéria orgânica do solo (MO gl/dm <sup>3</sup> ) na safra 2005.	68

## Lista de anexos

Anexo	Título	página
1	Esquema da análise de variância com as causas de variação e graus de liberdade.	84
2	Quadrados médios para massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro (MMS), estimativa da população de <i>Fusarium</i> spp. no solo (Pop. F), estimativa da população de <i>Rhizoctonia solani</i> no solo (Pop. R), tombamento do feijoeiro (TF), podridão radicular de <i>Fusarium</i> no feijoeiro (PRF), podridão radicular de <i>Rhizoctonia</i> no feijoeiro (PRR), murcha-de-fusário do feijoeiro (MF), densidade do solo (DS) e produtividade do feijoeiro (PF) na safra 2003.	85
3	Quadrados médios para massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro (MMS), estimativa da população de <i>Fusarium</i> spp. no solo (Pop. F), estimativa da população de <i>Rhizoctonia solani</i> no solo (Pop. R), tombamento do feijoeiro (TF), podridão radicular do feijoeiro (PR), murcha-de-fusário do feijoeiro (MF), densidade do solo (DS), produtividade do feijoeiro (PF), potencial de hidrogênio do solo (pH), cálcio do solo (Ca), fósforo do solo (P), potássio do solo (K) e matéria orgânica do solo (MO) na safra 2004.	86
4	Quadrados médios para massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro (MMS), estimativa da população de <i>Fusarium</i> spp. no solo (Pop. F), estimativa da população de <i>Rhizoctonia solani</i> no solo (Pop. R), tombamento do feijoeiro (TF), podridão radicular de <i>Fusarium</i> no feijoeiro (PRF), podridão radicular de <i>Rhizoctonia</i> no feijoeiro (PRR), murcha-de-fusário do feijoeiro (MF), densidade do solo (DS), produtividade do feijoeiro (PF), potencial de hidrogênio do solo (pH), cálcio do solo (Ca), fósforo do solo (P), potássio do solo (K) e matéria orgânica do solo (MO) na safra 2005.	87
5	Efeito da densidade de inóculo e das interações entre <i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> e de <i>Rhizoctonia solani</i> na severidade de podridão radicular do feijoeiro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	88

## RESUMO

Toledo-Souza E.D. de. **Influência de sistemas de cultivo e de sucessões de culturas em patógenos de solo do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. [Effects of cropping systems and previous crop on root rot pathogens of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) ]. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – p.14-87. Instituto de Biologia, Departamento de Fitopatologia, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2006.

Podridões radiculares do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*) causadas por *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e por *Rhizoctonia solani*, e a murcha vascular (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*) são problemas crescentes e importantes na safra irrigada de inverno no Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do cultivo prévio de algumas culturas incorporadas no plantio convencional (PC) ou não incorporadas no sistema plantio direto (PD), sobre: populações de *R. solani* e de *Fusarium* spp. no solo; tombamento de plântulas de feijoeiro; severidade de podridões radiculares; e incidência de murcha-de-fusário. As culturas antecedentes estudadas incluíram as leguminosas: guandú-anão (*Cajanus cajan*), estilosantes (*Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão), crotalária (*Crotalaria spectabilis*), e as gramíneas: milheto (*Pennisetum glaucum* cv. BN-2), sorgo granífero (*Sorghum bicolor* cv. BR 304), capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú) e milho (*Zea mays*) em consórcio com braquiária. As culturas utilizadas para sucessão foram semeadas nos verões de 2002, 2003 e 2004, e os plantios de feijoeiro cultivar BRS Valente foram realizados nos invernos subseqüentes correspondentes de 2003, 2004 e 2005, com irrigação por pivô central. Os experimentos foram em faixa no delineamento em blocos completos ao acaso com quatro repetições. De um modo geral, maiores populações de *Fusarium* spp. e *R. solani* foram encontradas no solo cultivado

no sistema PD que no preparo convencional. Os resíduos vegetais de leguminosas aumentaram, e resíduos de gramíneas diminuíram, a população de *R. solani* no solo. No sistema de plantio direto foi detectada correlação positiva entre o tombamento do feijoeiro e a massa da matéria seca das gramíneas; e correlações positivas entre o tombamento e a porcentagem do resíduo orgânico colonizado por *R. solani*. Maiores índices de murcha-de-fusário corresponderam às menores produtividades obtidas nas safras 2003 e 2004. A análise conjunta das três safras indicou que plantios prévios de braquiária e braquiária com milho foram eficientes no controle de podridões radiculares por *R. solani* e por *F. solani* f. sp. *phaseoli*. Para o controle de murcha-de-fusário além das culturas prévias com braquiária, destacou-se ainda o cultivo prévio com milho. Cultivos prévios com guandú e crotalária estiveram consistentemente associados aos maiores índices de todas as doenças estudadas. Os sistemas de cultivos não influenciaram na severidade de podridão radicular por *F. solani* f. sp. *phaseoli*, enquanto que, de modo geral, a incidência de murcha-de-fusário foi maior no sistema PD em relação ao sistema PC.

Palavras-chave: Fungos de solo, murcha-de-fusário, podridão radicular, *Fusarium solani* fs. *phaseoli*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, rotação de culturas, plantio direto, plantio convencional.

**ABSTRACT**

Toledo-Souza E.D. de. **Effects of cropping systems and previous crop on root rot pathogens of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**. [Influência de sistemas de cultivo e de sucessões de culturas em patógenos de solo do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) ]. Thesis (Doctorate in Phytopathology) – p.14-87. Instituto de Biologia, Departamento de Fitopatologia, Universidade de Brasília, Brasília, Brazil, 2006.

Common bean (*Phaseolus vulgaris*) root rots caused by *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* and *Rhizoctonia solani*, and fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*), are increasingly limiting factors to the irrigated winter crop in Brazil. The objective of this work was to evaluate the effect of previous crops in the conventional (CC) or no-till cropping systems (NT) on the: soil populations of *R. solani* and *Fusarium* spp.; bean seedling damping-off incidence; root rot severities; and the incidence of fusarium wilt. Previous crops included the following legumes: *Cajanus cajan*, *Stylosanthes guianensis* (cv. Mineirão), *Crotalaria spectabilis*, and the following grasses: *Pennisetum glaucum* (cv. BN-2, millet), *Sorghum bicolor* (cv. BR 304), *Panicum maximum* (cv. Mombaça), *Brachiaria brizantha* (cv. Marandú) and a consortium of corn (*Zea mays*) and *B. brizantha*. These crops were planted on the summer (wet) seasons of 2002, 2003 e 2004, and the bean (cv. BRS Valente) crop was planted the correspondent subsequent winters of 2003, 2004 and 2005, irrigated by central pivot. Experiments were done in a strip-plot, following a complete randomized design with four replicates. In general, soil populations of *Fusarium* spp. and *R. solani* were higher in the NT cropping system. Legume crop residue increased, and grass crop residue decreased, soil populations of *R. solani*. A positive correlation was found between bean damping-off incidence and the dry masses of grass crops in the NT cropping system; and positive correlations between damping-off incidence and the

percent of organic matter residue colonized by *R. solani*. Largest incidences of fusarium wilt corresponded to the lower grain crops in 2003 and 2004. A compound analysis of the three cropping seasons indicated that previous crops with *B. brizantha* and the *B. brizantha*-corn consortium were efficient in reducing root rots by *R. solani* and *F. solani* f. sp. *phaseoli*. For fusarium wilt control, in addition to the previous crops with *B. brizantha*, millet showed good results. Previous cropping with *C. cajan* and *C. spectabilis* were consistently associated to the largest disease indices of all diseases studied here. Cropping systems did not affect the severity of root rot by *F. solani* f. sp. *phaseoli*, while the incidence of fusarium wilt was generally higher in the NT system, compared to the CC cropping system.

Key words: soil fungi, fusarium wilt, root rot, *Fusarium solani* fs. *phaseoli*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, crop rotation, no-till cropping, conventional cropping.

## INTRODUÇÃO

### Patógenos de solo do feijoeiro

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento de baixo custo essencial na alimentação diária de mais de 300 milhões de pessoas no mundo. Nutricionistas o qualificam como um alimento quase perfeito, pelo seu alto teor de proteínas, fibras e carboidratos (Dourado Neto & Ito, 2005). O Brasil produz anualmente, mais de três milhões de toneladas de feijão e, atualmente, é o país de maior produção no mundo (FAO, 2006).

No feijoeiro comum, as doenças causadas por fungos de solo constituem um complexo etiológico caracterizado pelas podridões e murchas que causam perdas de estande e vigor das plantas, sendo responsáveis pelas maiores perdas de produtividade nas áreas irrigadas do Sudoeste e Centro-Oeste do Brasil (Cardoso, 1991). As podridões mais comumente encontradas nessas regiões são incitadas por *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. f. sp. *phaseoli* (Burkholder) (FSP) (fase anamórfica de *Nectria hematococca* Berk. & Br.) e *Rhizoctonia solani* Kühn (RS) [fase anamórfica de *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk]. Esses dois patógenos os quais ocorrem tanto isoladas como em associação.

Os sintomas característicos da podridão radicular de *Rhizoctonia* (PRR) são lesões necróticas pardo-avermelhadas, deprimidas, bem delimitadas, e alongadas no sentido do comprimento da haste, que eventualmente coalescem, localizadas abaixo do nível do solo (Sneh *et al.*, 1996). Na podridão radicular de *Fusarium* (PRF), também conhecida como podridão vermelha da raiz, as lesões não são deprimidas e nem possuem bordos bem delimitados tomando uma coloração mais clara que aquela causada por *R. solani*.

A murcha ou amarelecimento de fusário, causada por *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) f. sp. *phaseoli* Kendrick & Snyder (FOP), ocorre em praticamente todas as regiões produtoras do Brasil. Sua importância tem aumentado no Brasil Central principalmente sob pivô central, devido a cultivos de feijoeiro consecutivos na mesma área (Rava *et al.*, 1996; Paula Junior *et al.*, 2004). As perdas no rendimento são muito variáveis, podendo afetar apenas algumas plantas ou até 80% da lavoura (Sartorato & Rava, 1994). FOP é habitante do solo, introduzido em novas áreas principalmente, por meio de sementes infestadas, ou resíduos de cultura infectados ou por implementos agrícolas contaminados (Sartorato *et al.*, 1987). A doença manifesta-se por perda da turgescência, amarelecimento, seca e queda progressiva das folhas, começando pelas inferiores, podendo afetar toda a planta ou apenas parte dela. A infecção pode ocorrer no estágio de plântula; como consequência, estas não apresentam um desenvolvimento normal e, quando adultas, tornam-se raquíticas. Nas vagens, podem ocorrer lesões aquosas e contaminar as sementes externamente. Muitas vezes FOP interage com nematóides, o que dificulta o diagnóstico das doenças e o seu controle.

Segundo Pereira & Yokoyama (1999) a incidência de FOP nas sementes de feijoeiro vem aumentando nos últimos anos devido à utilização de grãos no cultivo de novas áreas. A Portaria nº 3 de 5 de Janeiro de 2004 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento estabeleceu nível de tolerância zero para algumas Pragas Não Quarentenárias Regulamentadas (PNQR), dentre elas FOP e FSP. A implantação dos padrões sanitários de sementes estabelecidos, bem como as ações dos órgãos fiscalizadores, obedece a um cronograma de aplicação onde se prevê a fiscalização dos níveis de tolerância, de todas as classes de sementes no sétimo ano após a publicação da Portaria (D.O.U. 6 de Janeiro, 2004).

O controle da murcha-de-fusário em feijão deve ser feito utilizando medidas integradas destacando-se rotação de culturas, o uso de sementes sadias e a resistência genética. Dentre estas medidas, a utilização de cultivares resistentes é a mais eficiente, notadamente em áreas altamente infestadas com o patógeno. Como exemplo de cultivares resistentes encontram-se Rio Tibagi, Tenderette, Jalo Precoce, Xamego, Rudá, Aporé e Pérola (Costa *et al.*, 1999a).

#### Sistema de plantio direto *versus* plantio convencional

A área cultivada no Sistema de Plantio Direto (SPD) no Brasil passou de 100 hectares em 1972 para 25 milhões de hectares em 2003 (Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha – FEBRAPDP, 2006). Na safra brasileira de 2002/2003 foram produzidos 122 milhões de toneladas de grãos, valor bastante relacionado ao aumento na área cultivada em sistema de plantio direto, que foi de 25 milhões de hectares no total. Nessa área foram gerados 50% da produção de grãos no país (Canalli, 2004).

A evolução da área de SPD mostra que cerca de 35% da área total está localizada nos cerrados. No entanto, existe ainda um alto potencial de expansões na região, sem a necessidade de abrir novas áreas, pois entre a Amazônia e o cerrado existem aproximadamente 80 milhões de ha de pastagem quase todas degradadas, ou em fase de degradação podendo ser aproveitadas com o SPD na integração lavoura-pecuária (Sano *et al.* 1999; Landers & Freitas, 2002). O cultivo do feijoeiro em plantio direto tem aumentado rapidamente na com rendimento médio de grãos bastante superior a média nacional (Costamilan, 1999).

O SPD pode ser focado como um complexo de tecnologias de processo, de produtos e de serviço, tendo por fundamentos a mobilização de solo exclusivamente na linha de plantio, a manutenção dos resíduos culturais na superfície

do solo e a rotação de culturas. Tornou-se um mecanismo de transformação, de reorganização e de sustentação do sistema de produção agropecuária (Denardin & Kochhann, 1999).

A adoção do SPD provoca alterações no ambiente agrícola devido, principalmente, à presença de cobertura de restos culturais na superfície do solo e ao aumento de matéria orgânica. A cobertura orgânica no solo influencia fatores físicos, químicos e biológicos. A manutenção dessa massa de resíduo vegetal, em decomposição, na superfície do solo protege-o da erosão, serve como elemento isolante, capaz de protegê-lo, mantendo-o úmido, mesmo em períodos de estiagem (Almeida, 1991) permitindo assim períodos mais amplos para o plantio. Outra vantagem desse sistema é a redução de demanda por máquinas e implementos e conseqüentemente, de combustível.

Os macro e microrganismos que vivem no solo incluindo as plantas e as suas sementes são também influenciadas pelo sistema. Segundo Zambolim *et al.* (2001) o plantio direto é definido como sistema porque suas reações ocorrem em cadeia ao longo do tempo de adoção. Isso dificulta o estabelecimento de uma estratégia de estudos, em que a complexa interação dos fatores envolvidos torna os efeitos interativos mais importantes do que seus efeitos isolados. Zambolim *et al.* (2000) destacam ainda que esse sistema vem enfrentando alguns problemas devido à falta de estudos, visando dar suporte à sua implantação. Segundo Paula Junior *et al.* (2004) após aumentos de rendimento nos primeiros anos do SPD, tem-se observado a redução paulatina do rendimento do feijão, no decorrer das safras, devido entre outros fatores, ao aumento da incidência e da severidade de doenças. Segundo Reis & Casa (1996), a podridão radicular causada por *F. solani* tem sido motivo de grande preocupação no SPD. Esse

patógeno pode atacar inúmeras espécies de plantas, e, além de atacar a soja, o feijão, vem sendo relatado também na cultura do milho, na região sul do país.

A influência da cobertura orgânica no solo sobre fatores físicos, químicos e biológicos é fundamental no estabelecimento de condições favoráveis ou não ao desenvolvimento de doenças. A adoção do sistema não acarreta obrigatoriamente maior desenvolvimento de doenças. As práticas conservacionistas de cultivo de solo podem não ter efeito sobre as doenças ou mesmo controlá-las. Entretanto, esse sistema mal executado poderá causar problemas fitossanitários às culturas de soja e de feijão, principalmente quando o plantio for realizado com elevado teor de umidade do solo, quando o solo estiver compactado e quando não se obedecer a um esquema racional de rotação de culturas. É o que se observa, atualmente, com os problemas fitossanitários que ocorrem nas culturas de soja e de feijão manejadas nesse sistema (Costamilan, 1999).

Sob o ponto de vista fitopatológico, para que a prática do plantio direto seja viável, é necessária a adoção das seguintes técnicas de manejo integrado: 1) utilização de sementes sadias certificadas e tratadas com fungicidas; 2) adoção de cultivares resistentes quando houver disponibilidade; e 3) rotação de culturas (Reis e Casa, 2000). Segundo Reis & Forcelini (1995), a rotação de culturas é condição indispensável para o sistema de plantio direto, uma vez que aumenta o tempo em que cada cultura fica ausente da lavoura, dando tempo para que o inóculo dos patógenos seja reduzido suficientemente para que a doença não ocorra, ou ocorra em níveis que não sejam prejudiciais para a cultura.

Para sustentabilidade do SPD é importante conhecer sua influência sobre os patógenos; sobre o ciclo das relações patógeno-hospedeiro e conseqüentemente sobre o estabelecimento ou não da doença. A opção pelo SPD deve estar fundamentada

no conhecimento das culturas de interesse, no histórico de utilização dos últimos anos, nos patossistemas que ocorrem nas culturas de interesse e das condições que possam favorecer o surgimento de doenças. A não observância desses fatores aliadas à falta de estudos nesta área podem reduzir sua eficácia e tem levado ao abandono do sistema após o 4º ou 5º ano de sua implantação (Zambolim *et al.*, 2000). Há grande carência de trabalhos básicos e aplicados no Brasil sobre o SPD principalmente no que diz respeito ao seu impacto sobre as doenças de solo.

#### Culturas utilizadas para produção de resíduos

Segundo Reis & Forcelini (1995), a rotação de culturas é o cultivo alternado de espécies vegetais diferentes no mesmo local e na mesma estação de cultivo. Por outro lado, o cultivo alternado de diferentes espécies, na mesma lavoura, em estações diferentes, constitui a sucessão anual de culturas.

O agricultor em sistema de plantio direto deve considerar sua área de cultivo como um sistema tanto para a produção de grãos quanto para a produção de fitomassa adequada. O feijoeiro comum tem sido cultivado em rotação principalmente com milho, aveia-preta ou branca, soja, trigo, milheto, leguminosas forrageiras e diferentes tipos de sorgo (Balbino *et al.*, 1996).

Na abertura dos cerrados, para a formação de pastagens, o consórcio de arroz com braquiárias foi largamente usado tanto na implantação como na recuperação de pastagens degradadas, tecnologia conhecida como sistema Barreirão, envolvendo também outras culturas (Kluthcouski *et al.*, 1999). Mais recentemente, em áreas de lavoura, com solos devidamente corrigidos, são preconizados os sistemas consorciados de culturas de grãos com forrageiras, na integração lavoura-pecuária, cognominado de Sistema Santa Fé Tecnologia Embrapa (Kluthcouski *et al.*, 2000). O Sistema Santa Fé

fundamenta-se na produção consorciada de culturas de grãos, especialmente o milho, sorgo, milheto, arroz e soja, com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero braquiária, tanto no sistema plantio direto como no convencional, em áreas de lavoura, com solo parcial ou devidamente corrigido. Os principais objetivos do Sistema Santa Fé são a produção forrageira para a entressafra e palhada em quantidade e qualidade para o Sistema Plantio Direto (Kluthcouski & Aidar, 2003).

Embora existam relatos de redução do potencial de inóculo de algumas doenças do solo e tendência de obtenção de maiores rendimentos de feijão, utilizando-se braquiárias como fonte de cobertura morta no sistema plantio direto (Costa & Rava, 2003) são ainda escassos os estudos publicados sobre o assunto.

A ação de certos compostos orgânicos na redução das doenças causadas por patógenos habitantes do solo é amplamente reconhecida, visto que vários adubos verdes, resíduos de culturas e muitos outros resíduos orgânicos têm sido usados na busca desse efeito (Davey & Papavizas, 1960; Papavizas & Davey, 1960; Huber & Watson, 1970). Esses resíduos são convertidos em compostos orgânicos via mineralização biológica, e além de seu efeito benéfico nas características físico-químicas do solo e como fertilizantes orgânicos, podendo induzir supressividade a este e atuar no controle de doenças causadas por patógenos habitantes ou invasores do solo (Hoitink & Bohem, 1991).

Segundo Papavizas & Davey (1961) e Davey & Papavizas (1963), *R. solani* tem sua atividade saprofitica no solo suprimida por resíduos com alta relação C:N. Entretanto, não se pode generalizar que exista correlação entre a relação C:N do resíduo e a severidade de doenças, visto que muitos resíduos com baixa relação C:N reduzem a podridão radicular do feijoeiro, da mesma forma que resíduos com alta relação C:N aumentam a severidade dessa doença (Huber & Watson, 1970). Além da

relação C:N, o nível de decomposição dos resíduos vegetais também é de extrema importância, pois estão interligados, isto é, um resíduo com baixa relação C:N pode ser conducente a *R. solani* quando imaturo, tornando-se supressivo a este, ao passo que sofre decomposição (Chung *et al.*, 1988).

#### Indicadores da qualidade do solo

Apesar de não ser recente, a discussão sobre o uso de indicadores de qualidade do solo vem ganhando força e expõe a dificuldade de se chegar a um consenso sobre quais parâmetros são capazes de atestar o impacto do uso agrícola dos solos. Em termos práticos, os agricultores utilizam indicadores empíricos, como a presença de determinadas plantas, insetos e minhocas, além da análise da fertilidade química do solo, presença de erosão na propriedade, teor de matéria orgânica no solo e compactação do solo (Karlen *et al.*, 2003). No meio científico, além desses parâmetros, figuram as avaliações de atividade microbiana, como a respiração do solo e a utilização de fontes de carbono e o tamanho e biodiversidade de macro e microorganismos (Turco & Blume, 1999).

A compactação do solo é um potencial problema onde o cultivo mecanizado é praticado e, frequentemente, é uma fonte de estresses para a cultura do feijoeiro. O excesso de compactação do solo diminui a porosidade, degrada sua estrutura, impedindo a infiltração e o crescimento de raízes. A podridão radicular por FSP é um exemplo de doença agravada pela presença de solo compactado (Burke *et al.*, 1972).

Segundo Tormena *et al.* (1998) a compactação do solo é uma ameaça à continuidade do sistema plantio direto. A avaliação da densidade do solo ainda é o método mais usado para identificar camadas compactadas. É um importante atributo físico dos solos, por fornecer indicações a respeito do estado de sua conservação, sendo

uma das primeiras propriedades a ser alterada pelos diferentes usos (Camargo, 1983; Dias Junior, 2000).

Segundo Sá (2000) alguns produtores rurais da Região Sul do Brasil indicam a compactação no sistema de plantio direto como a principal causa de baixos rendimentos de culturas devido à elevada resistência do solo que inibe o desenvolvimento de raízes. Como consequência, muitos produtores têm retornado ao plantio convencional.

As interações microbianas em alguns solos podem naturalmente prevenir o estabelecimento de patógenos ou inibir as suas atividades patogênicas. Em muitos casos, a supressividade está diretamente relacionada com a atividade microbiana do solo no período crítico do ciclo do patógeno, por exemplo, durante a germinação de propágulos e crescimento na rizosfera da planta hospedeira (Rodriguez-Kabana & Calvet, 1994). Alterações na atividade microbiana dos solos são determinadas por meio de análises, como biomassa microbiana, respiração, quociente metabólico e atividades enzimáticas do solo (Dick, 1994; Giller *et al.*, 1998; Anderson & Domsch, 1990; Baath, 1989; Brookes, 1995), ou da comunidade microbiana pela contagem dos organismos. A atividade microbiológica inclui todas as reações metabólicas celulares, suas interações e seus processos bioquímicos mediados ou conduzidos pelos organismos do solo (Siqueira *et al.*, 1994). A hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) é um método que avalia a atividade hidrolítica indiscriminadamente (Schnüner & Rosswall, 1982). O FDA é hidrolisado por várias enzimas (lipases, proteases e esterases), presente nos microrganismos e, por esse motivo, tem sido usado para avaliar a atividade microbiana nas amostras de solo. Costa & Rava (2003) relataram a redução de inóculo de *F. solani* e *R. solani* em feijoeiro em contraste com o aumento da atividade microbiológica no solo determinada através do FDA.

O sistema plantio direto é comercialmente promissor, reduzindo os custos de produção. Porém, esse sistema não tem sido experimentalmente testado no sentido de viabilizar a cultura do feijoeiro em áreas com problemas de fungos de solo. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de sistemas de plantio e de algumas sucessões de culturas na incidência de murcha-de-fusário e na severidade de podridões radiculares de *R. solani* e *F. solani* f.sp. *phaseoli* no feijoeiro.

## MATÉRIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em três safras consecutivas (2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005) em Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico (58 % de argila, 13% de silte e 29% de areia) na Fazenda Capivara da Embrapa-Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás (16°28' S, 49°17' W e 823 m de altitude). A área experimental havia sido manejada por seis anos consecutivos no sistema de plantio direto, sendo cultivado feijão cv. Pérola na safra anterior havendo relatos de podridões radiculares e com baixa ocorrência de murcha-de-fusário.

**Culturas antecedentes.** Na área experimental foram cultivadas espécies utilizadas em sucessões com a cultura do feijoeiro comum. Estas foram semeadas em dezembro de 2002, novembro de 2003 e dezembro de 2004 consistiram de leguminosas: guandú-anão [*Cajanus cajan* (L.) Millisp]; estilosantes [*Stylosanthes guianensis* (Aublet) Sw. var. *vulgaris*] cv. Mineirão; crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth.) e gramíneas: milho, [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] cv. BN-2; sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] cv. BR 304; capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq) cv. Mombaça; braquiária [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf.] cv. Marandú e milho (*Zea mays* L.) em consórcio com braquiária (*B. brizantha* cv. Marandú) (sistema Santa Fé). Após colheita de grãos do sorgo e do milho, aos 130-150 dias após a plantio (DAS), as

culturas foram trituradas (maio de 2003, março de 2004 e abril de 2005) utilizando um triturador de palhada (Triton®) para melhor distribuição ou incorporação do resíduo orgânico. Cada bloco de 80 m<sup>2</sup>, (4,0 m de largura por 20 m de comprimento) foi dividido em duas faixas com 4,0 m de largura por 10 m de comprimento. Após o corte das culturas foram realizadas duas gradagens para incorporação dos resíduos vegetais em uma das faixas (plantio convencional) e na outra faixa o resíduo foi deixado na superfície do solo (sistema de plantio direto).

**Semeadura do feijão.** Aproximadamente 15 dias antes da semeadura do feijão foram aplicados 5,0 l/ha do herbicida glyphosate (Roundup® Original; Monsanto do Brasil Ltda.) com objetivo de eliminar as plantas daninhas. A semeadura mecanizada foi realizada, aproximadamente 60 dias após o corte das coberturas (02 julho de 2003, 04 junho de 2004 e 16 junho de 2005), utilizando a cultivar BRS Valente pertencente ao grupo preto, arbustivo, indeterminado (tipo III), em espaçamento de 45 cm, 18 sementes/m. Na adubação de plantio utilizaram-se 400 kg/ha das fórmulas 04.30.16 + Zn (safra 2003), 05.25.15 + Zn (safras 2004 e 2005). Foram efetuadas duas adubações de cobertura aos 20 e 40 DAS utilizando 30 kg de N/ha por aplicação. Aos 30 DAS, aproximadamente, foram aplicados 0,25 l/ha fomesafen (Flex®; Syngenta Proteção de Cultivos Ltda) e 1,25 l/ha fluazifop-P-butil (Fusilade® 125; Syngenta Proteção de Cultivos Ltda). As irrigações foram realizadas por aspersão, sistema pivô central, quando a média das leituras do potencial de água no solo de três tensiômetros, instalados na área, a 0,15 m de profundidade, situava-se no intervalo entre -0,03 e -0,04 MPa.

**Delineamento experimental.** O experimento foi instalado em faixa no delineamento em blocos completos ao acaso com quatro repetições (Zimmermann, 2004) (Anexo 1). As análises estatísticas foram realizadas com o emprego do programa SISVAR (Sistema

Sisvar para Análises Estatísticas, Universidade Federal de Lavras). Para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey, com um nível de 5% de probabilidade. Realizaram-se ainda análises de correlações entre as variáveis em estudo descritas a seguir.

**Variáveis avaliadas.** Massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro. O resíduo orgânico das culturas, sobre a área de um metro quadrado, foi coletado após a trituração para se obter a massa da matéria seca. O material coletado foi seco ao ar livre até massa constante e então pesado.

Fertilidade do solo. Antes da semeadura do feijão, nas safras 2004 e 2005, foram coletadas amostras compostas de cada parcela para proceder à análise química do solo. Essas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Física e Química do Solo da Embrapa-Arroz e Feijão para determinação de: fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), potencial de hidrogênio (pH) e matéria orgânica (MO).

Tombamento do feijoeiro. O número de plântulas que emergiram foi computado aos 14 DAS nas duas linhas centrais. O número de plântulas tombadas foi estimado utilizando a fórmula  $(100 - ((n^\circ \text{ de plântulas} \times 100) / 180)) \times \% \text{ germinação da semente}$ , em 180 sementes nos dez metros da linha de semeadura. Para a análise de variância os dados foram transformados para raiz quadrada de  $x+1$ .

Severidade de podridão radicular. Aos 26 DAS foram removidas dez plantas de cada linha lateral totalizando 20 plantas/parcela. As plantas foram retiradas com auxílio de um sacho, posteriormente acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. No laboratório, foram lavadas para avaliação da severidade de *R. solani* e de *F. solani* f. sp. *phaseoli* utilizando a escala de notas (Schoonhoven & Pastor-Corrales, 1987) descrita a seguir. 1= sem sintomas visíveis; 3= ligeira descoloração, sem lesões necróticas ou até 10% dos tecidos do hipocótilo e da raiz cobertos com lesões; 5=

aproximadamente 25% dos tecidos do hipocótilo e da raiz cobertos com lesões, mas os tecidos se conservam firmes e pouca deterioração do sistema radicular, podendo ocorrer fortes sintomas de descoloração; 7= aproximadamente 50% dos tecidos do hipocótilo e da raiz cobertos com lesões que se combina com amolecimento, podridão e redução consideráveis do sistema radicular; 9= aproximadamente 75% dos tecidos do hipocótilo e da raiz afetados por estados avançados de podridão, em combinação com redução severa do sistema radicular. Para análise de variância os dados médios foram convertidos em porcentagem do tecido afetado e então foram transformados para raiz quadrada de  $x+1$ . Na safra 2003 e 2005 foram atribuídas notas de severidade separadamente nas mesmas plantas, para podridão radicular causada por *F. solani* f. sp. *phaseoli* e para *R. solani*. Na safra 2004 foram atribuídas notas para o complexo podridão radicular causada por *F. solani* f. sp. *phaseoli* e *R. solani*, sendo realizada ainda uma estimativa da porcentagem relativa de tecido atacados por de *F. solani* f. sp. *phaseoli* e de *R. solani* através do plaqueamento das raízes em meio de cultura ágar-água.

Atividade enzimática total. A AET foi determinada em amostras compostas do solo, na linha da semeadura, na camada de 0-10 cm coletadas aos 34 DAS, nas safras 2004 e 2005. O solo homogeneizado foi submetido à avaliação até 24 horas após a coleta. Para a determinação da hidrólise de diacetato de fluoresceína (DAF) foi utilizada metodologia adaptada de Schnürer & Rosswall (1982). Amostras de cinco gramas de solo, em três repetições, foram colocadas em frascos de Erlenmeyer (250 mL) juntamente com 20 mL de tampão fosfato de potássio 60 mM (8,7 g de  $K_2HPO_4$  e 1,3 g de  $KH_2PO_4$ /L de água destilada; pH 7,6). A reação de hidrólise de FDA (Sigma Chemical Co) foi iniciada adicionando-se 0,2 mL (400  $\mu$ g) de solução estoque de FDA (2 mg.mL<sup>-1</sup> acetona). As amostras foram deixadas 20 minutos em agitador (155 rpm) a

35° C. Uma alíquota de 2 mL da solução foi adicionada a igual quantidade de acetona para paralisar a reação. A mistura foi então centrifugada a 1500 rpm por 10 minutos e realizada a leitura da absorbância do sobrenadante em espectrofotômetro no comprimento de onda de 490 nm.

A concentração de FDA hidrolisado foi calculada através da curva padrão. Essa foi obtida adicionando-se FDA, nas quantidades: zero, 100, 200, 300 e 400 µg (com três repetições), em 5 mL de tampão fosfato acondicionados em tubos de ensaio. Os tubos foram mantidos por 60 minutos em água fervente, para hidrolisar o FDA. Após a hidrólise, o FDA foi então adicionado em frasco de Erlenmeyer (50 mL) contendo 5 g de solo e 15 mL de tampão fosfato. A seguir foi realizada a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 490 nm. A equação obtida através da curva padrão ( $y = 0,0682x + 0,184$ ) e a equação completa  $x = (((y - 0,184) / 0,0682) * 20,2) / (B / 20)$ , onde:  $y$  = absorbância lida no espectrofotômetro, 20,2 = o volume final da solução em reação (mL);  $B$  = massa do peso seco de 5 g de solo, 20 = tempo da reação (min) foi utilizada para transformar o valor da absorbância em concentração de FDA hidrolisado expresso em µg de FDA hidrolisado/g de solo seco/min.

Estimativa da população de propágulos no solo. A população total de propágulos de *R. solani* e *Fusarium* spp. foi estimada utilizando as mesmas amostras de solo coletadas para determinação da atividade enzimática total. A população total das espécies de *Fusarium* foi estimada pela diluição de 10g de solo até a razão 1:100 (Johnson & Curl, 1972). Um mL da solução do solo (1:100), com cinco repetições por tratamento, foi plaqueado utilizando o meio semi-seletivo de Nash & Snyder (1962). A estimativa do número de propágulos *Fusarium* spp. por grama de solo foi obtida pela fórmula,  $NP = NC \times 100$ , onde  $NP$  = nº de propágulos por grama de solo e  $NC$  = número médio de

colônias/placa. Não foi realizada a estimativa de população de cada espécie de *Fusarium*. Para a análise de variância os dados foram transformados para raiz quadrada de  $x+1$ . Para a quantificação da população de *R. solani* utilizou-se o método de extração e plaqueamento do resíduo orgânico do solo (Weinhold, 1977). Nove fragmentos de resíduo orgânico por placa, com cinco repetições, foram colocados em meio de cultivo ágar-água. As leituras do número de colônias por placa tanto para *Fusarium* spp. quanto para *R. solani* foram realizadas cinco dias após o plaqueamento a temperatura ambiente de  $\pm 25$  °C. A porcentagem dos resíduos orgânicos colonizados (ROC) foi obtida pela seguinte fórmula  $\%ROC = NC \times 100 / 9$ , onde NC= número médio de colônias/placa. Para a análise de variância os dados foram transformados para raiz quadrada de  $x+1$ .

Densidade do solo. A amostragem para determinação da densidade do solo (Ds) foi feita pela introdução no solo (perfil de 5-10 cm) do conjunto de cilindro de Uhland® com volume de 98,17 cm<sup>3</sup>. A massa foi determinada após secagem do material em estufa à temperatura de 105°C, durante 24 horas (Blake e Hartge, 1986). A densidade do solo foi obtida pela fórmula  $Ds = \text{massa do peso seco do solo} / 98,17$ , expressa em g/cm<sup>3</sup>.

Incidência de murcha-de-fusário. A porcentagem de plantas murchas foi estimada aos 90 DAS (30 de setembro (safra 2003), 3 de setembro (safra 2004), 15 de setembro (safra 2005) com base em uma amostragem de 50 plantas em cada parcela e computadas aquelas que apresentavam sintomas de murcha por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Para a análise de variância os dados foram transformados para raiz quadrada de  $x+1$ .

Produtividade. Seis metros centrais das duas linhas centrais de cada subparcela (2,7 m<sup>2</sup>) foram colhidos. A umidade dos grãos foi ajustada para 10,2% antes da pesagem.

## RESULTADOS

Massa da matéria seca das culturas antecedentes. Houve diferença entre culturas para a massa da matéria seca nas safras 2003 ( $P < 0,0001$ ), 2004 ( $P < 0,0001$ ) e 2005 ( $P < 0,0013$ ) (Tabela 1). Na safra 2003 a menor massa da matéria seca foi verificada na sucessão com sorgo não diferindo de guandú e crotalária; e as maiores massas da matéria seca foram verificadas para as culturas mombaça e braquiária. Na safra 2004 as menores massas da matéria seca foram observadas para as culturas sorgo, estilosantes, braquiária com milho e guandú não diferindo de crotalária e milheto. As maiores massas da matéria seca foram novamente observadas nas culturas mombaça não diferindo de braquiária e milheto. Na safra 2005 a menor massa da matéria seca foi mais uma vez verificada na cultura sorgo não diferindo de estilosantes, milheto, guandu, crotalária e braquiária com milho. E maiores massas da matéria seca foram observadas pelo terceiro ano na cultura mombaça não diferindo de braquiária, braquiária com milho e milheto.

Densidade do solo. Houve diferença entre sistemas de plantio para densidade do solo nas safras 2003 ( $P < 0,0001$ ) e 2005 ( $P < 0,0045$ ). As densidades do solo nessas duas safras foram maiores no plantio direto em relação ao plantio convencional (Tabela 2). Não foram observadas diferenças entre sucessões de culturas nas safras 2003 ( $P < 0,8368$ ) e 2005 ( $P < 0,0973$ ). Na safra 2004 não houve efeito de sistemas de plantio ( $P < 0,1351$ ), porém houve efeito de sucessões de culturas ( $P < 0,0696$ ). Menor densidade foi observada na sucessão com guandú e a maior com sorgo (Tabela 1). Não houve interação significativa entre sistemas de plantio e sucessões de culturas em nenhuma das safras (safra 2003  $P < 0,8524$ ; safra 2004  $P < 0,3519$ ; safra 2005  $P < 0,2721$ ).

Atividade enzimática total do solo. A atividade enzimática total (AET) do solo foi maior no plantio direto em relação ao plantio convencional nas safras 2004 ( $P < 0,0022$ ) e 2005 ( $P < 0,0204$ ) (Tabela 2). Diferenças estatísticas foram também observadas entre

as sucessões de culturas nas safras 2004 ( $P < 0,0001$ ) e 2005 ( $P < 0,0239$ ) (Tabela 1). Não houve interação entre sistemas de plantio e sucessões de culturas nas safras 2004 ( $P < 0,1200$ ) e 2005 ( $P < 0,1500$ ). Na safra 2004 menores AET foram verificadas no solo cultivado anteriormente com sorgo e estilosantes que não diferiram de crotalária, guandu, braquiária com milho e milheto. Maior AET foi verificada no solo cultivado anteriormente com mombaça que não diferiu de braquiária com milho e milheto. Na safra 2005 maior AET foi verificada no solo cultivado anteriormente com braquiária que diferiu das demais culturas.

Produtividade do feijoeiro. A produtividade do feijoeiro foi maior no plantio convencional em relação ao plantio direto nas safras 2003 ( $P < 0,0017$ ) e 2005 ( $P < 0,0005$ ) (Tabela 2). Na safra 2003 houve diferença entre sucessões de culturas ( $P < 0,0001$ ) e não houve interação entre sistemas de plantio e sucessões de culturas ( $P < 0,8173$ ). A produtividade do feijoeiro foi menor quando precedido por sorgo não diferindo de guandu e estilosantes; e foi maior quando precedido por milheto não diferindo de braquiária, braquiária com milho e crotalária (Tabela 1). Na safra 2004 houve uma interação entre sistemas de plantio e sucessões de culturas ( $P < 0,0077$ ). No plantio direto não houve diferença estatística entre as sucessões. No plantio convencional a menor produtividade foi obtida quando o feijoeiro foi precedido por sorgo e guandú não diferindo de crotalária, estilosantes, braquiária mais milho e milheto. Maiores produtividades foram obtidas quando o feijoeiro foi semeado após braquiária e mombaça não diferindo de crotalária, estilosantes, braquiária mais milho e milheto. Na safra 2005 não houve diferença entre sucessões de culturas ( $P < 0,1896$ ) e interação entre sistemas de plantio e sucessões ( $P < 0,5269$ ).

Tabela 1. Massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro, atividade enzimática total e densidade do solo e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em sucessão com gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio.

Cultura	Massa da matéria seca (kg/ha)			Atividade enzimática total (µg de FDA hidrolisado/ g de solo seco/mim)		Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )			Produtividade (kg/ha)			
	2003*	2004*	2005*	2004*	2005*	2003*	2004*	2005*	2003*	2004** PD <sup>1</sup>	2005* PC <sup>2</sup>	
Crotalária	4.963 abc <sup>3</sup>	8.600 ab	9.687 abc	57,1 ab	46,8 a	1,46 ns	1,40 ab	1,30 <sup>ns</sup>	2.724 bc	1.716 <sup>ns</sup>	2.003 ab	2.321 <sup>ns</sup>
Guandú	3.733 ab	8.088 a	9.237 abc	58,6 ab	36,4 a	1,43	1,33 a	1,23	2.007 ab	1.391	1.888 a	2.540
Estilosantes	10.338 d	5.750 a	8.725 ab	56,1 a	35,2 a	1,46	1,36 ab	1,26	2.024 ab	1.361	2.141 ab	2.473
Braquiária	14.968 e	13.925 bc	13.750 bc	62,6 bc	64,3 b	1,43	1,41 ab	1,25	2.221 abc	1.368	2.868 b	2.100
Braq. + milho	8.783 cd	7.988 a	10.612 abc	60,1 abc	44,3 a	1,42	1,36 ab	1,20	2.514 bc	1.638	2.156 ab	2.251
Milheto	7.615 bcd	10.588 abc	7.525 ab	61,0 abc	36,3 a	1,41	1,39 ab	1,27	3.152 c	1.821	2.551 ab	2.549
Mombaça	16.350 e	15.238 c	16.100 c	64,9 c	48,0 a	1,46	1,36 ab	1,23	2.610 bc	1.251	2.836 b	2.516
Sorgo	2.398 a	4.812 a	5.650 a	55,1 a	46,5 a	1,42	1,48 b	1,22	1.509 a	1576	1.756 a	2.186
C.V. (%)	21,02	26,08	28,56	11,25	18,86	5,88	6,30	5,13	26,77		21,70	17,08

\*Valores médios de dois sistemas de plantio.

\*\* Interações significativas entre sistemas de semeadura e sucessões de culturas.

<sup>1</sup> Sistemas de plantio direto.

<sup>2</sup> Plantio convencional.

<sup>3</sup>Médias seguidas pela mesma letra, entre culturas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

<sup>ns</sup> Diferenças não significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2. Atividade enzimática total densidade do solo e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de plantio.

Sistemas de plantio	Atividade enzimática total ( $\mu\text{g}$ de FDA hidrolisado/ g de solo seco/mim)		Densidade do solo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )			Produtividade (kg/ha)		
	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Plantio direto	65,8 b <sup>1</sup>	54,5 b	1,49 b	1,40 a	1,30 b	2.001 a	1.515*	1.885 a
Plantio convencional	53,1 a	34,94 a	1,38 a	1,36 a	1,18 a	2.690 b	2.275	2.849 b
C.V. (%)	14,87	37,43	1,29	6,93	4,95	10,94	30,51	9,88

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, entre sistema de plantio, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

\* Interações significativas entre sistemas de plantio e culturas antecedentes.

**Fertilidade do solo.**

Potencial de hidrogênio no solo (pH). Na safra 2004 houve interação entre os sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,0377$ ) (Tabela 3). Nas parcelas onde haviam sido cultivadas anteriormente crotalária, milheto e mombaça o pH foi maior no sistema de plantio direto que no plantio convencional, para as demais culturas anteriores não houve diferença estatística entre os sistemas de plantio. No sistema de plantio direto o pH foi menor nas parcelas onde haviam sido cultivados anteriormente estilosantes e braquiária em consórcio com milho; e maior nas parcelas em sucessão a crotalária. No plantio convencional o pH foi menor nas parcelas onde havia sido cultivado anteriormente guandú; e maior nas parcelas em sucessão a braquiária. Na safra 2005 houve efeito de sucessões de culturas ( $P < 0,0003$ ) (Tabela 3), não houve efeito de sistemas de plantio ( $P < 0,7492$ ) e interação entre sistemas de plantio e de culturas antecedentes ( $P < 0,2842$ ). O pH foi menor nas parcelas onde havia sido cultivado anteriormente estilosantes; e maior nas parcelas onde haviam sido cultivados anteriormente milheto, braquiária, mombaça e sorgo.

Cálcio. Houve efeito de sucessões de culturas para as quantidades de cálcio nas safras 2004 ( $P < 0,0007$ ) e 2005 ( $P < 0,0407$ ) (Tabela 3) e não houve efeito de sistemas de plantio ( $P < 0,1324$  na safra 2004 e  $P < 0,0647$  na safra 2005) e interação entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,2757$  na safra 2004 e  $P < 0,6234$ ). Na safra 2004 as menores quantidades de cálcio foram verificadas nas parcelas cultivadas com sorgo, braquiária em consórcio com milho e estilosantes; e as maiores quantidades de cálcio nas parcelas cultivadas anteriormente com crotalária. Na safra 2005 verificaram-se menores quantidades de cálcio nas parcelas cultivadas com estilosantes; e as maiores quantidades de cálcio mais uma vez nas parcelas cultivadas anteriormente com crotalária.

Tabela 3. Potencial de hidrogênio (pH), cálcio (Ca), potássio (K), fósforo (P) e matéria orgânica (M.O.) no solo cultivado com algumas culturas na safra 2004 e 2005.

Culturas	pH		Ca (cmol/dm <sup>3</sup> )		K (ppm)		P (ppm)		MO (g/dm <sup>3</sup> )				
	2004 <sup>**</sup>		2005 <sup>*</sup>	2004 <sup>*</sup>	2005 <sup>*</sup>	2004 <sup>*</sup>	2005 <sup>**</sup>		2004 <sup>*</sup>	2005 <sup>*</sup>	2004 <sup>**</sup>	2005 <sup>*</sup>	
	PD <sup>1</sup>	PC <sup>2</sup>				PD	PC			PD	PC		
Crotalária	6,4 d <sup>3</sup>	6,0 ab	5,58 ab	3,58 b	2,33 b	145 abc	115 a	120 <sup>ns</sup>	21 <sup>ns</sup>	19a	19,3 <sup>ns</sup>	18,8 ab	21,8 <sup>ns</sup>
Guandú	5,9 ab	5,4 a	5,51 ab	3,04 ab	1,77 ab	121 ab	159 a	103	25	35 ab	18,0	18,3 a	20,6
Estilosantes	5,8 a	5,8 ab	5,34 a	2,88 a	1,63 a	104 a	165 a	126	24	36 ab	18,0	18,3 a	21,1
Braquiária	6,3 cd	6,1 b	5,74 b	3,12 ab	2,10 ab	180 c	170 a	152	26	42 b	19,3	19,8 ab	20,8
Braq. + milho	5,8 a	5,8 ab	5,55 ab	2,70 a	1,70 ab	158 bc	167 a	105	31	33 ab	18,8	19,0 ab	20,5
Milheto	6,2 bcd	5,9 ab	5,75 b	2,96 ab	1,90 ab	148 bc	131 a	127	23	33 ab	18,8	19,3 ab	20,9
Mombaça	6,2 bcd	6,0 ab	5,75 b	3,01 ab	2,00 ab	175 c	242 b	131	25	34 ab	18,0	20,8 b	21,0
Sorgo	6,0 abc	6,0 ab	5,69b	2,74 a	1,88 ab	103 a	154 a	123	26	41 b	18,5	18,5 a	21,0
C.V. (%)	2,74		3,25	13,94	22,04	19,21	19,30		26,97	31,89	4,84		4,19

\* Valores médios de dois sistemas de plantio.

\*\* Interações significativas entre sistemas de semeadura e culturas antecedentes.

<sup>1</sup> Sistemas de plantio direto.

<sup>2</sup> Plantio convencional.

<sup>3</sup> Médias seguidas pela mesma letra, entre sucessões de culturas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

<sup>ns</sup> Diferenças não significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fósforo. Na safra 2004 não houve efeito de sistemas de plantio ( $P < 0,0761$ ) e de culturas antecedentes ( $P < 0,2040$ ). Na safra 2005 foi verificada diferença entre culturas antecedentes ( $P < 0,0070$ ) (Tabela 3), não havendo efeito de sistemas de plantio ( $P < 0,0675$ ) e interação entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,4217$ ). A menor quantidade de fósforo foi verificada nas parcelas cultivadas anteriormente com crotalária; e as maiores quantidades de fósforo foram observadas nas parcelas cultivadas anteriormente com braquiária e sorgo.

Potássio. Houve efeito de sucessões de culturas nas quantidades de potássio na safra 2004 ( $P < 0,0001$ ) (Tabela 3). Não foram encontradas diferenças entre sistemas de plantio ( $P < 0,2425$ ) e interação entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,8914$ ). As menores quantidades de potássio foram verificadas nas parcelas cultivadas anteriormente com sorgo e estilosantes; e as maiores nas parcelas cultivadas anteriormente com braquiária e mombaça. Na safra 2005 houve interação entre sistemas de plantio e sucessões de culturas ( $P < 0,0040$ ) (Tabela 3). Nas parcelas onde haviam sido cultivadas anteriormente mombaça, braquiária em consórcio com milho e guandú as quantidades de potássio foram maiores no sistema de plantio direto que no plantio convencional, e para as demais culturas anteriores não houve diferença entre os sistemas de plantio. No sistema de plantio direto maior quantidade de potássio foi verificada nas parcelas cultivadas anteriormente com mombaça; e menores quantidades nas parcelas cultivadas anteriormente com crotalária, milheto, sorgo, guandú, estilosantes, braquiária em consórcio com milho e braquiária. No plantio convencional não houve diferença nos níveis de potássio entre as culturas.

Matéria orgânica. Na safra 2004 houve interação entre os sistemas de plantio e as culturas antecedentes ( $P < 0,0493$ ) (Tabela 3). No plantio convencional a quantidade de matéria orgânica foi maior nas parcelas onde havia sido cultivada anteriormente mombaça e menor nas parcelas cultivadas anteriormente com guandú, estilosantes e sorgo. No sistema de plantio direto não houve diferença estatística significativa entre as culturas antecedentes. Na safra

2005 não houve diferença estatística, para os teores de matéria orgânica no solo, entre sistemas de plantio ( $P < 0,8107$ ) ou culturas antecedentes ( $P < 0,1855$ ).

### **Variáveis fitopatológicas**

#### Estimativa da população de *Fusarium* spp. no solo.

Na safra de 2003 foi detectada interação significativa entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,0189$ ) (Figura 1-A) (Anexo 2). No plantio direto maiores populações de *Fusarium* spp. foram encontradas em solos cultivados anteriormente com estilosantes (4.685 propágulos/g de solo), para as demais culturas não foram observadas diferenças. No plantio convencional, menores populações foram encontradas em solos cultivados anteriormente com mombaça (2.095 propágulos/ g de solo) não diferindo de crotalária, guandú, estilosantes, braquiária com milho, milheto e sorgo. Maiores populações foram verificadas em solos cultivados anteriormente com braquiária (3.025 propágulos/ g de solo) não diferindo de crotalária, guandú, estilosantes, braquiária com milho, milheto e sorgo.

Na safra de 2004 foram observadas diferenças estatísticas entre sistemas de plantio ( $P < 0,0082$ ) e entre culturas antecedentes para a população de *Fusarium* ( $P < 0,0001$ ) (Figura 1-B) (Anexo 3). Maiores populações foram encontradas no plantio direto (3.763 propágulos/ g de solo) que no plantio convencional (3.019 propágulos/ g de solo). Não houve interação significativa entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,1987$ ). Menores populações foram encontradas nos solos cultivados anteriormente com milheto não diferindo de braquiária com milho, braquiária e sorgo. Maiores populações foram encontradas nos solos cultivados anteriormente com estilosantes não diferindo de crotalária, guandú e mombaça.

Na safra de 2005 foram observadas diferenças estatísticas entre culturas antecedentes para a população de *Fusarium* ( $P < 0,0001$ ) (Figura 1-C). Não foram observadas diferenças entre sistemas de plantio ( $P < 0,1619$ ) e nem interações entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,4486$ ) (Anexo 4). Observaram-se menores populações no solo

quando o feijoeiro foi precedido por braquiária em consórcio com milho não diferindo de braquiária, mombaça, sorgo e milheto. Maiores populações no solo quando o feijoeiro foi precedido por crotalaria e guandú não diferindo de estilosantes.

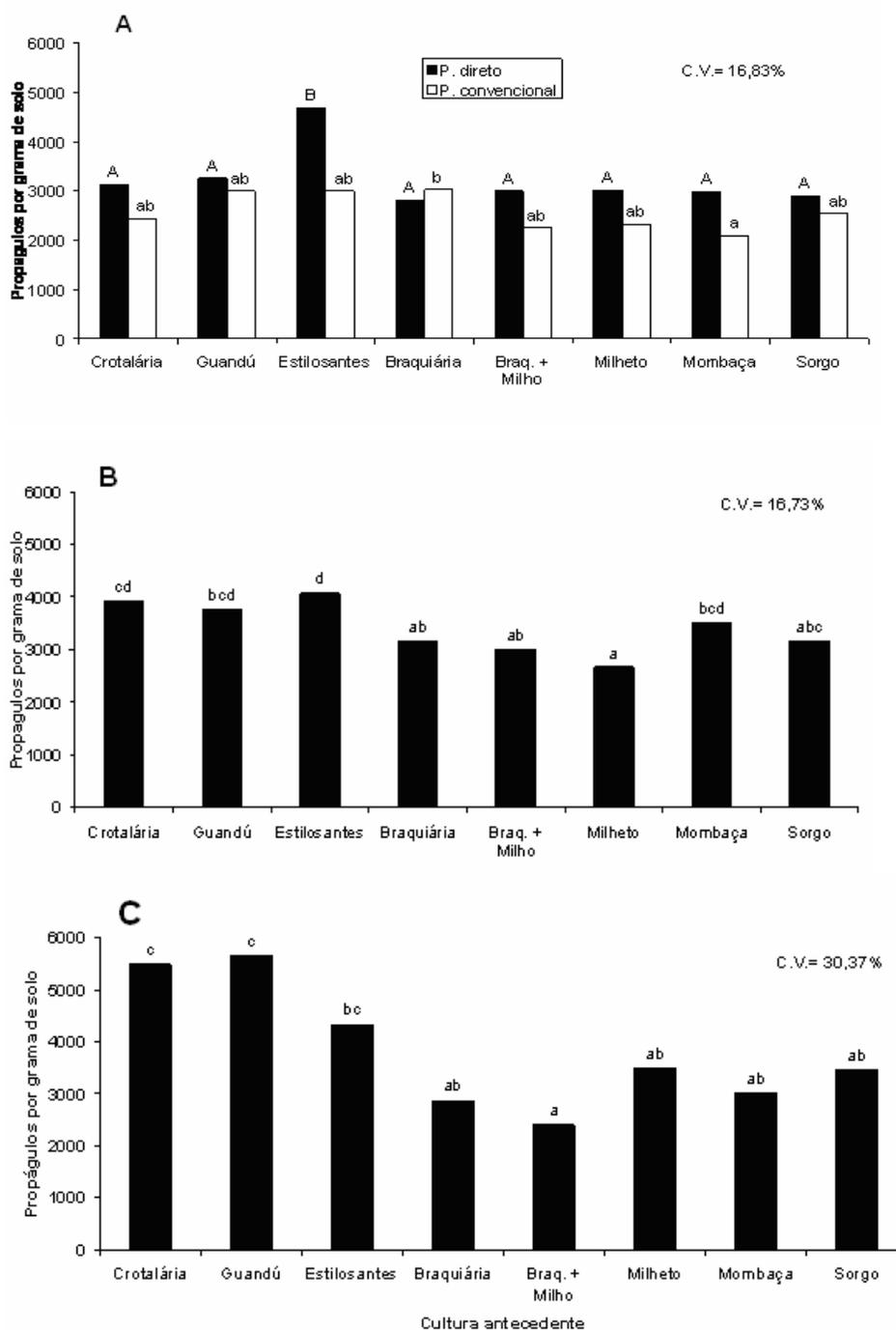


Figura 1. Propágulos de *Fusarium* spp. por grama de solo cultivado com feijão (*Phaseolus vulgaris*) em sucessão a gramíneas e leguminosas nas safras 2003 (A), 2004 (B) e 2005 (C).

**A** Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas dentro plantio direto e minúsculas dentro do plantio convencional não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

**B e C** Média do plantio direto e convencional. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A análise conjunta das safras mostrou interações significativas entre safras, sistemas de plantio e culturas antecedentes para a população de *Fusarium* spp ( $P < 0,0142$ ). No decorrer das safras no plantio direto foram observados aumentos na população de *Fusarium* spp. nas culturas antecedentes crotalária, guandú e milho (Figura 2). No plantio convencional aumentos na população ocorreram nas culturas antecedentes crotalária, guandú e estilosantes (Figura 2).

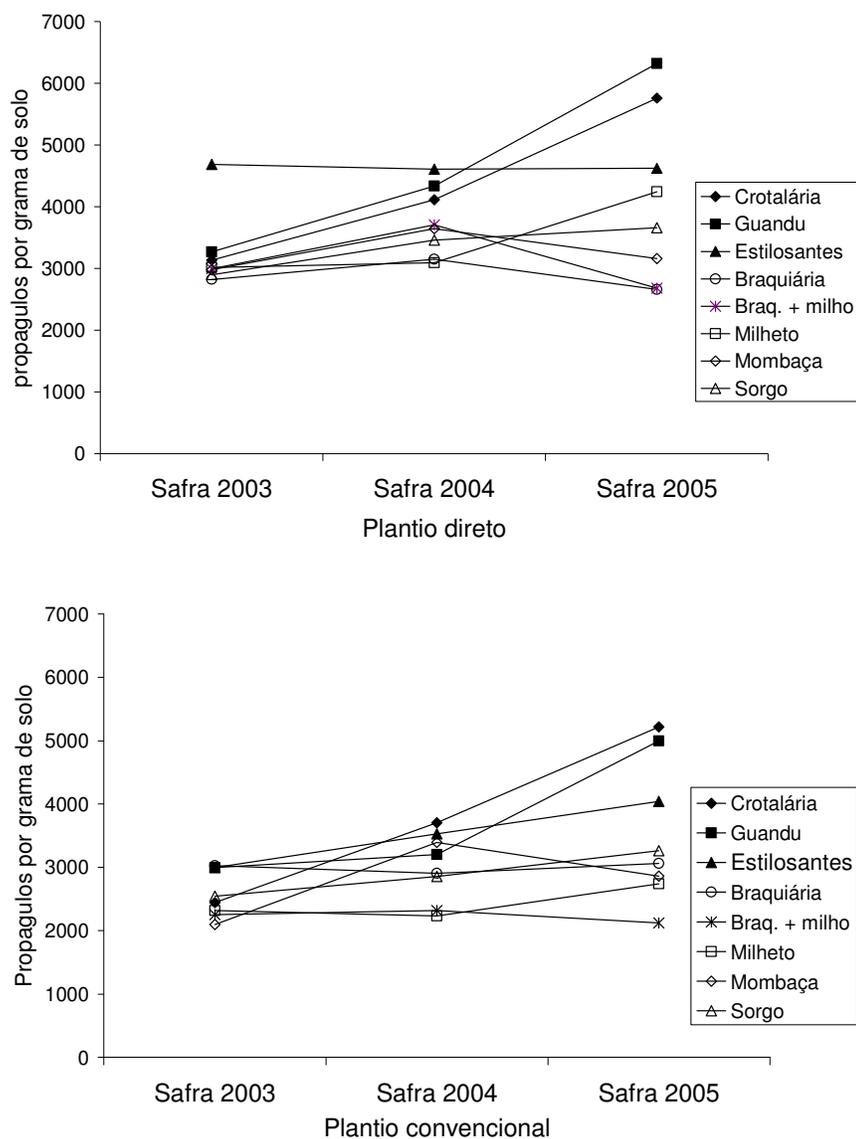


Figura 2. Propágulos de *Fusarium* spp. por grama de solo cultivado com feijão (*Phaseolus vulgaris*) em sucessão com gramíneas e leguminosas, no sistema de plantio direto e convencional nas safras 2003, 2004 e 2005.

Estimativa da população de *Rhizoctonia solani* no solo.

Na safra de 2003 foram detectadas diferenças entre sistemas de plantio ( $P < 0,0013$ ) e entre culturas antecedentes para a estimativa da população de *R. solani* no solo ( $P < 0,0061$ ) (Figura 3-A). Não foi verificada interação significativa entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,0915$ ) (Anexo 2). A porcentagem do resíduo orgânico colonizado (ROC) por *R. solani* no plantio direto foi 26% e no plantio convencional foi de 11%. As menores populações no solo foram encontradas quando o feijoeiro foi precedido por braquiária em consórcio com milho não diferindo de braquiária, mombaça e sorgo. As maiores populações foram verificadas nos solos cultivados anteriormente com milheto, crotalária, guandú e estilosantes não diferindo de sorgo.

Na safra de 2004 houve diferença entre sucessões culturas antecedentes para a estimativa a população de *R. solani* no solo ( $P < 0,0001$ ) (Figura 3-B). Não foram detectadas diferenças entre sistemas de plantio ( $P < 0,0650$ ) e não foi verificada interação significativa entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,0877$ ) (Anexo 3). Menores populações foram encontradas nos solos cultivados anteriormente com mombaça (11,7% de ROC), braquiária não diferindo de braquiária em consórcio com milho. Maiores populações foram verificadas quando o feijoeiro foi precedido por guandú (28% de ROC) não diferindo de crotalária, sorgo, estilosantes e milheto.

Na safra 2005 houve uma interação significativa entre sistemas de plantio e culturas antecedentes para o número de propágulos de *R. solani* ( $P < 0,0058$ ) (Figura 3-C) (Anexo 4). No plantio direto as menores populações foram verificadas quando o feijoeiro foi precedido por mombaça (6% de ROC) não diferindo de braquiária em consórcio com milho, braquiária, milheto e sorgo. As maiores populações foram encontradas nos solos cultivados anteriormente com crotalária (35% de ROC) não diferindo de guandú e estilosantes. No plantio convencional as menores populações foram encontradas nos solos cultivados anteriormente com braquiária com milho (4% de ROC) não diferindo de mombaça, crotalária,

braquiária, milho e guandú. As maiores populações foram verificadas nos solos cultivados com sorgo e estilosantes (17% de ROC) não diferindo de guandú, mombaça, crotalária, braquiária e milho.

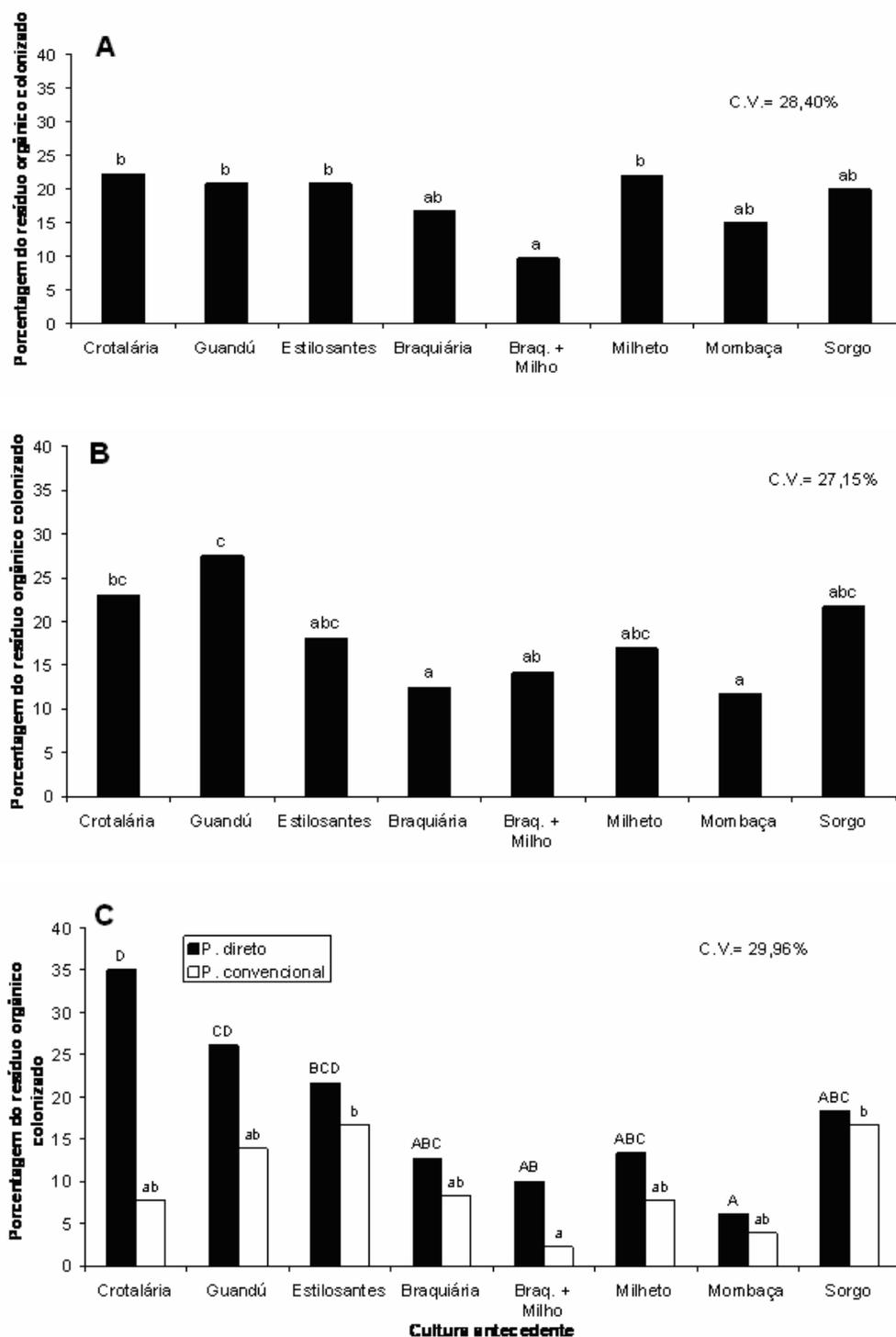


Figura 3. Porcentagem do resíduo orgânico colonizado por *Rhizoctonia solani* em solo cultivado com feijão (*Phaseolus vulgaris*) em sucessões com gramíneas e leguminosas nas safras 2003 (A), 2004 (B) e 2005 (C).

A e B Valores médios do plantio direto e convencional. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

C Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas dentro plantio direto e minúsculas dentro do plantio convencional não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A análise conjunta das safras mostrou interações significativas entre safras, sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,0653$ ) para a porcentagem do ROC por *R. solani*. Foram observadas maiores populações de *R. solani* na safra 2003 em relação as demais (com exceção da cultura antecedente braquiária com milho). No sistema de plantio direto houve uma redução na população de *R. solani* em solos cultivados com braquiária (28, 16 e 13% de ROC) e mombaça (25, 13 e 6% de ROC) nas safras 2003, 2004 e 2005 respectivamente. Enquanto as populações mantiveram-se altas em solos cultivados com guandú (29, 32 e 26% de ROC) e crotalária (32, 31 e 35% de ROC) nas safras 2003, 2004 e 2005 respectivamente (Figura 4). No plantio convencional não houve diferença estatística significativa nas populações de *R. solani* entre safras para nenhuma das culturas antecedentes.

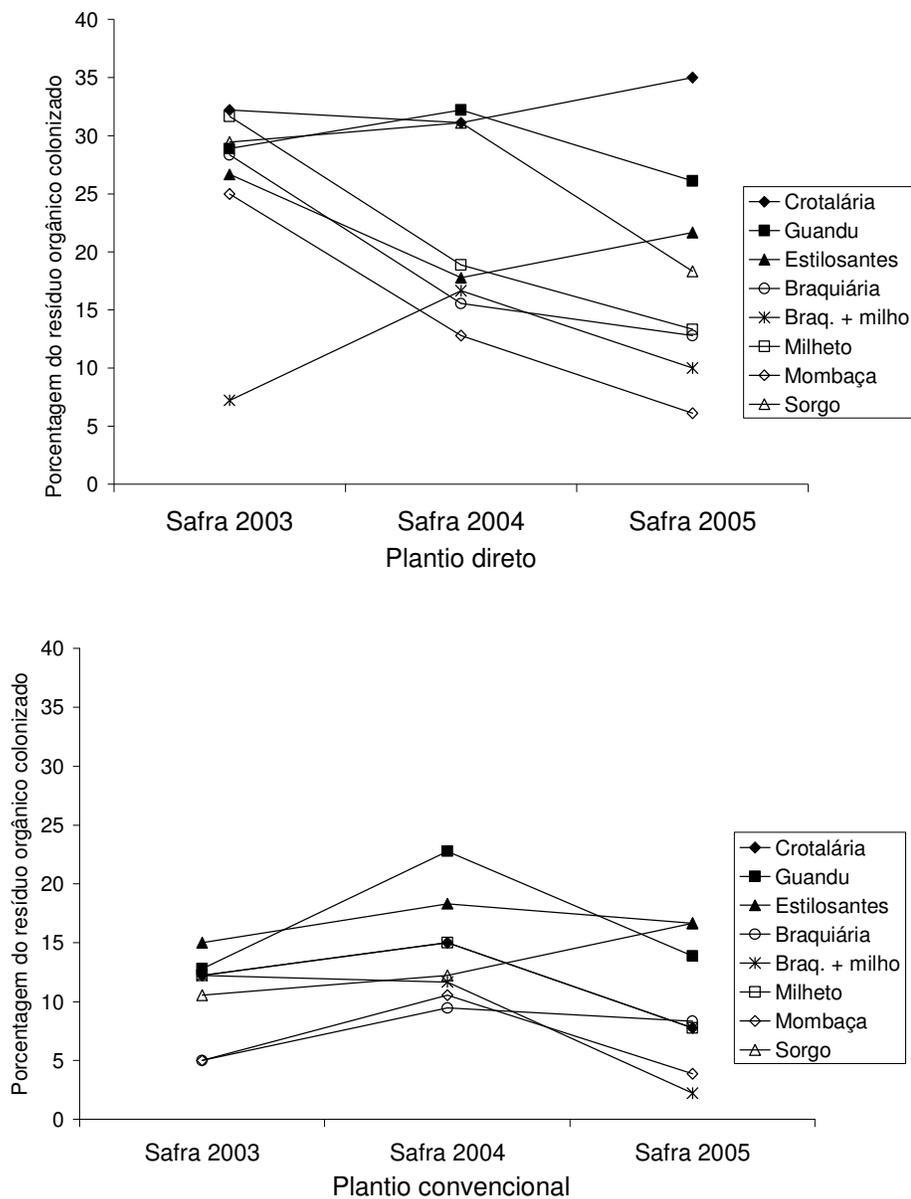


Figura 4. Porcentagem do resíduo orgânico colonizado por *Rhizoctonia solani* em solo cultivado com feijão (*Phaseolus vulgaris*) precedido por gramíneas e leguminosas, no sistema de plantio direto e convencional nas safras 2003, 2004 e 2005.

Pelo cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson, nas safras 2003 e 2004, foram encontradas correlações positivas entre população de *R. solani* no solo e densidade do solo obtendo-se coeficientes de 0,2635 e 0,2474, respectivamente.

Na safra 2004 foram verificadas correlações negativas entre população de *R. solani* e teores de potássio no solo e entre população de *Fusarium* spp. e teores de fósforo no solo com coeficientes de -0,3110 e -0,3367, respectivamente.

Nas safras 2004 e 2005 foram encontradas correlações positivas entre massa da matéria seca das leguminosas antecedentes e a população de *R. solani* com coeficientes de 0,4242 e 0,4453 respectivamente; e correlações negativas entre a massa da matéria seca das gramíneas antecedentes e a população de *R. solani* com coeficientes de -0,4681 e -0,3090, respectivamente.

Porcentagem de tombamento do feijoeiro. Na safra 2003 a média geral da porcentagem tombamento do feijão foi maior no plantio direto (33%) que no plantio convencional (20%) ( $P < 0,0087$ ). Não houve diferença entre culturas antecedentes ( $P < 0,0917$ ) (Tabela 4) e também não foi observada interação entre sistemas de cultivos e culturas antecedentes ( $P < 0,1822$ ) (Anexo 2).

Na safra 2004 não foram detectadas diferenças significativas entre culturas antecedentes ( $P < 0,4192$ ) (Tabela 4) e entre sistemas de plantio ( $P < 0,2099$ ) para a porcentagem de tombamento de feijão (Anexo 3).

Tabela 4. Porcentagem do tombamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) precedido por diferentes culturas em dois sistemas de plantio na safra 2003 e 2004.

Cultura antecedente	Safra 2003		Safra 2004	
	PD	PC	PD	PC
Crotalária	31 <sup>ns</sup>	22 <sup>ns</sup>	17 <sup>ns</sup>	20 <sup>ns</sup>
Guandú	32	20	17	23
Estilosantes	27	17	10	14
Braquiária	42	24	19	16
Braq. + milho	38	18	17	19
Milheto	35	14	17	19
Mombaca	35	22	21	22
Sorgo	23	20	14	24
MEDIA	33 B*	20 A	17 A	20 A
C.V. (%)	13,98		24,38	

<sup>ns</sup> diferenças não significativas na vertical (entre culturas antecedentes) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

\*médias seguidas de mesma letra na horizontal (dentro de cada safra) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Na safra 2005 houve interação significativa entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,0004$ ) (Figura 5) (Anexo 4). No plantio direto a porcentagem de tombamento foi menor quando o feijoeiro foi precedido por estilosantes (12%), guandú (13%), sorgo (14%) crotalária (15%) e milheto (16%) não diferindo de braquiária com milho (22%). O tombamento foi maior quando o feijoeiro foi precedido por mombaça (32%) e braquiária (31%) não diferindo de braquiária com milho. No plantio convencional não houve diferença estatística significativa entre as culturas antecedentes.

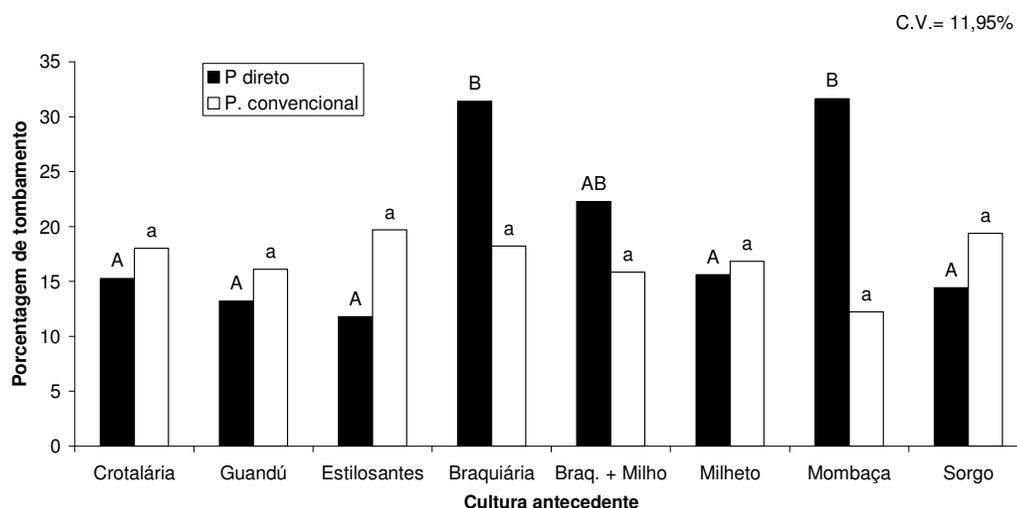


Figura 5. Porcentagem de tombamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em sucessão com gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio na safra 2005.

Médias seguidas pela mesma letra, dentro dos sistemas de plantio, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A análise conjunta das safras mostrou interações significativas entre safras e sistemas de plantio ( $P < 0,0233$ ). No plantio direto o tombamento de plântulas foi maior na safra 2003 que nas demais (Figura 6). Houve ainda interação entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,0011$ ). No sistema de plantio direto o tombamento de plântulas foi menor quando o feijoeiro foi precedido por estilosantes (12%) não diferindo de guandú, sorgo, crotalária, milheto e braquiária com milho. O tombamento foi maior quando o feijoeiro foi precedido por mombaça (32%) não diferindo de braquiária, braquiária com milho, milheto e crotalária (Figura 6).

No plantio convencional não foram detectadas diferenças no tombamento de plântulas entre as safras e nem entre culturas antecedentes.

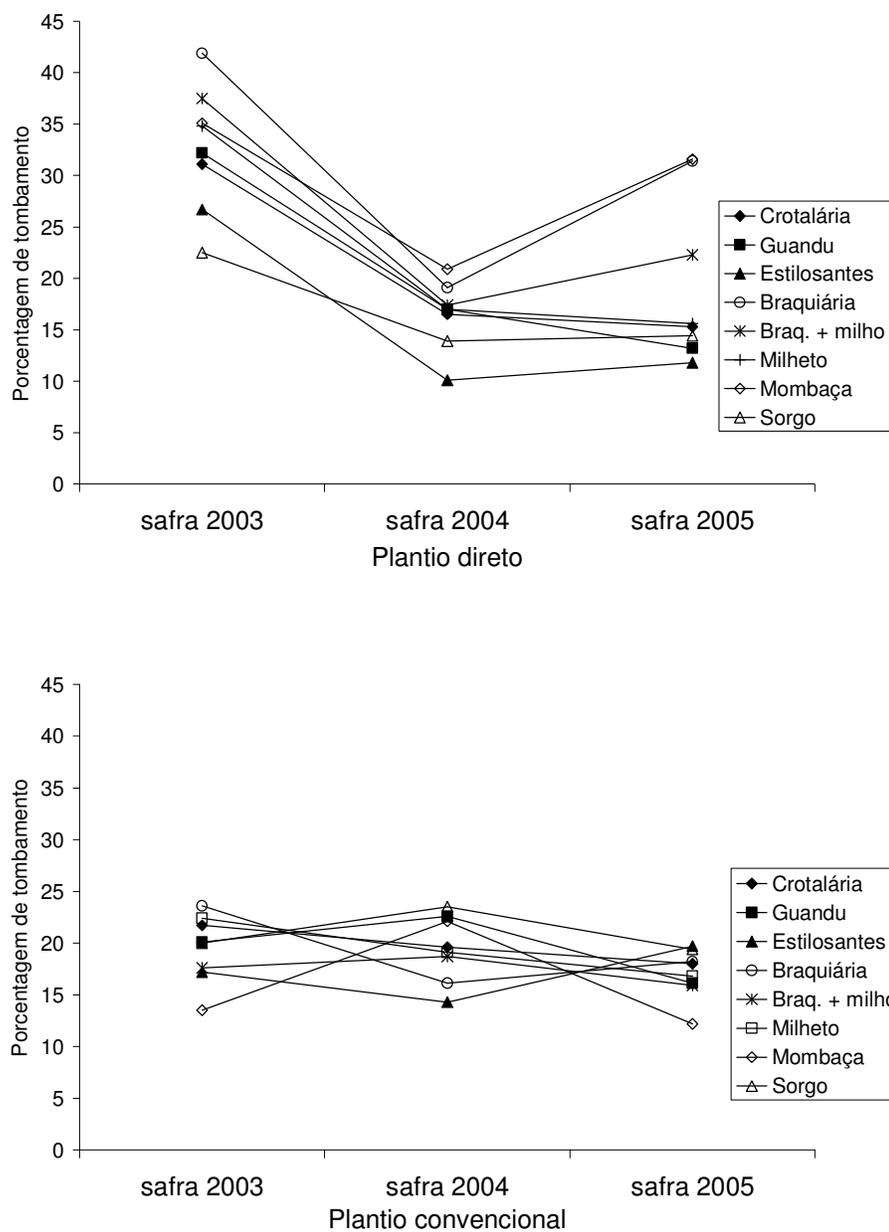


Figura 6. Porcentagem de tombarmento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em sucessão com gramíneas e leguminosas, em dois sistema de plantio nas safras 2003, 2004 e 2005.

Pelo cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson, nas safras 2003 e 2005, foram encontradas baixas correlações positivas entre o tombarmento do feijoeiro e as massas da matéria seca das culturas antecedentes com coeficientes de 0,2574 e 0,2577, respectivamente (Tabelas 6 e 8). As correlações foram maiores no sistema de plantio direto,

obtendo-se coeficientes de 0,3717 e 0,4928. Na safra 2003 foi encontrada ainda correlação positiva entre tombamento do feijoeiro e população de *R. solani* com coeficiente de 0,4484 (Tabela 6).

#### Severidade de podridão radicular.

##### **Podridão radicular incitada por *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (PRF)**

Na safra 2003 houve diferença estatística significativa entre culturas antecedentes para severidade de PRF ( $P < 0,0176$ ) (Figura 7-A). Não foram detectadas diferenças entre sistemas de plantio ( $P < 0,3078$ ) e interações significativas entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,0971$ ) (Anexo 2). Menores severidades de PRF foram observadas quando o feijoeiro foi precedido por braquiária (nota média 3,1) não diferindo de milho, braquiária com milho, estilosantes, sorgo e mombaça. Maiores severidades de PRF foram observadas após guandú e crotalária (nota média 3,7) não diferindo de milho, braquiária com milho, estilosantes, sorgo e mombaça.

Na safra 2005 foi detectada diferença estatística entre culturas antecedentes para severidade PRF ( $P < 0,0001$ ) (Figura 7-B). Não foram observadas diferenças entre sistemas de plantio ( $P < 0,4102$ ) e interações entre sistemas de plantio e sucessões de culturas ( $P < 0,0672$ ) (Anexo 4). Observou-se menor severidade PRF no feijoeiro precedido por braquiária (nota média 3,2) não diferindo de estilosantes e braquiária com milho; e maior severidade de PRF quando o feijoeiro foi precedido por milho (nota média 4,1) não diferindo de sorgo, mombaça, crotalária, guandú e braquiária com milho.

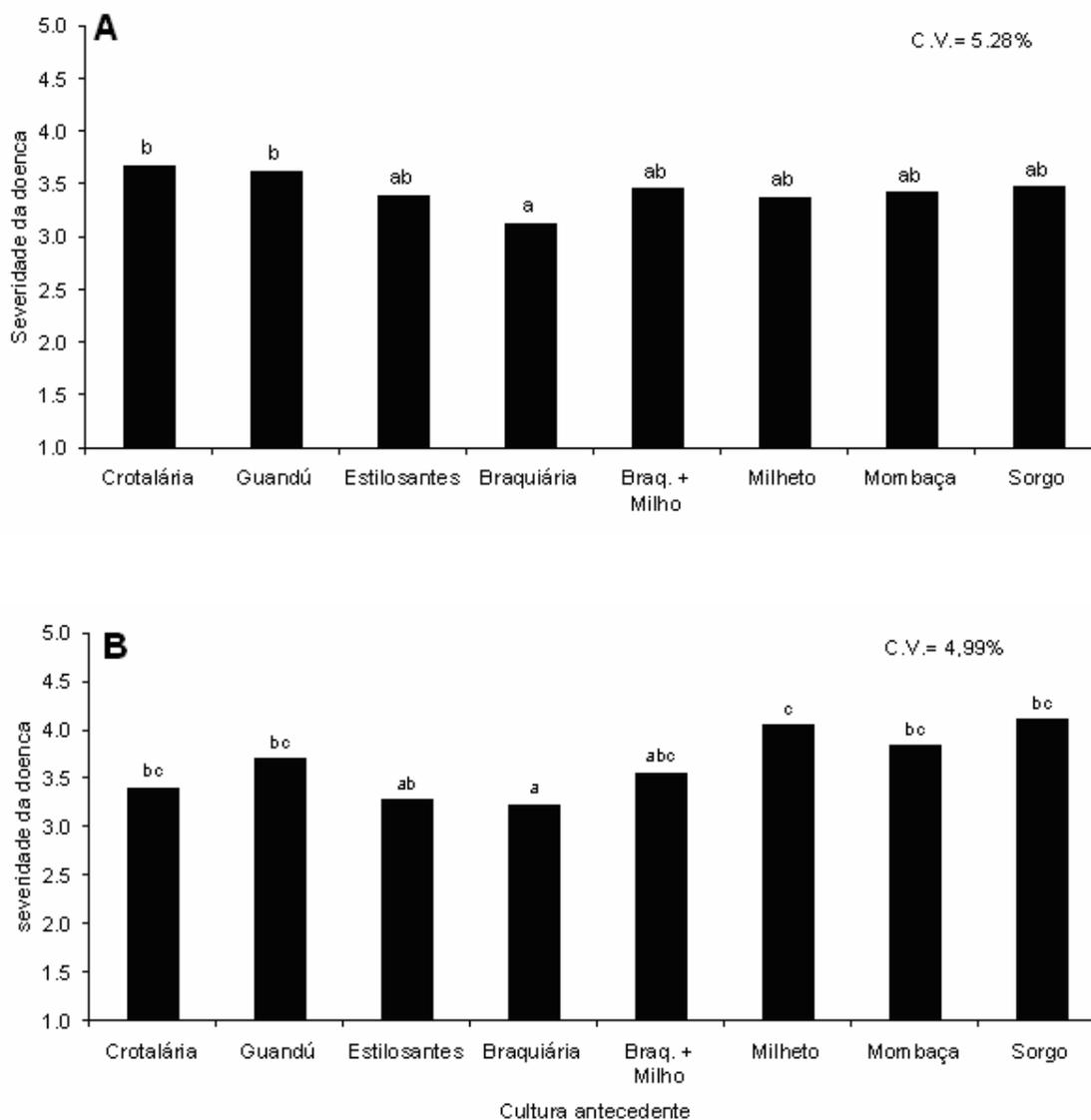


Figura 7. Severidade de podridão radicular incitada por *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em sucessão com gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio nas safras 2003 (A) e 2005 (B).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

### Podridão radicular incitada por *Rhizoctonia solani* (PRR)

Na safra 2003, houve interação significativa entre sistemas de plantio e culturas antecedentes para severidade de PRR ( $P < 0,0001$ ) (Figura 8-A) (Anexo 2). No plantio direto, menores severidades de PRR foram observadas quando o feijoeiro foi precedido por braquiária (nota média 1,5) e braquiária com milho não diferindo de sorgo e

mombaça; e maiores severidade de PRR quando o feijoeiro foi precedido por guandú (nota média 2,9) não diferindo de milho, crotalária e estilosantes. No plantio convencional, menores severidades de PRR foram observadas quando o feijoeiro foi precedido de braquiária com milho (nota média 1,5), braquiária, estilosantes e sorgo não diferindo de milho, crotalária e guandú; e maiores severidades de PRR quando o feijoeiro foi precedido por mombaça (nota média 2,4) não diferindo de milho, guandú e crotalária.

Na safra 2005, foram observadas diferenças entre sucessões de culturas para PRR ( $P < 0,0001$ ) (Figura 8-B). Não foram observadas diferenças entre sistemas de plantio ( $P < 0,0660$ ) e interações entre sistemas de plantio e sucessões de culturas ( $P < 0,1383$ ) (Anexo 4). Menores severidades de PRR foram observadas quando o feijoeiro foi precedido por braquiária em consórcio com milho (nota média 1,2) não diferindo de braquiária, guandú, mombaça e sorgo não diferindo de milho e estilosantes. Maiores severidades ocorreram quando o feijoeiro foi precedido por crotalária (nota média 1,6) não diferindo de estilosantes e milho.

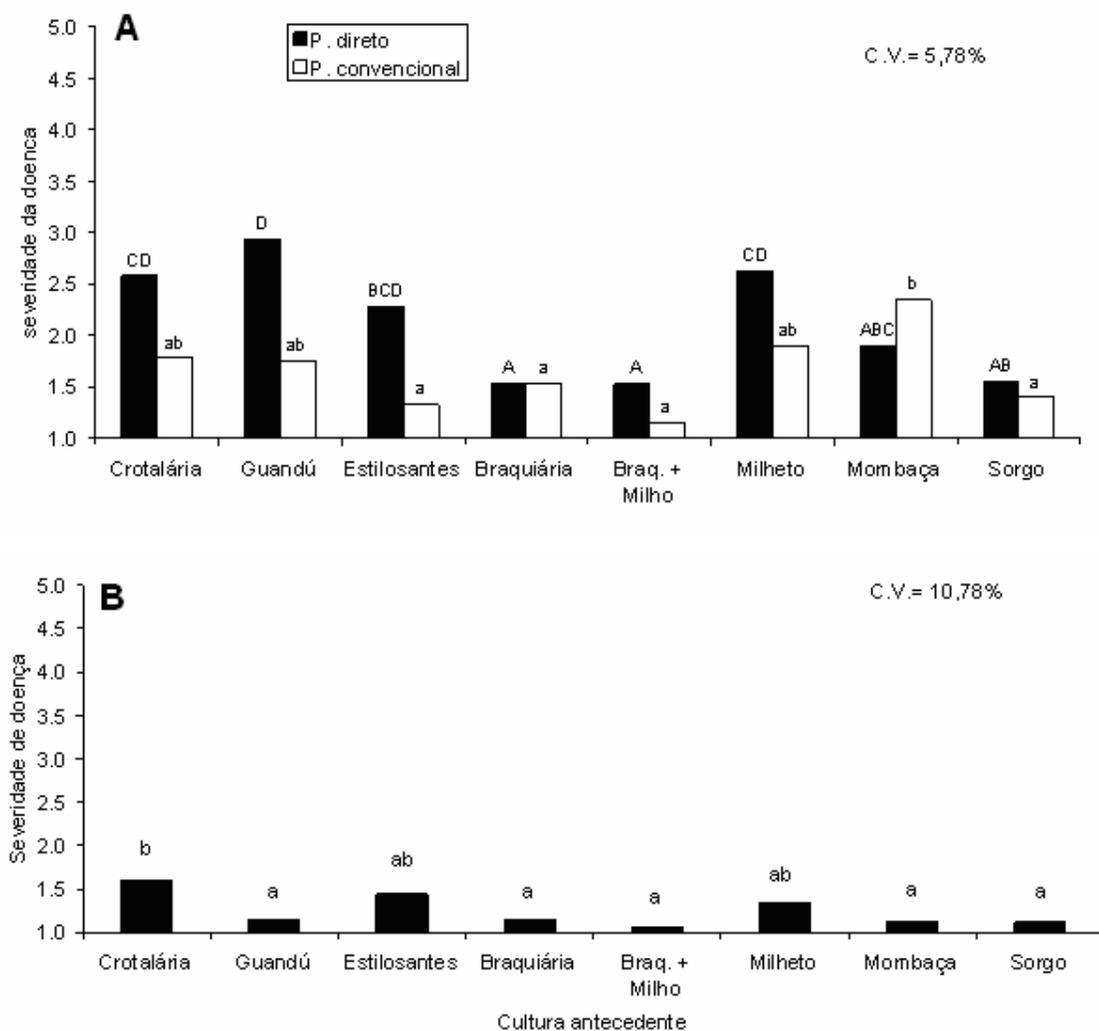


Figura 8. Severidade de podridão radicular incitada por *Rhizoctonia solani* no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em sucessão com gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio, nas safras 2003 (A) e 2004(B).

**A** Médias seguidas pela mesma letra, dentro dos sistemas de plantio, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

**B** Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

### Podridão radicular incitada pelo complexo *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e *Rhizoctonia solani*

Na safra 2004 houve interação entre sistemas de plantio e sucessões de culturas ( $P < 0,0180$ ) para podridão radicular causada pelo complexo *F. solani* f. sp. *phaseoli* e *R. solani* (Figura 9) (Anexo 3). No plantio direto não houve diferença estatística entre as culturas antecedentes. No plantio convencional a menor severidade de podridão radicular foi

verificada na sucessão braquiária (nota média 3,3) não diferindo de estilosantes, crotalária, guandú e braquiária com milho. Maior severidade foi observada quando o feijoeiro foi precedido por milho (nota média 4,2) não diferindo de mombaça, sorgo, braquiária com milho, crotalária e guandú.

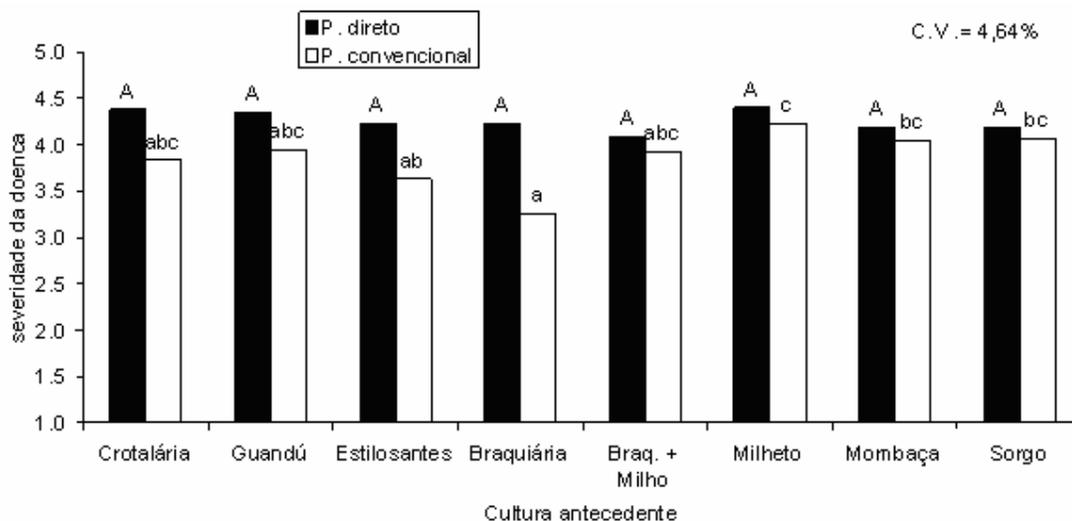


Figura 9. Severidade de podridão radicular, incitada por *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e por *Rhizoctonia solani*, do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em sucessão com gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio, na safra 2004.

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula no plantio direto e minúscula no plantio convencional, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

As estimativas da porcentagem de raízes de feijoeiro colonizadas por *R. solani* foram baixas em todas as culturas antecedentes (Tabela 5). Tanto plantio direto quanto no plantio convencional a menor taxa de colonização foi de 0% quando o feijoeiro foi precedido por braquiária. As maiores taxas foram no feijoeiro precedido por crotalária (38%) e guandú (33%) no plantio direto e por sorgo (33%) no plantio convencional.

As estimativas da porcentagem de raízes de feijoeiro colonizadas por *F. solani* f. sp. *phaseoli* foram sempre altas em todas as culturas antecedentes não apresentando diferenças estatísticas (Tabela 5).

Tabela 5. Plaqueamento, em meio de cultivo ágar-água, de raízes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), com sintomas de podridão radicular, em sucessão com gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio na safra 2004.

Cultura antecedente	<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i>		<i>Rhizoctonia solani</i>	
	PD	PC	PD	PC
Crotalária	78 <sup>ns</sup>	83 <sup>ns</sup>	38 b*	3 a
Guandú	93	89	33 b	25 ab
Estilosantes	90	91	23 ab	25 ab
Braquiária	100	94	0 a	0 a
Braq. + milho	85	88	18 ab	10 a
Milheto	85	89	18 ab	10 a
Mombaca	80	83	28 ab	5 a
Sorgo	98	91	8 ab	33 b
C.V. (%)	14,12		29,09	

<sup>ns</sup> Diferença não significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

\*Médias seguidas pela mesma letra, dentro dos sistemas de plantio, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A análise conjunta das safras (safra 2003 e safra 2005) para severidade de PRF mostrou diferença entre culturas antecedentes ( $P < 0,0001$ ) (Figura 10). Não foram observadas diferenças entre safras ( $P < 0,1188$ ), entre sistemas de plantio ( $P < 0,1153$ ), interações entre safra e sistemas de plantio ( $P < 0,9101$ ), interações entre safra e culturas antecedentes ( $P < 0,1491$ ), interações entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,0774$ ) e interações entre safra, sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,1101$ ). Menores severidades foram verificadas no feijoeiro precedido por braquiária não diferindo de estilosantes e braquiária com milho. As maiores severidades foram verificadas no feijoeiro em sucessão com mombaca, sorgo, milheto, guandú e crotalária.

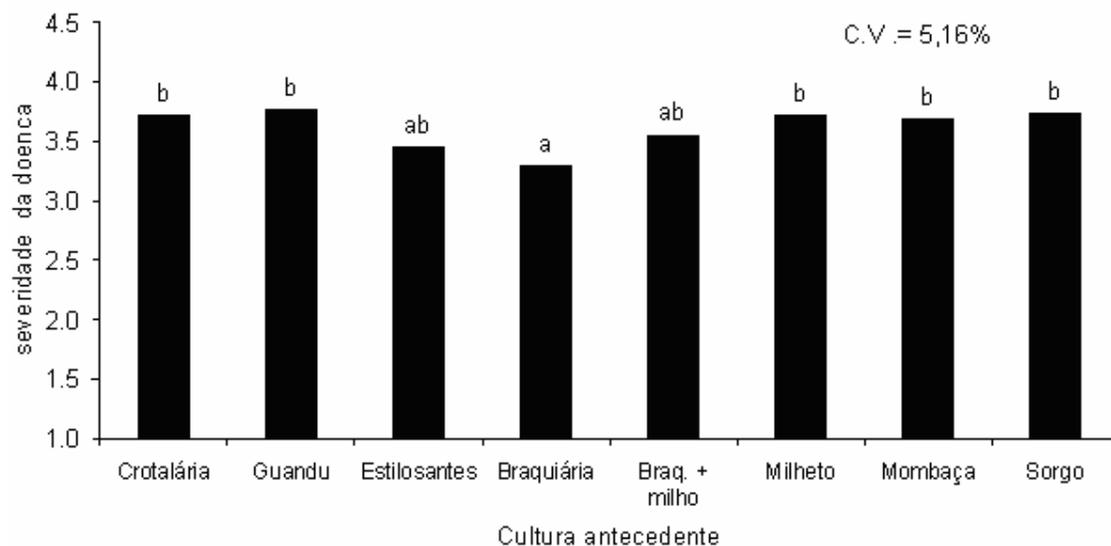


Figura 10. Severidades de podridão radicular, incitada por *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). Valores médios por cultura antecedente em dois sistemas de plantio nas safras 2003 e 2005.

Médias seguidas pela mesma letra entre culturas antecedentes não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A análise conjunta das safras (safra 2003 e safra 2005) para severidade de PRR mostrou interações significativas entre safras, sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,0093$ ). Houve diferenças entre safras ( $P < 0,0274$ ), sistemas de plantio ( $P < 0,0279$ ) e culturas antecedentes ( $P < 0,0001$ ). Tanto no plantio direto quanto no plantio convencional a severidade de PRR foi maior na safra 2003 que na safra 2005. Na safra 2003 a severidade foi maior no plantio direto e na safra 2005 não houve diferença entre os sistemas de plantio. De um modo geral as severidades foram menores nas sucessões braquiária em consórcio com milho, sorgo e braquiária e maiores nas sucessões crotalária, milheto, guandú, estilosantes e mombaça (Figura 11).

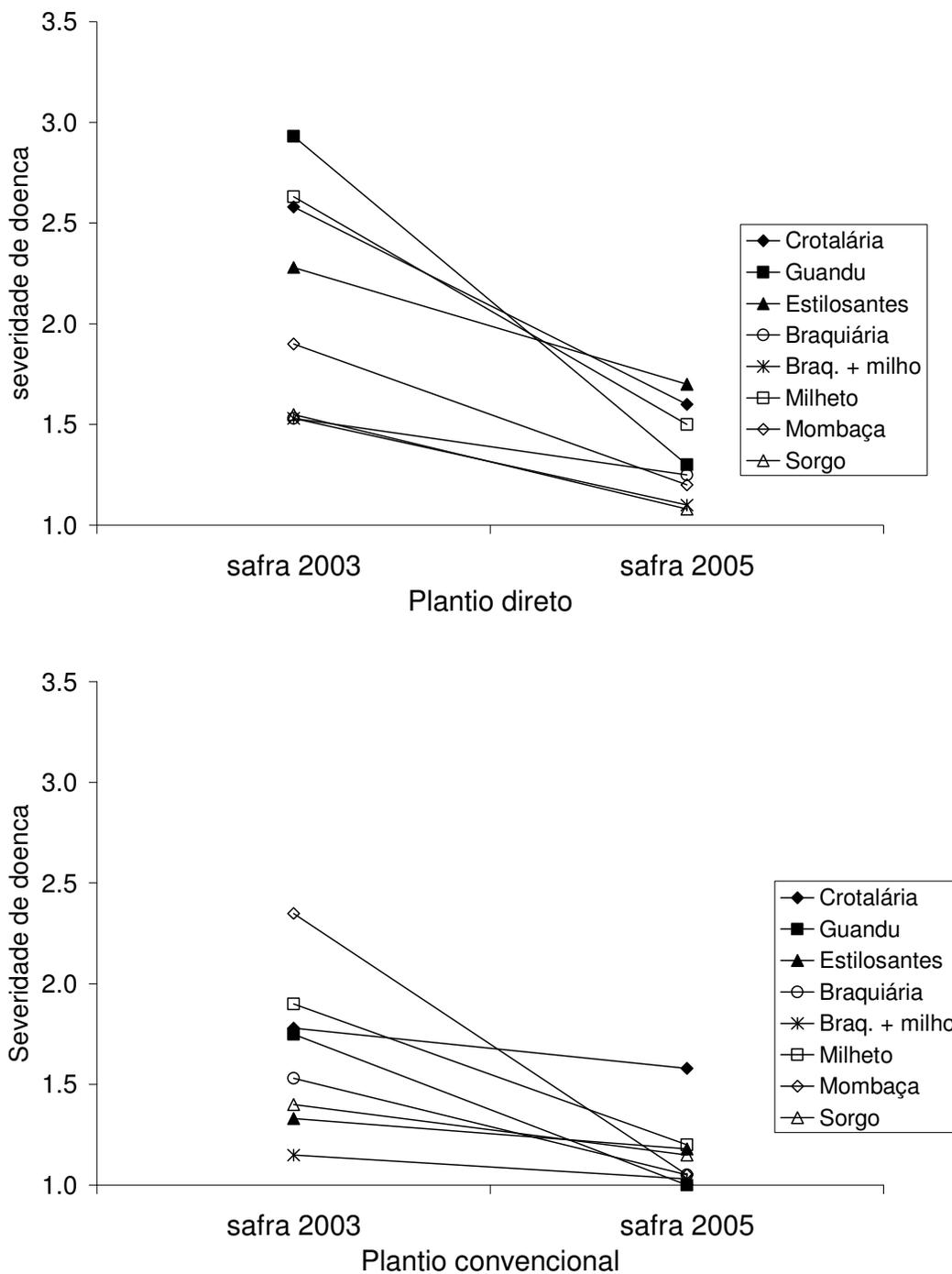


Figura 11. Severidades de podridão radicular, incitada por *Rhizoctonia solani*, do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em sucessão com gramíneas e leguminosas no plantio direto e convencional, nas safras 2003 e 2005.

Pelo cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson na safra 2003 foi verificada correlação positiva entre severidade de PRF e severidade de PRR com coeficiente

de 0,5672 (Tabela 6). Foram encontradas também correlações positivas entre severidade de PRF e entre severidade de PRR com a densidade do solo nas safras 2003 (com coeficientes de 0,2481 e 0,2452 respectivamente) (Tabela 6) e 2005 (com coeficientes de 0,2918 e 0,3663 respectivamente) (Tabela 8). Na safra 2005 foram ainda encontradas correlações positivas entre severidade de PRF e entre severidade de PRR com a atividade enzimática total (AET) do solo com coeficientes de 0,2613 e 0,2388 respectivamente; e correlação negativa entre severidade de PRR e teores de fósforo do solo com coeficiente de -0,4051 (Tabela 8).

#### Incidência de murcha-de-fusário.

Na safra 2003 não foram observadas diferenças entre sistemas de plantio ( $P < 0,1316$ ). Nas safras 2004 e 2005 a incidência de murcha-de-fusário (IMF) foi maior no plantio direto (33% e 50%) que no plantio convencional (23% e 35%) (safra 2004  $P < 0,0086$  e safra 2005  $P < 0,0047$ ) (Figura 12).

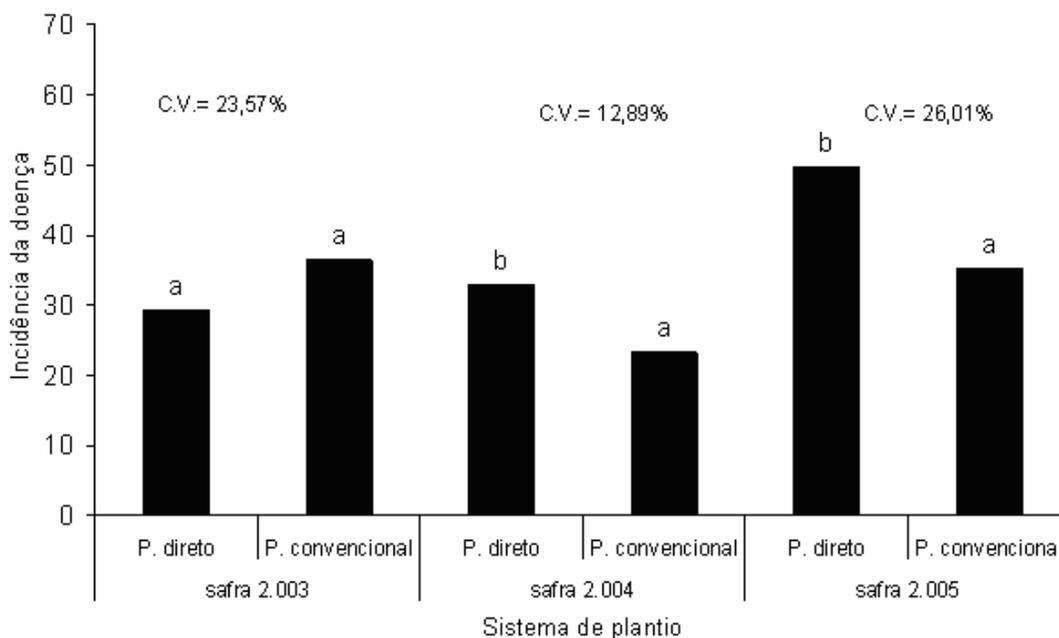


Figura 12. Incidência de murcha-de-fusário do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em sucessão a gramíneas e leguminosas em dois sistemas de plantio, nas safras 2003, 2004 e 2005.

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada safra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Em todas as safras houve diferenças entre culturas antecedentes (2003,  $P < 0,0306$ ; 2004,  $P < 0,0001$ ; 2005,  $P < 0,0001$ ) e não houve interação entre sistemas de cultivo e culturas antecedentes (2003,  $P < 0,9850$ ; 2004,  $P < 0,7593$ ; 2005,  $P < 0,7161$ ) (Anexos 2,3 e 4).

Na safra 2003 a IMF foi menor quando o feijoeiro foi precedido por milheto (18%) não diferindo de braquiária, braquiária com milho, crotalária guandú, estilosantes e mombaça; e foi maior quando precedido por sorgo (40%) não diferindo de braquiária, braquiária com milho, crotalária guandú, estilosantes e mombaça (Figura 13-A).

Na safra 2004 a IMF foi menor quando o feijoeiro foi precedido por milheto (17%) e braquiária não diferindo de braquiária com milho e mombaça; e foi maior quando o feijoeiro foi precedido por sorgo (53%) não diferindo de estilosantes, guandú, crotalária (Figura 13-B).

Na safra 2005 a IMF foi menor nas sucessões com braquiária (23%) e milheto não diferindo de braquiária com milho e mombaça. A murcha foi maior nas sucessões com crotalária (69%) não diferindo de guandú, estilosantes e sorgo (Figura 13-C).

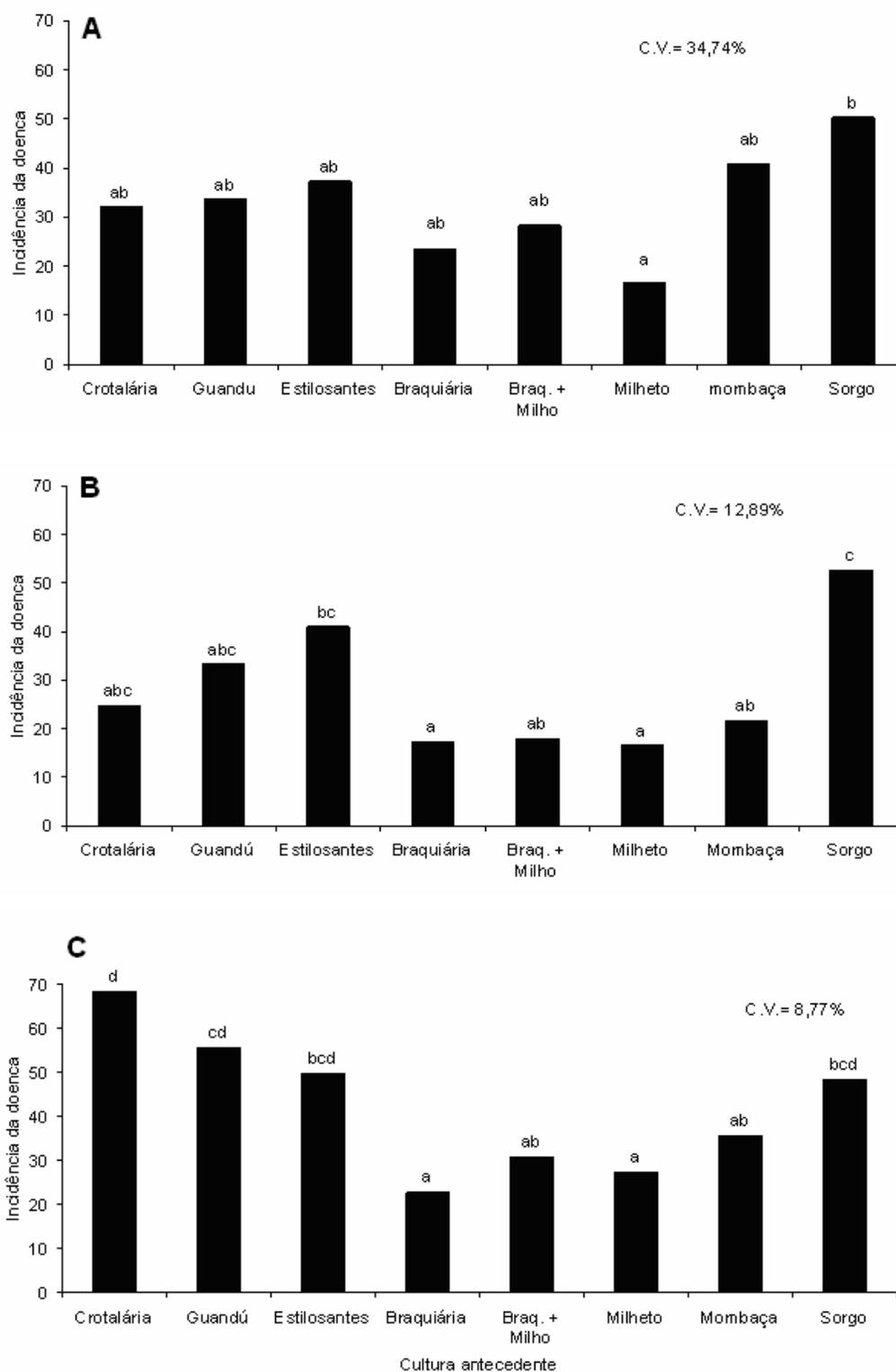


Figura 13. Incidência de murcha-de-fusário do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em sucessão a gramíneas e leguminosas. Valores médios por cultura antecedente em dois sistemas de cultivos, nas safras 2003 (A), 2004 (B) e 2005 (C).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A análise conjunta das safras revelou interação significativa entre safras e sistemas de plantio ( $P < 0,0202$ ) e interações entre safras e culturas antecedentes ( $P < 0,0506$ ). Não houve interação entre sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,8178$ ) e entre safras, sistemas de plantio e culturas antecedentes ( $P < 0,9855$ ). No sistema de plantio direto houve uma tendência de aumento na IMF em todas culturas antecedentes no decorrer das safras, sendo mais acentuada em crotalária, guandú e estilosantes. No plantio convencional o aumento foi observado apenas nas sucessões crotalária e guandú. O cultivo de sorgo em sucessão com feijoeiro foi em média, o tratamento que propiciou maior IMF nos dois sistemas de plantio (Figura 14).

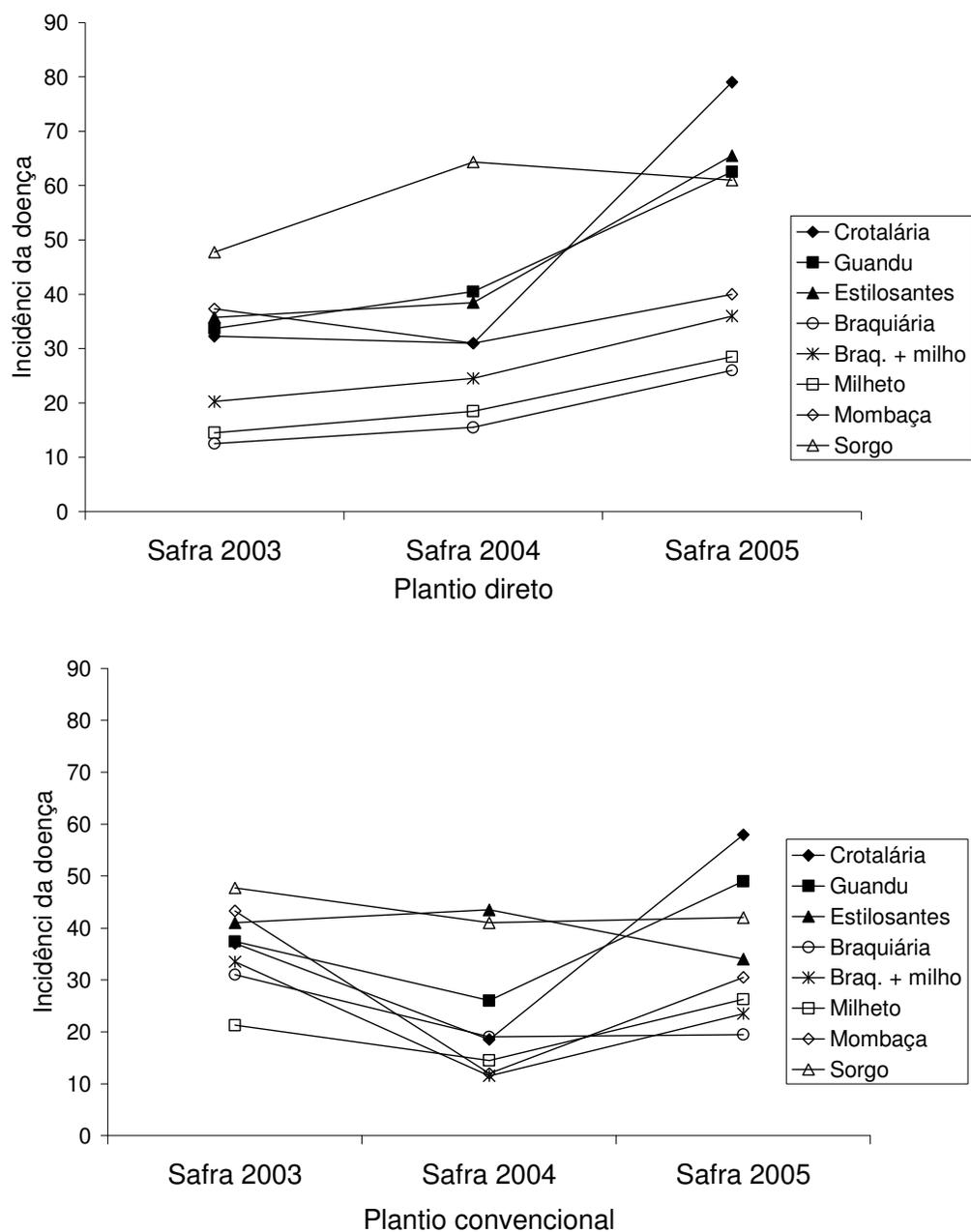


Figura 14. Incidência média de murcha-de-fusário do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em sucessão com gramíneas e leguminosas no sistema de plantio direto e convencional nas safras 2003, 2004 e 2005.

Pelo cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson na safra 2005 foi encontrada correlação positiva entre IMF e população de *Fusarium* spp. no solo com um coeficiente de 0,3758 (Tabela 8). Correlações positivas também foram verificadas na safra

2004, entre IMF e população de *R. solani* no solo e na safra 2005 entre IMF e severidade de PRR com coeficientes de 0,3521 e 0,2734, respectivamente (Tabelas 7 e 8). Nas safras 2004 e 2005 foram ainda encontradas correlações positivas entre IMF e densidade do solo com coeficientes de 0,2604 e 0,2775, respectivamente (Tabelas 7 e 8).

Nas safras 2003 e 2004 foram encontradas correlações negativas entre IMF e a produtividade, com coeficientes de -0,2766 e -0,3295 respectivamente (Tabelas 6 e 7). Na safra 2004 foram ainda encontradas correlações negativas entre IMF e teores de potássio no solo, entre IMF e massa da matéria seca das culturas antecedentes e entre IMF e matéria orgânica no solo com coeficientes de -0,3924, -0,4121 e -0,3277 respectivamente (Tabela 7).

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Pearson entre massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro (MMS, kg/ha), tombamento do feijoeiro (TF, %), podridão radicular de *Fusarium* no feijoeiro (PRF, severidade), podridão radicular de *Rhizoctonia* no feijoeiro (PRR, severidade), estimativa da população de *Rhizoctonia solani* no solo (Pop. R, % do resíduo orgânico colonizado), estimativa da população de *Fusarium* spp, no solo (Pop. F, n° de propágulos por grama de solo), incidência murcha-de-fusário do feijoeiro (MF, %), produtividade do feijoeiro (PF, kg/ha) e densidade do solo (DS, g/cm<sup>3</sup>) na safra 2003.

	TF	PRR	PRF	Pop. R	Pop. F	MF	PF	DS
MMS	0,2574*	-0,0672 <sup>ns</sup>	-0,1683 <sup>ns</sup>	-0,1400 <sup>ns</sup>	0,0183 <sup>ns</sup>	-0,1199 <sup>ns</sup>	0,2094 <sup>ns</sup>	0,0770 <sup>ns</sup>
TF		0,1419 <sup>ns</sup>	-0,1364 <sup>ns</sup>	0,4484*	-0,0663 <sup>ns</sup>	-0,2101 <sup>ns</sup>	-0,0759 <sup>ns</sup>	0,1560 <sup>ns</sup>
PRR			0,5672*	0,1653 <sup>ns</sup>	-0,1063 <sup>ns</sup>	-0,1805 <sup>ns</sup>	0,0841 <sup>ns</sup>	0,2452*
PRF				0,0204 <sup>ns</sup>	0,1663 <sup>ns</sup>	0,1661 <sup>ns</sup>	-0,0733 <sup>ns</sup>	0,2481*
Pop. R					0,1286 <sup>ns</sup>	-0,1207 <sup>ns</sup>	-0,0840 <sup>ns</sup>	0,2635*
Pop. F						0,1604 <sup>ns</sup>	-0,0352 <sup>ns</sup>	0,1303 <sup>ns</sup>
MF							-0,2766*	0,0286 <sup>ns</sup>
PF								-0,1713 <sup>ns</sup>

\* e <sup>ns</sup>: significativo e não significativo pelo teste de correlação de Pearson a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson entre massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro (MMS, kg/ha), tombamento do feijoeiro (TF, %), podridão radicular de *Fusarium* e *Rhizoctonia* no feijoeiro (PR, severidade), atividade enzimática total (AET, µg de FDA hidrolisado/ g de solo seco/mim), estimativa da população de *Rhizoctonia solani* no solo (Pop. R, % do resíduo orgânico colonizado), estimativa da população de *Fusarium* spp, no solo (Pop. F, nº de propágulos/g de solo), incidência de murcha-de-fusário do feijoeiro (MF, %), produtividade do feijoeiro (PF, kg/ha) e densidade do solo (DS, g/cm<sup>3</sup>), potencial de hidrogênio do solo (pH), cálcio do solo (Ca, cmol/dm<sup>3</sup>), fósforo do solo (P, ppm), potássio do solo (K, ppm) e matéria orgânica do solo (MO g/dm<sup>3</sup>) na safra 2004.

	TF	PR	AET	Pop. R	Pop. F	MF	PF	DS	pH	Ca	P	K	MO
MMS	0,0528 <sup>ns</sup>	-0,0747 <sup>ns</sup>	0,3013 <sup>*</sup>	-0,2327 <sup>ns</sup>	-0,0304 <sup>ns</sup>	-0,4121 <sup>*</sup>	0,3230 <sup>*</sup>	-0,1242 <sup>ns</sup>	0,3313 <sup>*</sup>	0,2292 <sup>*</sup>	0,0523 <sup>ns</sup>	0,6287 <sup>*</sup>	0,3168 <sup>*</sup>
TF		0,1476 <sup>ns</sup>	-0,1418 <sup>ns</sup>	0,0409 <sup>ns</sup>	-0,0078 <sup>ns</sup>	-0,0848 <sup>ns</sup>	0,1234 <sup>ns</sup>	-0,1205 <sup>ns</sup>	0,0983 <sup>ns</sup>	0,0674 <sup>ns</sup>	0,1058 <sup>ns</sup>	0,1716 <sup>ns</sup>	0,1285 <sup>ns</sup>
PR			0,2110 <sup>ns</sup>	0,0095 <sup>ns</sup>	0,1935 <sup>ns</sup>	0,1196 <sup>ns</sup>	-0,1743 <sup>ns</sup>	0,1819 <sup>ns</sup>	0,1057 <sup>ns</sup>	0,0624 <sup>ns</sup>	-0,0692 <sup>ns</sup>	0,0363 <sup>ns</sup>	0,0860 <sup>ns</sup>
AET				0,1144 <sup>ns</sup>	0,2048 <sup>ns</sup>	0,0191 <sup>s</sup>	-0,0231 <sup>ns</sup>	0,1762 <sup>ns</sup>	0,2505 <sup>*</sup>	0,1587 <sup>ns</sup>	-0,2929 <sup>*</sup>	0,0981 <sup>ns</sup>	-0,1328 <sup>ns</sup>
Pop. R					0,1790 <sup>ns</sup>	0,3521 <sup>*</sup>	0,0730 <sup>ns</sup>	0,2474 <sup>*</sup>	0,0492 <sup>ns</sup>	0,1835 <sup>ns</sup>	-0,2089 <sup>ns</sup>	-0,3110 <sup>*</sup>	-0,1049 <sup>ns</sup>
Pop. F						0,1784 <sup>ns</sup>	-0,0455 <sup>ns</sup>	-0,0168 <sup>ns</sup>	-0,0297 <sup>ns</sup>	0,1758 <sup>ns</sup>	-0,3367 <sup>*</sup>	-0,1874 <sup>ns</sup>	-0,0935 <sup>ns</sup>
MF							-0,3295 <sup>*</sup>	0,2604 <sup>*</sup>	-0,1139 <sup>ns</sup>	-0,1380 <sup>ns</sup>	-0,1425 <sup>ns</sup>	-0,3924 <sup>*</sup>	-0,3277 <sup>*</sup>
PF								-0,0353 <sup>ns</sup>	0,1659 <sup>ns</sup>	-0,2123 <sup>ns</sup>	0,1090 <sup>ns</sup>	0,4818 <sup>*</sup>	0,2378 <sup>ns</sup>

\* e <sup>ns</sup>: significativo e não significativo pelo teste de correlação de Pearson a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Tabela 8. Coeficientes de correlação de Pearson entre massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro (MMS, kg/ha), tombamento do feijoeiro (TF, %), podridão radicular de *Fusarium* no feijoeiro (PRF, severidade), podridão radicular de *Rhizoctonia* no feijoeiro (PRR, severidade), atividade enzimática total (AET, µg de FDA hidrolisado/ g de solo seco/mim), estimativa da população de *Rhizoctonia solani* no solo (Pop. R, % do resíduo orgânico colonizado), estimativa da população de *Fusarium* spp, no solo (Pop. F, nº de propágulos/g de solo), incidência de murcha-de-fusário do feijoeiro (MF, %), produtividade do feijoeiro (PF, kg/ha) e densidade do solo (DS, g/cm<sup>3</sup>), potencial de hidrogênio do solo (pH), cálcio do solo (Ca, cmol/dm<sup>3</sup>), fósforo do solo (P, ppm), potássio do solo (K, ppm) e matéria orgânica do solo (MO g/dm<sup>3</sup>) na safra 2005.

	TF	PRR	PRF	AET	Pop. R	Pop. F	MF	PF	DS	pH	Ca	P	K	MO
MMS	0,2577*	-0,1178 <sup>ns</sup>	-0,1465 <sup>ns</sup>	0,2662*	-0,1165 <sup>ns</sup>	-0,1428 <sup>ns</sup>	-0,0903 <sup>ns</sup>	-0,0711 <sup>ns</sup>	-0,0597 <sup>ns</sup>	0,1690 <sup>ns</sup>	0,0849 <sup>ns</sup>	0,0058 <sup>ns</sup>	-0,0475 <sup>ns</sup>	-0,0615 <sup>ns</sup>
TF		-0,0834 <sup>ns</sup>	-0,1677 <sup>ns</sup>	0,2900*	-0,0140 <sup>ns</sup>	-0,1522 <sup>ns</sup>	-0,2010 <sup>ns</sup>	-0,0517 <sup>ns</sup>	0,0407 <sup>ns</sup>	0,0853 <sup>ns</sup>	0,1007 <sup>ns</sup>	0,2803*	-0,0665 <sup>ns</sup>	0,1290 <sup>ns</sup>
PRR			0,1118 <sup>ns</sup>	0,2388*	0,0946 <sup>ns</sup>	0,1343 <sup>ns</sup>	0,2734*	-0,1274 <sup>ns</sup>	0,3663*	-0,1769 <sup>ns</sup>	0,0487 <sup>ns</sup>	-0,4051*	0,1694 <sup>ns</sup>	0,1231 <sup>ns</sup>
PRF				0,2613*	0,2218 <sup>ns</sup>	0,0197 <sup>ns</sup>	0,0517 <sup>ns</sup>	-0,0407 <sup>ns</sup>	0,2918*	0,0307 <sup>ns</sup>	0,0466 <sup>ns</sup>	0,2095 <sup>ns</sup>	-0,0027 <sup>ns</sup>	0,0460 <sup>ns</sup>
AET					0,1602 <sup>ns</sup>	0,1124 <sup>ns</sup>	0,1410 <sup>ns</sup>	-0,2448 <sup>ns</sup>	0,5840*	-0,0355 <sup>ns</sup>	0,0712 <sup>ns</sup>	-0,1233 <sup>ns</sup>	0,4022*	-0,1068 <sup>ns</sup>
Pop. R						0,3971*	0,2106 <sup>ns</sup>	0,1405 <sup>ns</sup>	0,1875 <sup>ns</sup>	-0,0703 <sup>ns</sup>	0,1707 <sup>ns</sup>	0,1369 <sup>ns</sup>	0,0601 <sup>ns</sup>	0,1293 <sup>ns</sup>
Pop. F							0,3758*	0,1277 <sup>ns</sup>	0,2089 <sup>ns</sup>	-0,1998 <sup>ns</sup>	0,0517 <sup>ns</sup>	-0,2129 <sup>ns</sup>	-0,1330 <sup>ns</sup>	0,1152 <sup>ns</sup>
MF								-0,0488 <sup>ns</sup>	0,2775*	-0,2021 <sup>ns</sup>	0,1908 <sup>ns</sup>	-0,0745 <sup>ns</sup>	-0,1137 <sup>ns</sup>	0,2258 <sup>ns</sup>
PF									-0,0955 <sup>ns</sup>	0,1104 <sup>ns</sup>	0,0705 <sup>ns</sup>	-0,0373 <sup>ns</sup>	-0,1693 <sup>ns</sup>	0,0084 <sup>ns</sup>

\* e <sup>ns</sup>: significativo e não significativo pelo teste de correlação de Pearson a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

## DISCUSSAO

### Populações de patógenos

De modo geral a população de *Fusarium* spp. foi maior no sistema de PD que no PC com exceção do cultivo anterior com braquiária nas safras 2003 e 2005. A população de *Rhizoctonia solani* foi também maior no PD que no PC com exceção do cultivo anterior com estilosantes na safra 2004. Deste modo, os experimentos consistentemente demonstraram, de uma forma quase geral, maior sobrevivência de *Fusarium* spp. e de *R. solani* no solo cultivado sob PD com gramíneas ou leguminosas do que sob o PC. Esses resultados são corroborados por Davey & Papavizas (1960 e 1963) e Papavizas & Davey (1960) que constataram maior atividade saprofítica de *R. solani* em solo sem a incorporação de resíduos orgânicos do que em solos incorporados com resíduos orgânicos. Segundo Zambolim *et al.* (2000) possivelmente isso ocorre devido ao fato de os resíduos deixados na superfície do solo decompor-se mais lentamente do que os resíduos incorporados, propiciando assim maior disponibilidade de tempo para aumentar a população de patógenos.

No decorrer das safras no PD observaram-se aumentos na população de *Fusarium* quando as culturas antecedentes foram crotalária, guandú e milho. No PC aumentos na população ocorreram quando as culturas antecedentes foram crotalária, guandú e estilosantes. Portanto, independente do sistema de cultivo, de modo geral, os resíduos de leguminosas favorecem o aumento da população de *Fusarium*. Hall & Phillips (1992) relataram que a dinâmica da população de *F. solani* f. sp. *phaseoli* no solo depende do efeito de seqüências de culturas e da chuva sobre efeito da atividade parasítica do patógeno. Esses autores relataram que em parcelas onde não cultivam o feijoeiro o número de unidades formadoras de colônia de *F. solani* f. sp. *phaseoli* por grama de solo foi abaixo de 50, enquanto que nas parcelas onde foi cultivado anualmente e a cada três anos (em rotação com soja e milho) foi de 660 e 475 respectivamente.

Correlações positivas para leguminosas e negativas para as gramíneas, entre massa da matéria seca das culturas antecedentes e população de *R. solani*, indicam fortemente que resíduos vegetais de leguminosas aumentam enquanto que resíduos de gramíneas diminuem a população de *R. solani* no solo. Um dos fatores que provavelmente contribui para esse resultado é a relação C:N das culturas que normalmente é maior para as gramíneas e menor para as leguminosas. Segundo Papavizas & Davey (1961) e Davey & Papavizas (1963) *R. solani* tem sua atividade saprofítica no solo suprimida por resíduos com alta relação C:N. Segundo Fenile & Sousa (1999) resíduos com baixa relação C:N como torta de mamona favorecem o desenvolvimento de *R. solani* aumentando o seu potencial de inóculo no solo.

Resultados desse trabalho comprovam a importância da composição dos resíduos orgânicos produzidos pelas culturas utilizadas em sucessões, que esses influenciam a microbiota do solo e no controle natural de *R. solani* e tem implicações práticas imediatas ao subsidiarem a tomada de decisão dos produtores quanto as culturas a serem utilizadas em sucessão ao feijoeiro. Claramente, o plantio de leguminosas no verão deve ser evitado no sistema de produção de feijoeiro irrigado no inverno.

#### Tombamento do feijoeiro

De modo geral não foram detectadas diferenças consistentes no tombamento do feijoeiro entre os sistemas de plantio direto e convencional. A maior porcentagem de tombamento observada no PD apenas na primeira safra (2003) pode ser explicada pelas maiores populações de *R. solani* observadas na mesma safra e confirmada pela correlação positiva encontrada entre tombamento do feijoeiro e população de *R. solani*. Essas correlações indicam que a colonização das plântulas com *R. solani* deve ser um dos fatores responsáveis pelo tombamento de pré-emergência.

No plantio convencional não foram detectadas diferenças no tombamento entre as safras e nem entre culturas antecedentes. No PD o tombamento foi menor quando o feijoeiro foi precedido por estilosantes, guandú, sorgo, crotalária, milho e braquiária com

milho e maior quando o feijoeiro foi precedido por mombaça, braquiária, braquiária com milho, milheto e crotalaria. As análises de correlação efetuadas mostraram associações entre as quantidades de massa de matéria seca produzidas por essas culturas e o tombamento do feijoeiro com coeficientes ainda maiores no PD. Essas correlações mostram que quanto maiores quantidades de massa da matéria seca produzida pela cultura antecedente maiores porcentagens de tombamento ocorrerão no feijoeiro, sendo maior esse efeito no plantio direto. O tombamento observado no feijoeiro em sucessão com culturas que produzem altas quantidades de massa da matéria seca é provavelmente devido a uma mais lenta germinação tornando as plântulas mais suscetíveis aos patógenos. Esse fato já foi observado por Costamilan *et al.* (1999) que relataram que, no sul do Brasil, no sistema de plantio direto, condições de alta umidade no solo favorecem a ocorrência de doenças radiculares em feijão. Segundo esses autores, a diminuição da temperatura do solo pode causar retardamento da germinação e redução da taxa de desenvolvimento de plântulas, principalmente no plantio em época fria. Esses processos favorecem o tombamento e as doenças de raízes induzidas por patógenos de solo, como *Fusarium* spp. e *R. solani*.

#### Podridão radicular

Na safra 2003 a severidade de podridão radicular por *R. solani* (PRR) foi maior no PD e na safra 2005 não houve diferença entre os sistemas de plantio. As severidades foram menores quando o feijoeiro foi precedido por braquiária em consórcio com milho, sorgo e braquiária e maiores nas sucessões crotalaria, milheto, guandú, estilosantes e mombaça. De modo geral os resultados desse trabalho são análogos aos de Ghini & Zaroni (2001) no que se refere a maior supressividade à *R. solani* após pastagem.

As severidades de podridão radicular por *F. solani* f. sp. *phaseoli* (PRF) foram menores nas sucessões com braquiária, estilosantes e braquiária com milho e maiores nas sucessões com mombaça, sorgo, milheto, guandú e crotalaria e não foram influenciadas pelo sistema de plantio.

Os resultados conjuntos de podridão radicular obtidos nesse trabalho permitem concluir que braquiárias podem ser utilizadas em sucessões ou rotações de cultivo com feijoeiro para reduzir a severidade de PRR e PRF. Embora Costa & Rava (2003) já recomendassem os sistemas de integração lavoura-pecuária, com destaque especial para *Brachiaria*, para a redução de populações de *F. solani* e de *R. solani* no solo e no conseqüente controle de podridões radiculares do feijoeiro, os resultados aqui apresentados são os primeiros dados experimentais de pesquisa quantificando o efeito favorável de sucessão com braquiárias e outras gramíneas.

A correlação positiva entre severidade de PRF e severidade de PRR encontrada na safra 2003 indica que o ferimento nas raízes provocado pela infecção por *Rhizoctonia* pode facilitar a colonização por *F. solani* f. sp. *phaseoli*. Esse fato foi comprovado por Toledo-Souza (2005) e é discutido em detalhe no trabalho em anexo nesta tese.

Correlações positivas entre severidade de PRR com a densidade do solo demonstram que a compactação do solo aumenta a PRR no feijoeiro. Burke (1965, 1966 e 1968) também demonstrou que *F. solani* f. sp. *phaseoli* não pode infectar raízes saudáveis de feijão, infecções são mais severas quando as raízes estão lesionadas ou seu crescimento está restringido por outras causas. A podridão radicular por FSP é um exemplo de doença agravada pela presença de solo compactado (Burke *et al.*, 1972).

De acordo com Vieira e Paula Júnior (1998) em geral, cultivares com grãos pretos são mais tolerantes a infecção por *R. solani* nas raízes e nas sementes. Já com relação a *F. solani* a resistência está associada a cultivares de sementes pequenas, a maturação tardia e ao crescimento indeterminado. As baixas severidades de podridão radicular por *R. solani* encontradas neste trabalho, pode ser devida a menor suscetibilidade da cv. Valente (grupo preto) utilizada nos experimentos.

### Murcha-de-fusário

Nas safras 2004 e 2005 a incidência de murcha-de-fusário (IMF) foi maior no PD que no PC. A compactação do solo pode ser um dos fatores que predispõem o aumento da incidência de murcha. Essa hipótese é apoiada pelas correlações positivas encontradas entre incidência de MF e densidade do solo nas safras 2004 e 2005.

Menores IMF foram verificadas nas sucessões com milheto, braquiária, braquiária com milho e mombaça. Maiores IMF foram verificadas nas sucessões com sorgo, estilosantes, crotalaria e guandú. Observou-se um aumento na IMF e na população de *Fusarium* spp. no decorrer das safras quando o feijoeiro foi cultivado após crotalaria e guandú. Esses resultados são apoiados pelas análises de correlação positivas e crescentes, entre IMF e população de *Fusarium* spp. no solo, de uma safra para outra. Esse aumento nos coeficientes de correlação no decorrer das safras mostra um aumento da incidência de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* (FOP) nas colônias de *Fusarium* spp. quantificadas. Esse aumento deve ter ocorrido devido à utilização nos experimentos da cultivar Valente (suscetível à murcha-de-fusário) após o cultivo de Pérola, cultivada antes da instalação do experimento, (resistente a murcha-de-fusário, segundo Sala *et al.*, 2001).

Dhingra & Coelho Neto (1999) observaram que lablab (*Dolichos lablab*), feijão-lima (*Phaseolus lunatus*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiforme*) e caupi (*Vigna unguolata*) são plantas hospedeiras alternativas de FOP e podem contribuir para sua persistência no solo e assim como aumentar a incidência de murcha em feijoeiro. Raízes de guandú (*Cajanus cajan*), de soja (*Glycine max*) e de *Crotalaria spectabilis* apresentam média colonização de FOP; e raízes de sorgo (*Sorghum bicolor*), de *Crotalaria juncea*, de arroz (*Oryza sativa*) e de milho (*Zea mays*) apresentam baixa colonização de FOP, indicando que essas espécies podem reduzir a população do patógeno no solo e, assim recomendam sua utilização em esquemas de rotação com feijoeiro em áreas infestadas com FOP. Os resultados obtidos no presente trabalho diferem parcialmente de

Dhingra & Coelho Neto (1999) no que se refere ao efeito do cultivo do sorgo, pois mostram que o plantio do feijoeiro após o sorgo propiciou elevadas incidências de murcha desde a primeira até a última safra. Portanto o sorgo, crotalária, guandú e estilosantes não devem ser indicados seja em sucessão ou rotação com o feijoeiro em áreas com IMF. Além de serem hospedeiros de *FOP*, essas espécies produzem baixa quantidade de massa da matéria seca, o que parece ser um dos fatores que propiciam a maior incidência da doença no feijoeiro. Isso pode ser comprovado pelas correlações negativas encontradas, na safra 2004, entre IMF e massa da matéria seca das culturas antecedentes e entre IMF e matéria orgânica no solo.

Dentre as culturas antecedentes avaliadas nesse trabalho, milheto, braquiária, braquiária com milho e mombaça podem ser adotadas em esquemas de rotação/sucessão com feijoeiro, em plantio convencional, para controle de murcha-de-fusário. Estudo conduzido por Costa *et al.* (1999b) demonstrou que foram necessários quatro anos de rotação com milho sem a cultura do feijoeiro para que se obtivesse redução significativa da murcha provocada por *FOP*.

Correlações positivas encontradas entre IMF e população de *R. solani* no solo e entre IMF e severidade de PRR demonstram mais uma vez que *Fusarium* é um patógeno que, para provocar danos dependente de lesões provocadas por outros patógenos.

Observaram-se correlações negativas entre IMF do feijoeiro e potássio no solo, não sendo observadas correlações com os demais parâmetros químicos do solo analisados. Eloy *et al.* (1994) relataram que murcha-de-fusário do caupi, causada por *F. oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*, em solos supressivos, decresceu a medida que o pH aumentou. Machado *et al.* (2003) observaram uma correlação negativa entre a IMF do tomateiro e o teor de Ca no solo. A IMF pode influenciar a produtividade do feijoeiro, uma vez que foram observadas correlações negativas entre essas duas variáveis nas duas primeiras safras estudadas (2003 e 2004). Ito (2004) também observou, em experimentos de campo, correlações negativas entre IMF e produtividade do feijoeiro.

Os resultados obtidos no presente trabalho mostraram que as populações de *Fusarium* spp. e de *R. solani* foram beneficiadas com o sistema PD. Populações de *R. solani* aumentaram com o cultivo das leguminosas e diminuíram com o cultivo das gramíneas estudadas. Maiores IMF foram observadas no sistema PD em relação ao PC. Maiores IMF corresponderam às menores produtividades do feijoeiro. Cultivo prévio de braquiária foi eficiente no controle de PRR, de PRF e de MF, portanto deve ser utilizada em sucessão ou rotação em áreas cultivadas com feijoeiro que apresentem problemas de podridões radiculares e de murcha-de-fusário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.S. **Controle de plantas daninhas em plantio direto**. Londrina: IAPAR, 1991. 34p.
- ANDERSON, T.H.& DOMSCH, K.H. Application of ecophysiological quotient ( $qCO_2$  and  $Dq$ ) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry** 22: 251-255, 1990.
- BAATH, E. Effects of heavy metals in soil on microbial process and population (a review). **Water, Air, and Soil Pollution** 47: 335-379, 1989.
- BALBINO, L.C., MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G.; OLIVEIRA, E.F. & OLIVEIRA, I.P. Plantio Direto. In: ARAÚJO, R.S. *et al.* (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996, 301-352.
- BLAKE, G.R.& HARTGE, K.H. Bulk density. In: Klute, A. (ed.) **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. Madison: ASA-SSSA, 1986. p.363-375.
- BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils** 19: 269-279, 1995.
- BURKE, D.W. The near immobility of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* in natural soils. **Phytopathology** 55: 1188-1190, 1965.
- BURKE, D.W. predidposition of bean plants to *Fusarium* root rot. **Phytopathology** 56: 872(Abstr.), 1966.
- BURKE, D.W. Root growt obstructions and *Fusarium* root rot of beans. **Phytopathology** 58: 1575-1576, 1968.
- BURKE, D.W.; MILLER, D.E.; HOLMES, L.D. & BARKER, A.W. Counteracting bean root rot by loosening the soil. **Phytopathology** 62: 306-309, 1972.
- CAMARGO, A.O. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.
- CANALLI, L.B. **Boletim Informativo da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha** 17, jul./set., 2004, p.1.

- CARDOSO, J.E. Controle de patógenos de solo na cultura do feijão. p. 45-50. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS NA CULTURA DO FEIJOEIRO, 4, Campinas, SP. **Anais**. 1991.
- CHUNG, Y.R.; HOITINK, H.A.H.; DICK, W.A.& HERR, L.J. Effects of organic-matter decomposition level and cellulose amendment on the inoculum potential of *Rhizoctonia solani* in hardwood bark media. **Phytopathology** 78: 836-840. 1988.
- COSTA, J.L. da S. & RAVA, C.A. Influencia da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSLI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2003. p.523-533.
- COSTA, H.; ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; VALE, F.X.R. & ARAÚJO, G.A.A. Resistência de genótipos de feijão a murcha de *Fusarium*. In: REUNIAO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO 6, 1.999a, Salvador, BA. **Resumos Expandidos**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999a. 231-233.
- COSTA, H.; ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; VALE, F.X.R.; ARAÚJO, G.A.A. & SILVA, M.B. Efeito de rotação de cultura na incidência da murcha de *Fusarium* do feijoeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO 6, 1.999b, Salvador, BA. **Resumos Expandidos**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999b. 170-172.
- COSTAMILAN, L.M. **O sistema plantio direto e as doenças de soja e de feijão na Região Sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 9p. html. 21 ilust. (Embrapa Trigo. Documentos Online 1). Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_do01.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do01.htm) (Abril de 2006).
- COSTAMILAN, L.M.; LHAMBY, J.C.B.& BONATO, E.R. Sobrevivência de fungos necrotróficos em restos de cultura de soja, em sistema de plantio direto. **Fitopatologia Brasileira** 24(2): 175-177, 1999.
- DHINGRA, O.D. & COELHO NETO, R.A. Reservoir and non-reservoir host of bean-wilt pathogen, *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. **J. Phytopathology** 149: 463-467, 2001.

- DAVEY, C.B. & PAPAVIDAS, G.C. Effect of dry mature plant materials and nitrogen on *Rhizoctonia solani* in soil. **Phytopathology** 50:522-525. 1.960.
- DAVEY, C.B. & PAPAVIDAS, G.C. Saprophytic activity of *Rhizoctonia* as affected by the carbon-nitrogen balance of certain organic soil amendments. **Soil Science Society of America** 27: 164-167, 1963.
- DENARDIN, J. & KOCHHANN, R. Sistemas de produção em PD. **A Granja** 55(605):45-47, 1999.
- Diário Oficial da União (D.O.U.) Seção 1, nº3, terça-feira, 6 de Janeiro de 2004. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/LEGISLACA/O/PUBLICACOES\\_DOU/PUBLICACOES\\_DOU\\_2004.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/LEGISLACA/O/PUBLICACOES_DOU/PUBLICACOES_DOU_2004.PDF). (Abril de 2006).
- DIAS JÚNIOR, M.S. Compactação do solo. In: Novais, R.F.; Alvarez., V.H. & Shaefer, C.E.G.R. **Tópicos em Ciência do Solo** 1: 55-94, 2000.
- DICK, R.P. Soil enzyme assays as indicators of soil quality. In: Doran, J.W.L.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. (Ed.). Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society of America** 35: 107-124. 1994.
- DOURADO NETO, D. & ITO, M.A. Panorama atual da cultura do feijão. In: DIA DE CAMPO DE FEIJÃO (21: 2005:Capão Bonito, SP) **Anais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2005. p. 5-12.
- ELOY, A.P.; MICHEREFF, J.S.; NASCIMENTO, C.W.A.; LARANJEIRA, D. & BORGES, M.A.S. Natureza da supressividade de solo a murcha-de-fusário do caupi e dinâmica populacional de *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*. **Summa Phytopathologica**: 30(2): 209-218, 2004.
- FEBRAPDP, **Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha**, 2006. <http://www.febrapdp.org.br/>. (Abril de 2006).
- FENILE, R.C. & SOUSA, N.L. Efeitos de materiais orgânicos e da umidade do solo na patogenicidade de *Rhizoctonia solani* Kunh GA-4 HGI ao feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 10: 1959-1967, 1999.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Disponível em: <http://apps.fao.org>. (Abril de 2006).

- GHINI, R. & ZARONI, M.M.H. Relação entre coberturas vegetais e supressividade de solos a *Rhizoctonia solani*. **Fitopatologia Brasileira** 26: 10-15, 2001.
- GILLER, K.E.; WITTER, E.& MCGRATH, S.P. Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial process in agricultural soils: a review. **Soil Biology and Biochemistry** 30: 1389-1414, 1998.
- HALL, R. & PHILLIPS, L.G. Effects of crop sequence and rainfall on population dynamics of *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* in soil. **Canadian Journal of Botany** 70: 2005-2008, 1992.
- HOITINK, H.A.J. & BOEHM, M.J. Interactions between organic matter decomposition level, biocontrol agents and plant pathogens in soilborne disease. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS DE PLANTAS 4, 1991, Campinas. **Anais**. Campinas: Emopi, 1991. p.63-77.
- HUBER, D.M.& WATSON, R.D. Effect of organic amendment on soil- born plant pathogens. **Phytopathology** 60: 22-26, 1970.
- ITO, M.A. **Patogenicidade de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*, adubação nitrogenada e produtividade do feijão**. Piracicaba, 2004. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004
- JOHNSON, L.F. & CURL, E.A. **Methods for Research on the Ecology of Soilborne Plant Pathogens**. Burgess Publishing Company Minneapolis. 247p. 1972.
- KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A. & ANDREWS, S. S. Soil quality: why and how? **Geoderma** 114(3/4): 145-156. 2003.
- KLUTHCOUSKI, J. & AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSLI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2003. p.408-441.
- KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I.P. de; COSTA, J.L. da S.; SILVA, J.G. da; VILELA L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé – Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consorcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas**

- direto e convencional.** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).
- KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I.P. de; YOKOYAMA, L.P.; DUTRA, L.G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A.E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de; GUIMARAES, C. M.; GOMIDE, J. de C.; BALBINO, L.C. Sistema barreirão: recuperación/renovación de pasturas degradadas utilizando cultivos anuales. In: GUIMARAES, E. P.; SANS, J.I.; RAO, I.M.; AMÉZQUITA, M.C.; AMÉZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles em sabanas tropicales de América Latina.** Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 195-231.
- LANDERS, J.N. & FREITAS, P.L. Preservação da vegetação nativa nos trópicos brasileiros por incentivos econômicos aos sistemas de integração lavoura x pecuária com plantio direto. In: SIPOSIO SOBRE ECONOMIA E ECOLOGIA, 2001, Belém, PA **Anais...** Belém, 2001. X-XX.
- MACHADO, A.L.M.; MICHEREFFF, S.J.; LARANJEIRA, D.; DUDA, G.P.; NASCIMENTO, C.W.A.; NASCIMENTO, R.S.M.P. & RODRIGUES, J.J.V. Caracterização de solos do Agreste de Pernambuco quanto a supressividade a murcha-de-fusário do tomateiro. **Summa Phytopathologica** 30: 271-276, 2004.
- NASH, S.M. & SNYDER, W.C. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the beans root rot *Fusarium* in field soil. **Phytopathology** 56(6): 567-572. 1962.
- PAPAVIZAS, G.C. & DAVEY, C.B. *Rhizoctonia* disease of bean as affected by decomposing green plant materials and associated microfloras. **Phytopathology** 50: 516-522. 1960.
- PAPAVIZAS, G.C. & DAVEY, C.B. Saprophytic behavior of *Rhizoctonia* in soil. **Phytopathology** 51: 693-699. 1961.
- PAPAVIZAS, G.C. & DAVEY, C.B. Isolation and patogenicity of *Rhizoctonia solani* saprophytically existing in soil. **Phytopathology** 52: 834-840. 1962.
- PAULA JUNIOR, J.; VIEIRA, R.F. & ZAMBOLIM, L. M. **Informe Agropecuário** 25 (223): 99-112, 2004.

- PEREIRA, G.V. & YOKOYAMA, L.P. Produção e uso de sementes de feijão no estado de Goiás. In: REUNIAO ANUAL DE PESQUISA DE FEIJAO, 6., 1999, Salvador, BA. **Resumos Expandidos**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 580-583.
- RAVA, C.A.; SARTORATO, A. & COSTA, J.G.C. da. Reação de genótipos de feijoeiro comum ao *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* em casa de vegetação. **Fitopatologia bras.** 21: 296-300. 1996.
- REIS, E.M. & CASA, R.T. Controle de doenças fúngicas na cultura do milho em plantio direto no sul do Brasil. In: Borges, G. & Borges, L.D. (Eds). Seminário sobre tecnologia de produção e comercialização do milho. **Resumos de palestras**. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. 2000. 62-71.
- REIS, E.M. & CASA, R.T. **Manual de identificação e controle de doenças de milho**. Passo Fundo. Editora Aldeia Norte, 1996. 78p.
- REIS, E.M. & FORCELINI, C.A. Controle Cultural. In: Bergamim Filho, A., Kimati, H., Amorim, A. **Manual de Fitopatologia**, 1: Princípios e Conceitos, 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. 710-716.
- RODRÍGUEZ-KABANA, R. & CALVET, C. Capacidad del suelo para controlar enfermedades de origen edafico. **Fitopatologia Brasileira** 19(2): 129-138. 1994.
- SÁ, J.C.M. A intimidade do processo. Por que não lavrar nem gradear o solo? **Revista Plantio Direto**, 60: 20-21, 2000.
- SALA, G.M.; ITO, M.F. & CARBONELL, S.A.M. Reação de cultivares de feijoeiro comum, recomendadas para o estado de São Paulo, a raças de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. **Summa Phytopathologica** 27: 425-428. 2001.
- SANO, E.E.; BARCELOS, A. de O. & BEZERRA, H.S. **Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no cerrado brasileiro**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 21 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 3).

- SARTORATO, A. & RAVA, C.A. Murcha ou amarelecimento de *Fusarium*. In: Sartorato, A. & Rava, C.A. (Eds). **Principais Doenças do Feijoeiro Comum e seu Controle**. Brasília. EMBRAPA-SPI. 1994. 175-190.
- SARTORATO, A.; RAVA, C.A. & YOKOYAMA, M. **Principais doenças e pragas do feijoeiro comum no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1987. 53 p.
- SHOONHOVEN, A. Van, & PASTOR-CORRALES, M.A. **Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol**. CIAT. Cali, Colômbia.1987. 53p.
- SCHNÜRER, J. & ROSSWALL, T. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. **Applied and Environmental Microbiology** 43: 1256-1261. 1982.
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.de S.; GRISI, B.M.; HUNGRIA, M. & ARAÚJO, R. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília : EMRAPA-SPI, 1994. 142p.
- SNEH, B.; JABAJI-HARE, S.; NEATE, S.; DIJST, G. ***Rhizoctonia* species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1996. 578 p.
- TOLEDO-SOUZA, E.D.; COSTA, G.R.; LOBO JÚNIOR, M. & CAFÉ FILHO, A.C. Efeito da densidade de inóculo e interações entre *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e de *Rhizoctonia solani* na severidade de podridão radicular do feijoeiro. In: Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão 8(1), 2005, Goiânia, GO. **Anais / CONAFE, VIII**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005.174-177.
- TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. & SÁ, J.C.M. Propriedades físicas dos solos sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 22: 3001-309. 1998.
- TURCO, R. F. & BLUME, E. Indicators of soil quality. In: SIQUEIRA, J. O; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. G. R.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Org.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS ; Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 529-549.

- VIEIRA, R.F. & PAULA JÚNIOR T.J. Semente: veículo de disseminação de patógenos. In: VIEIRA, R.F.; PAULA JÚNIOR T.J. & BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no estado de Minas**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p.451-505.
- WEINHOLD, A.R. Population of *Rhizoctonia solani* in agricultural soils determined by a screening procedure. **Phytopathology** 67: 566-569, 1977.
- ZAMBOLIM, L., CASA, R.T. & REIS, E.M. Sistema plantio direto e doenças em plantas. **Fitopatologia Brasileira** 25:585-595. 2000.
- ZAMBOLIM, L.; CASA, R.T.; REIS, E.M. Manejo integrado de doenças em plantio direto, **Informe Agropecuário** 22(208): 73-83.2001.
- ZIMMERMANN, F.J.P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402 p.

Anexo 1. Esquema da análise de variância com as causas de variação e graus de liberdade.

Causa de variação	Graus de liberdade
Bloco	3
Sistema de plantio	1
Erro A	3
Culturas antecedentes	7
Erro B	21
Sistema de plantio X culturas antecedentes	7
Erro C	21
Total	63

Anexo 2. Quadrados médios para massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro (MMS), estimativa da população de *Fusarium* spp. no solo (Pop. F), estimativa da população de *Rhizoctonia solani* no solo (Pop. R), tombamento do feijoeiro (TF), podridão radicular de *Fusarium* no feijoeiro (PRF), podridão radicular de *Rhizoctonia* no feijoeiro (PRR), murcha-de-fusário do feijoeiro (MF), densidade do solo (DS) e produtividade do feijoeiro (PF) na safra 2003.

Variáveis	Bloco <sup>1</sup>	Sist. de plantio	C. antecedentes	Sist.de plantio x C. antecedentes	Resíduo
MMS	3302066,0714	720040337,5000	-	-	69343387,5000
Pop. F	25,0421*	28,1945*	5,0078*	2,0703*	0,8468
Pop. R	0,8609*	17,2381*	0,5738*	0,3431 <sup>ns</sup>	0,1931
TF	1,9478 <sup>ns</sup>	23,8344*	0,9094 <sup>ns</sup>	0,7299 <sup>ns</sup>	0,4756
PRF	0,0084 <sup>ns</sup>	0,0162*	0,0077*	0,0055 <sup>ns</sup>	0,0032
PRR	0,0332 <sup>ns</sup>	0,0981*	0,0287*	0,0155*	0,0035
MF	29,3252*	6,8835 <sup>ns</sup>	8,8158*	0,6867 <sup>ns</sup>	3,5283
DS	0,0064*	0,2268*	0,0035 <sup>ns</sup>	0,0034 <sup>ns</sup>	0,0072
PF	1357264,2240*	7594847,0156*	2086707,8549*	203441,3370 <sup>ns</sup>	394209,3698

<sup>1</sup>Graus de liberdade: bloco=3; sistemas de plantio=1; culturas antecedentes=7; sist, de plantio x culturas antecedentes=7.

\* e <sup>ns</sup>: significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Anexo 3. Quadrados médios para massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro (MMS), estimativa da população de *Fusarium* spp, no solo (Pop. F), estimativa da população de *Rhizoctonia solani* no solo (Pop. R), tombamento do feijoeiro (TF), podridão radicular do feijoeiro (PR), murcha-de-fusário do feijoeiro (MF), densidade do solo (DS), produtividade do feijoeiro (PF), potencial de hidrogênio do solo (pH), cálcio do solo (Ca), fósforo do solo (P), potássio do solo (K) e matéria orgânica do solo (MO) na safra 2004.

Variáveis	Bloco <sup>1</sup>	Sist. de plantio	C. antecedentes	Sist. de plantio x C. antecedentes	Resíduo
MMS	17578,1250 <sup>ns</sup>		54104006,6964 <sup>*</sup>		5973768,6012
Pop. F	1,3166 <sup>ns</sup>	30,2922 <sup>*</sup>	7,1487 <sup>*</sup>	1,3351 <sup>ns</sup>	0,9436
Pop. R	1,5228 <sup>ns</sup>	3,2986 <sup>ns</sup>	0,9390 <sup>*</sup>	0,3198 <sup>ns</sup>	0,1781
TF	0,3874 <sup>ns</sup>	3,4475 <sup>ns</sup>	1,1103 <sup>ns</sup>	0,4171 <sup>ns</sup>	1,0688
PR	0,0146 <sup>ns</sup>	0,0485 <sup>ns</sup>	0,0064 <sup>*</sup>	0,0062 <sup>*</sup>	0,0026
AET	328,5446 <sup>ns</sup>	7735,1905 <sup>*</sup>	269,5278 <sup>*</sup>	74,5617 <sup>ns</sup>	44,7139
MF	1,5381 <sup>ns</sup>	16,3043 <sup>*</sup>	12,2204 <sup>*</sup>	1,2648 <sup>ns</sup>	2,1393
DS	0,0252 <sup>ns</sup>	0,0380 <sup>ns</sup>	0,0157 <sup>ns</sup>	0,0088 <sup>ns</sup>	0,0076
PF	518563,7500 <sup>ns</sup>	9229444,0000 <sup>*</sup>	338450,5714 <sup>ns</sup>	548313,8214 <sup>*</sup>	169129,3988
pH	0,0489 <sup>*</sup>	0,4064 <sup>*</sup>	0,2246 <sup>*</sup>	0,0646 <sup>*</sup>	0,0270
Ca	56,6763 <sup>ns</sup>	27,0400 <sup>ns</sup>	78,5393 <sup>*</sup>	22,7007 <sup>ns</sup>	17,5096
P	7,7231 <sup>ns</sup>	251,6189 <sup>ns</sup>	68,2889 <sup>ns</sup>	27,4896 <sup>ns</sup>	46,4341
K	2144,4740 <sup>ns</sup>	1491,8906 <sup>ns</sup>	7139,1942 <sup>*</sup>	303,1406 <sup>ns</sup>	741,3519
M.O.	5,1250 <sup>*</sup>	4,0000 <sup>ns</sup>	2,1786 <sup>*</sup>	1,8571 <sup>*</sup>	0,8274

<sup>1</sup>Graus de liberdade: bloco=3; sistemas de plantio=1; culturas antecedentes=7; sist. de plantio x culturas antecedentes=7.

\* e <sup>ns</sup>: significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Anexo 4. Quadrados médios para massa da matéria seca das culturas antecedentes ao feijoeiro (MMS), estimativa da população de *Fusarium* spp, no solo (Pop. F), estimativa da população de *Rhizoctonia solani* no solo (Pop. R), tombamento do feijoeiro (TF), podridão radicular de *Fusarium* no feijoeiro (PRF), podridão radicular de *Rhizoctonia* no feijoeiro (PRR), murcha-de-fusário do feijoeiro (MF), densidade do solo (DS), produtividade do feijoeiro (PF), potencial de hidrogênio do solo (pH), cálcio do solo (Ca), fósforo do solo (P), potássio do solo (K) e matéria orgânica do solo (MO) na safra 2005.

Variáveis	Bloco	Sist. de plantio	C. antecedentes	Sist. de plantio x C. antecedentes	Resíduo
MMS	27194661,4583 <sup>*</sup>		45024720,9821 <sup>*</sup>		8422220,9821
Pop. F	15,2915 <sup>ns</sup>	13,9317 <sup>ns</sup>	34,5143 <sup>*</sup>	3,1613 <sup>ns</sup>	3,2382
Pop. R	0,2872 <sup>ns</sup>	3,8851 <sup>ns</sup>	1,3035 <sup>*</sup>	0,5321 <sup>*</sup>	0,1827
TF	1,3324 <sup>ns</sup>	0,6678 <sup>ns</sup>	0,9757 <sup>ns</sup>	2,2253 <sup>*</sup>	0,4726
PRF	0,0097 <sup>ns</sup>	0,0097 <sup>ns</sup>	0,0168 <sup>*</sup>	0,0055 <sup>ns</sup>	0,0029
PRR	0,0145 <sup>ns</sup>	0,0660 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>*</sup>	0,1383 <sup>ns</sup>	0,0037
AET	1437,6485 <sup>ns</sup>	18308,9844 <sup>*</sup>	2162,4526 <sup>*</sup>	382,1413 <sup>ns</sup>	244,7097
MF	1,3356 <sup>ns</sup>	18,2459 <sup>*</sup>	11,3386 <sup>*</sup>	0,6554 <sup>ns</sup>	1,0159
DS	0,0013 <sup>ns</sup>	0,2256	0,0076 <sup>ns</sup>	0,0053 <sup>ns</sup>	0,0040
PF	237737,1455 <sup>ns</sup>	14884067,5502 <sup>*</sup>	247167,7525 <sup>ns</sup>	144608,4015 <sup>ns</sup>	163463,8356
pH	0,0389 <sup>ns</sup>	0,0039 <sup>ns</sup>	0,1677 <sup>*</sup>	0,0425 <sup>ns</sup>	0,0332
Ca	0,1122 <sup>ns</sup>	0,5023 <sup>ns</sup>	0,4176 <sup>*</sup>	0,1352 <sup>ns</sup>	0,17789
P	93,4947 <sup>ns</sup>	1366,2264 <sup>ns</sup>	388,7334 <sup>*</sup>	122,1293 <sup>ns</sup>	118,0070
K	2680,2708 <sup>ns</sup>	24964,0000 <sup>*</sup>	3765,8125 <sup>*</sup>	2751,7500 <sup>*</sup>	763,5907
M.O.	0,7240 <sup>ns</sup>	0,1406 <sup>ns</sup>	1,1763 <sup>ns</sup>	1,1049 <sup>ns</sup>	0,7716

<sup>1</sup>Graus de liberdade: bloco=3; sistemas de plantio=1; culturas antecedentes=7; sist. de plantio x culturas antecedentes=7.

\* e <sup>ns</sup>: significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

## Anexo 5

### RESUMO

Toledo-Souza, E.D. de. **Efeito da densidade de inóculo e das interações entre *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e de *Rhizoctonia solani* na severidade de podridão radicular do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. [Effects of the inoculum density and the interactions between *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* and of *Rhizoctonia solani* in the severity root rot of the dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.)]. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – p.88-100. Instituto de Biologia, Departamento de Fitopatologia, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2006.

O presente trabalho objetivou estudar o efeito da densidade de inóculo de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e de *Rhizoctonia solani* e de suas interações na severidade de podridão radicular e na massa da matéria seca do feijoeiro. Solo em vasos foi infestado por sementes de sorgo colonizadas com *R. solani* (*Rs*) nas quantidades de 0,00; 0,06; 0,12; 0,25; 0,50 e 1,00g por 1,4kg de solo (capacidade do vaso). Para *F. solani* f. sp. *phaseoli* (*Fs*) utilizaram-se as doses 0; 1; 2; 4; 8 e 16g por 1,4kg de solo. A densidade utilizada para inoculação conjunta foi a mesma da utilizada quando inoculados separadamente: 0g de *Rs* + 0g de *Fs*; 0,06g de *Rs* + 1g de *Fs*; 0,12g de *Rs* + 2g de *Fs*; 0,25g de *Rs* + 4g de *Fs*; 0,5g de *Rs* + 8g de *Fs* e 1g de *Rs* + 16g de *Fs* por 1,4kg de solo. A relação entre a densidade de inóculo de *F. solani* f. sp. *phaseoli* e a severidade de podridão radicular seguiu um ajuste polinomial quadrático ( $y = -0,2171x^2 + 1,8011x - 0,264$ ), onde a severidade máxima foi obtida quando infestada 8g de inóculo (correspondendo a 14% dos tecidos do hipocótilo e da raiz lesionados); para *R. solani* seguiu um ajuste logarítmico ( $y = 4,5863\text{Ln}(x) + 0,771$ ), onde a severidade máxima foi obtida quando infestada 1g do inóculo (correspondendo a 67% dos tecidos do hipocótilo e da raiz lesionados); quando os patógenos foram infestados conjuntamente a severidade de *R. solani* ainda seguiu o ajuste logarítmico, mas a menores taxas ( $y = 1,8338\text{Ln}(x) + 1,2425$ ), com maior severidade em infestação de 1g de *Rs* + 16g de

*Fs* (correspondendo a 22% dos tecidos do hipocótilo e da raiz lesionados); quando os dois patógenos foram infestados conjuntamente, a severidade de *F. solani* f. sp. *phaseoli* seguiu um ajuste polinomial quadrático, mas a maiores taxas ( $y = -0,1557x^2 + 1,8717x - 0,336$ ), onde a maior severidade foi obtida a 1g de *Rs* + 16g de *Fs* (correspondendo a 37% dos tecidos do hipocótilo e da raiz lesionados). Os resultados indicaram que *R. solani* atuou como um estimulador para a expressão de sintomas de *Fs* enquanto que *F. solani* f. sp. *phaseoli* agiu como inibidor da expressão dos sintomas de *Rs*. Foram observadas correlações negativas entre a densidade de inóculo e massa da matéria seca de plantas.

Palavras-chave: fungo de solo, doenças do feijão, infestação do solo.

**ABSTRACT**

Toledo-Souza. E.D. de. **Effects of the inoculum density and the interactions between *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* and of *Rhizoctonia solani* in the severity root rot of the dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.).** [Efeito da densidade de inóculo e das interações entre *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e de *Rhizoctonia solani* na severidade de podridão radicular do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ]. Thesis (Doctorate in Phytopathology) – p.88-100. Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Brazil, 2006.

This study reports the effects of inoculum densities of two bean pathogens, *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (*Fs*) and *Rhizoctonia solani* (*Rs*) and their interactions, on the severity of bean root rots. Soil was infested by the addition of 0.00; 0.06; 0.12; 0.25; 0.50 and 1.00g of *R. solani*-colonized sorghum grain per 1.4 Kg of soil (pot capacity). For *F. solani* f. sp. *phaseoli* (*Fs*) the following doses were used: 0; 1; 2; 4; 8 and 16g per 1.4 Kg of soil. Corresponding quantities were used for the interaction studies: 0g *Rs* + 0g *Fs*; 0.06g *Rs* + 1g *Fs*; 0.12g *Rs* + 2g *Fs*; 0.25g *Rs* + 4g de *Fs*; 0.5g *Rs* + 8g *Fs* e 1g *Rs* + 16g *Fs* per 1.4kg de solo. The relationship between inoculum density of *F. solani* f. sp. *phaseoli* (*x*) and bean root rot severity (*y*) conformed to a polynomial quadratic fit ( $y = -0.2171x^2 + 1.8011x - 0.264$ ), with maximum severity achieved with 8g of inoculum (corresponding to 14% of lesioned root/hypocotyl tissue); for *R. solani* the best fit was logarithmic ( $y = 4.5863\text{Ln}(x) + 0.771$ ), with maximum severity achieved with 1g of inoculum (corresponding to 67% lesioned root/hypocotyl tissue); when both pathogens were inoculated jointly, the severity of *R. solani* root rot still increased logarithmic, but at a slower pace ( $y = 1.8338\text{Ln}(x) + 1.2425$ ), with maximum severity with 1g *Rs* + 16g *Fs* (22% lesioned root/hypocotyl tissue); in joint inoculation, severity of *Fs* still followed a polynomial quadratic fit, but at a higher rate ( $y = -0.1557x^2 + 1.8717x - 0.336$ ), with maximum severity achieved with 1g *Rs* + 16g *Fs* (37% lesioned root/hypocotyl tissue). Overall results indicated that *R. solani* acted as aggravant for

symptom expression by *Fs*, while *Fusarium solani f. sp. phaseoli* acted as an inhibitor for symptom expression by *R. solani*. Negative correlations were observed between inoculum densities and bean plant dry masses.

Key words: soil fungi, bean disease, soil infestation.

## INTRODUÇÃO

As doenças causadas por fungos de solo constituem um complexo etiológico, sendo responsáveis pelas maiores perdas de produtividade nas áreas irrigadas do Sudeste e Centro Oeste do Brasil (Cardoso, 1991). As podridões mais comumente encontradas nessas regiões são incitadas por *Rhizoctonia solani* Kuhn (teleomorfo *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk) e por *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. f. sp. *phaseoli* (Burkholder) (teleomorfo *Nectria hematococca* Berk. & Br.). De acordo com Cardoso & Costa (1988) estes fitopatógenos ocorrem tanto isoladamente como em associação sinérgica. *R. solani* é um fungo necrotrófico, habitante do solo que ataca grande número de espécies vegetais. Em feijoeiro *R. solani* pode induzir diferentes sintomas incluindo tombamento de pré- ou pós-emergência, podridão de raízes e colo e podridão de vagens. *F. solani* f. sp. *phaseoli* ocorre em praticamente todas as regiões produtoras de feijão no Brasil. Segundo Phillips (1989) a capacidade de um isolado de *R. solani* causar tombamento pré-emergente não é necessariamente relacionada a capacidade em causar podridão radicular. Colonização saprofítica da semente e tombamento pré-emergente surge de propágulos na espermofera, enquanto dependendo do isolado, a podridão do hipocótilo e raiz ocorre devido a propágulos na rizosfera ou rizoplano. Os principais efeitos das podridões radiculares do feijoeiro, causadas por *R. solani* e *F. solani* f. sp. *phaseoli*, incluem a redução do estande e do vigor das plântulas e conseqüente perda na produtividade da cultura (Cardoso, 1994). O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito da densidade de inóculo de *R. solani* e *F. solani* f. sp. *phaseoli* na intensidade de podridão radicular do feijoeiro bem como a interação entre esses fitopatógenos na expressão da doença.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação na Embrapa Arroz e Feijão. Para obtenção dos inóculos, colônias de *Rhizoctonia solani* (isolado Rs 47) e de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (isolado Fs 15) da coleção da Embrapa Arroz e Feijão foram

cultivados separadamente em meio batata-dextrose-agar + tetraciclina (BDA + A) por sete dias a  $24 \pm 2$  °C. Grãos de sorgo e água destilada na relação 2:1 (peso volume) foram colocados em bandejas de alumínio, cobertas com papel alumínio e autoclavados por 30 minutos por duas vezes. Em câmara de fluxo laminar 40 discos de micélio de cinco mm de diâmetro foram transferidos para as bandejas contendo o sorgo esterilizado e, a seguir foram incubados a  $24 \pm 2$  °C durante aproximadamente 12 dias até a completa colonização do substrato. A massa de sorgo colonizada foi desagregada manualmente, e os grãos distribuídos em bandejas de alumínio e secos ao ar livre. Depois de seco, o inóculo foi triturado em liquidificador e passado em uma peneira, de 0,84mm de abertura (20 mesh). Através de experimentos preliminares foram determinadas as densidades de inóculo melhor apropriadas para o estudo em vasos de 1,4kg de solo. Para *R. solani* (Rs) utilizaram-se as doses: 0,00; 0,06; 0,12; 0,25; 0,50 e 1,00g por 1,4kg de solo. Para *F. solani* f. sp. *phaseoli* (Fs) utilizaram-se as doses 0; 1; 2; 4; 8 e 16g por 1,4 kg de solo. A densidade utilizada para infestação conjunta foi a mesma da utilizada quando infestados separadamente: 0g de Rs + 0g de Fs; 0,06g de Rs + 1g de Fs; 0,12g de Rs + 2g de Fs; 0,25g de Rs + 4g de Fs; 0,5g de Rs + 8g de Fs e 1g de Rs + 16g de Fs por 1,4kg de solo. O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3x6. Os fatores *R. solani*, *F. solani* f. sp. *phaseoli*, e a combinação dos dois, cada um com seis níveis de infestação, totalizando 18 tratamentos.

O solo utilizado nos testes foi previamente esterilizado em autoclave a temperatura de 120 °C por 2 horas. O solo contido em cada vaso foi colocado em um saco plástico para se proceder a homogeneização do inóculo, obedecendo sempre à seqüência da menor para a maior densidade. Após a infestação, o solo contido em cada vaso foi adubado com dois gramas de NPK 4-30-16 + Zn e então foram semeadas cinco sementes da cultivar Rosinha (padrão de suscetibilidade à podridão radicular). Quinze dias após a semeadura as plantas foram retiradas dos vasos, lavadas e avaliadas para severidade de *R. solani* e *F. solani* f. sp. *phaseoli*, utilizando a escala de notas do CIAT (Shoornhoven & Pastor-Corrales, 1987)

como se segue: 1= sem sintomas visíveis; 3= até 10% dos tecidos do hipocótilo e da raiz cobertos com lesões; 5= aproximadamente 25% dos tecidos do hipocótilo e da raiz cobertos com lesões; 7= aproximadamente 50% dos tecidos do hipocótilo e da raiz cobertos com lesões; 9= aproximadamente 75% dos tecidos do hipocótilo e da raiz estão afetados por estados avançados de podridão. Posteriormente as plântulas foram deixadas por 72 horas em estufa a 40°C para obter a massa da matéria seca. Os valores das severidades de podridões radiculares e de massa da matéria seca obtidos foram submetidos à análise de regressão.

## RESULTADOS

As relações entre as densidades de inóculo de *Rhizoctonia solani* isoladamente ou em associação com *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*) e as severidades de podridões radiculares causada por *R. solani* foram bem representadas por equações logarítmicas. As relações entre as densidades de inóculo de *F. solani* f. sp. *phaseoli* isoladamente ou em associação com *R. solani* e as severidades de podridões radiculares causada por *F. solani* f. sp. *phaseoli* foram melhor representadas por equações polinomiais quadráticas (Figura 2.1).

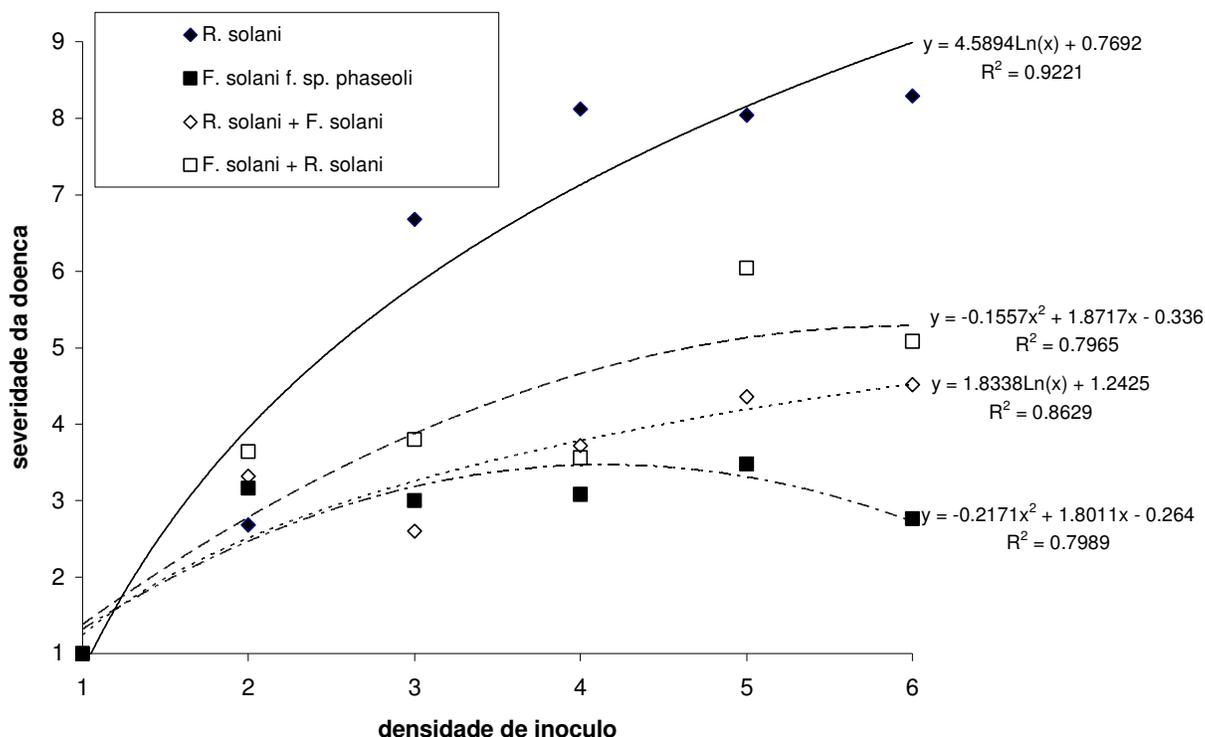


Figura 1. Severidade de podridão radicular do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*) sob efeito de diferentes densidades de inóculo de *Rhizoctonia solani* e de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, inoculados conjuntamente ou separadamente.

Densidade 1= 0g de Rs + 0g de Fs; 2= 0,06g de Rs + 1g de Fs; 3= 0,12g de Rs + 2g de Fs; 4= 0,25g de Rs + 4g de Fs; 5= 0,5g de Rs + 8g de Fs; e 6= 1g de Rs + 16g de Fs por 1,4kg de solo.

Os resultados mostraram um aumento progressivo da severidade de podridão radicular causada por *R. solani* com o aumento da densidade do inóculo de *R. solani* tanto quando infestado isoladamente como quando infestado junto com *F. solani* f. sp. *phaseoli*. Quando *R. solani* foi infestado isoladamente a nota média máxima foi de 8,3, o que corresponde a aproximadamente 67% dos tecidos do hipocótilo e da raiz afetados por estados avançados de podridão (Figura 2.1). Quando *R. solani* foi infestado junto com *F. solani* f. sp. *phaseoli* a nota média máxima foi de 4,5, o que corresponde aproximadamente 22% dos tecidos do hipocótilo e da raiz lesionados.

Os resultados mostraram também um aumento progressivo da severidade de podridão radicular causada por *F. solani* f. sp. *phaseoli* com o aumento da densidade do

inóculo de *F. solani* f. sp. *phaseoli* tanto quando infestado isoladamente como quando infestado junto com *R. solani*, atingindo o nível mais alto (ponto máximo) de severidade com 8g Fs e 8g Fs + 0,5g Rs respectivamente, apresentando ligeira redução com níveis mais altos de inóculo. Quando *F. solani* foi infestado isoladamente a nota máxima foi de 3,5, ou aproximadamente 14 % dos tecidos do hipocótilo e da raiz lesionados (Figura 2.1). Quando *F. solani* f. sp. *phaseoli* foi infestado junto com *R. solani* a nota média máxima foi de 6,0, ou aproximadamente 38% dos tecidos do hipocótilo e da raiz lesionados.

Observou-se uma redução progressiva na massa da matéria seca do feijoeiro quando o solo foi infestado com *R. solani* e com *F. solani* f. sp. *phaseoli* separadamente e com *R. solani*, *F. solani* f. sp. *phaseoli* conjuntamente. As relações entre as densidades de inóculo de *R. solani* e as massas da matéria seca das plantas cultivadas em solo por ele infestado foram representadas por equações logarítmicas; para infestação com *F. solani* f. sp. *phaseoli* e as massas da matéria seca das plantas foram representadas por equações de potência; as relações entre as densidades de inóculo de *F. solani* f. sp. *phaseoli* e de *R. solani* e as massas da matéria seca das plantas cultivadas em solo infestados com eles infestados conjuntamente foram representadas por equações polinomiais quadráticas (Figura 2.2).

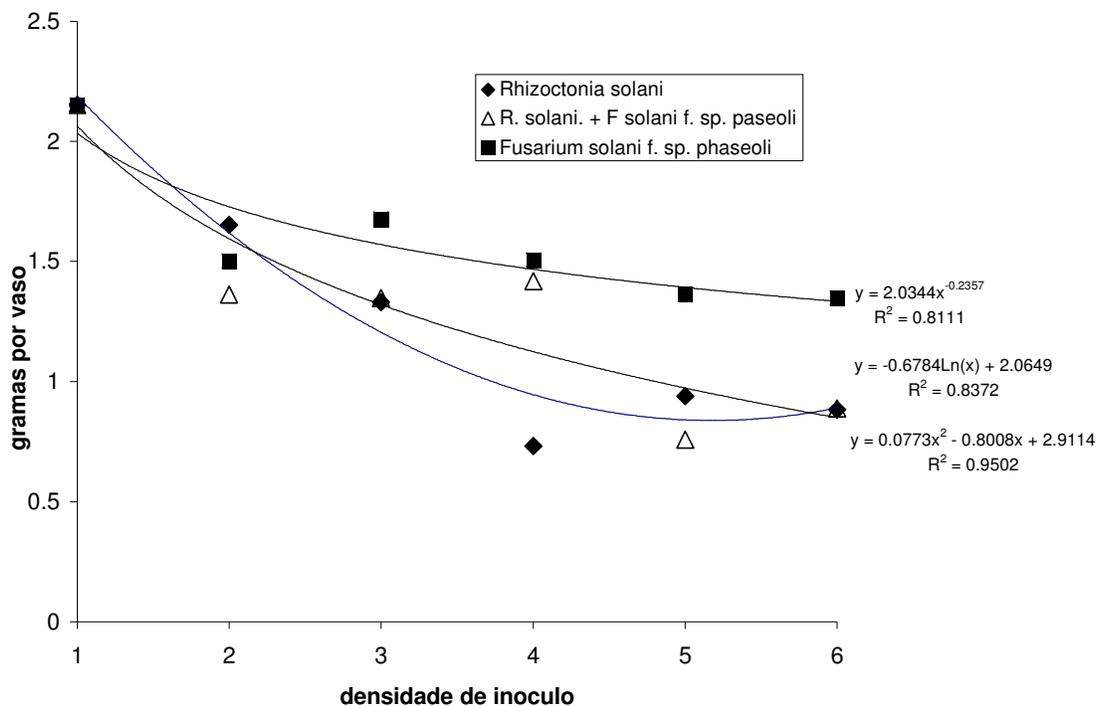


Figura 2. Massa da matéria seca do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*) sob efeito de diferentes densidades de inóculo de *Rhizoctonia solani* e de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, inoculados conjuntamente ou separadamente.

Densidade 1= 0g de Rs + 0g de Fs; 2= 0,06g de Rs + 1g de Fs; 3= 0,12g de Rs + 2g de Fs; 4= 0,25g de Rs + 4g de Fs; 5= 0,5g de Rs + 8g de Fs; e 6= 1g de Rs + 16g de Fs por 1,4kg de solo.

## DISCUSSÃO

Foram verificadas correlações positivas entre a densidade de inóculo de *R. solani* infestado isoladamente ( $r = 0,6712$ ) ou em conjunto com *F. solani* f. sp. *phaseoli* ( $r = 0,5366$ ) e a severidade de podridão radicular causada por *R. solani*. Esses resultados corroboram Chung *et al.* (1988) que observaram correlação positiva entre a densidade de inóculo no solo e a severidade de doença causada por *R. solani*. A correlação entre a densidade de inóculo de *F. solani* f. sp. *phaseoli* infestado isoladamente e a severidade de podridão radicular causada por *F. solani* f. sp. *phaseoli* embora positiva apresentou baixo

coeficiente ( $r= 0,2665$ ), porém quando infestado junto com *R. solani* a correlação foi positiva e significativa ( $r= 0,5875$ ).

Os resultados desse trabalho sugerem uma ação antagônica de *F. solani* f. sp. *phaseoli* sobre *R. solani* e que esse, por sua vez, atuou como sinergista para o primeiro. Numa outra análise, aparentemente *F. solani* f. sp. *phaseoli* se utiliza da presença ou da lesão provocada por *R. solani* para penetrar as raízes do hospedeiro agindo posteriormente como um inibidor dos sintomas de *R. solani*. Esse possui uma forma mais agressiva e menos evoluída de colonização de plantas, formando tufo de micélio conhecidos como colchões de infecção que funcionam como produtoras de enzimas e toxinas utilizadas na maceração e posterior penetração dos tecidos. No caso de *Fusarium* a penetração é mais dependente de ferimentos provocados por outros organismos (Dongo & Muller, 1969). Isso explica porque a severidade por *F. solani* f. sp. *phaseoli* aumenta com a presença de *R. solani*. Esse parece ser o primeiro trabalho onde se avaliam separadamente as doenças causadas por cada patógeno quando realizadas inoculações conjuntas.

Pieczarka & Abawi (1978) utilizando solo esterilizado não observaram interações entre *R. solani* e *F. solani* f. sp. *phaseoli*. Relataram ainda que a severidade de podridão radicular causada por *Pythium ultimum* foi maior quando infestado isoladamente que quando infestados em combinação de *P. ultimum* e *R. solani* sugerindo relações antagônicas entre *R. solani* e *P. ultimum*. Comprovaram ainda que o dano provocado por *P. ultimum* predispôs o feijoeiro à infecção por *F. solani* f. sp. *phaseoli*, resultando em mais dano que produzido pelo patógeno sozinho, sugerindo interações sinérgicas entre *P. ultimum* e *F. solani* f. sp. *phaseoli*. Burke (1965) demonstrou que que *F. solani* f. sp. *phaseoli* não ataca facilmente raízes saudáveis de feijão, infecções são mais severas quando raízes estão danificadas ou seu crescimento está restringido por outras causas. Pedrosa & Teliz (1992) avaliaram a patogenicidade relativa de *R. solani*, *F. solani* f. sp. *phaseoli*, *Pythium* spp. e *Macrophomina phaseolina* em solos brometados. Os autores relataram que isolados *R. solani* e *F. solani* f. sp.

*phaseoli* causaram 25 e 8% de morte pré-emergente, respectivamente, mas quando infestados juntos apresentaram efeito sinérgico causando 67% de morte pré-emergente. Esses autores observaram ainda que sozinhos *R. solani* e *F. solani* f. sp. *phaseoli* causaram 83% e 0% de morte pós-emergente, porém quando infestados juntos esses patógenos causaram 50% de morte apresentando um antagonismo no tombamento pós-emergente. Relatam ainda que *R. solani* e *Pythium* spp. quando associados tiveram um efeito aditivo e que *M. phaseolina* e *F. solani* f. sp. *phaseoli* separadamente não foram patogênicos.

Quanto maior a densidade de inóculo no solo menor a massa da matéria seca das plântulas do feijoeiro. Isso pode ser confirmado pelas correlações negativas observadas entre essas duas variáveis. Quando o solo foi infestado com *R. solani*, o coeficiente foi de  $r = -0,5976$ ; quando infestado com *F. solani* f. sp. *phaseoli* foi de  $r = -0,4922$  e; quando infestado com os dois patógenos conjuntamente a correlação foi de  $r = -0,6868$ . Mais uma vez os resultados reforçam o efeito sinérgico de *R. solani* em relação *F. solani* f. sp. *phaseoli*, uma vez que a correção severidade de sintomas de *F. solani* f. sp. *phaseoli* é aumentada comparando com sua inoculação isolada ( $r = -0,4922$ ) com a inoculação conjunta ( $r = -0,6868$ ). Parte desses resultados foi comunicada em congresso (Toledo-Souza *et al.*, 2005).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURKE, D.W. The near immobility of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* in natural soil. *Phytopathology* 55: 1188-1190. 1.965.
- CARDOSO, J.E.& COSTA, J.L. DA S. Interações entre fungos de solo patógenos do caupi. **Fitopatologia Brasileira** 13(2): 143. 1.988.
- CARDOSO, J.E. Controle de patógenos de solo na cultura do feijão. P.45-50. In: **Seminário sobre Pragas e Doenças do Feijoeiro**, 4, Campinas-SP. Anais. 1.991.
- CHUNG, Y.R; HOITING, H.A.H. & LIPPS, P.E. Interactions between organic matter decomposition level and soilborne disease severity. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 24: 183-193. 1.988.
- DONGO, S.L. & MULLER, L.E. Pathogenicity studies of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* in beans. **Pathogenesis and symptomatological histology** 19: 71-81, 1969.
- PEDROSA, A. & TELIZ, D. Patogenicidad relativa de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Pythium* spp. Y *Macrophomina phaseolina* em frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de invernadero. **Revista Mexicana de Fitopatologia** 10: 134-138. 1992.
- PHILLIPS, A.J.L. Relationship of *Rhizoctonia solani* inoculum density to incidence of hypocotyls rot and damping-off in dry beans. **Can. J. Microbiol.** 35: 1132-1140. 1.989.
- PIECZARKA, D.J. & ABAWI, G.S. Effect of interaction *Fusarium*, *Pythium* and *Rhizoctonia* on severity of bean root rot. **Phytopathology**, 68(3): 403-408. 1.978.
- SHOONHOVEN, A. Van, & PASTOR-CORRALES, M.A. **Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol**. CIAT. Cali, Colômbia.1.987. 53p.
- TOLEDO-SOUZA, E.D.; COSTA, G.R.; LOBO JÚNIOR, M. & CAFÉ FILHO, A.C. Efeito da densidade de inóculo e interações entre *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e de *Rhizoctonia solani* na severidade de podridão radicular do feijoeiro. In: Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão 8(1), 2005, Goiânia, GO. **Anais / CONAFE**, VIII. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 174-177.