

18

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo: Estudos de Casos

Wagner Bettiol e Idalmir dos Santos

Introdução

A geração de resíduos está relacionada com a atividade humana e com o crescimento populacional, sendo o esgoto um dos mais prejudiciais ao ambiente. Na maioria das cidades brasileiras, o esgoto produzido é lançado diretamente nos cursos d'água. Para reduzir a poluição dos rios, há necessidade de se realizar o tratamento do esgoto, processo no qual é gerado o lodo de esgoto.

As principais alternativas de disposição final do lodo são: uso agrícola e florestal; disposição em aterros sanitários; reuso industrial; incinerações; conversão do lodo em óleo combustível; recuperação de áreas degradadas e de mineração; e "landfarming" (Tsutiya, 2000). O uso agrícola e florestal do lodo de esgoto é uma das alternativas mais interessantes, pois combina disposição com reciclagem (Bettiol & Camargo, 2000).

Estudos existentes recomendam o uso agrícola do lodo de esgoto, tanto para as estações de tratamento localizadas nas regiões metropolitanas, como para as estações de tratamento no interior dos estados. De um modo geral, o lodo gerado no Brasil está dentro dos níveis tolerados para ser utilizado na agricultura, considerando a norma P 4.230 da CETESB e a 40 CFR 503 da EPA (U.S.EPA, 1996; CETESB, 1998).

Sob o ponto de vista ambiental, a reciclagem agrícola do lodo de esgoto é a alternativa de menor impacto para a sua disposição final, propiciando também economia de energia e reservas naturais. Além do ponto de vista ambiental e econômico, a utilização do lodo de esgoto na agricultura é vantajosa,

devido à importância do mesmo, como fonte de matéria orgânica, macro e micro nutrientes, conferindo ao solo maior capacidade de retenção de água, maior resistência à erosão, redução no uso de fertilizantes minerais, efeito residual utilizável para culturas subsequentes e, possivelmente, indução à supressividade dos solos aos fitopatógenos.

As vantagens da utilização do lodo de esgoto na agricultura são evidentes. Entretanto, como em sua composição existem poluentes potenciais, a sua utilização deve ser criteriosa e valer-se da melhor tecnologia existente. Neste sentido, há necessidade de se considerar a presença de metais pesados (Mortvedt, 1996; Berton, 2000), de compostos orgânicos persistentes e de microrganismos patogênicos ao homem, como *Salmonella*, *Streptococcus fecalis*, *Coliformes*, *Enterovírus*, Helminthos e outros (Soccol & Paulino, 2000) e às plantas, tais como: *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Verticillium* e *Cephalosporium* (Gambale et al., 1987).

O efeito nutricional do lodo de esgoto nas plantas possui seus estudos adiantados e está bem documentado na literatura nacional e internacional (Guimarães et al., 1982; Gushi et al., 1982; Bettiol et al., 1983; Berton et al., 1989; Dias, 1994; Silva, 1995; Andreoli, 1999; Bettiol & Camargo, 2000). No entanto, em relação ao efeito sobre as doenças de plantas, existe ainda uma carência de trabalhos e resultados que gerem um conhecimento mais aprofundado sobre o tema. Por ser rico em matéria orgânica, o lodo de esgoto poderá colaborar no controle de doenças de plantas, principalmente as causadas por patógenos veiculados pelo solo, que ocasionam tombamento e lesões de raízes e colo de plantas. Esse controle é atribuído ao lodo de esgoto, principalmente, pela capacidade do mesmo em ativar a microbiota do solo. Entretanto, há necessidade de se verificar se o lodo é realmente efetivo sobre os fitopatógenos, nas condições de solo e clima do Brasil, haja vista que existem informações na literatura de controle efetivo e de aumento de doenças (McIlveen & Cole, 1977; Millner et al., 1982; Utkhede, 1984; Chen et al. 1987; Kuter et al., 1988; Chellemi et al., 1992; Craft & Nelson, 1996; Ferrara et al., 1996; Kim et al., 1997; Dissanayaque & Hoy, 1999; Bettiol, 2000). O objetivo desse capítulo é justamente apresentar a situação atual do conhecimento sobre os

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

efeitos do lodo de esgoto sobre os fitopatógenos veiculados pelo solo e particularmente os efeitos do lodo de esgoto da ETE Franca, SP sobre doenças do feijoeiro causadas por *Sclerotium rolfsii*.

Efeito do Lodo de Esgoto em Doenças Causadas por Fungos Habitantes do Solo

A utilização do lodo de esgoto para controle de doenças de plantas é um estudo ainda carente de resultados consistentes ao nível mundial e com um número de trabalhos ainda pequeno, principalmente, ao nível nacional. O mais comum é o relato de trabalhos sobre controle de doenças de plantas induzidas por patógeno veiculados pelo solo, com o uso de compostos orgânicos provenientes de várias fontes, sendo lodo de esgoto em número reduzido.

As primeiras citações envolvendo lodo de esgoto para controle de fitopatógenos surgiram por volta da década de 1950 por Davis & Engel (1951), Watson (1956) e Wells (1957) citados por Cook et al. (1964). Davis & Engel (1951) observaram redução de mancha marrom em *Agrostis* quando adubado com lodo ativado em comparação a um fertilizante contendo nitrogênio, fósforo e potássio. Wells (1957) reportou que azevém adubada com altas taxas de lodo ativado mostraram menores danos de *Pythium* do que quando adubada por outras fontes de nitrogênio orgânico e inorgânico. Watson (1956) verificou que o lodo ativado aumentou a efetividade de acetato fenilmercúrio como tratamento preventivo para "snowmold". Baseado nesses trabalhos iniciais, Cook et al. (1964) verificaram que parcelas tratadas com lodo de esgoto ativado mostraram reduções significativas na incidência de *Sclerotinia homeocarpa*.

Outro trabalho pioneiro foi o de Markland et al. (1969), citados por Liu (1995), os quais testaram vários fertilizantes nitrogenados e concluíram que os fertilizantes nitrogenados inorgânicos não reduziram significativamente *Sclerotinia homeocarpa* em *Agrostis palustris*, mas que a doença foi reduzida com aplicação de materiais compostados, como o lodo de esgoto.

Desde o início dos trabalhos até os tempos atuais, a utilização do lodo de esgoto em gramados parece ser uma boa alternativa com duplo

propósito, fertilização e controle de doença. O'Neill (1982), citado por Nelson & Craft (1992), observou que lodo de esgoto compostado foi supressivo a mancha marrom em capim-do-prado. Nelson & Craft (1992) indicaram que aplicação de compostos de mistura de esterco de aves e de bovinos e de lodo de esgoto foram consistentemente supressivos à "dollar spot" em gramados de campo de golfe. Resultados positivos também foram conseguidos no controle de doenças em *Agrostis palustris* causadas por *Pythium graminicola* (Craft & Nelson, 1996). Neste caso, um composto de lodo de esgoto foi consistentemente supressivo aos sintomas foliares e à podridão de raiz a campo e, em experimentos de laboratório, tornou-se supressivo ao tombamento. A supressão das doenças teve uma forte relação com a alta atividade microbiana induzida pelo composto.

O gênero *Sclerotinia* parece ser um bom exemplo de controle com o uso do lodo de esgoto, tendo gramados ou alface como hospedeiros. Lumsden et al. (1983) observaram uma redução significativa do mofo branco da alface causada por *Sclerotinia minor*. Em trabalho posterior, a incidência da mesma doença em alface foi reduzida significativamente por um período de 4 anos, sendo que o lodo de esgoto compostado foi adicionado ao solo nos dois primeiros anos com efeito residual por mais dois anos de estudo (Lumsden et al., 1986). Nos dois trabalhos a sobrevivência do patógeno não foi afetada pelo composto e sim, sua atividade.

Sucesso no controle do gênero *Sclerotinia* também foi alcançado por Millner et al. (1982) que utilizaram lodo de esgoto em experimentos em casa de vegetação e a campo, conseguindo reduzir a doença mofo branco em alface causada por *Sclerotinia minor*, por três estações de cultivo. No mesmo trabalho, em casa de vegetação, o lodo de esgoto misturado a 10% no solo foi capaz de reduzir a podridão de raiz e o tombamento de feijão, de algodão e de rabanete, causados por *Rhizoctonia solani*; a podridão de raiz em ervilha, causada por *Aphanomyces euteiches*; a podridão de raiz de pimenta, causada por *Phytophthora capsici*; e aumentar: as doenças de ervilha, feijão e algodão causadas por *Pythium ultimum* e *Thielaviopsis basicola*; e não teve efeito sobre as doenças de ervilha e feijão causadas por *Fusarium solani* e *Pythium aphanidermatum*. Em condições de campo, somente após o segundo cultivo, o

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

controle pelo composto de lodo de esgoto foi efetivo para o tombamento causado por *Pythium* e *Rhizoctonia* em ervilha, porém as mesmas doenças não foram controladas na cultura do algodão.

Por meio dos resultados obtidos nos trabalhos, pode-se afirmar que o efeito do lodo de esgoto é dependente da cultura, do patógeno em questão e do ambiente local. Este fato é ratificado pelo trabalho em que a adição de lodo de esgoto no solo causou um aumento na incidência da podridão do colo da macieira causada por *Phytophthora cactorum* (Utkhede, 1984). O autor concluiu que a porcentagem de plantas de maçã com podridão do colo foi positivamente correlacionada com a quantidade de nitrogênio aplicada e não foi relacionada com a sua origem orgânica ou inorgânica. Em outro trabalho com o gênero *Phytophthora*, Kim et al. (1997) realizaram testes em três campos, na Florida entre 1992 - 1995, para avaliar vários compostos orgânicos no controle das podridões da raiz e do colo causadas por *Phytophthora capsici*, em pimenta e verificaram que o lodo de esgoto, juntamente com cascas de madeira, não foi capaz de reduzir a população do patógeno, nem os sintomas da doença.

McIlveen & Cole (1977) investigaram a influência de lodo de esgoto em taxas de 11, 22 e 44 Mg ha⁻¹ e esterco de bovino a 11 Mg ha⁻¹ na microbiota do solo de um campo de milho e na incidência de doenças. Áreas de parcelas não fertilizadas e fertilizadas quimicamente foram usadas para comparação. A incidência da podridão de *Gibberella* na espiga foi diretamente correlacionada com o aumento da aplicação de lodo. Houve também uma tendência no aumento da severidade da podridão da espiga nos tratamentos com lodo e esterco. Uma possível explicação para esses resultados foi a umidade prolongada nos cabelos da espiga do milho, proporcionada pelo maior desenvolvimento foliar da planta e o efeito da quantidade de N contido no lodo e no esterco. No mesmo trabalho, a incidência de acamamento foi reduzida com o aumento na quantidade de lodo aplicada.

Um fator dependente para o sucesso do controle de algumas doenças, particularmente induzidas por *Pythium* e *Rhizoctonia*, é o tempo transcorrido entre a incorporação do lodo de esgoto no solo e o plantio da cultura. Em experimento a campo, somente após o segundo cultivo o controle

pelo composto foi efetivo para o tombamento causado por *Pythium* e *Rhizoctonia* em ervilha (Millner et al., 1982). Compostos preparados com lodo de esgoto foram inicialmente conducentes ao tombamento do pepino causado por *Pythium* e *Rhizoctonia*; e tornaram-se supressivos às doenças após um período de incubação, sendo maior para *Rhizoctonia* (Kuter et al., 1988). Em experimentos de laboratório a supressividade ao tombamento em *Agrostis palustris*, causadas por *Pythium graminicola*, somente foi alcançada com o composto de lodo de esgoto mais envelhecido (Craft & Nelson, 1996). O maior tempo entre a adição do composto de lodo no solo e o plantio aumentou a supressão das doenças causadas por *Pythium* e *Rhizoctonia* (Lumsden et al., 1983). Esses autores, testando o lodo de esgoto em casa de vegetação contra podridão de raiz em ervilha (*Aphanomyces*); podridão da raiz do algodão, feijão e rabanete (*Rhizoctonia*); podridão da alface (*Sclerotinia*); murcha de fusarium em pepino, e podridão do colo em pimenta (*Phytophthora*), conseguiram reduzir significativamente estas doenças, por meio da adição de 10% do composto no solo. No entanto, tombamento em ervilha e feijão induzido por *Pythium*; podridão da raiz de ervilha por *Fusarium*; e podridão da raiz de feijão e algodão por *Thielaviopsis* não foram afetadas pelo composto.

Certamente o fitopatógeno mais estudado em solos incorporados com lodo de esgoto é o *Pythium*, e na maioria das vezes, acompanhado por *Rhizoctonia*. Lewis et al. (1992), em parcelas a campo onde foi aplicado composto de lodo de esgoto nas concentrações de 7 a 10 Mg ha⁻¹, verificaram redução na incidência de tombamento de cultivares de ervilhas lisas e rugosas causado, principalmente, por *Rhizoctonia solani* e *Pythium ultimum*. Isso ocorreu nos plantios de primavera, por dois anos, e nos plantios de outono, nos dois anos seguintes. Nos meses de verão, o estande de algodão foi melhorado em três dos quatro anos pelo composto. O efeito benéfico do composto no estande de ervilha e algodão pode ser atribuído à indução de supressão nos solos pelo composto.

Efeito positivo do lodo de esgoto no controle de tombamento induzido por *Pythium ultimum* também foi conseguido em um ensaio com

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

plântulas de pepino (Chen et al., 1987). Substrato para produção de mudas, tratado com amostras de casca de madeira ou lodo de esgoto compostados, removidos da superfície de pilhas do composto, portanto com baixa temperatura, com quatro meses ou mais, foi supressivo ao tombamento de *Pythium*. Esses mesmos materiais, com amostras retiradas do centro das mesmas pilhas com alta temperatura (> 60°C) foram conducentes à doença. A supressividade foi por componentes biológicos, pois foi eliminada com o calor (60 °C, 5dias) e a incorporação de pequenos volumes (10% v/v) de composto supressivo, no substrato conducente, restaurou essa característica. No meio supressivo a população de *P. ultimum* foi controlada.

Substratos preparados com compostos de lodo de esgoto, inicialmente foram conducentes ao tombamento causado por *Pythium* e *Rhizoctonia*, em pepino e rabanete, respectivamente (Kuter et al., 1988). Após serem curtidos por quatro meses, quando temperaturas no centro das pilhas dos compostos foram < 60 °C, consistentemente suprimiram o tombamento por *Pythium*, mas não o de *Rhizoctonia*. Em adição, o armazenamento por um período de quatro semanas do substrato à base de composto de lodo, com quatro meses de curtimento, induziu a supressividade a ambas as doenças. Os autores também demonstraram que os níveis de supressividade, induzidos com a incorporação de 25% (v/v) de composto de lodo no substrato, foram adequados para evitar perdas nas plantas causadas por *Rhizoctonia solani* ou *Pythium* spp. em casa de vegetação e viveiros acima de cinco meses e dois anos, respectivamente, para plantas ornamentais. O trabalho mostrou que a microbiota presente durante a compostagem e o processo de curtimento para o lodo está envolvida na supressão do tombamento causado por *Pythium* e *Rhizoctonia*.

Dissanayaque & Hoy (1999), trabalhando com *Pythium aphanidermatum* em cana-de-açúcar, verificaram que alguns compostos orgânicos, entre eles o lodo de esgoto, quando adicionados no solo, em vasos, (10% v/v) na forma não esterilizada, suprimiram a doença causada pelo patógeno e aumentaram o crescimento da planta, porém essa habilidade foi reduzida após a desinfestação, por vapor, dos compostos. O nível de atividade

microbiana do material foi um indicador do potencial para a supressão da doença. Análises de correlação indicaram que a severidade da podridão de raiz foi negativamente correlacionada com a atividade microbiana. O solo, onde o lodo de esgoto foi misturado, teve a maior atividade microbiana, maior quantidade de total de bactérias e a segunda maior comunidade de actinomicetos. A comunidade microbiana associada com lodo de esgoto e outros materiais orgânicos foi capaz de suprimir ou reduzir a doença e ainda aumentar o crescimento das plantas.

Pythium ultimum em pepino, beterraba e impatiens foi controlado por um substrato produzido com composto de lodo de esgoto e casca de árvores. O mesmo substrato reduziu os danos de *Fusarium oxysporum* em basilico e de *Rhizoctonia solani* em basilico e feijão. O fungo *Trichoderma* isolado do composto reduziu os danos causados por *Pythium ultimum* em pepino (Ferrara et al., 1996).

Em testes *in vitro* sobre o efeito supressivo de lodo de esgoto em quatro fungos fitopatogênicos, Phae et al. (1990) verificaram que os compostos contendo lodo de esgoto não apresentaram halo de inibição aos patógenos *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, *Pythium ultimum*, *Verticillium dahliae* e *Rhizoctonia solani*.

No Brasil, foram realizados poucos trabalhos avaliando a influência do lodo de esgoto para o controle de doenças de plantas. Um deles foi realizado por Bettiol & Krugner (1984). Nesse trabalho, o lodo de esgoto, incorporado ao solo, nas concentrações de 5, 10 e 15 (v/v) reduziu a severidade da podridão de raiz em plantas de sorgo, cultivadas em vasos contendo solo previamente infestado com *Pythium arrhenomanes*, especialmente nas maiores concentrações. O lodo de esgoto também estimulou o crescimento das plantas, tanto na ausência, como na presença do patógeno. Outro trabalho no país foi realizado *in vitro*, onde o lodo de esgoto misturado ao solo numa dose equivalente a 30 Mg ha⁻¹ inibiu o crescimento micelial de *Rhizoctonia solani* em 100% (Fortes et al., 2000).

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Nematóides

Outro grupo de fitopatógeno com grande potencial de controle por matéria orgânica, mas ainda pouco estudado quanto à sua sensibilidade ao lodo de esgoto é o dos nematóides. Castagnone-Sereno et al. (1988) testaram em vasos os efeitos de lodo de esgoto cru, de origem urbana, no parasitismo de *Meloidogyne incognita* em plantas de tomate. O principal efeito foi uma forte redução no número de massas de ovos encontrados nas raízes e uma ligeira redução do número de ovos por massa de ovos. Esses resultados sugerem que o crescimento do tomateiro em solo misturado com lodo de esgoto pode torná-lo menos suscetível como hospedeiro para *M. incognita*, induzindo uma redução no potencial reprodutivo das fêmeas.

Em outro experimento, o lodo de esgoto também induziu efeito contra infecção do tomate por *M. incognita* (Castagnone-Sereno & Kermarrec, 1991). Houve menor penetração de larvas juvenis nas raízes das plantas cultivadas no solo com lodo adicionado, do que na testemunha. Em ambos os experimentos, as raízes foram severamente atacadas, apesar de uma significativa redução na taxa de galhas nas plantas cultivadas em solo com lodo de esgoto, em comparação às do solo testemunha. A produção de ovos no solo tratado foi menor do que nas testemunhas. Nos solos tratados, valores do número de ovos final/número de ovos inoculados foram fortemente reduzidos.

Os efeitos da aplicação de fertilizantes na eficácia de fenamifos, na formulação de 10G, (13,5 kg. i.a.ha⁻¹) contra nematóides fitoparasitas de grama (*Cynadon dactylon* x *C. transvaalensis*) foram examinados em três locais com diferentes históricos de tratamentos do solo por Giblin-Davis et al. (1988). Os solos utilizados foram: sem tratamento, fosfato coloidal, ou tratado com lodo de esgoto compostado aplicado dois anos antes do estudo. A qualidade da grama aos 28 e 56 dias, após a aplicação de nematicida, mostrou uma resposta significativa do nematicida em dois locais sem aplicação do lodo de esgoto. A falta de resposta do fenamifos na área corrigida com lodo de esgoto compostado pode ter sido devido à interação entre o nematicida e o aumento da matéria orgânica presente. A biomassa da raiz aumentou significativamente

nas parcelas tratadas com nematicida 56 dias após a aplicação no local sem tratamento. Houve redução significativa para fenamifos, na densidade populacional para *Belonolaimus longicaudatus* nos locais não tratados e tratados com fosfato coloidal. Também redução significativa, devido ao fenamifos, foi observada na densidade populacional para *Meloydogine* spp. nos locais tratados com fosfato coloidal e com lodo de esgoto compostado.

Efeito do Lodo de Esgoto em Doenças Causadas por Bactérias

O efeito de lodo de esgoto sobre bactérias fitopatogênicas foi menos estudado do que para fungos. No entanto, assim como para fungos, os resultados são dependentes da interação patógeno-hospedeiro e do ambiente. Um dos primeiros trabalhos testando a interação lodo de esgoto com doença bacteriana foi realizado por McIlveen & Cole (1977), na cultura do milho, a campo. Os autores concluíram que os tratamentos com lodo de esgoto em taxas de 11, 22, e 44 toneladas por hectare e esterco bovino a 11 toneladas por hectare não afetaram a incidência da murcha bacteriana de Stewart's.

Por outro lado, Prior & Béramis (1990) verificaram que em solo infestado com *Pseudomonas solanacearum* a mortalidade de tomateiro devido à murcha bacteriana aumentou regularmente (14, 24 e 43%), em três cultivos sucessivos. Quando o solo foi melhorado com as matérias orgânicas farelo de soja e, particularmente, com lodo de esgoto, nenhuma planta morreu no segundo e terceiro plantio. Esses resultados não se confirmaram no trabalho de Chellemi et al. (1992), onde o lodo de esgoto, compostado com cascas de madeira, não reduziu a incidência da murcha bacteriana do tomateiro em solos onde naturalmente estava presente o patógeno.

O controle de doenças bacterianas por lodo de esgoto pode estar relacionado com a dose aplicada. Observações a campo têm indicado uma redução marcante de galha da coroa causada por *Agrobacterium tumefaciens* em plantas de framboesa cultivadas em solo com alta aplicação de lodo de esgoto (Moore et al., 1983, citados por Utkhede & Smith, 1993). Em contraste

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo: Estudos de Casos

com esses resultados, quando o lodo de esgoto foi aplicado na dose de 130 g por planta de macieira, não controlou a galha da coroa nos testes a campo (Utkhede & Smith, 1993). Somente na dose de 260 g de lodo de esgoto aplicado por pé de macieira, ocorreu a redução da infecção por galha da coroa, porém nessa concentração foi tóxico para as plantas jovens.

Efeito do Lodo de Esgoto em Doenças da Parte Aéreas das Plantas

A influência do lodo de esgoto sempre foi estudada para doenças induzidas por fungos essencialmente veiculadas pelo solo. No entanto, foi verificada uma considerável redução na infecção de *Cercospora* (*Pseudocercospora*) *herpotrichoides* nos trigais, com incorporação de 9kg de lodo de esgoto por m² (Seifert, citado por Bettiol & Krugner, 1984). Outra exceção é feita para a investigação realizada por Stone & Powers (1989), onde a adubação de *Pinus* com lodo de esgoto aumentou o peso, o diâmetro e o volume do caule e diminuiu significativamente a incidência da ferrugem causada por *Cronartium quercuum*.

Mecanismos envolvidos no Controle das Doenças

O modo pelo qual o lodo de esgoto reduz a severidade das doenças, conforme está relatado na maioria dos trabalhos, parece estar relacionado principalmente com o aumento da atividade microbiana no solo e à própria microbiota contida no material orgânico (Chen et al., 1987; Kuter et al., 1988; Ferrara et al., 1996; Craft & Nelson, 1996; Dissanayaque & Hoy, 1999). Foi verificado que materiais compostados, tais como casca de madeira e lodo de esgoto, que induziram maiores aumentos na biomassa e atividade microbiana, também reduziram a severidade da doença causada por *Pythium ultimum* em plântulas de pepino (Chen et al., 1988). Lumsden et al. (1983) concluíram que a sobrevivência de *Sclerotinia minor*,

Rhizoctonia solani e *Pythium* spp. não foi reduzida pelo lodo, porém a atividade desses patógenos no solo foi afetada devido ao aumento na atividade microbiana estimulada pela adição do lodo no solo. O aumento da atividade microbiana no solo, após a adição do lodo de esgoto, pode ser estimulada por desidrogenase, nitrogênio total, fósforo, magnésio, cálcio e matéria orgânica no solo (Lumsden et al., 1986). A atividade microbiana do solo é aumentada durante a decomposição da matéria orgânica, presente em diversos compostos, sendo que essa atividade microbiana se traduz em ação antagônica entre os microrganismos sendo elas antibiose, competição e parasitismo (Millner et al., 1982). Hoitink et al. (1997) acrescentam, ainda, a predação e a indução de resistência como modos de ação estimulados por compostos em geral. Por outro lado, a supressão da mancha marrom, em capim-do-prado, com lodo de esgoto compostado, persistiu mesmo quando o produto foi esterilizado por autoclavagem, sugerindo o não envolvimento de um componente microbiano na supressão da doença (O'Neill, 1982, citado por Nelson & Craft, 1992). O lodo de esgoto, juntamente com cascas de árvores, apesar de aumentar a atividade microbiana total e as populações de alguns grupos funcionais de microrganismos do solo (alguns dos quais foram negativamente correlacionados com a incidência e a severidade da doença em pimenta, causada por *Phytophthora capsici*) não foi capaz de reduzir a população do patógeno, nem os sintomas das doenças (Kim et al., 1997).

Hoitink et al. (1997) relatam que já está estabelecido que compostos e suas infusões ativam genes de resistência de doenças em plantas, afetando tanto doenças do sistema radicular como da parte aérea. Prior & Béramis (1990) atribuíram a indução de resistência, originada pelo tratamento com lodo de esgoto, como responsável por evitar a morte de plantas de tomateiro em solo contaminado com *Pseudomonas solanacearum*.

A quantidade e a forma dos nutrientes contidos no lodo de esgoto podem interferir no efeito deste sobre as doenças de plantas. Na ausência de dados mais concretos, os autores especulam que a maior resistência do milho ao acamamento pode estar associada ao efeito da fertilização nitrogenada, através do N contido no lodo e no esterco aplicado (McIlveen & Cole, 1977).

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo: Estudos de Casos

A principal razão para a menor infecção do tomate por *M. incognita* nas parcelas tratadas com lodo de esgoto e conseqüentes efeitos tóxicos observados no parasita podem estar relacionados com o nitrogênio amoniacal liberado no solo durante os sete dias após o tratamento (Castagnone-Sereno & Kermarrec, 1991). No trabalho de Dissanaiaque & Hoy (1999), o grupo de materiais (na forma não esterilizada), entre eles o lodo de esgoto, que mais suprimiram a podridão de raiz causada por *Pythium arrhenomanes* em cana-de-açúcar e aumentaram o crescimento da planta, possuíam algumas propriedades químicas semelhantes, tais como: alto nível de N; baixa relação C:N e alto nível de nutrientes solúveis, incluindo P, K, Ca e Mn.

A mudança do pH em solos incorporados com lodo de esgoto também pode ser responsável pela supressividade para algumas doenças. A elevação do pH induzida pelo lodo de esgoto foi responsável pela neutralização do crescimento do fungo *Rhizoctonia solani* em placas de petri (Fortes et al., 2000).

Referindo-se a compostos orgânicos em geral, Pereira et al. (1996) dizem que nenhuma generalização pode ser feita sobre o efeito dos mesmos sobre doenças de plantas, pois embora a atuação nos fitopatógenos possa ser diretamente pela produção de compostos químicos ou favorecendo o aumento da população dos antagonistas, estes efeitos podem variar de acordo com a interação patógeno-hospedeiro e com o tipo e origem do composto.

Presença de Fitopatógenos no Lodo de Esgoto

Um cuidado que deve haver em alguns casos, com a utilização do lodo de esgoto cru na agricultura, é a possível presença de fitopatógenos. Por outro lado, nesse mesmo material é normal a presença de microrganismos antagonistas aos fitopatógenos.

Numerosos microrganismos estão presentes em grande número no lodo de esgoto ou no solo corrigido com lodo. Vários fungos isolados desses substratos são reconhecidamente patogênicos às plantas (Cooke, 1956; Gangawane & Kulkarni, 1985; Abdel-Hafez & El-Sharouny, 1990). Numa revisão sobre o assunto foi verificado que várias investigações têm sido realizadas

na microbiota do solo que recebeu lodo em diferentes partes no mundo (Cooke & Pipes, 1970; Diener et al., 1976; Elland, 1981; Larry & Wanger, 1982; citados por Abdel-Hafez & El-Sharouny, 1990) e numerosos fungos foram encontrados tais como *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor* e *Penicillium*. No Egito, as espécies que prevaleceram foram *Acremonium strictum*, *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *A. sydowii*, *Chaetomium globosum*, *Fusarium solani*, *Mucor hiemalis*, *Penicillium chrysogenum* e *Stachybotrys chartarum* (Abdel-Hafez & El-Sharouny, 1987).

Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Abdel-Hafez & El-Sharouny (1990), onde foram isolados fungos com potencial de fitopatogenicidade, tais como *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *Alternaria alternata* e os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*.

No Brasil, alguns microrganismos patogênicos às plantas, como: *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Verticillium* e *Cephalosporium* também foram encontrados (Gambale et al., 1987)

Para solucionar o problema de microrganismos indesejáveis em resíduos orgânicos, a compostagem tem sido apontada como uma boa alternativa (Lopes-Real & Foster, 1985). A erradicação de fitopatógenos durante a compostagem pode ser decorrente da inativação térmica, do efeito de produtos tóxicos, como exemplo ácidos húmicos liberados durante a compostagem ou amônia após a estabilização, ou devido à microbiostase (Pereira et al., 1996). A maioria dos fitopatógenos pode ser eliminada pela exposição às temperaturas em torno de 55 °C, como por exemplo, 65 °C a 70 °C, nas primeiras 48 horas da compostagem (Hoitink & Fahy, 1986).

Estudos Desenvolvidos na Embrapa Meio Ambiente sobre o Efeito do Lodo de Esgoto em Doenças de Plantas

CASO 1: Efeito do lodo de esgoto sobre a severidade de doenças causadas por *Sclerotium rolfsii* em feijoeiro

Como não foram encontradas na literatura informações quanto ao efeito do lodo de esgoto sobre *Sclerotium rolfsii* nas condições de solo e clima do Brasil, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do lodo

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

de esgoto sobre as doenças causadas por *S. rolfsii* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seu possível modo de ação.

Os trabalhos foram conduzidos num Latossolo Vermelho Distroférico - textura argilosa (pH = CaCl₂ 5.4; MO = 22 e P = 4 mg dm⁻³ K = 1,54, Ca = 44, Mg = 11, Al + H = 28 e CTC = 84,5 mmolc dm⁻³; V% = 66,9). O lodo de esgoto foi obtido na Estação de Tratamento de Esgoto de Franca, SP, a qual trata esgoto de origem essencialmente doméstica. A composição do lodo de esgoto (Tabela 1) utilizado nos trabalhos respeitou as normas para sua utilização na agricultura adotadas pela CETESB (1999).

Tabela 1. Características químicas do lodo de esgoto originário da Estação de Tratamento de Esgoto de Franca (SP).

pH em água	6,4
Umidade (65°C)	52,1
C, g kg ⁻¹	374,4
N Kjeldahl g.kg ⁻¹	50,8
N-amoniaco; mg.kg ⁻¹	119,5
N-Nitrato-Nitrito; mg.kg ⁻¹	54,8
P; g kg ⁻¹	21,3
K; g kg ⁻¹	0,99
Ca; g kg ⁻¹	16,8
Mg; g kg ⁻¹	2,5
S; g kg ⁻¹	13,3
Mo; mg kg ⁻¹	< 1
B; mg kg ⁻¹	7,1
Na; g kg ⁻¹	0,6
Cr; mg kg ⁻¹	1325
Mn; mg kg ⁻¹	267,4
Fe; mg kg ⁻¹	31706
Co; mg kg ⁻¹	
Ni; mg kg ⁻¹	74,7
Cu; mg kg ⁻¹	359,2
Zn; mg kg ⁻¹	1590
Al; mg kg ⁻¹	33550
Cd; mg kg ⁻¹	2
Pb; mg kg ⁻¹	118,8
Ar; mg kg ⁻¹	< 1
Se; mg kg ⁻¹	0
Hg; mg kg ⁻¹	< 1

Os valores de concentração são dados com base na matéria seca.
Os valores de concentração para o nitrogênio nas formas amoniacal e nitrato foram determinados na amostra nas condições originais.

O efeito do lodo de esgoto sobre *Sclerotium rolfsii* foi avaliado em parcelas de 1 m², contendo solo infestado, dois meses antes da aplicação do lodo. O lodo de esgoto foi incorporado ao solo nas concentrações de 12,4; 24,8; 37,2 e 49,6 Mg ha⁻¹. Essas concentrações foram calculadas para fornecer o nitrogênio necessário para a cultura e duas, três e quatro vezes essa necessidade, respectivamente. Essas concentrações foram comparadas com o solo não adubado e com o solo fertilizado com N 50 kg ha⁻¹, P 60 kg ha⁻¹, K 50 kg ha⁻¹, de acordo com as recomendações de Raij et al. (1996) para a cultura do feijão. A semeadura, de 80 sementes da variedade carioquinha por parcela, foi realizada após uma semana da aplicação do lodo, em dois cultivos sucessivos. Uma segunda aplicação de lodo, nove meses após a primeira e nas mesmas concentrações anteriores, foi realizada, sendo efetuado um cultivo. A emergência, estande final e severidade da doença, bem como o pH, a condutividade elétrica e o peso de matéria seca das plantas foram avaliados em todos os cultivos, sendo a atividade microbiana, por meio da hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) e do desprendimento de CO₂, avaliados apenas no terceiro cultivo. A severidade da doença, considerando a porcentagem de tecido lesionado no colo da planta, foi avaliada nos três cultivos, utilizando a seguinte escala de notas: 1 = plantas sem sintomas visíveis; a 9 = aproximadamente 75% ou mais dos tecidos cobertos com lesões, em avançado estado de apodrecimento, com severa redução do sistema radicular (Schoonhoven & Pastor-Corrales, 1987). A determinação da hidrólise de FDA foi baseada na metodologia descrita por Boehm & Hoitink (1992) e Ghini et al. (1998) e o desprendimento de CO₂ na de Grisi (1978).

Outro fator avaliado no ensaio de campo foi a sobrevivência dos escleródios do patógeno no primeiro e no terceiro cultivo.

Resultados e Discussão

A emergência das plântulas, nos três cultivos em condições de campo, foi diretamente proporcional à concentração de lodo de esgoto aplicada ao solo, com R² = 0,91; 0,93 e 0,74, para o primeiro, segundo e terceiro cultivo, respectivamente. Ainda em relação à emergência, nos três cultivos o lodo de

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

esgoto nas doses $37,2 \text{ t ha}^{-1}$ e $49,6 \text{ t ha}^{-1}$ diferiram estatisticamente da testemunha e da adubação mineral (Tabela 2). O incremento da emergência nas parcelas tratadas com lodo teve maior destaque no primeiro cultivo, onde o efeito do patógeno foi mais drástico, sendo de 34% na menor dose até 118% na maior.

O estande final foi diretamente correlacionado com as doses de lodo nos três cultivos ($R^2 = 0,86$; $0,99$ e $0,74$, respectivamente) (Tabela 2). Os resultados indicam que quanto maior o “damping-off” de pré e pós-emergência, reduzindo o número de plantas por parcela, mais evidente é o efeito do lodo no controle da doença. No primeiro cultivo, o incremento do número de plantas, variou de 50,5% na menor dose de lodo, até 201% na maior. Mesmo na maior dose de lodo, onde se observa a maior proteção das plantas contra o fitopatógeno, a baixa porcentagem de emergência e número de plantas por parcela pode ser explicado pelo potencial de inóculo existente do patógeno no experimento que foi extremamente alto, situação não encontrada em condições normais de cultivo a campo. Isso indica que os resultados obtidos com a aplicação do lodo de esgoto no solo para a proteção das plantas contra o patógeno são promissores.

A severidade da doença, ao contrário da emergência e do estande final, apresentou resultados mais evidentes no terceiro cultivo. Nos primeiros cultivos, onde o ataque foi mais drástico, o lodo promoveu um aumento significativo da emergência e do estande final, mas não evitou a formação de lesões nas plantas. Como no terceiro cultivo, o ataque do patógeno foi menor do que no primeiro, contribuiu para que o aumento das doses de lodo reduzisse a severidade da doença ($R^2 = 0,89$). Esses resultados evidenciam o efeito do lodo no controle das doenças causadas por *S. rolfsii*.

Tabela 2. Efeito de doses do lodo de esgoto sobre a emergência (EM), estande (ES) e severidade da doença (SV) causada por *Sclerotium rolfsii* em plantas de feijoeiro (tipo carioquina); e sobre pH, condutividade elétrica (CE) e atividade microbiana (hidrólise de diacetato de fluoresceína – FDA e desprendimento de CO₂) do solo; e sobre a biomassa seca (BS) das plantas (g).

Tratamento	Primeiro cultivo			Segundo cultivo			Terceiro cultivo			CO ₂										
	EM	ES	SV	pH	CE	BS	EM	ES	SV		pH	CE	BS	FDA						
Testemunha	20,0	9	5,3	7	48	2,5	48,7	15	7	6,9	110	3,1	57,5	36	5,7	6,7	103	3,0	10,6	30,7
12,4 Mg ha ⁻¹	26,2	14	5,1	6,5	59	2,5	48,7	18	5,7	6,6	140	3,4	73,7	51	5,5	6,5	231	3,3	15,3	55,3
24,8 Mg ha ⁻¹	37,5	26	5,8	6,3	60	2,9	61,2	25	5,5	6,4b	142	3,4	67,5	45	5,3	6,2	381	3,1	19,3	88,3
37,2 Mg ha ⁻¹	42,5	27	5,1	6,3	82	2,9	63,7	32	5,4	6,4b	188	3,2	78,7	54	4,3	6,1	462	3,3	22,8	106
49,6 Mg ha ⁻¹	43,7	28	5	6,1	84	2,7	70,0	36	5,1	6,1	224	3,6	82,5	56	3,6	5,8	482	3,5	28,3	115
NPK	31,2	11	5,1	6,4	80	2,1	48,7	15	6,3	6,4	176	3,5	61,2	39	6,2	6,4	190	3,4	13,6	36,7
R ²	0,91	0,86	NS	0,92	0,92	0,93	0,99	NS	0,94	0,94	0,90	0,74	0,7	0,94	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96	0,8

Tratamentos com doses de lodo de esgoto determinadas com base no teor de nitrogênio fornecido pelo lodo, considerando 1, 2, 3 e 4 vezes . NPK = fertilização mineral com 50, 60 e 50 kg ha⁻¹, respectivamente. Emergência e Estande final com base na sementeira de 80 sementes por parcela (notas de 1 a 9). CE = μcm^{-1} ; FDA = $\mu\text{g FDA g}^{-1}$ solo seco; CO₂ = mg de CO₂ 100⁻¹ de solo seco. Os dados dos tratamentos 12,4 e 49,6 Mg ha⁻¹ são e os demais de 3 repetições.

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

Na maioria dos trabalhos encontrados na literatura, nos quais o lodo reduz a incidência e ou severidade de doenças de plantas, os autores indicaram que o aumento da atividade microbiana provocada pela aplicação do LE ao solo e a própria microbiota contida no material orgânico, foram as responsáveis pelo controle das doenças (Chen et al., 1987; Craft & Nelson, 1996; Dissanayaque & Hoy, 1999). Também nesse trabalho foi verificado que a atividade microbiana foi diretamente proporcional à dose de lodo de esgoto incorporada ao solo (Tabela 2), sendo que as concentrações de 24,8; 37,2 e 49,6 Mg ha⁻¹ diferiram estatisticamente da testemunha e da adubação mineral. A atividade microbiana do solo é aumentada durante a decomposição da matéria orgânica, sendo que essa atividade microbiana se traduz em ação antagônica entre os microrganismos (Millner et al., 1982; Chen et al., 1987). Portanto, ativar a microbiota do solo, significa potencializar o controle biológico natural. Nesse trabalho, o aumento da atividade microbiana está positivamente correlacionado com a redução das doenças no feijoeiro (Tabela 2). A hidrólise de FDA foi positivamente correlacionada com a emergência ($r = 0,87$) e com o estande de plantas ($r = 0,84$) e negativamente com a severidade da doença ($r = -0,95$). O desprendimento de CO₂ apresentou resultados semelhantes, sendo positivamente correlacionado com a emergência ($r = 0,82$) e com o estande de plantas ($r = 0,82$) e negativamente com a severidade da doença ($r = -0,88$) (Tabela 3).

A liberação de CO₂, além de indicar uma maior atividade microbiana, pode estar envolvida na inibição da germinação do escleródios do patógeno. Barreto et al. (1997) afirmam que o fungo *S. rolfsii* é altamente exigente em oxigênio e este fato limita a germinação dos escleródios no interior de solos pesados e o desenvolvimento do patógeno só ocorre próximo à superfície. Porém, sua inabilidade para atingir as plantas se relaciona com a sua sensibilidade ao CO₂, o qual é produto do crescimento microbiano e que se transforma em mecanismo de antagonismo (Griffin, 1977). Foi constatado por Smith (1973) que, em solos submetidos a ar contendo 0,1 ppm de etileno, escleródios de *S. rolfsii* permaneceram dormentes. Assim, é possível que os elevados teores de lodo e, principalmente o seu nitrogênio, tenham contribuído para aumentar a quantidade de etileno quando comparado à testemunha.

Tabela 3. Coeficiente de correlação entre a emergência (EM), estande (ES) e severidade (SV) das doenças causadas por *Sclerotium rolfsii* em feijoeiro e o pH, a condutividade elétrica (CE) e a atividade microbiana (hidrólise de diacetato de fluoresceína – FDA – e desprendimento de CO₂) do solo tratado com lodo de esgoto, em três cultivos.

	1º Cultivo		2º Cultivo		3º Cultivo			
	pH	CE	pH	CE	pH	CE	FDA	CO ₂
EM	-0,93	0,90	-0,92	0,90	-0,82	0,82	0,87	0,82
ES	-0,92	0,84	-0,93	0,96	-0,79	0,81	0,84	0,82
SV	0,10	-0,50	0,93	-0,81	0,91	-0,85	-0,95	-0,88

Outro fator que pode estar relacionado com a ação do lodo na redução da doença é a CE, pois foi correlacionada positivamente com a concentração de lodo nos três cultivos ($r = 0,92$; $0,90$ e $0,96$, respectivamente) (Tabela 3).

Uma das preocupações existentes estava relacionada com a possível fitotoxicidade do lodo de esgoto ao feijoeiro. Entretanto, a produção de matéria seca das plantas não diferiu estatisticamente entre os tratamentos nos três cultivos (Tabela 2), sendo que, de modo geral, o lodo proporcionou as maiores biomassas das plantas.

Não houve influência das doses de LE no número de escleródios recuperados e de escleródios viáveis no experimento a campo onde ocorreu a infestação artificial do solo. Os resultados deste trabalho indicam que o lodo, embora reduza a intensidade das doenças causadas por *S. rolfsii*, não interferiu na sobrevivência das estruturas de resistência do patógeno, no período em que ocorreram as avaliações. Como foi constatada, a incorporação do LE aumenta a atividade microbiana e a liberação de CO₂. Esses fatores podem ter inibido a germinação dos escleródios no solo. No entanto, é possível que, em condições de laboratório, estes não estavam sob a pressão de competição com a microbiota do solo e em concentrações altas de CO₂ e dessa forma germinaram totalmente.

Os resultados da sobrevivência dos escleródios de *S. rolfsii* indicam que o lodo não interfere diretamente sobre o escleródio. No entanto, foi verificado que, de alguma forma, o lodo reduz a ação do patógeno na sua capacidade de causar a doença. Esse fato pode sugerir que o lodo induz a supressividade do solo à doença e não ao patógeno.

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

CASO 2: Efeito do lodo de esgoto no crescimento micelial de fitopatógenos habitantes do solo e na podridão do colo de plântulas de feijoeiro, causadas por *Sclerotium rolfsii*, em condições controladas.

Nesse trabalho foi avaliado o efeito do lodo de esgoto sobre a podridão do colo causada por *S. rolfsii* em feijoeiro, em condições controladas, bem como o efeito *in vitro* de diferentes concentrações de lodo sobre os seguintes fitopatógenos: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii* e *Pythium aphanidermatum*.

Os trabalhos foram conduzidos num Latossolo Vermelho Distroférico - textura argilosa (pH = CaCl₂ 5,4; MO = 22 e P = 4 mg dm⁻³; K = 1,54, Ca = 44, Mg = 11, Al + H = 28 e CTC = 84,5 mmolc dm⁻³; V% = 66,9). O lodo de esgoto foi obtido na Estação de Tratamento de Esgoto de Franca, SP, a qual trata esgoto de origem essencialmente doméstica. A composição do lodo de esgoto (Tabela 1) utilizado nos trabalhos respeitou as normas para sua utilização na agricultura adotadas pela CETESB (1999).

Avaliou-se o efeito do lodo de esgoto (LE) no crescimento micelial de *R. solani*, *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli*, *S. sclerotiorum*, *S. rolfsii* e *P. aphanidermatum*. O estudo foi constituído de seis tratamentos com LE (86% de umidade) misturado ao solo nas seguintes concentrações: 0, 5, 10, 15, 20 e 25%. Os substratos obtidos foram colocados em placas de Petri e recobertos por uma camada de ágar-água e outra de papel celofane esterilizado em formol. No centro de cada placa, sobre o papel celofane, foi colocado um disco de BDA de 5 mm de diâmetro contendo os patógenos em pleno desenvolvimento. Para cada patógeno foram realizados dois ensaios: um, com os substratos submetidos a autoclavagem a 120°C, durante uma hora, em dois dias consecutivos; e o outro sem autoclavagem dos substratos. Para todos os ensaios, a incubação foi em condições ambiente, com temperatura de 24°C ± 2. O crescimento micelial das colônias dos patógenos foi avaliado diariamente medindo-se o diâmetro da colônia em duas linhas perpendiculares traçadas nas placas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Os dados de crescimento micelial dos fungos foram submetidos à análise de variância e a regressão polinomial. Os fungos que não apresentaram crescimento não foram submetidos à análise estatística.

Para estudar o efeito do lodo na severidade da doença em condições controladas, o lodo de esgoto foi seco em estufa a $40^{\circ}\text{C} \pm 3$ por 72 horas, moído e passado em peneira com malha de 4,75 mm. Posteriormente, foi misturado ao solo nas concentrações de 0; 2,5; 5; 7,5; 10 e 12,5 %; e distribuído em quatro vasos com 500 mL de capacidade para cada concentração. Em outro tratamento foi adicionado 2,5 g de fertilizante NPK (4-14-8) por vaso. Os substratos foram infestados com 10gL^{-1} do inóculo de *S. rolfsii*, sete dias antes da semeadura de 10 sementes de feijão (tipo carioquinha) por vaso. O *S. rolfsii* foi multiplicado colocando-se 10 discos de BDA de 6 mm de diâmetro colonizados pelo fungo, em frascos de um litro com substrato previamente autoclavado por uma hora em dois dias consecutivos, contendo: 100 g de arroz em casca e 150 ml de água destilada. O substrato foi incubado durante 10 dias, em condições ambientes, com temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$. Como controle de possíveis efeitos fitotóxicos dos tratamentos, mantiveram-se quatro vasos sem infestação com o patógeno e sem aplicação de lodo ou fertilizante. Efetuaram-se três cultivos sucessivos de feijão, no mesmo substrato, com duração aproximada de 20 dias, sendo o segundo cultivo realizado sete dias após o término do primeiro e o terceiro 60 dias em relação ao segundo. A severidade da doença, considerando a porcentagem de tecido lesionado no colo da planta, foi avaliada nos três cultivos, utilizando a seguinte escala de notas de 1 = plantas sem sintomas visíveis, a 9 = aproximadamente 75% ou mais dos tecidos cobertos com lesões, em avançado estado de apodrecimento, com severa redução do sistema radicular (Schoonhoven & Pastor-Corrales, 1987). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, análise de regressão polinomial e a comparação de médias foi realizada pelo teste de Duncan a 5%.

Resultados e Discussão

Efeito de lodo de esgoto sobre o crescimento micelial de fitopatógenos habitantes do solo

Os resultados obtidos demonstraram um comportamento diferenciado do crescimento micelial dos fitopatógenos quando submetidos ao

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

substrato com lodo de esgoto, com e sem autoclavagem (Tabelas 4 e 5). O lodo de esgoto autoclavado apresentou alto índice de inibição no crescimento micelial diário para a maioria dos patógenos testados, destacando-se o efeito sobre *S. sclerotiorum* e *S. rolfsii*, os quais tiveram seus crescimentos totalmente inibidos em todas as concentrações de lodo, enquanto que os mesmos fungos atingiram um crescimento micelial diário de 0,8 e 3,3 mm, respectivamente, no solo sem lodo. Para *R. solani*, a inibição total de crescimento ocorreu a partir da concentração de 10% de lodo autoclavado no substrato, sendo que na concentração de 5% a média de crescimento diário foi de 1,7 mm, com uma inibição de 57,5%, quando comparado à média diária de crescimento no solo testemunha que foi de 4 mm. Para *P. aphanidermatum*, embora a redução do crescimento micelial não tenha sido total para nenhuma das concentrações de lodo, a inibição foi significativa e com R^2 de 0,72, sendo que a porcentagem de inibição variou entre 35% para a concentração de 5% de lodo, até 84% para a concentração mais alta, quando comparado com o crescimento do fungo no solo. Ao contrário do que ocorreu com a maioria dos patógenos, o efeito de inibição do lodo autoclavado sobre *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* não foi estatisticamente significativo. Isto leva a crer que o referido patógeno, de forma diferenciada dos demais, não foi sensível ao fator químico que inibiu o crescimento dos outros patógenos (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito do substrato contendo lodo de esgoto autoclavado e solo na taxa de crescimento micelial (mm /dia¹) de fitopatógenos habitantes do solo.

Tratamento	<i>Rhizoctonia Solani</i>		<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		<i>Sclerotium rolfsii</i>		<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i>		<i>Pythium aphanidermatum</i>	
	Taxa ¹	P.I.	Taxa ¹	P.I.	Taxa ¹	P.I.	Taxa ¹	P.I.	Taxa ¹	P.I.
Solo	4,00		0,90		3,30		3,40		3,16	
Lodo 5%	1,70	57,50	0	100	0	100	2,66	21,70	2,06	35,00
Lodo 10%	0	100	0	100	0	100	2,16	36,00	0,65	79,40
Lodo 15%	0	100	0	100	0	100	2,66	21,70	0,87	72,50
Lodo 20%	0	100	0	100	0	100	1,83	46,10	0,87	72,50
Lodo 25%	0	100	0	100	0	100	2,00	41,10	0,51	84,00
R ²							NS			0,72
CV (%)										13,60

¹Média de três repetições. P.I. = Porcentagem de inibição do crescimento micelial. NS = Não significativo pelo teste F e R². Para os fungos *R. solani*, *S. sclerotiorum* e *S. rolfsii* não foi realizada análise de variância e regressão polinomial.

O fator biológico, potencialmente antagônico aos fitopatógenos, foi eliminado dos substratos esterilizados. No entanto, nem sempre o controle biológico proporcionado pela matéria orgânica é o único responsável pela inibição dos fitopatógenos. Conforme Pereira et al. (1996), a ação dos compostos orgânicos nos fitopatógenos pode também ser diretamente pela produção de compostos químicos. O'Neill, citado por Nelson & Craft (1992), verificou que a supressão induzida pelo lodo à mancha marrom em capim-do-prado persistiu mesmo quando o composto foi esterilizado por autoclavagem, sugerindo que um componente microbiano não foi responsável pelas propriedades de supressão da doença. Kim et al. (1997), estudando o efeito do lodo de esgoto, juntamente com casca de madeira, sobre a incidência e severidade de *Phytophthora capsici* em pimenta, verificaram que, apesar de aumentarem a atividade microbiana total e populações de alguns grupos funcionais no solo, não foram capazes de reduzir a população do patógeno, nem os sintomas das doenças. A mudança do pH do meio por interferência do lodo é outro fator não biológico que pode ter influenciado no crescimento de fungos. Isto foi comprovado pelo trabalho de Fortes et al. (2000), onde a elevação do pH induzida pelo lodo foi responsável pela neutralização do crescimento do fungo *R. solani* em placas de Petri com meio BDA.

A hipótese mais provável para a eficiência do lodo autoclavado, na redução do crescimento micelial da maioria dos patógenos testados no presente trabalho, foi a formação e ou liberação de substâncias fungitóxicas, voláteis ou não, em quantidade expressiva, por ocasião da autoclavagem.

O lodo de esgoto não autoclavado, ao contrário do autoclavado, não inibiu significativamente o crescimento micelial da maioria dos fitopatógenos e quando a inibição ocorreu, não foi tão eficiente quanto ao autoclavado. No entanto, com as doses crescentes de lodo verificou-se redução significativa do crescimento micelial dos fungos *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* e *S. rolfsii* ($R^2 = 0,92$ e $0,69$, respectivamente). Para o *S. rolfsii* a inibição ocorreu a partir da concentração de 10%, com 62% de inibição e 75,5% para dose mais alta (25%), considerando que a taxa de crescimento micelial diário na testemunha foi de 4,5 mm, contra um crescimento de 1,1

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

mm por dia na maior concentração de lodo. Para o fungo *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* a porcentagem de inibição do crescimento micelial atingiu índices menores do que para *S. rolfsii*. No entanto, a inibição começou a partir de 5% de lodo com 20,6% até 44% de inibição na dose mais alta e a redução do crescimento teve uma melhor linearidade com o aumento nas doses de lodo. Os demais fungos não tiveram reduções do crescimento micelial, sendo que *P. aphanidermatum* não foi inibido em seu crescimento em nenhuma das doses (Tabela 5). A mistura de lodo e solo não autoclavados possui potencial para ativação da microbiota presente nesses substratos e conseqüente competição com os patógenos habitantes do solo. O modo pelo qual o lodo reduziu a severidade das doenças, conforme está relatado na maioria dos trabalhos, parece estar relacionado principalmente com o aumento da atividade microbiana no solo e a própria microbiota contida no material orgânico (Chen et al., 1987; Ferrara et al., 1996; Craft & Nelson, 1996; Dissanayaque & Hoy, 1999). No entanto, ficou evidenciada uma baixa eficiência na inibição do crescimento micelial dos patógenos testados, por parte do lodo não autoclavado, quando comparado ao autoclavado. Esses resultados são comparáveis com outro teste *in vitro*, onde compostos contendo lodo também não foram eficazes contra o crescimento de alguns fitopatógenos, não apresentando halo de inibição a *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, *P. ultimum*, *Verticillium dahliae* e *R. solani* (Phae et al., 1990). A baixa eficiência de inibição dos fungos por parte do lodo não autoclavado pode estar relacionada com a dificuldade de manifestação antagônica da microbiota contra fitopatógenos, devido à metodologia utilizada neste trabalho. Cobrindo o substrato orgânico com meio de cultura e papel celofane, o contato direto do lodo com o patógeno é evitado. Com isso, a microbiota presente no substrato só poderia agir por meio da antibiose, descartando qualquer outro modo de ação envolvido no controle biológico. No entanto, embora a difusão de substâncias no meio de cultura e celofane tenha sido possível, o processo não contribuiu para uma inibição eficiente de todos os patógenos testados. As limitações da metodologia apresentadas no presente trabalho, não invalidam os resultados, principalmente os que

Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais da Agricultura

foram obtidos com o substrato autoclavado. Dessa forma, sugere-se em trabalhos futuros o contato direto do patógeno com o substrato, em recipientes maiores, os quais permitirão avaliações num período superior a 15 dias, monitorando o crescimento do patógeno e assim, avaliando o potencial supressivo do substrato. Se forem utilizados recipientes hermeticamente fechados, contendo substrato e patógeno, poderá ser avaliado de forma isolada o efeito de substâncias voláteis.

Tabela 5. Efeito do substrato contendo lodo de esgoto não autoclavado e solo na taxa de crescimento micelial (mm dia^{-1}) de fitopatógenos habitantes do solo.

Tratamento	<i>Rhizoctonia Solani</i>		<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		<i>Sclerotium rolfii</i>		<i>Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli</i>		<i>Pythium aphanidermatum</i>	
	Taxa ¹	P.I.	Taxa	P.I.	Taxa	P.I.	Taxa	P.I.	Taxa	P.I.
Solo	4,8		1,33		4,5		3,4		1,33	
Lodo 5%	2,2	54	1,6		4,5		2,7	20,6	2,3	
Lodo 10%	2,5	48	0,53	60	1,7	62	2,6	23,5	2,6	
Lodo 15%	3,6	25	1,8		3,2	29	2,4	29,4	2,06	
Lodo 20%	3,8	20,8	1,3		2,0	55	2,3	32,3	2,06	
Lodo 25%	3,4	29	1,06	20,3	1,1	75,5	1,9	44	1,43	
R ²	NS		NS		0,69		0,92		NS	

¹Média de três repetições. P.I. = Porcentagem de inibição do crescimento micelial. NS = Não significativo pelo teste F e R².

Efeito do lodo de esgoto na severidade da doença em condições controladas.

O lodo reduziu a porcentagem de tecido do colo do feijoeiro com lesões, causadas por *S. rofsii*. No entanto, a redução da severidade da doença não ocorreu de forma linear. O tratamento NPK não teve efeito na redução da severidade da doença, quando comparado com a testemunha nos três cultivos. A maior dose de lodo no substrato (12,5%) manteve a severidade da doença em níveis baixos em todos os cultivos, quando comparada com a testemunha (Tabela 6). A dose de 12,5% de lodo é elevada, considerando condições de cultivo a campo. No entanto, a possibilidade da utilização do lodo em substratos para a produção de mudas, considerando o controle de doenças causadas por *Sclerotium rolfii*, pode ser uma alternativa viável. Embora a concentração de 12,5% de lodo tenha controlado a doença, um fator que deve ser observado é a fitotoxicidade observada no primeiro cultivo.

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

Tabela 6. Efeito do lodo de esgoto na severidade da doença causada por *Sclerotium rolfsii* em feijoeiro (tipo carioquinha), em vaso, em três cultivos sucessivos.

Concentração de lodo (%)	1ª Semeadura	2ª Semeadura	3ª Semeadura
0	4,47ab	7,7a	7,1ab
2,5	3,82ab	4,3b	5,6b
5	3,06b	5,6ab	6,2ab
7,5	2,33bc	4,4b	5,9ab
10	1,16c	5,08ab	7,8a
12,5	1,16c	1,14c	3,2c
NPK	5,8a	7,5a	6ab
R ²	0,29	0,92	0,79
C.V.	18,8	16,1	8,9

Os dados do NPK não fazem parte da análise de regressão. Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si (Duncan 5%). Severidade da doença – notas de 1 a 9 (média de 4 repetições).

Em outros testes realizados ficou provado que o lodo não interfere diretamente na sobrevivência do escleródio de *S. rolfsii*, em curto espaço de tempo (Santos, 2001). No entanto, foi verificado que, de alguma forma, o lodo reduz a ação do patógeno na sua capacidade de causar a doença. Esse fato pode indicar que o lodo induz a supressividade do solo à doença e não ao patógeno. O aumento da atividade microbiana no solo, induzindo competição, predação e antibiose, pode ser o fator principal de indução de supressividade (Chen et al., 1987; Ferrara et al., 1996; Craft & Nelson, 1996; Dissanayaque & Hoy, 1999). A condutividade elétrica aumentada no solo, principalmente com doses mais altas de lodo, é outro fator que reduz as doenças causadas por *S. rolfsii* em feijoeiro (Santos, 2001).

Referências

ABDEL-HAFEZ, A.I.I.; EL-SHAROUNY, H.M.M. Seasonal fluctuations of fungi in Egyptian soil receiving city sewage effluents. **Cryptogamie, Mycologie**, v.8, n.3, p. 235-249, 1987.

ABDEL-HAFEZ, A.I.I.; EL-SHAROUNY, H.M.M. The occurrence of keratinophilic fungi in sewage sludge from Egypt. **Journal of Basic Microbiology**, v.30, n.2, p.73-79, 1990.

Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais da Agricultura

ANDREOLI, C.V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema**. 1999. 278p. Tese (Doutorado) – UFPR, Curitiba.

BARRETO, M. Doenças do amendoim. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ceres, 1997. p.65-77.

BERTON, R.S. Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.259-268.

BERTON, R.S.; VALLADARES, J.M.A.S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto à cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.187-192, 1989.

BETTIOL, W. Efeito do lodo de esgoto na incidência da podridão do colmo do milho causada por *Fusarium*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, supl., p.359, 2000.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312p.

BETTIOL, W.; CARVALHO, P.C.T.; FRANCO, B.J.D. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante. **O Solo**, v.75, n.1, p.44-54, 1983.

BETTIOL, W.; KRUGNER, T.L. Influência do lodo de esgoto na severidade da podridão de raiz do sorgo causada por *Pythium arrhenomanes*. **Summa Phytopatologica**, v.10, p.243-251, 1984.

BOEHM, M.J.; HOITINK, H.A.J. Sustenance of microbial activity in potting mixes and its impact on severity of *Pythium* root rot of *Poinsettia*. **Phytopathology**, v.82, n.3, p.259-264, 1992.

CASTAGNONE-SERENO, P.; KERMARREC, A.; CLAIRON, M.; ANAIS, A. Effets depresses d'un apport de boue residuaire sur le parasitisme de *Meloidogyne incognita*. **Mededelingen van den Faculteit Landbouww. Rijksuniversiteit Gent**, v.53, n.2b, 1988.

CASTAGNONE-SERENO, P.; KERMARREC, A. Invasion of tomato roots and reproduction of *Meloidogyne incognita* as affected by raw sewage sludge. **Journal of Nematology**, v.23, p.734-728, 1991.

CETESB. **Salmonella**: isolamento e identificação - método de ensaio. São Paulo: Cetesb, 1987. 51p.

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

CETESB. **Sistemas de aplicação de biossólidos e lodos de tratamentos biológicos em áreas de uso agrícola** - critérios para projeto e operação. São Paulo, 1998. 29 p. (Norma P 4 230).

CHELLEMI, D.O.; MITCHELL, D.J.; BARKDOL, A. Effect of composted organic amendments on the incidence of bacterial wilt of tomato. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 105, p.364-366, 1992.

CHEN, W.; HOITINK, H.A.J.; SCHMINTHERNNER, A.F. Factors affecting suppression of *Pythium* damping-off in container media amended with composts. **Phytopathology**, v.77, p.755-760, 1987.

CHEN, W.; HOITINK, H.A.J.; MADDEN, L.V. Microbial activity and biomass in container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by *Pythium ultimum*. **Phytopathology**, v.78, p.1447-1450, 1988.

COOK, R.N.; ENGEL, R.E.; BACHELDER, S. A study of the effect of nitrogen carriers on turfgrass disease. **Plant Disease Reporter**, v.48, n.4, p.254-255, 1964

COOKE, W.B. Potential plant pathogenic fungi in sewage and polluted water. **Plant Disease Reporter**, v.40, p.681-687, 1956.

CRAFT, C. M.; NELSON, E. B. Microbial properties of composts that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.62, p.1550-1557, 1996.

DIAS, F.L.F. **Efeito da aplicação de calcário, lodo de esgoto e vinhaça em solo cultivado com sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.)**. Jaboticabal: UNESP/FCAV, 1994. 74p.

DISSANAYAKE, N.; HOY, J.W. Organic material soil amendment effects on root rot and sugarcane growth and characterization of the materials. **Plant Disease**, v. 83, p.1039-1046, 1999.

FERRARA, A.M.; AVATANEO, M.; NAPPI, P. First experiments of compost suppressiveness to some phytopathogens. **The science of composting: Parte 2**. p.1157-1160, 1996.

FORTES, N.L.P.; FORTES NETO, J.C.; SILVA, J.C. A indução da supressividade à *Rhizoctonia solani* em solos tratados com diferentes fontes de matéria orgânica. **Summa Phytopathologica**, v.26, n.1, p.140, 2000.

GAMBALE, W.; PAUALA, C.R.; CORREA, B.; PURCHIO, A.; MARTINS, M.T. Avaliação da microbiota fúngica em lodo digerido submetido a tratamento químico e térmico. **Revista de Microbiologia**, v. 18, n.4, p.363-365, 1987.

Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais da Agricultura

GANGAWANE, L.V.; KUKARNI, L. Rhizosphere mycoflora of groundnut grown in sewage and sludge treated soils. **Indian Phytopathology**, v.38, p.756-757, 1985.

GIBLIN-DAVIS, R.M.; CIZAR, J.L.; BILZ, F.G. Response of nematode populations and growth of fairway managed bermudagrass to application of fertilizer and fenamiphos. (Abstract - 13767) p. 1711 / 246/7 Plant Pests.

GHINI, R.; MENDES, M.D.L.; BETTIOL, W. Método de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) como indicador de atividade microbiana no solo e supressividade a *Rhizoctonia solani*. **Summa Phytopathologica**, v.24, n.3-4, p.239-242, 1998.

GRIFFIN, D.M. Water potential and wood-decay fungi. **Annual Review of Phytopathology**, v.15, p.319-329, 1977.

GRISI, B.M. Método químico de medição da resperação edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v.30, n.1, p.82-88, 1978.

GUIMARÃES, C.R.B.; BOARETO, A.E.; NAKAGAWA, J. Utilização do lodo de esgoto em comparação com fertilizantes químicos em feijão irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2., 1982, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: ESALQ, 1982. p.216-218.

GUSHI, R.S.; BOARETO, A.E.; NAKAGAWA, J. Utilização do lodo de esgoto em comparação com fertilizantes químicos- feijão não irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2., 1982, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: ESALQ, 1982. p.214-216.

HOITINK, H.A.E.; FAHY, P.C. Basis for the control of soilborne plant pathogens with compost. **Annual Review of Phytopathology**, v.24, p.93-114, 1986.

HOITINK, H.A.J.; ZHANG, W.; HAN, D.Y.; DICK, W.A. Making compost to suppress plant disease. **Biocycle**, v.38, p.40-42, 1997.

KIM, K.D.; NEMEC, S.; MUSSON, G. Effects of compost and soil amendments on soil microflora and Phytophthora root and crown rot of bell pepper. **Crop Protection**, v.16, n. 2, p.165-172, 1997.

KUTER, G.A.; HOITINK, H.A.J.; CHEN, W. Effects of municipal sludge compost curing time on suppression of *Pythium* and *Rhizoctonia* of ornamental plants. **Plant Disease**, v.72, p.751-756, 1988.

LEWIS, J.A.; LUMSDEN, R.D.; MILLNER, P.D.; KEINATH, A. P. Suppression of damping-off of peas and cotton in the field with composte sewage sludge. **Crop Protection**, v.11, p.260-266, 1992.

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

LIU, L.X.; HSIANG, T.; CAREY, K.; EGGENS, J.L. Microbia populations and suppression of dollar spot disease in creeping bentgrass with inorganic and organic amendments. **Plant Disease**, v.79, n.2, p.144-147, 1995.

LOPEZ - REAL, J.; FOSTER, M. Plant pathogens survival during the composting of agricultural organic wastes. In: GASSER, J.K.R. **Composting of agricultural and other wastes**. London: Elsevier Applied Science, 1985. p.291-300.

LUMSDEN, R.D.; LEWIS, J.A.; MILLNER, P.D. Effect of composted sewage sludge on several soilborne pathogens and diseases. **Phytopathology**, v.73, p.1543-1548, 1983.

LUMSDEN, R.D.; MILLNER, P.D.; LEWIS, J.A. Suppression of lettuce drop caused by *Sclerotinia minor* with composed sewage sludge. **Plant Disease**, v.70, p.197-201, 1986.

McILVEEN, W.D.; COLE JR, H. Influence of sewage sludge soil amendment on various biological components of the corn field ecosystem. **Agriculture and Environment**, v.3, p.349-361, 1977.

MILLNER, P.D.; LUMSDEN, R.D.; LEWIS, J.A. Controlling plant disease with sludge compost. **Biocycle**, v.23, p.50-52, 1982.

MORTVEDT, J.J. Heavy metal contaminants in inorganic and organic fertilizers. **Fertilizer Research**, v.43, p.55-61, 1996.

NELSON, E. B.; CRAFT, C. M. Suppression of dollar spot on creeping bentgrass and annual bluegrass turf with compost-amended topdressings. **Plant Disease**, v.76, n.9, p. 954-958, 1992.

PEREIRA, J.C.R.; ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R. do; CHAVES, G.M. Compostos orgânicos no controle de doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.4, p.353-379, 1996.

PHAE, C-G.; SASAKI, M.; SHODA, M.; KUBOTA, H. Characteristics of *Bacillus subtilis* isolated from composts suppressing phytopathogenic microorganisms. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.36, n.4, p.575-586, 1990.

PRIOR, P.; BÉRAMIS, M. Induction de la résistance au flétrissement bactérien dû à *Pseudomonas solanacearum* E. F. Smith in chez un cultivar de tomate réputé sensible. **Agronomie**, v.10, p.391-401, 1990.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996.

Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais da Agricultura

SANTOS, I.; BETTIOL, W. Efeito do lodo de esgoto na podridão do colo e tombamento de plântulas de feijoeiro induzidas por *Sclerotium rolfsii*. **Summa Phytopathologica**, v.27, n.1, p.113, 2001.

SANTOS, I.; MAZZEO, A.N.; BETTIOL, W. Efeito de lodo de esgoto sobre o crescimento micelial de fitopatógenos habitantes do solo. **Fitopatologia Brasileira**, v.24, supl., p.325, 1999.

SANTOS, I.; MAZZEO, A.N.; BETTIOL, W. Efeito do lodo de esgoto no tombamento de plântulas de pepino induzido por *Pythium aphanidermatum*. **Summa Phytopathologica**, v.26, n.1, p.141, 2000.

SCHOENMAKER, I. A.; GHINI, R. Associação da solarização do solo e fontes de matéria orgânica para o controle de *Pythium* spp. em pepino. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, supl., p.375-376, 2000.

SCHOONHOVEN, A. Van; PASTOR-CORRALES, M.A. **Standard system for the evaluation of bean germplasm**. Cali: CIAT, 1987.

SILVA, F.C. **Uso agrônomico de lodo de esgoto: efeitos em fertilidade do solo e qualidade da cana-de-açúcar**. 1995. 154p. Tese (Doutoramento) - ESALQ/USP, Piracicaba.

SMITH, A.M. Ethylene as a cause of soil fungistasis. **Nature**, v.246, p.311-313, 1973.

SOCCOL, V.T.; PAULINO, R.C. Riscos de contaminação do agroecossistema com parasitos pelo uso do lodo de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.245-258.

STONE, D.M.; POWERS, H.R. Sewage sludge increases early growth and decreases fusiform rust infection of nursery-run infection and rust-resistant loblolly pine. **Sjaf**, 13, 1989.

TSUTYIA, M.T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.69-105.

U.S. EPA. **Standards for the use and disposal of sewage sludge**. Washington: EPA, 1996. (Code of Federal Regulations 40 CFR Part 503).

UTKHEDE, R.S. Effect of nitrogen fertilizers and wood compost on the incidence of apple crown rot in British Columbia. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v.6, p.324-332, 1984.

Efeito do Lodo de Esgoto sobre Fitopatógenos Veiculados Pelo Solo:
Estudos de Casos

UTKHEDE, R.S.; SMITH, E.M. Evaluation of biological and chemical treatments for control of crown gall on young apple trees in the kootenay valley of british columbia. **Journal of Phytopathology**, v.137, p.265-271, 1993.

VESILIND, P.A. **Treatment and disposal of wastewater sludges**. Ann Arbor; Ann Arbor Science, 1974.