

Santuza Silverio Hermes Dias

**LODO DE ESGOTO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
BRACATINGA, (*Mimosa scabrella*), CRISÂNTEMO
(*Dendranthema grandiflora*) E PETÚNIA (*Petunia x hybrida*)**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-graduação em Agroecossistemas
da Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do grau de
Mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Admir José
Giachini

Co-orientador: Prof. Dr. Cláudio
Roberto Fonseca Sousa Soares

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Dias, Santuza Silverio Hermes
Lodo de esgoto na produção de mudas de bracatinga,
(*Mimosa scabrella*), crisântemo (*Dendranthema grandiflora*)
e petúnia (*Petunia x hybrida*) / Santuza Silverio Hermes
Dias ; orientador, Admir José Giachini ; coorientador,
Cláudio Roberto Fonseca de Sousa Soares. - Florianópolis,
SC, 2015.
98 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-
Graduação em Agroecossistemas.

Inclui referências

1. Agroecossistemas. 2. biossólido. 3. cultivo de
plantas. 4. substrato. 5. fungos micorrízicos arbusculares.
I. Giachini, Admir José. II. Soares, Cláudio Roberto
Fonseca de Sousa. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. IV.
Título.

**“Lodo de Esgoto na Produção de Mudanças de Bracatinga (*Mimosa scarella*),
Crisântemo (*Dendranthema grandiflora*)
e Petúnia (*Petunia x hybrida*)”**


Por

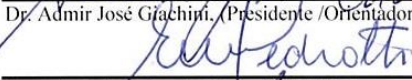
Santuza Silverio Hermes Dias

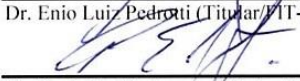
Dissertação julgada adequada, em 12 de fevereiro de 2015, e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas. Área de Concentração Desenvolvimento Rural e Desempenho Ambiental, no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias/UFSC.


Prof. Dr. Ademar Antonio Cazella (Coordenador do Programa)

Banca Examinadora:


Dr. Ademar José Gmachini, (Presidente /Orientador)


Dr. Enio Luiz Pedrotti (Titular/TIT-UFSC)


Dr. Paulo Emilio Lovato, (Titular Externo/PGA-UFSC)


Dr^a Maria Elisa Magri (Titular Externo/UFLA)

Candidata ao título:


Santuza Silverio Hermes Dias

Florianópolis, 12 de fevereiro de 2015

À Vó Nina, com todo meu amor e gratidão, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e pela força para enfrentar cada obstáculo encontrado.

Aos meus pais Ademir e Maria pelo apoio e por compreenderem minha ausência.

Ao Marcus pela ajuda em todos os momentos. Obrigada por poder contar sempre contigo! Eu também sou feliz ao teu lado!

Ao orientador, Admir Giachini e co-orientador Cláudio Soares por todo auxílio, apoio e pelo exemplo de compromisso com a docência e com a profissão.

À Natália, pela ajuda durante a etapa experimental e pelas inúmeras conversas na casa de apoio.

Ao tio Mazola, pelo empréstimo do carro para realização das coletas de lodo.

À Gislaíne e à prof. Célia do Laboratório de Virologia Aplicada pela ajuda com as análises de vírus. Em especial a Gislaíne por toda paciência e disponibilidade de tempo em demonstrar todo o protocolo envolvido neste trabalho.

Ao pessoal do DMS pela ajuda na realização das análises pela companhia durante todo o tempo que estive no laboratório.

Aos funcionários da Fazenda Ressacada por permitirem que o material fosse seco e por compreenderem da melhor forma possível quando imprevistos acontecem.

À Bruna, Sandro, Luiz e Chico pelo apoio desde que este mestrado era ainda uma simples idéia. Ao Felipe por autorizar a coleta de lodo. À Edna por estar sempre disposta a fornecer todas as informações que foram pedidas.

Às amigas Gabriela e Luiza e aos amigos do “JAEP” pelo incentivo e alegria em cada encontro.

Aos funcionários da UFSC especialmente a secretária do PGA, Marlene, que está sempre disposta a ajudar em todas as questões.

Ao Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas pela oportunidade de cursar o mestrado. A Capes pela concessão da bolsa.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para este trabalho.

*Belas flores não escolhem a beleza dos vasos, mas, solo fértil.
Elanklever*

RESUMO

O lodo de esgoto gerado a partir de estações de tratamento de efluentes configura-se como passivo ambiental e econômico que onera não apenas as empresas operadoras do tratamento, mas também a sociedade que sofre os impactos causados ao meio ambiente. Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo buscar uma alternativa ao destino deste resíduo por meio da sua utilização como substrato na produção de mudas de espécies vegetais como a bracatinga (*Mimosa scabrella*), o crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) e a petúnia (*Petunia x hybrida*). O lodo coletado na Estação de Tratamento de Esgotos de Canasvieiras, em Florianópolis (SC), passou por secagem solar e foi empregado nas proporções de 0%, 5%, 10% e 25% juntamente com solo coletado na Fazenda Ressacada, UFSC, utilizado como solo inóculo de fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Os parâmetros utilizados nas análises foram altura das plantas (cm), comprimento radicular (cm), produção de matéria seca da parte aérea (g), produção de matéria seca de raiz (g), teor de nitrogênio na parte aérea (g kg^{-1}), acúmulo de nitrogênio na parte aérea (mg planta^{-1}), teor de fósforo na parte aérea (g kg^{-1}), acúmulo de fósforo na parte aérea (mg planta^{-1}), contagem de esporos de FMA no solo (em 50 cm^3 de solo), colonização micorrízica (%) e pH do substrato (pré e pós-tratamento). Com relação ao tratamento do lodo, constatou-se que a secagem solar é uma metodologia eficiente na eliminação de patógenos, classificando o lodo como apto para emprego agrícola. Após a análise dos resultados, verificou-se que o tratamento com 5% de lodo de esgoto se mostrou o mais adequado para o cultivo da Bracatinga. Para o Crisântemo essas concentrações variam entre 5% e 13% e para a Petúnia entre 13% e 18% de lodo de esgoto. Essas concentrações foram as que proporcionaram os melhores rendimentos para todas as variáveis avaliadas no presente estudo, com exceção da colonização micorrízica e da contagem de esporos que decaíram à medida que aumentaram as concentrações de lodo aplicadas.

Palavras-chave: biossólido, cultivo de plantas, substrato, fungos micorrízicos arbusculares.

ABSTRACT

The sewage sludge generated from wastewater treatment plants is an environmental and economic liability that burdens not only the operating companies of health treatment, but also the society that suffers the impacts of environmental damage. Thereby, this work aims to seek an alternative to the destination of this sludge through the use thereof as substrate on the production of bracinga (*Mimosa scabrella*), chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora*) and petunia (*Petunia x hybrid*) seedlings. The sludge was collected from CASAN, at the Canasvieiras treatment station, in Florianópolis (SC), and submitted to solar drying for later employed in proportions of 0%, 5%, 10% and 25% with soil collected at the Ressacada Farm, UFSC, used as inoculum for arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). The parameters used in the analyzes were plant height (cm), root length (cm), production of aerial part dry matter, production of root dry matter (g), Nitrogen content in the aerial part (g kg^{-1}), Nitrogen accumulation in the aerial part (mg plant^{-1}), Phosphorus content in the aerial part (g kg^{-1}), Phosphorus accumulation in the aerial part (mg plant^{-1}), AMF spore count on the soil (in 50 cm of soil), mycorrhizal colonization (%) and pH of the substrate (pre- and post-treatment). Related to the sludge treatment, it was found that the solar drying is an efficient method in the elimination of pathogens, classifying the sludge as fit for agricultural application. After analyzing the results, it was verified that treatment with 5% of sewage sludge is the most suitable for the cultivation of Bracinga. For the Chrysanthemum, these concentrations vary from 5% to 13% and for Petunia, from 13% to 18% of sewage sludge. These concentrations provided the best yield for all variables in this study, with the exception of mycorrhizal colonization and spore counting that sagged as the sludge concentration increased.

Keywords: biosolids, cultivation, substrate, arbuscular mycorrhizal fungi

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Substrato do tratamento com 100% lodo de esgoto após ser retirado dos tubetes.....	50
Figura 2. Crescimento de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i>) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto.....	52
Figura 3. Teores de nitrogênio e fósforo em bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i>) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto.	53
Figura 4. Colonização micorrízica (A) e número de esporos (B) de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i>) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto.	54
Figura 5. Crescimento de crisântemo (<i>Dendranthema grandiflora</i>) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto.	56
Figura 6. Teores de nitrogênio e fósforo em crisântemo (<i>Dendranthema grandiflora</i>) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto.	57
Figura 7. Colonização micorrízica (A) e número de esporos (B) de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em crisântemo (<i>Dendranthema grandiflora</i>) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto.	58
Figura 8. Crescimento de petúnia (<i>Petunia x hybrida</i>) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto.....	59
Figura 9. Teores de nitrogênio e fósforo em petúnia (<i>Petunia x hybrida</i>) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto.	60
Figura 10. Colonização micorrízica (A) e número de esporos (B) de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em petúnia (<i>Petunia x hybrida</i>) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação do lodo de esgoto ou produto derivado (para uso agrícola) conforme resolução CONAMA 375/2006.	32
Tabela 2. Concentração máxima de substâncias inorgânicas permitida no lodo de esgoto ou produto derivado (mg kg ⁻¹ , base seca) – para uso agrícola.....	33
Tabela 3. Quantificação dos patógenos existentes no lodo de esgoto coletado na ETE de Canasvieiras, antes da secagem solar.	46
Tabela 4. Quantificação dos patógenos existentes no lodo de esgoto coletado na ETE de Canasvieiras 50 dias após a secagem solar.	49
Tabela 5. Valores de pH em água antes da montagem e após término dos experimentos para Bracatinga, Crisântemo e Petúnia.	50
Tabela 6. Taxa de mortalidade (%) por espécie de planta e por tratamento ocorridas nos experimentos com adição de diferentes doses/percentuais de lodo de esgoto.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al – Elemento alumínio
C – Elemento carbono
Ca – Elemento cálcio
CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAP - Diâmetro à altura do peito
EEC- *European Economic Community*
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE – Estação de Tratamento de Efluentes
FAA – Formalina-álcool-ácido acético
FBN - Fixação biológica de nitrogênio
FMA – Fungos Micorrízicos Arbusculares
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Mg – Elemento magnésio
MIP – Microbiologia, Imunologia e Parasitologia
MSPA – Matéria seca da parte aérea
MSR – Matéria seca radicular
N – Elemento nitrogênio
NMP – Número mais provável
OMS - Organização Mundial da Saúde
P – Elemento fósforo
pH – Potencial hidrogeniônico
PNAD - Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios
SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná
SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
ST – Sólidos totais
UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
USDA – *United States Department of Agriculture*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	23
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
1.1 IDENTIFICAÇÃO E DISTINÇÃO ENTRE “ESGOTO” E “LODO DE ESGOTO”	25
1.2 CARACTERÍSTICAS DO LODO DE ESGOTO QUE PERMITEM SEU USO COMO SUBSTRATO	27
1.2.1 Lodo de Esgoto como Substrato para Uso Agrícola	29
1.3 REGULAMENTAÇÃO PARA USO DO LODO COMO SUBSTRATO AGRÍCOLA	31
1.4 HIGIENIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO E SECAGEM SOLAR	33
1.4.1 Higienização do Lodo de Esgoto	33
1.4.2 Secagem Solar	35
1.5 MICRORGANISMOS E A QUALIDADE DO SOLO	36
1.6 ESPÉCIES VEGETAIS EMPREGADAS NO PRESENTE ESTUDO.....	39
1.6.1 A Bracatinga (<i>Mimosa scabrela</i>)	40
1.6.2 O Crisântemo (<i>Dendranthema grandiflora</i>)	41
1.6.3 A Petúnia (<i>Petunia x hybrida</i>)	42
2. OBJETIVO GERAL	44
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	44
3. MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1 COLETA E PREPARO DO LODO DE ESGOTO	45
3.2 COLETA DE SOLO E MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS	46
3.3 CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS	47
3.4 AVALIAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	47
3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	48
4. RESULTADOS	49
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO E EFEITOS NO pH DO SUBSTRATO	49
4.2 EFEITOS DO LODO DE ESGOTO NA PRODUÇÃO DE MUDAS	50
4.2.1 Bracatinga	51
4.2.2 Crisântemo	55

4.2.3 Petúnia	58
5. DISCUSSÃO.....	62
CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS.....	75
APÊNDICE A - Caracterização do lodo de esgoto coletado na estação de tratamento de esgoto de canasvieiras, florianópolis - santa catarina.	95
ANEXO 1 - Análise de fertilidade do solo na fazenda ressacada – UFSC.....	97

INTRODUÇÃO

Em todo aglomerado populacional, por menor que seja, ocorre a produção de esgoto sanitário, que pode ter inadequadamente a disposição direta no meio ambiente ou ser disposto em ligações prediais para a coleta, transporte e tratamento (ALVES et al., 2011). A falta de saneamento básico é um problema crônico no Brasil, apesar de nos últimos anos, segundo dados da Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios (PNAD), verificar-se a ocorrência de crescimento do número de domicílios atendidos por rede coletora (IBGE, 2013).

No Brasil, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2013), da PNAD, 63,4% dos domicílios eram atendidos por rede de esgoto adequada – classificação que compreende os domicílios atendidos por rede de esgoto e domicílios com fossa séptica ligada à rede de esgoto –, sendo que os estados do Norte e Nordeste, aqueles com menor grau de atendimento, apresentam 19,3% e 40,4% de domicílios atendidos, respectivamente. Na região Centro-Oeste estes domicílios representam 48,1%, no Sul 60,6% e no Sudeste há a maior representatividade, com 88,4% de domicílios atendidos, sendo que do total coletado, apenas 39% é tratado.

Em relação aos valores absolutos de esgoto e tratamento de efluentes, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades, em 2012 a população total atendida no Brasil com esgotamento sanitário somava 90,7 milhões de pessoas por meio de 25 milhões de ligações de esgotamento. O volume coletado era de 5,2 bilhões de metros cúbicos de esgoto, porém apenas 3,5 bilhões de metros cúbicos eram tratados, perfazendo 69% do total gerado (SNIS, 2012). Em Santa Catarina, a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) atende 19,3% do Estado com sistema de esgoto sanitário por meio de 67 mil ligações. Somente na região da Grande Florianópolis há 43 mil ligações, correspondendo a 64% do total atendido (CASAN, 2013).

Entretanto, outro problema surge juntamente com a expansão da rede coletora, a destinação adequada dos resíduos do tratamento do esgoto. O impacto maior se faz sentir no aspecto ambiental, quando o esgoto sem tratamento é depositado diretamente em rios, lagos, mares ou mesmo na superfície do solo e os rejeitos originados do tratamento também são depositados de maneira incorreta afetando o meio ambiente.

Quando há coleta e tratamento de esgoto, há a geração de um resíduo, o lodo de esgoto, que necessita de um tratamento adequado. No Brasil, parte do destino do lodo de esgoto são os aterros sanitários,

porém esta é uma solução finita, pois os aterros possuem um limite físico e alto custo para sua manutenção. Somente em Florianópolis são gerados em torno de 60 m³ diariamente de lodo de esgoto (COLOMBO, 2014).

A composição do lodo de esgoto varia em função do processo de tratamento, local de origem, se residencial ou industrial e da época do ano (JORDÃO; PESSÓA, 1995). Além disso, é um resíduo rico em matéria orgânica e em macro e micronutrientes, podendo ser recomendado como adubo orgânico ou para recuperação de áreas degradadas, substituindo a utilização de produtos químicos. O lodo de esgoto também contribui para o aumento da retenção de água em solos arenosos e melhora a permeabilidade e infiltração em solos argilosos, mantendo uma adequada estrutura e estabilidade dos agregados na superfície (BETTIOL; CAMARGO, 2000).

Ao adicionar lodo de esgoto ao solo, devem ser atendidos determinados parâmetros químicos e biológicos determinados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução 375 de 2006, que visa proteger a saúde da população e o meio ambiente. Neste contexto, o presente trabalho busca analisar o lodo frente a uma alternativa de uso, empregando-o como substrato no cultivo de três espécies de plantas, sendo duas ornamentais, o crisântemo (*Dendranthema grandiflora*), a petúnia (*Petunia x hybrida*), e uma florestal, a bracatinga (*Mimosa scabrella*). Adicionalmente, a proposta de estudo visa integrar o emprego do lodo associado a microrganismos específicos que poderão incrementar o desenvolvimento daquelas espécies e servir como atrativo biotecnológico ao processo.

O lodo utilizado nesse estudo foi coletado na estação de tratamento de esgotos (ETE) de Canasvieiras, implantada em 1995, pertencente a CASAN, localizada no Norte da Ilha de Florianópolis, sendo este proveniente de residências concentradas nos bairros Canasvieiras, Canto do Lamin, Cachoeira do Bom Jesus, Canajurê e Vila União (CASAN, 2013). Essa estação sofre influência sazonal, já que recebe quantidades distintas de lodo para tratamento nos meses de veraneio. As análises e testes com o lodo de esgoto e o conseqüente cultivo de plantas foram realizados no Laboratório de Diversidade Microbiana, do Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia (MIP) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 IDENTIFICAÇÃO E DISTINÇÃO ENTRE “ESGOTO” E “LODO DE ESGOTO”

Esgoto são os despejos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem das águas, tais como as de uso doméstico, comercial, industrial, as de utilidades públicas, de áreas agrícolas, de superfície, de infiltração, pluviais e outros efluentes sanitários (JORDÃO; PESSÓA, 1995). O tratamento desse material consiste na depuração de efluentes sanitários com o objetivo de garantir a preservação da qualidade dos recursos hídricos e seus usos previstos, além de promover a saúde, a segurança e o bem estar da população. (PIMENTEL, 2012).

O esgoto é composto por duas fases, a fase líquida e a fase sólida, sendo que o processo convencional de tratamento de esgotos tem por finalidade separar essas duas fases, tratando-se separadamente e de forma adequada cada uma delas, objetivando reduzir ao máximo a carga poluidora.

Os métodos de tratamento de esgotos podem ocorrer simultaneamente numa mesma unidade de tratamento, ou de forma individualizada, dependendo do dimensionamento da estação. Segundo Von Sperling (1996), podem ocorrer num tratamento de efluentes os níveis de tratamento envolvendo: (i) operações físicas unitárias, que são métodos de tratamento no qual predomina a aplicação de forças físicas, como o gradeamento, mistura, floculação, sedimentação, flotação e filtração; (ii) processos químicos unitários, que são métodos de tratamento nos quais a remoção ou conversão de contaminantes ocorre pela adição de produtos químicos ou devido a reações químicas (precipitação, adsorção, desinfecção); e (iii) processos biológicos unitários, que são métodos de tratamento nos quais a remoção de contaminantes ocorre através da atividade biológica, como remoção da matéria orgânica e desnitrificação.

Os diferentes processos e operações podem definir o tipo de tratamento que será dado ao esgoto. O tratamento de esgoto pode ser dividido em tratamento preliminar, em que há extração dos sólidos grosseiros em suspensão e areia, em tratamento primário, com retirada dos sólidos em suspensão sedimentáveis e da DBO em suspensão, em tratamento secundário, com remoção do material não retirado no tratamento anterior e também remoção da DBO solúvel, e, por fim, o tratamento terciário, com remoção de nutrientes, patógenos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e

sólidos em suspensão remanescentes (VON SPERLING, 1996). No final do tratamento o resíduo é separado por decantação em duas fases: líquida, denominada de efluente líquido, e a sólida, denominada de lodo de esgoto (COSTA, 2008).

A qualidade desse material está diretamente relacionada com o esgoto tratado, com a operação e manutenção da estação e com o tipo de tratamento empregado para a fase líquida e a fase sólida do efluente. Segundo Von Sperling e Gonçalves (2001), o lodo pode ser classificado em:

a) Lodo primário: produzido nas estações que possuem unidade de decantação primária ou tratamento primário.

b) Lodo biológico: provém dos processos biológicos de tratamento (etapa secundária), onde as frações de matéria orgânica do esgoto são utilizadas pelos microrganismos como fonte de energia (catabolismo) e como fonte de novo material celular (anabolismo), resultando em sólidos biológicos. O lodo biológico pode ser proveniente de um processo anaeróbio, ou de um processo aeróbio (dependendo do sistema empregado o lodo pode sair estabilizado ou não).

No lodo de esgoto encontram-se diversos tipos de organismos patogênicos e sua diversidade e quantidade depende de muitos fatores, como a quantidade de indivíduos infectados na população e a densidade de organismos patogênicos excretados por esses indivíduos. A concentração dos agentes patogênicos pode variar com o tempo e origem do material (GONÇALVES et al., 2003). Esses mesmos autores destacam os grupos existentes, incluindo bactérias, presentes sempre em maior quantidade que outros organismos nos esgotos, destacando-se os coliformes termotolerantes, qualificados como indicadores de contaminação de águas de maneira geral. Há também ocorrência de vírus, principalmente vírus entéricos, eliminados em elevada densidade pelas fezes. Esse grupo pode causar vários tipos de doenças, nem sempre restritas ao aparelho digestivo. Outro grupo de relevância é o dos protozoários. Os mais comuns são *Balantidium coli*, *Cryptosporidium* spp., *Entamoeba histolytica* e *Giardia lamblia*. Adicionalmente podem ser encontrados helmintos, presentes nos esgotos sob a forma de larvas e ovos, sendo parasitas humanos. A contaminação pode ocorrer pela ingestão de ovos ou larvas ou pela penetração de larvas na pele ou na mucosa (BASTOS et al., 2003).

Um dos destinos dados ao lodo de esgoto no Brasil é o aterro sanitário. Entretanto, mesmo quando esse material é depositado em aterros sanitários controlados, ambientalmente corretos, isso pode não representar a melhor solução. A longevidade desses aterros, sejam

urbanos e/ou industriais, é bastante limitada, principalmente devido à grande quantidade de resíduos gerada. Além disso, a manutenção de um aterro dentro dos padrões de qualidade é onerosa, exigindo grande investimento (PIRES; MATTIAZO, 2008).

Outra opção de disposição do lodo de esgoto é a incineração, e as formas de aproveitamento no solo, como a recuperação de áreas degradadas, usá-lo como fertilizante, em programas de reflorestamento ou como integrante em processos de *land farming* (tratamento de substratos realizado *ex situ*) (FERNANDES; SILVA, 1999). Nesse contexto, destaca-se a reciclagem de resíduos em solos agrícolas, uma alternativa muito utilizada em vários países, como Estados Unidos, França, Alemanha, Nova Zelândia, Canadá, entre outros. Esta pode ser uma alternativa particularmente promissora para países como o Brasil, onde se faz necessária a reposição do estoque de matéria orgânica dos solos devido a sua intensa decomposição e às condições climáticas (ANDREOLI, 1999).

1.2 CARACTERÍSTICAS DO LODO DE ESGOTO QUE PERMITEM SEU USO COMO SUBSTRATO

A utilização do lodo de esgoto na agricultura alia baixo custo e “impacto ambiental positivo” quando é realizado dentro de critérios seguros. O valor agrícola dos lodos como insumo e os custos envolvidos no seu beneficiamento e transporte, assim como um plano gerencial para atividade e monitoramento ambiental são aspectos relevantes para a análise desta alternativa (FERREIRA et al., 1999). Além disso, o lodo de esgoto contribui para as condições físicas do solo, melhorando a formação de agregados, aumentando a capacidade de infiltração, retenção de água e aeração (TSUTYA, 2000).

O lodo de esgoto contém nutrientes essenciais para o desenvolvimento de plantas como o nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, zinco, manganês, boro, molibdênio e cloro, promovendo, assim, a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, elevando a absorção de nutrientes pelas plantas, refletindo em aumento da produtividade vegetal (BETTIOL; CAMARGO, 2000). É um material que pode propiciar aumento do teor de fósforo (P) no solo (SILVA et al., 2002), nutriente esse com diversas funções, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera

posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados (GRANT et al., 2001). Segundo Frank (1998), o uso do lodo de esgoto como fertilizante poderia reduzir em até 60% o consumo de fertilizantes fosfatados atualmente utilizados.

Com relação à melhoria das condições físicas do solo, o lodo de esgoto, de modo semelhante às outras fontes de matéria orgânica, aumenta a retenção de água em solos arenosos e melhora a permeabilidade e infiltração nos solos argilosos, mantendo uma boa estrutura dos agregados na superfície (BETTIOL; CAMARGO, 2006). A matéria orgânica presente no lodo de esgoto pode ter efeito imediato e ainda residual por meio de processos mais lentos de decomposição e liberação de nutrientes. Nos sistemas de cultivos agrícolas, principalmente naqueles onde as culturas precedentes foram sucessivamente adubadas, os efeitos residuais dos fertilizantes orgânicos aplicados podem ser expressivos, resultando em reserva desses elementos a longo prazo (VILLAS BOAS et al., 2004; SILVA et al., 2001).

A aplicação de lodo de esgoto pode estimular ou inibir a atividade microbiana do solo, devido ao aumento de carbono e nutrientes disponíveis ou a presença de elementos-traço e outros poluentes (DICK, 1994; GILLER et al., 1998). Dessa forma, os microrganismos apresentam grande potencial para atuarem como indicadores da qualidade do solo por estarem tão intimamente associados aos processos ecológicos do ambiente (HOFMAN et al., 2003). Eles também desempenham diversas funções essenciais para o funcionamento do solo, como decompondo a matéria orgânica, liberando nutrientes em formas disponíveis às plantas e degradando substâncias tóxicas (DORAN et al., 1996), ou seja, a função desses é mediar processos no solo relacionados com o seu manejo. Desta forma, podem ser sensíveis indicadores de mudanças nos processos da matéria orgânica do solo (POWLSON et al., 1997).

Alterações no solo decorrentes da adição de lodo de esgoto podem provocar toxidez aos microrganismos, causar distúrbios funcionais, modificando as condições físicas e químicas do ambiente, além de diminuir a disponibilidade de substratos energéticos essenciais ao desenvolvimento dos microrganismos (BETTIOL; FERNANDES, 2004).

Segundo Bettiol e Fernandes (2004), o comportamento da população microbiana depende da qualidade e da quantidade dos resíduos que são adicionados ao solo, por isso é importante que ocorra o monitoramento da área de aplicação do lodo, para que alterações possam

ser detectadas a tempo de não causarem nenhum problema ao solo, à cultura e ao sistema.

1.2.1 Lodo de Esgoto como Substrato para Uso Agrícola

Substrato é uma combinação de componentes utilizada para a produção de plantas, que fornece condições químicas e físicas favoráveis à germinação e desenvolvimento das sementes. Apresentam grande variação em sua composição devido a gama de materiais que podem ser utilizados para sua fabricação. Normalmente, é utilizada uma mistura de materiais visando à adequação do substrato à espécie cultivada em relação à densidade, equilíbrio nutricional, retenção de água, dentre outros fatores (ANDREOLI, 2006).

Essa mistura de materiais pode ser composta por diferentes matérias-primas como turfa, compostos orgânicos, esterco bovino, vermicomposto, composto de resíduos sólidos urbanos, entre outros. O importante nesses substratos é a presença de matéria orgânica, pois segundo Cordell e Filer Jr. (1984), reflete em maior capacidade de reter água e nutrientes para as plantas. A matéria orgânica também contribui para o desenvolvimento vegetal, reduzindo a densidade e aumentando a porosidade do meio (PADOVANI, 2006).

Estudos com lodo de esgoto indicam que esse material possui nutrientes essenciais às plantas, sendo rico em matéria orgânica, contribuindo para a melhoria na estrutura do solo, exercendo, portanto, papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo (BARBOSA; TAVARES FILHO, 2006). A literatura tem apresentado vários estudos que discutem sobre o potencial do lodo de esgoto para o crescimento de plantas, sendo aplicado tanto em espécies ornamentais, como em espécies de interesse agrícola e florestal. Na sequência serão apresentados alguns desses trabalhos, relatando a importância que o lodo de esgoto representa como substrato para o cultivo de plantas.

Biondi e Nascimento (2005) avaliaram o efeito de doses de lodo de esgoto sobre a produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio em plantas de milho e feijão no Nordeste Brasileiro em um solo com textura média e outro com textura arenosa. Os autores verificaram que as doses de lodo aumentaram os teores de nitrogênio dos dois solos e a produção de matéria seca das plantas de milho e de feijoeiro. As plantas das duas espécies estudadas apresentaram aumento nos conteúdos de nitrogênio na parte aérea, proporcional às diferentes doses de lodo adicionadas.

Caldeira et al. (2011) estudaram o uso de diferentes doses de lodo de esgoto no crescimento de mudas de *Tectona grandis* em Alegre (ES). Foi observado que o lodo de esgoto favoreceu o crescimento das mudas, sendo o valor máximo verificado quando se utilizaram proporções de 60%, 80% e 100% de biossólido¹ associado ao substrato comercial, os quais proporcionaram melhores resultados para a altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca total e índice de qualidade de Dickson (DICKSON et al., 1960).

Trigueiro e Guerrini (2003) empregaram diferentes proporções de lodo de esgoto na produção de mudas de eucalipto, em Botucatu, São Paulo, verificando que 50% de lodo de esgoto foi a dose que apresentou resultados semelhantes à testemunha. Os autores avaliaram parâmetros relativos ao crescimento das mudas como altura da planta, diâmetro de colo, acúmulo de matéria seca de parte aérea e raiz, análise química do tecido vegetal da parte aérea e raiz, área foliar e teor de clorofila.

Backes et al. (2008) estudaram o desenvolvimento de grama esmeralda utilizando diferentes doses de lodo de esgoto no município de Itapetininga, no interior paulista. Esses autores verificaram que 31 Mg ha⁻¹ de lodo conferiu 100% da cobertura do solo e propiciou maior resistência dos tapetes de grama. Esse mesmo resultado foi obtido quando comparado à adubação química.

Vieira et al. (2004a) avaliaram o efeito do lodo de esgoto (aplicando diferentes doses) como fonte de nitrogênio (N), no crescimento do feijoeiro e na eficiência da simbiose com estirpes nativas e selecionadas de rizóbio em Jaguariúna, interior de São Paulo. Os autores verificaram que a aplicação do lodo de esgoto aumentou a eficiência dos rizóbios nativos, quando comparados a inóculos contendo bactérias alóctones. Também foi verificada que a aplicação de fertilizante nitrogenado no feijoeiro pode ser substituída por quantidade adequada de lodo de esgoto, que para esse experimento foram as doses de 29,6 t ha⁻¹ e 59,2 t ha⁻¹ de lodo de esgoto.

Apesar de promissor, o lodo pode apresentar patógenos que podem comprometer o equilíbrio dos ecossistemas, bem como conter elementos-traço que são potencialmente contaminantes do ambiente. Dessa forma, para a aplicação em áreas agrícolas, ou para uso como substrato, o lodo de esgoto deve ser submetido a processos de redução

¹ A Water Environment Federation (WEF, 1993), sugere o termo “biossólido” para lodo de esgoto produzido pelos sistemas de tratamento biológicos de esgotos, desde que seu destino tenha uma finalidade útil.

de patógenos e de atividade de vetores, e ter sua concentração de elementos-traço em acordo com os limites aceitáveis. Para tal, a Resolução CONAMA 375/06 dispõe sobre as regras de uso desse resíduo, indicando os níveis toleráveis e aceitáveis de emprego desse substrato em função da sua carga de patógenos e da concentração dos elementos-traço que por ventura possam estar presentes.

1.3 REGULAMENTAÇÃO PARA USO DO LODO COMO SUBSTRATO AGRÍCOLA

A primeira regulamentação oficial sobre a utilização de esgotos sanitários no mundo data de 1918, realizada pelo Departamento de Saúde Pública da Califórnia-EUA. Em 1973, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou as primeiras diretrizes sanitárias sobre a utilização de águas residuárias² (BROLEZE, 2013). Em 1978, nos Estados Unidos, a Part 503 da *Environmental Protection Agency* – Agência de proteção ambiental – foi promulgada. Atualmente, com diversas revisões e ainda vigente, define que, para fins de uso, os biossólidos devem conter metais e patógenos que estejam abaixo dos limites especificados para proteção dos seres humanos, animais e plantas. A Part 503 também determina que os biossólidos sejam aplicados em uma “dose agrônômica”, ou seja, a aplicação de biossólidos deve ser suficiente para fornecer a quantidade de nitrogênio necessária para a cultura ou vegetação, minimizando a dose de N que pode atingir as águas subterrâneas (OLIVEIRA, 2003).

A norma européia – Diretiva 86/278/EEC – classifica o lodo de esgoto em diferentes tipos, apresentando tabelas sobre os limites de concentração dos elementos-traço nos solos e no lodo de esgoto, bem como a dose máxima de aplicação anual. Essa dose máxima é baseada na média de 10 anos de análise e na metodologia para a amostragem e análise do lodo e do solo. Essa normativa fixa sempre limites, permitindo que os estados membros tenham sua legislação própria, desde que não ultrapassem aqueles limites (ZEITOUNI, 2005).

No Brasil, a legislação vigente é a Resolução CONAMA número 375, de 29 de agosto de 2006, que define critérios e procedimentos para

² Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2010), águas residuais ou residuárias são todas as águas descartadas que resultam da utilização para diversos processos.

o uso agrícola de lodos de esgotos gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, visando benefícios à agricultura e evitando riscos à saúde pública e ao meio ambiente (BRASIL, 2006). Dentre os diversos critérios definidos nessa Resolução, é importante o destaque à classificação de lodo de esgoto em “classe A” e “classe B”, sendo que o lodo de esgoto enquadrado como “classe A” pode ser utilizado para quaisquer culturas, exceto cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo. Já a utilização de lodo de esgoto ou produto derivado enquadrado como “classe B” fica restrita ao cultivo de café, à silvicultura e as culturas para produção de fibras e óleos (Tabela 1). A referida resolução também discorre sobre os critérios que devem ser observados no que se refere aos limites de patógenos (Tabela 1) e de outros elementos (Tabela 2).

Tabela 1. Classificação do lodo de esgoto ou produto derivado (para uso agrícola) conforme resolução CONAMA 375/2006.

Classe	Concentração de patógenos	Culturas
A	Coliformes Termotolerantes: 10^3 NMP/g de ST	Quaisquer culturas, exceto cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, culturas inundadas e culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo
	Ovos viáveis de helmintos: $0,25$ ovo/g de ST	
	<i>Salmonella</i> : ausência em 10 g de ST	
	Vírus: $0,25$ UFP ou UFF/g de ST	
B	Coliformes Termotolerantes: 10^6 NMP/g de ST	Cultivo de café, silvicultura e culturas para produção de fibras e óleos
	Ovos viáveis de helmintos: 010 ovos/g de ST	

ST: Sólidos Totais; NMP: Número Mais Provável; UFF: Unidade Formadora de Foco; UFP: Unidade Formadora de Placa.

Fonte: BRASIL (2006)

Tabela 2. Concentração máxima de substâncias inorgânicas permitida no lodo de esgoto ou produto derivado (mg kg^{-1} , base seca) – para uso agrícola.

Substâncias Inorgânicas	Concentração máxima permitida (mg kg^{-1}, base seca)
Arsênio	41
Bário	1300
Cádmio	39
Chumbo	300
Cobre	1500
Cromo	1000
Mercúrio	17
Molibdênio	50
Níquel	420
Selênio	100
Zinco	2800

Fonte: BRASIL (2006)

Segundo a resolução, decorridos 5 anos a partir da data de sua publicação, somente será permitida a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado classe A, exceto quando sejam propostos novos critérios ou limites baseados em estudos de avaliação de risco e dados epidemiológicos nacionais, que demonstrem a segurança do uso do lodo de esgoto Classe B (BRASIL, 2006).

1.4 HIGIENIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO E SECAGEM SOLAR

1.4.1 Higienização do Lodo de Esgoto

Conforme salientado anteriormente, o lodo de esgoto, devido a sua origem e carga orgânica, é passivo de alta contaminação microbiana. Dependendo da classe e/ou grupo microbiano encontrado, o lodo de esgoto fica impossibilitado de uso a não ser que passe por sistemas de higienização. A higienização é a etapa que busca reduzir a concentração de microrganismos patogênicos para não causar riscos à saúde da população, bem como impedir impactos ambientais negativos (PINTO, 2001).

Existem diversos processos disponíveis para a desinfecção do lodo de esgoto, como pasteurização, digestão aeróbia, digestão anaeróbia, radiação gama, radiação beta, hipercloração, pirólise, compostagem e caleação. A eficiência destes métodos depende da natureza do patógeno existente no lodo bem como da qualidade operacional dos procedimentos (ANDREOLI et al., 2001).

Os métodos mais utilizados são a compostagem e a caleação. A compostagem é um processo biológico de degradação da matéria orgânica que elimina ou reduz os microrganismos patogênicos pela elevação da temperatura (ILHENFELD et al., 1999). As vantagens desse método são o baixo investimento inicial, flexibilidade de processar volumes variáveis de resíduos, simples operação e a produção de um composto de qualidade. Como desvantagens podem-se citar o odor, difícil de ser controlado, principalmente no momento do revolvimento; dependência do clima, pois em períodos de chuva o revolvimento não pode ser feito, e o tempo para que o composto fique pronto para uso, que gira em torno de 60 dias (FERNANDES; SILVA, 1999).

A caleação consiste na mistura de cal virgem ao lodo em proporções que variam de 30% a 50% do peso seco do lodo, e tem por princípio a elevação do pH a níveis iguais ou superiores a 12, o que inativa ou destrói a maior parte dos patógenos do lodo, associada ao calor gerado pelas reações químicas de hidratação da cal (GONÇALVES et al., 2001). Em função da alcalinidade que condiciona ao meio ao qual é adicionada, a maioria dos microrganismos encontra condições ecológicas inadequadas para seu crescimento e sobrevivência e, assim, o ambiente fica desinfetado e livre de maus odores (ANDREOLI et al. 2001). Outras vantagens desse processo incluem a fácil aplicabilidade e o baixo custo (ILHENFELD et al., 1999). Os estudos sugerem um prazo de 60 dias de armazenagem após realizada a mistura de lodo com cal, sendo essa uma das desvantagens do processo (MADDER, et al., 2003). Outro inconveniente é o aumento da quantidade ou volume final do produto, pois este processo de higienização implica em aumento correspondente do peso final a ser disposto. (ANDREOLI et al. 2001). Adicionalmente, para alguns usos agrícolas, a elevação considerável do pH inviabiliza o uso desse lodo em determinadas situações, em que os solos ou o substrato de mistura apresente alcalinidade comprovada.

1.4.2 Secagem Solar

A secagem solar é um processo alternativo de higienização e estabilização de lodos de esgoto. A desinfecção pela ação da luz solar é uma prática antiga usada principalmente para água, pois a luz solar tem efeito bactericida. A radiação ultravioleta presente na luz solar possui capacidade de inativação de microrganismos patogênicos em curto tempo de contato, e não produz subprodutos tóxicos que afetem o meio (CORAUCCI et al., 2003). Essa metodologia, além de utilizar uma fonte de energia renovável (CHEN et al., 2014), também diminui odores (SHANAHAN et al., 2010) e provoca uma diminuição no volume do material tratado, reduzindo custos de transporte, manuseio e armazenamento (MATHIOUDAKIS et al., 2013).

Trabalhos realizados envolvendo a secagem solar em lodo de esgoto indicam que o tempo necessário para a eliminação/diminuição de patógenos se altera em função dos objetivos esperados. Alguns autores estimam que o tempo médio para uma redução parcial de patógenos pode variar entre 18 (SHANAHAN et al., 2010) e 36 dias (LIMA et al., 2012). Já para a eliminação de patógenos a fim de enquadrar o lodo na Diretiva 86/278/EEC, Ogleni e Ozdemir (2010) indicaram que esse padrão é atingido após 84 dias de secagem solar. Utilizado a secagem solar em estufas o tempo necessário varia de 44 (PIMENTEL, 2012) a 70 dias (COMPARINI, 2001).

A sobrevivência ou a inativação de patógenos no lodo de esgoto depende de uma série de fatores, tais como intensidade luminosa, temperatura, umidade, conteúdo, e os tipos de microrganismos existentes (OGLENI; OZDEMIR, 2010). A sazonalidade também afeta o processo, sendo que no verão há maior incidência de luz solar e aumento da temperatura, o que promove uma desinfecção mais eficiente (CORAUCCI et al., 2003).

Em locais de baixa temperatura ou sujeitos a geadas, o processo de secagem pode ser prejudicado, levando a não eliminação eficiente dos patógenos. Ao contrário, pode até gerar sua proliferação, já que o lodo de esgoto é um material rico em nutrientes (SYPULA et al., 2013).

Apesar de sujeita a uma série de fatores, é uma técnica economicamente viável de higienização de lodo de esgoto nas regiões onde o clima é quente e seco ou onde as condições são naturalmente disponíveis. Em contraste com processos de secagem convencionais, a demanda de energia para evaporação é quase nula, reduzindo o consumo de energia elétrica em aproximadamente 4 vezes quando comparado a outras metodologias (BUX et al., 2002).

A secagem é um método que também contribui para a diminuição no custo com transporte, pois quanto maior a umidade no material, maior o volume a ser transportado e, conseqüentemente, maior o custo. O material mais seco aumenta a eficiência econômica e viabiliza o transporte a distâncias maiores (ILHENFELD et al., 1999). Um fator negativo dessa metodologia é o cuidado que se deve ter com o material enquanto em processo de secagem. Dentre eles está a necessidade de cobertura do material sob secagem em períodos chuvosos, além do custo de mão de obra associado a esse controle. Ainda assim, no Brasil, a aplicação desse método deve ser considerada, pois o país possui clima quente e dispõe de sol forte em quase todas as estações do ano, permitindo uma secagem homogênea do material com um custo extremamente reduzido quando comparado aos sistemas de tratamento tradicionalmente disponíveis (CORAUCCI et al., 2003).

1.5 MICRORGANISMOS E A QUALIDADE DO SOLO

O solo é um dos ambientes com maior diversidade microbiana que se conhece. Nele os microrganismos fazem a ciclagem dos nutrientes e é através desta disponibilização de nutrientes que as plantas conseguem se estabelecer e se desenvolver. Vários são os grupos microbianos que comprovadamente são fundamentais para esse estabelecimento e desenvolvimento vegetal. Dentre eles, prevalecem os grupos como o dos organismos fixadores biológicos de nitrogênio, os solubilizadores de fosfato, os que atuam no controle de pragas e doenças e os que realizam associações micorrízicas.

Nesse aspecto, as micorrizas têm recebido especial atenção pelo papel que desempenham e pelo que representam aos ecossistemas. O termo micorriza, ou as associações micorrízicas, representam uma associação mutualística, na qual as raízes das plantas são colonizadas por fungos do solo, ocorrendo uma perfeita integração morfológica e funcional entre os simbiosistas. Os fungos formadores de micorriza são habitantes comuns do solo, colonizando as raízes, estabelecendo uma série de inter-relações biotróficas no sistema solo-planta. A planta fornece substrato energético ao fungo, e este, por meio da rede de hifas externas, capta nutrientes da solução do solo e os transfere à planta simbiote (SILVEIRA, 1992). Essas associações são detectadas na maioria das espécies vegetais, incluindo quase todas aquelas de interesse agrônomo, pastoril e espécies florestais tropicais (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os vários filamentos que compõem os fungos penetram as raízes e passam a funcionar como um sistema radicular adicional que se estende por espaços físicos do solo não alcançados pela raiz (MIRANDA, et al., 2001). Com base na morfoanatomia das raízes colonizadas, as micorrizas são divididas em três grupos principais: ectomicorrizas, ectendomicorrizas e endomicorrizas. Dentro do grupo das endomicorrizas estão as micorrizas arbusculares (SMITH; READ, 2008).

As micorrizas arbusculares são formadas por fungos asseptados que colonizam as células do córtex inter e intracelularmente, formando arbúsculos, que são estruturas típicas intra-radulares altamente ramificadas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Segundo Siqueira (1994), esses fungos são de interesse especial para as regiões tropicais e subtropicais, especialmente para o Brasil, por apresentarem uma série de vantagens ao simbiote e ao sistema onde a associação é ocorrente. Essas associações são especialmente importantes em solos com baixa fertilidade e elevado requerimento de nutrientes pelas culturas, em ambientes estressantes, onde há limitação no suprimento de fertilizantes e/ou seu custo inviabiliza sua utilização, em substituição aos fertilizantes químicos industrializados, podendo contribuir para retardar uma possível exaustão dos depósitos de fosfatos, por exemplo. Adicionalmente, essas associações são importantes na manutenção da estabilidade de certos ecossistemas, principalmente face à preocupação crescente com a qualidade ambiental, visando minimizar os impactos da poluição do solo e água e do desmatamento sobre o ambiente (SIQUEIRA, 1994).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) ocorrem de maneira generalizada nos solos e associam-se com a maioria das plantas vasculares, beneficiando seu crescimento por absorver nutrientes do solo e aumentar sua resistência (AQUINO; CASSIOLATO, 2002). Esses microrganismos podem contribuir para o aumento na absorção de fósforo (SANDERS et al., 1996), nitrogênio (AMES et al., 1983), ferro (CARIS et al., 1998), zinco, cobre, cádmio (LI et al., 1991; BURKERT; ROBSON, 1994), enxofre, boro e cloro (COOPER; TINKER, 1978). Auxiliam na resistência da planta ao ataque de patógenos do sistema radicular e na absorção de água (SMITH; READ, 2008). Também acumulam carbono (RILLING; MUMMEY, 2006), contribuem para o aumento da biomassa microbiana no solo (CEOLA, 2010) e na diminuição da toxidez do solo pelo alumínio (LAMBAS; CARDOSO, 1989).

Entretanto, os FMA normalmente são favorecidos pela baixa fertilidade, em que a colonização e a esporulação são máximas. A adição de N e ou P suficiente para otimizar o crescimento da planta reduz a colonização micorrízica, sendo o efeito da adição de P dependente da espécie vegetal. Em solo muito deficiente de P, a aplicação de pequena quantidade desse elemento favorece a colonização e esporulação. Doses elevadas desse nutriente inibem a colonização, ou seja, há uma relação inversa entre a disponibilidade de P para a planta e a resposta à micorrização. Entretanto, o P não torna as plantas imunes a colonização, apenas reduz a intensidade da micorrização (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Com relação às características físicas do solo, os que possuem elevado teor de umidade ou sujeitos a inundação são geralmente desprovidos de FMA, pois os fungos e raízes são aeróbios. Os FMA podem sobreviver em condições extremamente secas, porém seu máximo desenvolvimento coincide com as condições de umidade que favorecem o crescimento das plantas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). O pH do solo pode influenciar a associação micorrízica porque pode reduzir a germinação dos esporos e o crescimento do tubo germinativo (SILVEIRA, 1998).

Com relação à colonização e esporulação, Daniels-Hetrick e Bloom (1986) e Moreira et al. (2012) observaram que não há relação entre um aspecto e outro. Porém, Cordeiro et al. (2005) verificaram que os tratamentos com maior colonização micorrízica apresentam maior número de esporos.

Um aspecto bastante explorado na pesquisa com micorizas arbusculares é a produção de mudas de espécies arbóreas. Algumas dessas espécies vegetais não conseguem sobreviver no ambiente sem a associação com os FMA (ZANGARO et al., 2000).

A aplicação de lodo de esgoto nos solos pode causar impactos sobre os FMA, devido a presença de metais pesados ou compostos orgânicos tóxicos presentes nesse material (KOOMEN, et al., 1990). Os efeitos dos metais pesados dependem da concentração e da disponibilidade desses elementos no lodo de esgoto, e nem sempre a aplicação desse resíduo inibe a colonização micorrízica (TRANNIN et al., 2007). Colozzi-Filho et al. (2001), avaliaram o uso do lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de cafeeiro no Paraná e verificaram que a mistura lodo de esgoto com palha de café foi a que mais estimulou a biomassa microbiana do solo e a colonização radicular por fungos micorrízicos, sendo esse efeito dependente da quantidade de lodo adicionado. Trannin et al. (2007) ao aplicar lodo de esgoto por dois

anos consecutivos em um solo em Poços de Caldas (MG), verificaram que a colonização micorrízica em *Brachiaria* sp. e a esporulação não foram favorecidas pela aplicação de lodo de esgoto, mas houve aumento nas espécies de FMA na área cultivada. Por sua vez, Modesto et al. (2009), em experimento realizado em casa de vegetação em São Paulo, com solo, maravalha, torta de filtro de cana-de-açúcar e lodo de esgoto verificaram que a colonização micorrízica foi maior nos tratamentos com lodo de esgoto ou com lodo de esgoto misturado aos resíduos, quando comparado ao tratamento sem lodo de esgoto.

Propágulos de fungos micorrízicos arbusculares incluem fragmentos de raízes colonizadas, porções do micélio fúngico, além de esporos presentes no solo (SMITH; READ, 2008). A propagação das micorrizas também pode ser realizada por meio de plantas isca. A multiplicação da espécie de FMA selecionada para a inoculação é feita em substrato desinfetado, para garantir a pureza do inóculo, e também para ter certeza do que está sendo inoculando (CHU, 2005).

1.6 ESPÉCIES VEGETAIS EMPREGADAS NO PRESENTE ESTUDO

O uso de lodo de esgoto na composição de substratos tem sido explorado em vários estudos no Brasil e no mundo. No entanto, para a estação de tratamento de Canasvieiras, no município de Florianópolis, não existe, segundo nosso conhecimento, nenhum trabalho que tenha testado o lodo de esgoto nos moldes utilizados no presente trabalho. Ademais, várias espécies vegetais como milho (BIONDI e NASCIMENTO; 2005; TRANNIN, 2007), café (GONÇALVES, 2005), entre outras, foram utilizadas para determinar os efeitos benéficos advindos do uso de lodo de esgoto na composição dos substratos de crescimento. Entretanto, estudos avaliando a relação e os efeitos envolvendo microrganismos adicionados ao lodo de esgoto e aos solos ainda são pouco realizados, principalmente quando consideradas as espécies avaliadas neste estudo, são elas a bracatinga (*Mimosa scabrella*), o crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) e a petúnia (*Petunia x hybrida*), o que torna relevante a realização deste trabalho.

Além do aspecto comparativo envolvendo três diferentes espécies o estudo apresentou a conjugação de relevantes fatores como a avaliação envolvendo fungos micorrízicos arbusculares e a utilização da técnica de secagem solar, propiciando avaliar sua eficiência quanto à eliminação de patógenos visando o uso agrícola do substrato. Estes fatores e variáveis incluídos na análise ressaltam o caráter inovador do estudo.

1.6.1 A Bracatinga (*Mimosa scabrela*)

A bracatinga é uma árvore perenifolia pioneira, da família Fabaceae, de ocorrência no sul do Brasil, onde frequentemente forma povoamentos puros, de rápido crescimento quando comparada com outras espécies florestais nativas (LORENZI, 1998). Ocorre em terrenos rasos a profundos e de fertilidade variável. A maioria das vezes está em solos pobres, ácidos, com pH variando entre 3,5 e 5,5, com textura que varia de franca a argilosa e bem drenados. Toleram terrenos pedregosos e terraplanados (CARPANEZZI, 1997). É uma espécie de uso múltiplo, entre os quais se destacam: medicinais, apícolas, alimentação animal, e de madeiras, com várias aplicações (carvão, cabos de ferramentas, móveis, pontalotes e outros usos na construção civil), além de poder ser utilizada para a produção de cogumelos comestíveis. Essa espécie tem relevante importância ecológica e econômica para os agroecossistemas familiares de produção de leite à base de pasto na região sul do Brasil, com grande potencial de uso no sombreamento das pastagens (FERREIRA, 2012). Adicionalmente, algumas empresas têm mostrado interesse em produzir móveis a partir da madeira de bracatinga, já que sua durabilidade e resistência permitem esse emprego (CARVALHO, 2003).

A bracatinga, assim como outras espécies leguminosas, forma, nas raízes, associação simbiótica com bactérias diazotróficas, em estruturas denominadas de nódulos. Em troca de nutrientes e energia, as bactérias reduzem nitrogênio atmosférico (N_2) a amônia (NH_3) que uma vez transferida aos tecidos vegetais pode ser metabolizada em aminoácidos e proteínas. Esse processo, denominado fixação biológica de nitrogênio (FBN), possibilita a reciclagem de um dos nutrientes mais importantes para os seres vivos e promove diminuição e até supressão da aplicação de fertilizantes nitrogenados nos sistemas produtivos (PRIMIERY et al., 2012).

Essa capacidade de se associar com fixadores de nitrogênio faz também com que a bracatinga seja recomendada para a recuperação de áreas degradadas, tais como aquelas com extração de bauxita, apresentando excelentes resultados. A espécie permite o início do processo sucessional arbóreo para mais de 60 espécies vegetais (CARPANEZZI; LAURENT, 1988).

Outro ponto relevante associado a essa espécie é sua capacidade de associar-se com FMA responsáveis pela absorção de nutrientes, especialmente o fósforo (CARPANEZZI; LAURENT, 1988). Nesse sistema, a interação microrganismo-planta possibilita uma série de

vantagens aos simbioses, tais como seu estabelecimento e sobrevivência em áreas tipicamente hostis para a maioria das espécies vegetais. Dessa forma, essa planta se torna um candidato natural em programas de recuperação ambiental, pois, na maioria das vezes, esses ambientes são caracterizados por sua baixa disponibilidade de nutrientes, além de outros fatores impeditores que limitam o estabelecimento e crescimento da vegetação.

Entre os trabalhos encontrados utilizando o lodo de esgoto com bracinga estão o de Lourenço (1997) que avaliou possíveis contaminações com metais pesados em bracinga, feijão e milho. No experimento não foram constatadas contaminações de qualquer tipo. A aplicação do lodo favoreceu positivamente o desenvolvimento inicial da bracinga, a produtividade do feijão, duplicando-a, enquanto triplicou a produtividade do milho. O experimento de Mazuchowski (2012) avaliou o efeito de três doses de lodo de esgoto seco (15, 30 e 60 t ha⁻¹) com calcário aplicado ao redor das árvores de bracinga, numa distância média de 30 cm do tronco, na superfície do solo, e verificou que a bracinga respondeu positivamente à aplicação do lodo de esgoto, observando-se que a dose de 30 t ha⁻¹ promoveu a maior resposta no crescimento em diâmetro à altura do peito (DAP).

1.6.2 O Crisântemo (*Dendranthema grandiflora*)

O crisântemo, uma planta de origem asiática, possui mais de 200 espécies comercializadas. Pertence a família Compositae, é pouco exigente em umidade e se multiplica por estaquia (MCHOY, 2002). Ao ser exposto a fotoperíodos curtos, seu florescimento é favorecido. Já quando exposto a fotoperíodos mais longos, acima de 12 horas de luminosidade, o seu crescimento vegetativo é favorecido, formando hastes e folhas vigorosas (TEIXEIRA, 2004).

O crisântemo é uma das espécies produzidas em estufas com constante aumento de produção. Isso porque a cultura apresenta grande diversidade de formas e cores das inflorescências, precisão da resposta ao fotoperíodo e longevidade das inflorescências (MAINARD et al., 2004). No Japão, as pétalas são consumidas em sopas ou chás. Na China as folhas são cozidas ao vapor ou preparadas com verduras. Também contém uma substância química chamada Pyrethrum, que repele naturalmente a maioria dos insetos, um potencial desta ornamental ainda pouco explorado no Brasil (KAWANAMI, 2013). Em nosso país, esta espécie é uma das ornamentais mais comercializadas, ocupando a sexta

posição em plantas de vaso e a quarta posição em flores de corte (CARVALHO, 2014).

O substrato adequado para sua produção deve ter boa drenagem, aeração, retenção de umidade e alta porosidade, desenvolvendo-se melhor em ambiente com um pH na faixa de 5,5 a 6,5 (MOTOS; OLIVEIRA, 2000). Como o cultivo em vasos utiliza pequenos volumes de substrato, é necessária a aplicação de fertilizantes nos momentos de maior demanda para que favoreçam o desempenho da planta (FERREIRA, et al., 2012).

Oliveira (2003) verificou que o lodo de esgoto pode ser usado como componente de substratos para a produção de várias espécies de plantas ornamentais, dentre elas os crisântemos em vasos. Além disso, pode ser tanto a solução para um problema ambiental, como uma alternativa para reduzir os gastos com insumos, aumentando a renda dos agricultores (SOUZA et al., 2010).

Outra forma de otimizar a produção de crisântemos seria mediante emprego de FMA selecionados, pois esses promovem melhor crescimento da planta em função do maior fornecimento de nutrientes e conseqüente aumento da produtividade do viveiro, além de gerar aumento na altura da planta, da área foliar, na produção de matéria seca da raiz e da parte aérea, antecipar a floração e aumentar o número de flores ou inflorescências produzidas (SILVEIRA; LIMA, 1996). Sohn et al. (2003) observaram que plantas de crisântemos inoculados com FMA apresentam maior altura da planta, área foliar, comprimento da raiz, massa fresca, massa seca da parte aérea, quando comparados ao tratamento onde não houve inoculação, ou seja, a simples presença de FMA, mesmo que não selecionados para a variedade ou o tipo de solo em questão, apresentam resultados promissores no desenvolvimento de plantas de crisântemos.

1.6.3 A Petúnia (*Petunia x hybrida*)

A Petúnia pertence à família Solanaceae, originária de regiões tropicais e subtropicais da América do Sul. Inclui uma ampla variedade de tipos e cores de flores, possuindo uma flor com longa duração (BAYAT et al., 2012). Seu desenvolvimento é melhor a pleno sol, em um substrato leve e bem drenado, com pH entre 5,8 e 6,2 (GRUSZUNSKI, 2002).

A petúnia é uma planta ornamental utilizada mundialmente em projetos de paisagismo, na formação de canteiros maciços e bordaduras, o que a torna importante para o mercado brasileiro de plantas

ornamentais (FERRAZ; CEREDA, 2010). Além disso, espécies do gênero *Petúnia* são estudadas por sua biologia reprodutiva, devido a importância de abelhas oligoléticas na polinização dessas espécies (WITTMANN, et al., 1990).

Nos Estados Unidos, a produção de *petúnia* representa aproximadamente 1,3% da produção total de ornamentais. O mercado norte americano de ornamentais representa 4,3 bilhões de dólares, sendo que a produção de *petúnias* responde por 55 milhões de dólares (USDA, 2014). No Brasil, em 2013, a produção de flores movimentou aproximadamente 5,2 bilhões de reais (AGÊNCIA BRASIL, 2014). Considerando a proporção norte americana para o mercado de *petúnias*, o Brasil teria capacidade para gerar R\$ 66 milhões anuais com essa cultura.

As *petúnias*, assim como a maioria das plantas, realizam interações com micorrizas arbusculares. Essas interações promovem diversos benefícios para a planta como aumento da absorção de vários nutrientes, principalmente o fósforo (SAGGIN JUNIOR; SILVA, 2006). Essas interações ocorrem principalmente quando o fornecimento de nitrogênio ou fósforo (ou ambos) é limitado. Entretanto, quando há excesso desses elementos, a associação micorrízica é reduzida (NOURI, et al. 2014). GAUR et al. (2000) afirmam que a inoculação de micorrizas arbusculares no desenvolvimento desta planta poderia reduzir em até 30% o custo de produção, já que reduziria o uso de fertilizantes químicos. O produtor de *petúnia* possui uma margem de lucro em torno de 2% (SARTOR, 2001), portanto, utilizar o lodo de esgoto como substrato no cultivo desta ornamental aliado a utilização de micorrizas arbusculares é uma alternativa para diminuir os custos de produção.

Entre os trabalhos publicados com *petúnia* e lodo de esgoto, Klock (1997) comparou o crescimento de *cravina* (*Dianthus chinensis*) e *petúnia* aplicando diferentes concentrações de lodo de esgoto (0, 30, 60 e 100%) com compostagem de lixo urbano. A autora concluiu que ambas as plantas obtiveram maior crescimento e desenvolvimento dos parâmetros avaliados com a concentração de 60% de lodo.

Schwarz et al. (2009) prepararam um composto com lodo de esgoto, resíduo de jardinagem e cinzas de madeira em diferentes concentrações, e o compararam com um substrato comercial com *petúnia* e *Tagetes* sp. em casa de vegetação. Esses compostos foram preparados no outono e na primavera, utilizando resíduos de jardinagem da época. Os autores concluíram que o composto da primavera, contendo 10% de lodo com os resíduos de jardinagem do verão foram os que apresentaram melhores resultados.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o emprego do lodo de esgoto da ETE de Canasvieiras em Florianópolis- SC como componente de substrato para a produção de mudas de plantas de interesse ornamental e florestal e os seus efeitos sobre o número de esporos e a colonização micorrízica.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma caracterização química e biológica do lodo de esgoto proveniente da estação de tratamento da CASAN localizada em Canasvieiras, norte de Florianópolis
- Verificar se a secagem solar possibilita a eliminação de patógenos permitindo que o lodo se torne apto para uso agrícola
- Avaliar o efeito de diferentes concentrações de lodo de esgoto sobre o número de esporos e a colonização micorrízica
- Determinar a concentração mais adequada de lodo de esgoto presente no substrato para o cultivo de plantas de interesse ornamental (crisântemo e petúnia) e florestal (bracatinga)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COLETA E PREPARO DO LODO DE ESGOTO

O lodo de esgoto foi coletado em dezembro de 2013 na Estação de tratamento anaeróbio da CASAN, localizada em Canasvieiras, município de Florianópolis - SC ("27° 35' 48'' S e 48° 32' 57'' W). Um total de 500 litros de lodo pós centrífuga, que iria para o aterro sanitário foi coletado, acondicionado em uma caixa d'água de igual volume, e transportado até a Fazenda Experimental da Ressacada ("27° 41' 5'' S e 48° 32' 38'' W), pertencente a UFSC, na região sul da ilha de Florianópolis, Santa Catarina. Esse material apresentava teor de umidade de 80%, e foi depositado em camada de 10 cm sobre lona plástica escura, permanecendo nestas condições e sob secagem solar durante 50 dias, exposto a luz solar diária de 8 horas, sendo revolvido semanalmente. Amostras de lodo foram submetidas a análises para quantificação de coliformes totais, *E. coli*, coliformes não *E. coli*, vírus, *Salmonella* e Helmintos antes da secagem solar, conforme descrito na tabela 3. Após a secagem, apresentando ainda um teor de umidade de 20%, o lodo foi moído em moinho da marca Tecnal, modelo TE-680, em malha de 2 mm.

As análises de Coliformes totais, *E. coli*, *Salmonella* e OPG³ foram realizadas pelo laboratório Cedisa de Concórdia - SC, Brasil. As técnicas utilizadas por este laboratório para as análises foram contagem de coliformes totais e *E. coli*; técnica de isolamento bacteriano para *Salmonella*, e Mc Master para OPG. As análises de vírus foram realizadas pelo laboratório de Imunologia e Parasitologia da UFSC, utilizando a técnica de ensaio de formação de placa de lise (EPL), e as de elementos químicos, recomendada pela Resolução CONANA (375/2006), foram realizadas pelo laboratório de solos da UDESC de Lages - SC.

³ OPG (contagem de ovos por grama de fezes): técnica utilizada para determinar parasitoses causadas por nematóides e helmintos.

Fonte: www.controbiol.com.br/...OPG/Diagnostico_Parasitologico_Fezes.doc

Tabela 3. Quantificação dos patógenos existentes no lodo de esgoto coletado na ETE de Canasvieiras, antes da secagem solar.

Patógenos	Momento da coleta (antes da secagem solar)
Coliformes totais	2,1 x 10 ⁶ UFC/mL
<i>E. coli</i>	7,5 x 10 ⁵ UFC/mL
Coliformes não <i>E. coli</i>	1,31 x 10 ⁶ UFC/mL
Vírus	Presença
<i>Salmonella</i>	Presença
Contagem de OPG	50 ovos/grama

Fonte: dados do experimento, 2013.

3.2 COLETA DE SOLO E MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS

Um solo do tipo Neossolo Quatzarênico Hidromórfico Típico oriundo da Fazenda Ressacada foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade e acondicionado em bombonas plásticas e transportado até os laboratórios da UFSC. A análise química do solo foi realizada pelo laboratório de solos da UDESC, em Lages - SC, conforme Anexo 1. O material foi inicialmente peneirado em malha de 4 mm. Parte dele (50 mL) foi separada para extração e contagem de esporos de FMA segundo metodologia descrita por Gerdemann e Nicolson (1963).

Ensaio independentes foram realizados para a bracinga, petúnia e crisântemo em casa-de-vegetação pertencente ao Grupo de Pesquisa em Microrganismos e Processos Biotecnológicos, do Departamento de MIP da UFSC. Para o cultivo dessas espécies, foi utilizado um substrato base composto de uma mistura de solo-vermiculita na proporção 1:1 (v/v). Os tratamentos de lodo de esgoto avaliados referem-se às proporções adicionadas ao substrato base, sendo esses: 100%, 75%, 50 %, 25%, 10%, 5% e 0% (controle) de lodo de esgoto. Para cada espécie foi empregado o delineamento em blocos casualizados, com 30 repetições, sendo os tubetes (300 mL) dispostos em estande de grade.

Para o plantio da bracinga efetuou-se a quebra de dormência das sementes pela imersão destas em água a 80 °C (quatro vezes o volume), deixando-as em repouso nesta água por 24h. A semeadura foi realizada em 15 de abril de 2014, depositando-se três sementes por tubete. Para o plantio do crisântemo, foram utilizadas estacas da porção apical da haste, com 4 a 5 folhas expandidas e aproximadamente 5 cm de comprimento da variedade Chrystal White produzidas pela empresa Brasilflor, localizada em Artur Nogueira - SP. O plantio foi realizado no dia 22 de abril de 2014. Já para a petúnia, o plantio foi realizado no dia

09 de maio de 2014 por meio de sementes da marca Isla, adquiridas em Florianópolis – SC, sendo depositadas 5 sementes por tubete.

3.3 CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

A emergência das plântulas de bracantiga ocorreu a partir do quinto dia pós-semeadura. No trigésimo quinto dia realizou-se o desbaste deixando-se apenas uma planta por tubete. A partir do desbaste, e desde então, quinzenalmente as plantas receberam solução nutritiva de Hoagland (HOAGLAND; ARNON, 1950). O experimento foi encerrado aos 98 dias a partir do início de sua implantação.

O experimento com crisântemo foi conduzido por 96 dias. Durante esse período as plantas foram irrigadas diariamente com água deionizada, não recebendo nenhuma fertilização.

A emergência das plantas de petúnia ocorreu a partir do 8º dia pós-semeadura. No décimo quinto dia realizou-se o desbaste das plantas excedentes, deixando-se apenas uma planta por tubete. O experimento foi encerrado aos 115 dias de sua implantação. Da mesma forma que para o crisântemo, a petúnia foi irrigada diariamente com água deionizada até atingir a capacidade de campo do substrato.

3.4 AVALIAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Ao final da condução de cada experimento, para todas as espécies testadas, mediu-se a altura da parte aérea, com auxílio de uma régua graduada de 30 cm. Em seguida, a parte aérea foi separada do sistema radicular e submetida à secagem em estufa de circulação de ar a 55 °C, por período de cinco dias, para determinação da matéria seca. Concomitantemente, o solo de cada tubete foi retirado e as raízes separadas do mesmo por meio de lavagem em água corrente sobre peneira de 0,5 mm de malha. Na sequência, um grama de raízes finas foi coletado, armazenado em cápsulas e em solução de FAA (formalina-álcool-ácido acético) para posterior clarificação e coloração com azul de tripiano (PHILLIPS; HAYMAN, 1970), destinado à quantificação da taxa de colonização micorrízica (GIOVANNETTI; MOSSE, 1980). O restante das raízes foi seco em estufa sob mesmas condições descritas para a secagem da parte aérea. Após o período de secagem o material foi quantificado em balança analítica a fim de se obter os dados de matéria seca da parte aérea (MSPA) e a matéria seca do sistema radicular (MSR). A parte aérea foi então triturada em moinho, em peneiras de 0,5 mm e determinados os teores de fósforo e nitrogênio total conforme

metodologia descrita por TEDESCO et al., (1995). A partir dos teores foliares de N e P, calculou-se a quantidade acumulada desses nutrientes na parte aérea com sua respectiva produção de matéria seca.

Com o substrato de cada tratamento foi feita uma mistura composta e homogênea por tratamento para determinação do pH do solo e também para extração e contagem de esporos de FMA, segundo metodologia descrita por Gerdemann e Nicolson (1963).

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011), e as análises de regressão, quando as variáveis apresentaram efeito significativo, foram feitas por meio do programa SigmaPlot 12 (Systat Software Corp.), seguindo as recomendações de Ferreira (2011). Os resultados obtidos para colonização micorrízica antes de serem submetidos à análise de variância foram normalizados pela transformação arcsen raiz (% colonização/100). Para o número de esporos empregou-se a transformação $(x+0,5)^{1/2}$.

4. RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO E EFEITOS NO PH DO SUBSTRATO

Os resultados das análises (Tabela 4) obtidas de uma amostra composta do material coletado mostram que o tempo que o lodo foi exposto a secagem solar (50 dias, por 8 horas diárias) foi eficiente para eliminação dos patógenos, enquadrando o lodo de esgoto da ETE de Canasvieiras dentro dos limites exigidos pela Resolução CONAMA 375/2006 para esses parâmetros.

Tabela 4. Quantificação dos patógenos existentes no lodo de esgoto coletado na ETE de Canasvieiras 50 dias após a secagem solar.

Patógenos	50 dias após a coleta
Coliformes totais	120 UFC/mL
<i>E. coli</i>	Não detectado
Coliformes não <i>E. coli</i>	120 UFC/mL
Vírus	Não detectado
<i>Salmonella</i>	Ausência
Contagem de OPG	Não detectado

Fonte: dados do experimento, 2014.

O apêndice A relata os resultados das análises realizadas com o lodo de esgoto avaliado nesse estudo. Os elementos analisados foram: Bário ($0,67 \text{ mg kg}^{-1}$), Cádmio ($<0,05 \text{ mg kg}^{-1}$), Chumbo ($<0,42 \text{ mg kg}^{-1}$), Cobre (43 mg kg^{-1}), Cromo $13,04 \text{ (mg kg}^{-1})$, Níquel ($8,2 \text{ mg kg}^{-1}$) e Zinco ($142,43 \text{ mg kg}^{-1}$). Esses resultados mostram que o material analisado se encontra abaixo de todos os limites estabelecidos pela referida Resolução, apontando que o lodo de esgoto utilizado no presente trabalho pode ser enquadrado para uso agrícola. O lodo de esgoto empregado neste estudo apresentou teores de nitrogênio, fósforo e potássio de $5,1 \text{ g kg}^{-1}$, $35,7 \text{ g kg}^{-1}$ e $3,33 \text{ cmolc dm}^{-3}$, respectivamente. Para carbono orgânico e matéria orgânica, os valores foram $156,4 \text{ g kg}^{-1}$ e $269,0 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Também foram avaliados os teores de sódio ($2,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$), enxofre ($36,3 \text{ g/kg}^{-1}$), cálcio ($134,5 \text{ cmolc dm}^{-3}$), magnésio ($116,66 \text{ cmolc dm}^{-3}$) e o pH em água (6,1).

Para os três experimentos conduzidos, os valores de pH foram muito similares. Em todos os tratamentos é possível verificar que há um aumento, ainda que pequeno, no valor de pH do substrato conforme

umentam as dosagens de lodo empregadas (Tabela 5). A exceção é o experimento envolvendo Petúnia, especificamente no tratamento com 25% de lodo, onde o pH inicial era 5,59 e após a condução do experimento passou a 4,48 (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de pH em água antes da montagem e após término dos experimentos para Bracatinga, Crisântemo e Petúnia.

Tratamento (% lodo de esgoto)	pH antes dos experimentos	pH após a condução dos experimentos		
		Bracatinga	Crisântemo	Petúnia
0%	4,20	6,25	5,66	5,91
5%	4,08	4,46	4,58	4,71
10%	4,48	4,51	4,24	4,56
25%	5,59	-	5,11	4,48

Fonte: dados do experimento, 2014.

Nota: pH do lodo de esgoto: 6,1

4.2 EFEITOS DO LODO DE ESGOTO NA PRODUÇÃO DE MUDAS

Ao longo dos experimentos foi possível observar a ocorrência de compactação do substrato em alguns dos tratamentos avaliados, conforme pode ser verificado na Figura 1.



Figura 1. Substrato do tratamento com 100% de lodo de esgoto, após ser retirado dos tubetes, apresentando compactação que impediu a passagem da água e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas.

Fonte: dados do experimento, 2014.

Concentrações elevadas de lodo de esgoto, acima de 25%, promoveram elevada taxa de mortalidade das mudas testadas, conforme evidenciado na Tabela 6.

Tabela 6. Taxa de mortalidade (%) por espécie de planta e por tratamento ocorrida nos experimentos com adição de diferentes doses/percentuais de lodo de esgoto.

Tratamento (% lodo de esgoto)	% de plantas mortas		
	Bracatinga	Crisântemo	Petúnia
0%	0%	10%	10%
5%	0%	10%	30%
10%	3%	33%	60%
25%	100%	66%	53%
50%	100%	100%	100%
75%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%

Fonte: dados do experimento, 2014.

A taxa de mortalidade na Bracatinga foi a menor observada entre as espécies avaliadas nos experimentos com até 10% de lodo de esgoto na composição do substrato base. A partir da concentração de 25% de lodo, no entanto, a bracatinga foi a espécie vegetal mais impactada no que se refere a taxa de mortalidade, com 100% das mudas mortas para esta e as demais concentrações. O mesmo ocorreu para as outras duas espécies partir da concentração de 50% de lodo. Desta forma, a avaliação dos efeitos da aplicação do lodo de esgoto foi realizada apenas até a concentração de 25% de lodo de esgoto para as ornamentais e até 10% de lodo de esgoto para a bracatinga, cujos resultados serão apresentados para cada espécie.

4.2.1 Bracatinga

Como apresentado na Tabela 6, concentrações superiores a 10% de lodo de esgoto ocasionaram taxa de mortalidade de 100% para esta espécie, e por esta razão são apresentados apenas os resultados das concentrações de 0 a 10%.

Na Figura 2 observa-se que não existem diferenças estatísticas com relação aos valores de altura, matéria seca do sistema radicular e comprimento radicular (Figura 2 A, B e D), indicando que a dosagem de lodo empregada não exerce influência sobre esses parâmetros. A matéria seca da parte aérea, no entanto, apresentou diferença estatística entre os tratamentos com e sem lodo (Figura 2C). A adição de 5% e 10% de lodo

de esgoto proporcionou incremento médio de 37,5% na produção de MSPA em relação ao tratamento controle. Por sua vez, o incremento médio na MSR foi de 16% em relação ao tratamento controle, sem diferir estatisticamente. A relação MSPA/MSR ficou em torno de 2 em todos os tratamentos avaliados.

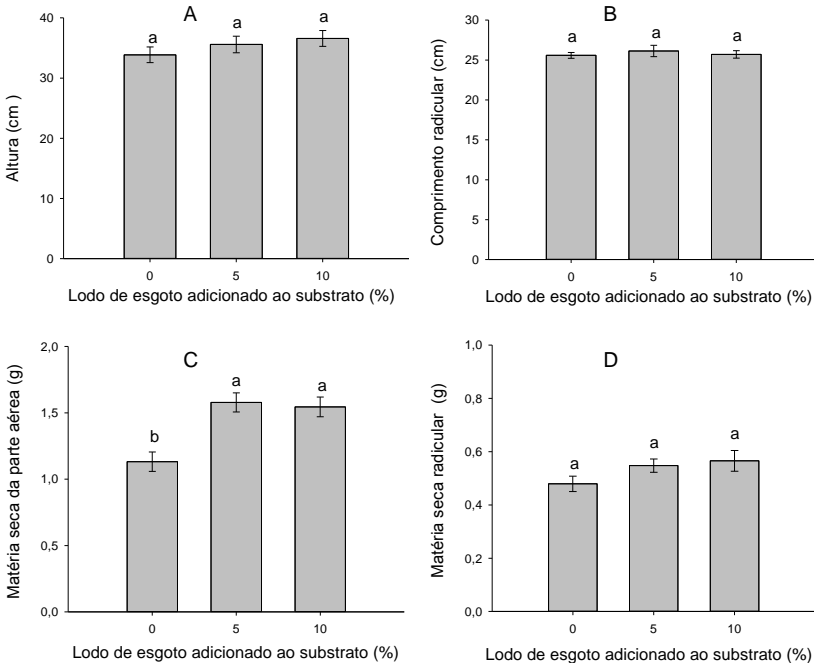


Figura 2. Crescimento de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella*) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto. A) altura das plantas; B) comprimento radicular; C) matéria seca da parte aérea; D) matéria seca do sistema radicular. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=30). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Fonte: dados do experimento, 2014.

Os resultados da determinação do teor de nitrogênio indicam que a bracatinga não é influenciada pela concentração de lodo de esgoto quando incorporado ao substrato de crescimento dessa espécie (Figura 3A). Os resultados sobre o acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas apresentaram comportamento similar ao observado para o teor de matéria seca da parte aérea, ou seja, à medida que aumenta a proporção de lodo de esgoto no substrato tendem a aumentar também as

concentrações relativas de nitrogênio. Os tratamentos com 5% e 10% de lodo apresentaram incremento no acúmulo total de nitrogênio da parte aérea de 66% e 72%, respectivamente, em relação ao tratamento controle (Figura 3B).

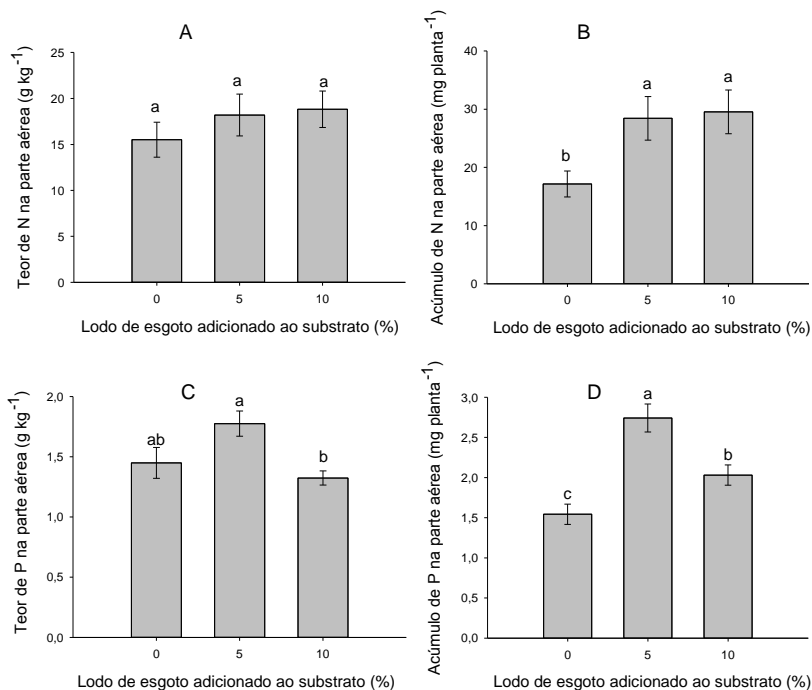


Figura 3. Teores de nitrogênio e fósforo em mudas de bracinga (*Mimosa scabrella*) produzidas em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto. A) teor de nitrogênio na parte aérea; B) acúmulo de nitrogênio na parte aérea; C) teor de fósforo na parte aérea; D) acúmulo de fósforo na parte aérea. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=30). As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Fonte: dados do experimento, 2014.

Para o teor de fósforo da parte aérea das plantas, houve diferença estatística significativa entre os tratamentos com 5 e 10% de lodo de esgoto. Entretanto, o tratamento controle não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos avaliados (Figura 3C).

Já para o acúmulo de fósforo, os três tratamentos apresentaram resultados estatisticamente significativos e distintos entre si, sendo que o tratamento com 5% de lodo proporcionou um acúmulo de fósforo 78%

maior que o tratamento controle e 32% maior que o tratamento com 10% de lodo (Figura 3D).

Com relação à colonização micorrízica e a esporulação, os maiores índices destes parâmetros foram observados no tratamento controle. Conforme aumentam as dosagens de lodo, diminuem significativamente tanto a colonização micorrízica (Figura 4A) quanto a contagem de esporos (Figura 4B), sugerindo que o lodo de esgoto possui influência negativa nessas variáveis.

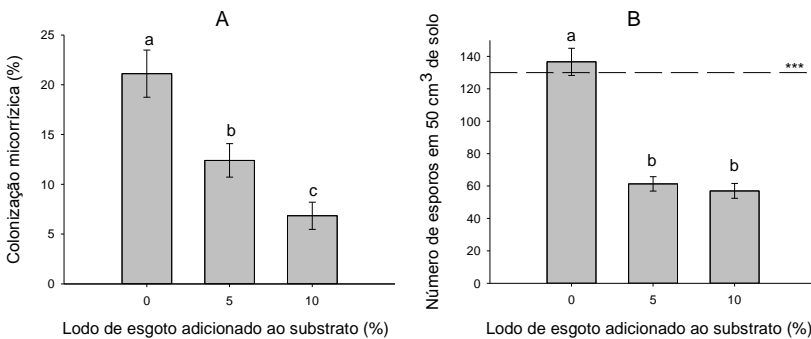


Figura 4. Colonização micorrízica (A) e número de esporos (B) de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella*) produzidas em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto. Barras verticais representam o erro padrão da média $n=30$ para colonização micorrízica e $n = 3$ para número de esporos. *Número de esporos de FMA presentes inicialmente no solo antes da aplicação dos tratamentos. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.**

Fonte: dados do experimento, 2014.

Valores da contagem de esporos do substrato pós-experimento indicam que a adição de lodo de esgoto nos tratamentos 5% e 10% promoveram um decréscimo médio de 55% em relação ao número de esporos presentes no solo antes da aplicação dos tratamentos. Com relação ao tratamento controle, houve um aumento de 5% em relação ao número de esporos inicial no substrato (Figura 3B).

A avaliação do sistema radicular da bracatinga revelou a ausência de nódulos de rizóbio em todos os tratamentos com e sem adição de lodo de esgoto.

4.2.2 Crisântemo

O crisântemo completou o ciclo indicado pelo fornecedor das estacas durante a duração do experimento, entretanto, não houve florescimento na cultivar utilizada.

Na figura 5 é possível verificar que altura, MSPA e comprimento radicular apresentaram diferenças estatísticas entre todos os tratamentos e comportamento quadrático em função do aumento da concentração de lodo de esgoto no substrato (Figura 5A, B e C). A maior altura e MSPA das plantas foram obtidas com 8% e 11% de lodo de esgoto, respectivamente, enquanto que o maior comprimento radicular foi obtido com 9% de lodo de esgoto no substrato.

A MSR também apresentou diferenças estatísticas entre todos os tratamentos e comportamento polinomial com maiores valores na concentração de 5% de lodo de esgoto (Figura 5D). A relação MSPA/MSR ficou em torno de 2 no tratamento com 5% de lodo de esgoto, 3 nos tratamentos controle e 10%, e em torno de 4 no tratamento com 25% de lodo de esgoto.

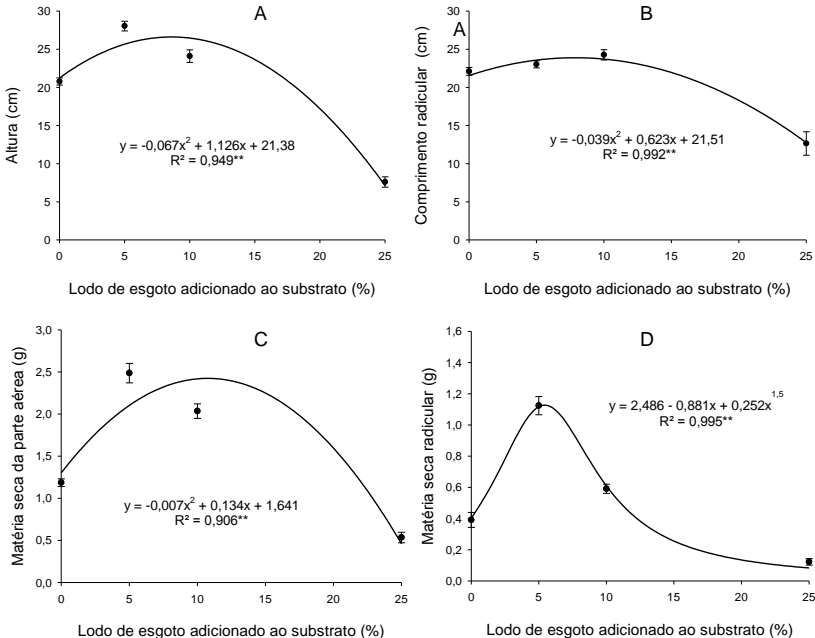


Figura 5. Crescimento de mudas de crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto. A) altura das plantas; B) comprimento radicular; C) matéria seca da parte aérea; D) matéria seca do sistema radicular. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=30). ** Significativo a 1% de probabilidade.

Fonte: dados do experimento, 2014.

Os teores de nitrogênio e fósforo apresentaram efeito linear positivo em função do aumento da concentração de lodo de esgoto no substrato, verificando-se incrementos de $22,57 \text{ g kg}^{-1}$ para nitrogênio e $4,60 \text{ g kg}^{-1}$ para fósforo nas doses de 25% de lodo de esgoto (Figura 6 A e C). Quando comparados ao controle, os teores de nitrogênio e fósforo nas plantas obtiveram um aumento de 370% e 570%, respectivamente.

O acúmulo de nitrogênio e fósforo apresentou comportamento quadrático em função do aumento da concentração de lodo de esgoto no substrato, sendo o maior valor obtido nesse parâmetro com a concentração de 12% de lodo de esgoto (Figura 6 B e D). Na concentração de 25% observa-se baixo acúmulo de N e P. Esse resultado ocorre em função da pequena produção de massa seca da parte aérea observada para aquela concentração de lodo.

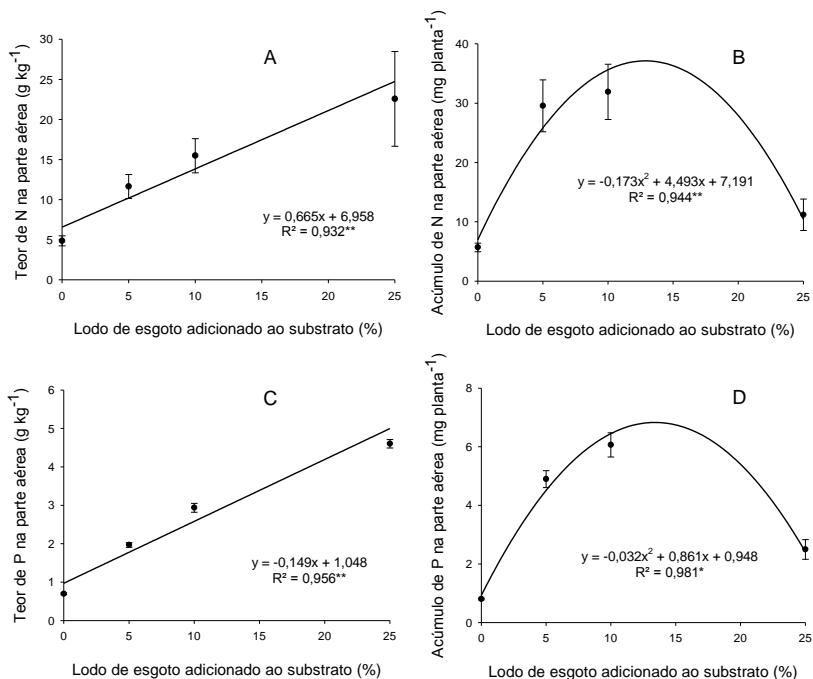


Figura 6. Teores de nitrogênio e fósforo em mudas de crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto. A) teor de nitrogênio na parte aérea; B) acúmulo de nitrogênio na parte aérea; C) teor de fósforo na parte aérea; D) acúmulo de fósforo na parte aérea. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=30). ** Significativo a 1% de probabilidade. * Significativo a 5% de probabilidade.**

Fonte: dados do experimento, 2014.

A colonização micorrízica apresentou comportamento quadrático, com uma redução de 74% nos valores na concentração de 25% de lodo de esgoto em relação ao tratamento controle (Figura 7A). Com relação à esporulação, em comparação a esporulação inicial, ocorreu uma redução de 4% em relação ao tratamento controle. O tratamento com 10% de lodo de esgoto apresentou a maior redução da esporulação quando comparado ao tratamento controle, com decréscimo de 52% (Figura 7B).

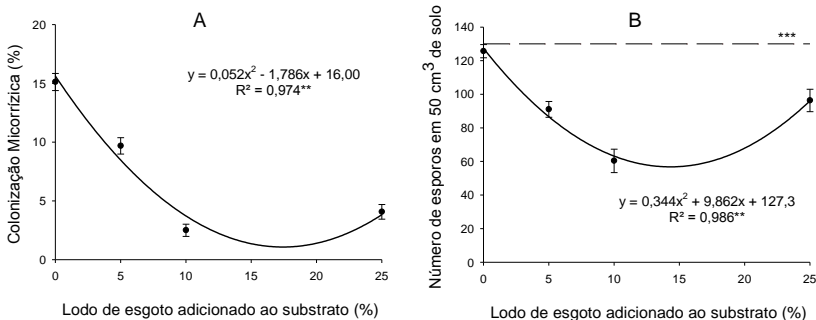


Figura 7. Colonização micorrízica (A) e número de esporos (B) de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em mudas de crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto. Barras verticais representam o erro padrão da média $n=30$ para colonização micorrízica e $n = 3$ para número de esporos. *Número de esporos de FMA presentes inicialmente no solo antes da aplicação dos tratamentos. ** Significativo a 1% de probabilidade.**

Fonte: dados do experimento, 2014.

4.2.3 Petúnia

A petúnia completou seu ciclo fenológico durante o experimento, sendo observadas plantas floridas nos tratamentos controle (2 plantas), com 5% (16 plantas), 10% (9 plantas) e 25% de lodo (9 plantas).

Na Figura 8 é possível verificar que altura, MSPA, comprimento radicular e MSR apresentaram comportamento quadrático em função do aumento da concentração de lodo de esgoto no substrato. A maior altura e MSPA das plantas foram obtidas com 16% e 15% de lodo de esgoto, respectivamente (Figura 8 A e C). Para o comprimento radicular e MSR os maiores valores foram obtidos com 13% e 15% de lodo de esgoto no substrato, respectivamente (Figura 8 B e D). A relação MSPA/MSR ficou em torno de 4 em todos os tratamentos com lodo de esgoto e em torno de 1 no tratamento controle.

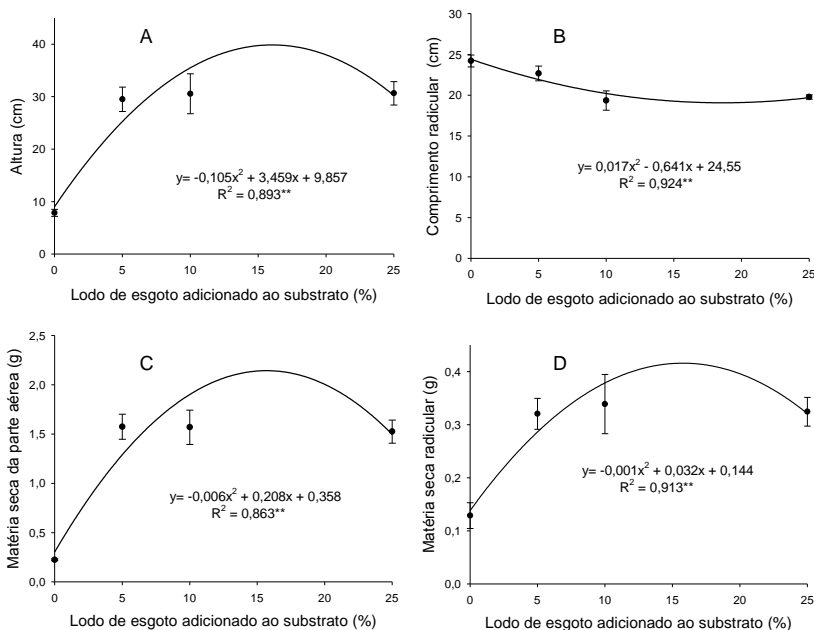


Figura 8. Crescimento de mudas de petúnia (*Petunia x hybrida*) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto. A) altura das plantas; B) comprimento radicular; C) matéria seca da parte aérea; D) matéria seca do sistema radicular. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=30). ** Significativo a 1% de probabilidade.

Fonte: dados do experimento, 2014.

O teor de nitrogênio apresentou efeito linear positivo em função do aumento da concentração de lodo de esgoto no substrato, verificando-se um incremento de $12,25 \text{ g kg}^{-1}$ na concentração de 25% de lodo de esgoto. Quando comparados ao controle, o teor de nitrogênio nas plantas obteve um aumento de 70% (Figura 9A). Para o teor de fósforo, os resultados indicam que o tratamento controle apresentou o melhor resultado, com média de $1,42 \text{ g kg}^{-1}$ de P (Figura 9C) por efeito de concentração, uma vez que houve pequena produção de biomassa nesse tratamento.

O acúmulo de nitrogênio e fósforo (Figura 9 B e D) apresentou comportamento quadrático em função do aumento da concentração de lodo de esgoto no substrato, sendo o maior valor obtido nesse parâmetro com a concentração de 18% de lodo de esgoto para nitrogênio e 16% para fósforo. Na concentração de 25% observa-se baixo acúmulo de N e

P. Esse resultado é decorrente da pequena produção de massa seca da parte aérea para aquela espécie.

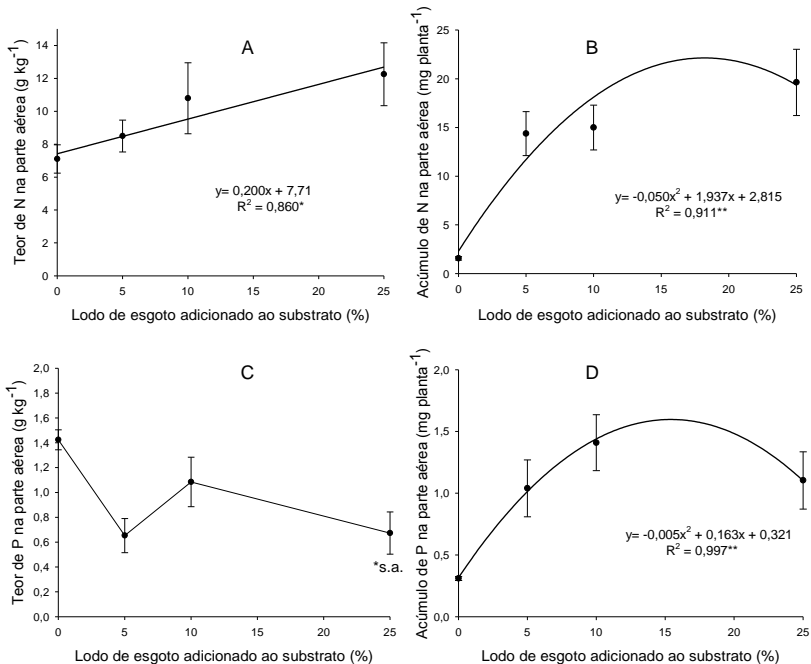


Figura 9. Teores de nitrogênio e fósforo em mudas de petúnia (*Petunia x hybrida*) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto. A) teor de nitrogênio na parte aérea; B) acúmulo de nitrogênio na parte aérea; C) teor de fósforo na parte aérea; D) acúmulo de fósforo na parte aérea. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=30). ** Significativo a 1% de probabilidade. * Significativo a 5% de probabilidade. *s.a. = sem ajuste polinomial.**

Fonte: dados do experimento, 2014.

Com relação a colonização micorrízica, que apresentou comportamento quadrático, as maiores porcentagens foram observadas no tratamento controle (Figura 10B). A adição de 10% de lodo de esgoto promoveu uma redução de 64% na colonização micorrízica em relação tratamento controle (Figura 10A). O cultivo da petúnia sem a presença do lodo aumentou a esporulação em 103% em relação aos valores iniciais obtidos para o solo empregado para preparo do substrato base (Figura 10B). Porém, a incorporação do lodo ao substrato ocasionou redução média de 69% na esporulação inicial.

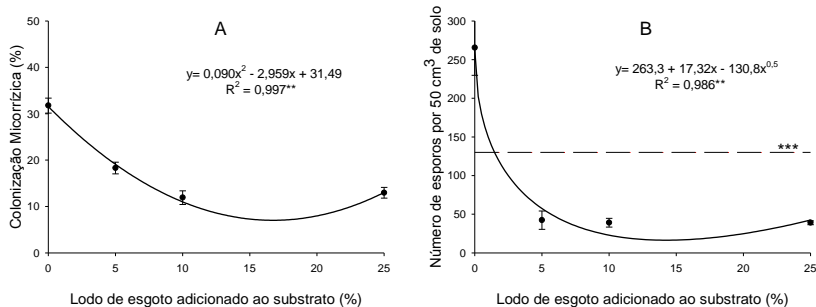


Figura 10. Colonização micorrízica (A) e número de esporos (B) de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em mudas de petúnia (*Petunia x hybrida*) em substrato com diferentes concentrações de lodo de esgoto. Barras verticais representam o erro padrão da média $n=30$ para colonização micorrízica e $n = 3$ para número de esporos. *Número de esporos de FMA presentes inicialmente no solo antes da aplicação dos tratamentos. ** Significativo a 1% de probabilidade.**

Fonte: dados do experimento, 2014.

5. DISCUSSÃO

O lodo de esgoto é um resíduo rico em matéria orgânica e vários outros nutrientes importantes para o desenvolvimento das plantas, podendo auxiliar na melhoria das práticas agrícolas, reduzindo, potencialmente, a utilização de adubos químicos (ANDREOLI, 1999). Conforme verificado neste trabalho, a disposição desse material para uso agrícola configura-se como uma alternativa eficiente para destinação adequada do lodo, ainda mais quando considerado o grande volume deste resíduo produzido diariamente nas estações de tratamento de esgoto.

A composição do lodo de esgoto varia conforme o local de origem, o que pode modificar a quantidade de nutrientes e, por essa razão, destaca-se a necessidade de se avaliar lodos provenientes de diferentes estações de tratamento para efeito de uso agrícola. Desta forma, esse trabalho utilizando o lodo da ETE de Canasvieiras em Florianópolis-SC, não deve se configurar como suficiente para a avaliação do potencial de uso nesta cidade. Estudos complementares são necessários para a avaliação do potencial de emprego do lodo dessa ETE na recuperação de ambientes degradados e na produção de espécies ornamentais. Além disso, o solo da região da grande Florianópolis é bastante arenoso e com baixa fertilidade (POTTER, 2004), indicando que o lodo de esgoto também pode suprir essa deficiência atuando como fertilizante. Nesse sentido, o presente trabalho avaliou o potencial de emprego do lodo de esgoto da ETE de Canasvieiras na produção de mudas de bracinga, crisântemo e petúnia e seus efeitos na absorção de nutrientes (N e P) e colonização micorrízica.

Independentemente do uso agrícola a ser adotado, há exigências legais para a aplicação de lodo no solo no que tange a presença de contaminantes químicos e biológicos, exigências essas presentes na Resolução CONAMA 375/2006, já apresentada anteriormente. No presente trabalho empregou-se a técnica da secagem solar para eliminação de agentes patogênicos e sabe-se que a desinfecção pela luz solar depende da intensidade luminosa e temperatura (CORAUCCI et al., 2003). Durante o tempo em que o lodo de esgoto foi submetido a secagem solar a temperatura média máxima foi de 30,9 °C, e a mínima de 22,7 °C (ACCUWEATHER, 2014). Essa temperatura pode ter contribuído na eliminação de patógenos, conforme é possível verificar nos dados da tabela 4. A exposição à luz solar (8 horas diárias) é outro fator que também pode ter contribuído para essa desinfecção, pois de acordo com Oates et al. (2003), há um pico ótimo de exposição no qual

a maioria dos organismos não sobrevive. Esse pico é atingido aproximadamente após 5 horas seguidas a partir do início da exposição, não especificando, no entanto, a temperatura a que esse material foi submetido. Esses procedimentos permitiram enquadrar o lodo de esgoto utilizado como classe A, segundo a Resolução CONAMA 375/2006. Assim, é possível concluir que para este trabalho a secagem solar se apresenta como uma alternativa viável para a desinfecção do lodo, possibilitando seu emprego como substrato para uso agrônomo.

Para todas as espécies avaliadas, concentrações de lodo superiores a 25% ocasionaram elevada mortalidade das plantas e isso foi atribuído à alta compactação que o lodo proporcionou ao substrato. A compactação afeta a quantidade de água disponível no solo, diminuindo sua percolação, alterando a estrutura e comprometendo a aeração, e isso afeta de maneira impactante os solos e o desenvolvimento das plantas. A compactação torna o solo difícil de ser penetrado pelas raízes, impede que as plantas se desenvolvam e que as raízes se aprofundem em busca de água e nutrientes (FILIZOLA, 2005). Quando atinge níveis críticos, a compactação assume relevância nas relações físicas, químicas e biológicas do solo, como redução da infiltração, afetando o desenvolvimento das plantas, resultando em menor produtividade e, dependendo do nível, em mortalidade caso o problema não seja sanado a tempo (SÁ; SANTOS JUNIOR, 2005). A compactação também provoca a redução da porosidade, da permeabilidade e da aeração do solo (SOANE; OUWEKERK, 1994). Segundo Sá e Santos Junior (2005), a redução da porosidade e aeração prejudica o metabolismo das plantas, pois há necessidade de trocas gasosas entre raízes e atmosfera para o seu desenvolvimento.

Nos tratamentos controle, 5%, 10% e 25% de lodo – exceção feita ao tratamento 25% em bracinga, a compactação também pode ter influenciado os valores de mortalidade de plantas dentro de cada tratamento/experimento, conforme dados da tabela 6. Nos casos das culturas de crisântemo e petúnia, que sofreram maior taxa de mortalidade nos tratamentos com 10% e 25% de lodo, houve pré-enraizamento das estacas e germinação das sementes, porém as plantas não sobreviveram, corroborando as considerações listadas anteriormente. É possível que as raízes jovens produzidas por essas plantas não tenham tido a capacidade de exercer seu papel em função da compactação do substrato naquelas condições.

A granulometria de 2 mm utilizada no processo de moagem do lodo de esgoto é um fator que pode ter contribuído para a compactação do substrato, pois tal condição pode influenciar na formação de

agregados. A agregação, segundo Hernani (1999), indica a condição do solo ou sua habilidade em relação à aeração, infiltração e retenção de água e nutrientes, influenciando o desenvolvimento das raízes. Desta forma, a granulometria utilizada foi o fator que provavelmente contribuiu para a não formação de agregados e para o conseqüente não desenvolvimento das plantas. Entretanto, trabalhos têm demonstrado que concentrações de até 50% de lodo de esgoto são recomendadas para o eucalipto (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003) e de 60 a 100% para o cultivo de *Tectona grandis*, sem afetar a sobrevivência das plantas (CALDEIRA et al., 2011). Assim sendo, é possível inferir que as elevadas concentrações de lodo adicionadas ao substrato de cultivo não foram o único fator responsável pela alta mortalidade das plantas.

A compactação do solo pode também ter influenciado a colonização micorrízica, que apresentou a mesma tendência nas três espécies avaliadas, ou seja, uma redução da taxa de colonização conforme aumento da concentração de lodo de esgoto (Figuras 4A, 7A e 10A). Nadian et al. (1997), verificaram que a redução da colonização micorrízica em solos compactados deve-se a inibição do crescimento da raiz e conseqüente redução na superfície disponível para a colonização. Outro fator que pode ter contribuído para a redução da colonização micorrízica foi a concentração de fósforo encontrada no lodo empregado no presente estudo, pois, segundo Hayman (1983), este é o nutriente que possui maior influência na colonização micorrízica. Solos com teores elevados de P promovem reduções acentuadas na colonização micorrízica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Somente o crisântemo apresentou tendência ascendente na taxa de colonização micorrízica em concentrações de lodo superiores a 17%. No entanto, essa tendência não apresenta o mesmo comportamento da queda verificada ao adicionarem-se percentuais de lodo até os níveis de 17%. Schwab et al. (1991) afirmam que, de uma forma geral, as plantas controlam a colonização micorrízica conforme sua necessidade, sugerindo que o lodo de esgoto estava suprindo as necessidades nutricionais da planta a partir de um determinado teor, não sendo necessária a formação da relação simbiótica com os fungos e, por conseqüente, a esporulação a partir daqueles índices.

Em relação à esporulação (Figuras 4B, 7B e 10B) por sua vez, observou-se uma redução proporcional neste parâmetro conforme foram incrementados os teores de lodo de esgoto ao substrato, com exceção do crisântemo, que no tratamento com 25% de lodo apresentou número de esporos similar à concentração de 4%, conforme observado na figura 7B. Esse resultado vai ao encontro da afirmação de Moreira e Siqueira

(2006), que destacam que a esporulação não possui influência direta no simbionte, mas pode ter relação com o grau de colonização e extensão de raízes. Entretanto, esse comportamento não é obrigatório, pois não há uma relação direta entre o número de esporos e a colonização micorrízica (BABU; REDDY, 2011; BAINARD et al., 2011).

O pH do substrato contendo lodo de esgoto foi avaliado após o crescimento das três espécies de plantas avaliadas, verificando-se pequenas alterações conforme os tratamentos empregados (Tabela 5). Cabe destacar que as plantas podem modificar o pH do solo por meio das raízes, que o alteram através da liberação de íons H^+ ou OH^- , em função do balanço entre a absorção de cátions e ânions, dado a necessidade do balanço eletroquímico, tanto no citoplasma das células da raiz, quanto na solução do solo (FURTINI NETO et al., 2001). Além disso, as alterações de pH e de matéria orgânica podem afetar a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Em geral, o pH ideal para o desenvolvimento das plantas está na faixa de 5,5 a 6,5. O pH alcalino, por sua vez, aumenta a disponibilidade de macronutrientes e diminui a de micronutrientes (MALAVOLTA, 1980). Com isso, apesar do comportamento ser semelhante para as três espécies de plantas, é possível concluir que na bracinga o pH não exerceu influência sobre o desenvolvimento das plantas, pois esta planta geralmente tolera solos mais ácidos. Porém, devido às características do crisântemo e da petúnia, o pH do solo estava abaixo do recomendado para o desenvolvimento das duas espécies, que requerem pH entre 5,5 e 6,5, podendo-se inferir que a disponibilidade de micronutrientes possa ter sido afetada e os resultados alterados por esse fator.

Com o aumento da concentração de lodo de esgoto também ocorreu acréscimo nos valores de pH nos substratos (Tabela 5). Entretanto, isso não foi suficiente para manter o crescimento das plantas, evidenciando que outros atributos físico-químicos interferiram nesse parâmetro. O pH do solo influencia a solubilidade do alumínio (Al), e sua toxicidade é favorecida em solos com pH abaixo de 5,5. Abaixo desse valor ocorre dissolução das formas sólidas do Al promovendo a liberação das formas iônicas na solução do solo, deste modo o Al passa a ocupar as posições de troca catiônica (RITCHIE, 1994). A redução da taxa de crescimento radicular de certas plantas tem sido considerada o principal efeito dos níveis tóxicos de alumínio, que afeta o alongamento e a divisão celular. Essa restrição diminui a capacidade da planta obter água e nutrientes do subsolo, em virtude do enraizamento superficial, tornando-a, portanto, menos produtiva e mais susceptível à seca (FERREIRA, et al., 2006).

O apêndice A mostra os resultados das análises químicas realizadas com o lodo de esgoto avaliado nesse trabalho e indica que esse material contém elementos-traço abaixo do permitido pela Resolução CONAMA 375/2006, viabilizando seu uso agrícola. A baixa quantidade dos elementos apontados no apêndice A se justifica pela não contribuição de efluentes industriais na região atendida pela Estação de Tratamento de Canasvieiras. Quando comparado a trabalhos que analisaram lodos de esgoto de outras cidades do Brasil, como o de Marin et al. (2010), que analisou o lodo da SANEPAR em Curitiba, e o de Silva et al. (2002), que trabalharam com lodo de esgoto da CAESB no Distrito Federal, observa-se que os resultados são diferenciados, comprovando que o lodo de esgoto é um material heterogêneo e que sua composição varia de acordo com as características dos esgotos (efluente) e de seu tratamento. É importante salientar que apesar do lodo apresentar baixas concentrações de elementos-traço, há a necessidade de monitoramento desses elementos em locais onde o mesmo seja aplicado freqüentemente e em grande quantidade, pois esses elementos não são biodegradáveis e podem se acumular na cadeia trófica (VAN DEN BERG, 1998).

Um fator que pode afetar a absorção dos nutrientes é a relação entre cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (Ca:Mg) no solo, a qual pode diminuir ou aumentar a absorção através dos processos de antagonismo, de inibição competitiva, e do sinergismo de alguns elementos, entre eles boro, cobre, manganês e zinco (MALAVOLTA et al., 2006). A inter-relação entre esses nutrientes no aspecto da nutrição vegetal está relacionada às suas propriedades químicas próximas, como valência, grau de hidratação e mobilidade, fazendo com que haja competição pelos sítios de adsorção no solo, e na absorção pelas raízes (ORLANDO FILHO et al., 1996). Segundo Empresa brasileira de pesquisa agropecuária (Embrapa) (2004), para a maioria das culturas, a relação cálcio – magnésio deve ser de 3:1. Neste trabalho a relação encontrada foi de 1,15:1. O excesso de Ca em relação ao Mg na solução do solo pode prejudicar a absorção desse último, assim como o excesso de magnésio também prejudica a absorção de cálcio (MALAVOLTA et al., 1997).

Os parâmetros de crescimento como altura da parte aérea, massa seca da parte aérea, comprimento e massa seca do sistema radicular são as mais utilizadas na determinação do padrão de qualidade de mudas (SABONARO, 2006). Rosa et al. (2007) afirmam que a matéria seca da parte aérea e a matéria seca radicular estão intimamente relacionadas, pois o bom desenvolvimento da parte aérea de uma planta depende do

bom desenvolvimento de seu sistema radicular. A observação da relação MSPA/MSR é uma forma de avaliar o transporte de fotoassimilados da parte aérea para as raízes ou o inverso nas plantas (ATKINSON, 2000).

O aumento no fornecimento de nitrogênio para as plantas ocasiona um aumento na relação da razão MSPA/MSR (MARSCHNER, 2012). No presente trabalho verificou-se uma relação constante nessa razão para a petúnia, evidenciando que o aumento na concentração de N (via adição de lodo) não altera a proporção de massa da parte aérea em relação a massa da parte radicular. Apesar disso, a petúnia é beneficiada com aplicações de até 18% de lodo de esgoto. Em relação ao crisântemo, também se verificou uma relação similar àquela identificada para a petúnia na razão MSPA/MSR, no entanto com pequenas variações dentro dos tratamentos aplicados. Apesar de não ser identificada uma relação direta entre as concentrações de lodo e a razão MSPA/MSR, concentrações de lodo superiores a 13% ocasionaram significativa redução no crescimento daquela espécie. Na bracinga por sua vez, a adição de lodo de esgoto não influenciou de forma diferenciada os tratamentos, pois todos apresentaram a mesma proporção MSPA/MSR.

A altura da parte aérea das plantas fornece uma excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo, sendo tecnicamente aceita como boa medida do potencial de desempenho das mudas (FAVALESSA, 2011). Na bracinga, ao relacionar os gráficos da altura e do comprimento radicular, observa-se que a melhor média para a altura das plantas foi obtida no tratamento com 10% de lodo de esgoto, enquanto que os melhores resultados para o comprimento radicular foram obtidos quando 5% de lodo de esgoto foi utilizado (Figuras 2A e B). No crisântemo, estima-se que a concentração de lodo de esgoto que proporciona melhores resultados para a altura é 8%, e para comprimento radicular 9% de lodo de esgoto (Figura 5A e B). Já para petúnia, a concentração estimada como mais adequada de lodo de esgoto para altura é 16% e para comprimento radicular 13% (Figura 8A e 8B). Essa diferença identificada para as duas espécies avaliadas pode estar relacionada à disponibilidade de nutrientes, como o nitrogênio, por exemplo, que exerce influência direta no desenvolvimento da parte aérea.

A relação entre carbono e nitrogênio (C:N) é um parâmetro muito utilizado para avaliar a decomposição do resíduo, indicando possíveis transformações e disponibilidade do nitrogênio (KRAY, 2005). Essa relação é um indicador importante na decomposição da matéria orgânica do solo e para a determinação das relações entre os nutrientes essenciais

na atividade dos microrganismos do solo (LUCHESE et al., 2002). Nesse trabalho, a relação C:N foi 31:1, e com essa razão C/N a mineralização e a imobilização ocorrem simultaneamente. A mineralização é extremamente importante para a disponibilidade de N, pois aproximadamente 98% do N total do solo está na forma orgânica, devendo este ser mineralizado para ser absorvido pelas plantas (ERNANI, 2003). A imobilização consiste na retenção, na biomassa microbiana, do N inorgânico, liberado no solo pelo processo de mineralização (MARQUES et al., 2000; HUTCHISON; WALWORTH, 2007).

Apesar da baixa concentração de nitrogênio no lodo de esgoto, (Apêndice A), pode-se afirmar que ocorreu disponibilidade de N para as plantas. Estudos têm demonstrado que a mineralização de N em lodo de esgoto pode ocorrer rapidamente, com até 15% de mineralização por cada semana de cultivo (GARAU et al., 1986). Outros autores indicam valores diferenciados para esse grau de mineralização. Boyle e Paul (1989) verificaram que a mineralização pode atingir índices de até 2% por semana, Lindermann e Cardenas (1984) em torno de 10% por semana e Pontes (2002) de até 8% por semana. Apesar de resultados diferentes, é possível verificar que o lodo de esgoto pode disponibilizar uma quantidade considerável de N para o sistema solo/planta, podendo influenciar de maneira impactante o desenvolvimento das plantas durante o seu cultivo. Entretanto, Boeira e Maximiliano (2004) afirmam que a liberação de N a partir do lodo de esgoto pode não estar em sincronia com o momento de maior absorção pelas plantas, e esse N pode, então, ser perdido por volatilização ou lixiviação, não sendo aproveitado na nutrição das plantas.

O resultado da análise do lodo de esgoto mostra que o nitrogênio encontra-se na concentração de $5,1 \text{ g kg}^{-1}$, valor este abaixo da média dos encontrados em diversas ETE do Brasil, como evidenciado por Vieira (2004b), com $40,7 \text{ g kg}^{-1}$, Machado (2001) com $57,5 \text{ g kg}^{-1}$ e Modesto et al. (2009), com $57,1 \text{ g kg}^{-1}$. Embora presente no lodo de esgoto, o nitrogênio disponível não foi suficiente para suprir o teor foliar requerido para o desenvolvimento adequado da bracinga que, segundo a literatura, é de $34,7 \text{ g kg}^{-1}$ (CALDEIRA, 2003). Na figura 3A é possível constatar que o valor máximo absorvido para essa espécie foi de $18,82 \text{ g kg}^{-1}$. Segundo a SBCS (2004) o teor foliar de nitrogênio adequado para o desenvolvimento do crisântemo varia de 40 g kg^{-1} a 60 g kg^{-1} , e nesse experimento os valores ficaram abaixo do esperado em todas as concentrações de lodo de esgoto empregadas (Figura 6A). Uma condição similar também é detectada para a petúnia, já que o teor de

nitrogênio foliar adequado para plantas da família *Solanaceae*, varia de 30 g kg⁻¹ a 60 g kg⁻¹ (SBCS, 2004). Entretanto, as plantas não apresentaram sintomas de deficiência daquele elemento. Kray (2005) também observou que os teores de N nas folhas de milho foram abaixo do recomendado para a cultura no seu trabalho com aplicação de lodo de esgoto e composto de lixo, sem que as plantas apresentassem sintomas de deficiências nutricionais de N.

Cabrera et al. (1995), trabalhando com roseira, observaram constante alteração nos teores de nitrogênio em diferentes partes da planta conforme o estado de crescimento e sua necessidade nutricional. Em crisântemo e petúnia observa-se um aumento no teor foliar de nitrogênio conforme aumentam as doses de lodo de esgoto (Figura 6A e 9A), com uma conseqüente redução no crescimento das plantas (Figura 5A e 8A). Esses resultados representam o efeito direto de concentração daquele elemento nas plantas. Já na bracinga (Figura 3A), observa-se um pequeno aumento no crescimento e no teor de nitrogênio conforme aumentam as doses de lodo aplicado, apesar de não apresentarem diferenças estatísticas em nenhum desses dois parâmetros. Isso é resultado direto do efeito de diluição. Segundo Jarrel e Beverly (1981), as plantas podem apresentar o chamado “efeito diluição”, em que a concentração de nutrientes é diluída conforme o crescimento da planta. O nitrogênio é um elemento que influencia o desenvolvimento das plantas (COBUCCI, 1991) e sua deficiência pode causar redução no crescimento e um possível aumento no comprimento das raízes (MALAVOLTA, 2006). Entretanto, é necessária uma avaliação minuciosa da taxa de mineralização do lodo em estudo, e sua contribuição para atender a demanda das culturas aqui estudadas, de modo a permitir uma melhor sincronia no fornecimento de nitrogênio e absorção radicular, além de auxiliar em uma avaliação mais precisa dos resultados obtidos.

Com relação ao fósforo, trabalhos realizados com lodo de esgoto mostram que esse nutriente pode variar entre 11,5 g kg⁻¹ (VIEIRA, 2004b), 12 g kg⁻¹ (MODESTO et al., 2009) e 45 g kg⁻¹ (BIONDI; NASCIMENTO, 2005). Machado (2001) realizou sua pesquisa em 275 ETE no Brasil, e verificou que o teor de fósforo médio nos lodos de esgoto é de 11,82 g kg⁻¹. De acordo com a análise realizada neste trabalho (Apêndice A), o teor de fósforo é de 35,7 g kg⁻¹, valor considerado alto quando comparado a maioria dos valores encontrados nos trabalhos citados na literatura. O excesso de fósforo não paralisa o crescimento das plantas (ACCOSI e HAAG, 1959), mas pode interferir

na assimilação de cobre, zinco, ferro e magnésio, além de outros elementos (MALAVOLTA, 2006).

Apesar do fósforo estar aparentemente em excesso no lodo empregado no presente estudo, e, assim, interferir com a absorção de outros elementos nutricionais, não foram identificadas deficiências típicas daqueles elementos nas plantas analisadas. Nos três experimentos é possível observar uma redução no teor de fósforo conforme aumentam as concentrações de lodo de esgoto. Na bracatinga, segundo a literatura, o teor de fósforo foliar adequado para o seu desenvolvimento é de $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ (CALDEIRA, 2003). Os resultados mostram que já no tratamento com 5% de lodo esse valor é atingindo (Figura 3C). No crisântemo, o valor recomendado para o P varia entre $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ e $10,0 \text{ g kg}^{-1}$ (SBCS, 2004). De acordo com a figura 6C, os tratamentos com concentrações de 10% e 25% de lodo de esgoto suprem a necessidade dessa espécie. Já para as Solanaceae, esse valor varia entre 2 g kg^{-1} a 8 g kg^{-1} . A quantidade máxima absorvida de fósforo foi identificada já no tratamento controle (Figura 9C). Mesmo com o aumento no fornecimento de P pela adição de lodo, verificou-se redução nos teores de fósforo na MSPA na bracatinga e na petúnia. Esse resultado, a exemplo do que ocorreu para o nitrogênio, está relacionado ao efeito de diluição. Para o crisântemo, no entanto, conforme aumentam as concentrações de lodo, ocorre redução no crescimento e na produção de MSPA, ou seja, um resultado influenciado pelo efeito de concentração de P na planta.

As relações entre o acúmulo de biomassa, de nitrogênio e fósforo em cultivos dependem de vários processos fisiológicos, dentre os quais a absorção desses elementos, a taxa de crescimento da cultura, e a alocação de C e N entre órgãos da planta (GASTAL; LEMAIRE, 2002). Nesse trabalho o acúmulo de nitrogênio e fósforo seguiu a mesma tendência da produção de matéria seca da parte aérea para crisântemo e para a petúnia (Figuras 6B e D; 9B e D).

Em cada cultura verificou-se também a ocorrência de algumas peculiaridades, conforme descrito a seguir. A bracatinga é uma planta que se associa a bactérias diazotróficas, formando nódulos nas raízes e fixando nitrogênio do ar (CARPANEZZI et al., 1988). Apesar de essa condição ser inerente a essa espécie, nenhum nódulo foi formado durante o experimento conduzido, podendo indicar que a solução de Hoagland e Arnon (1950), adicionada para suprir certas necessidades nutricionais das plantas, juntamente com o lodo de esgoto, possivelmente pode ter inibido a colonização radicular por aqueles organismos e, por conseguinte, a formação dos nódulos radiculares.

A compactação do substrato impactou o desenvolvimento das plantas de bracatinga no tratamento com 25% de lodo, porém não exerceu influência nos demais tratamentos, como é possível verificar na tabela 6. Entretanto, a ausência de nodulação pode também ter sido afetada pela compactação do substrato. Borges et al. (1998), trabalhando com soja em solo compactado com gesso, verificaram que conforme aumentam os teores de compactação, o sistema radicular ficou todo concentrado em um único ponto, promovendo um ambiente desfavorável, tanto à nodulação como à efetividade dos nódulos existentes. Nogueira e Manfredini (1989) utilizaram em seu trabalho solos argilosos cultivados com soja, e verificaram que a compactação do solo induziu uma mudança estrutural nas raízes, com grande redução no diâmetro, impedindo a formação de nódulos.

Segundo Teixeira (2004), o crisântemo, ao ser exposto a dias longos, possui o crescimento vegetativo favorecido. Na casa-de-vegetação, onde foi conduzido o experimento, as plantas foram submetidas a dias longos, devido a outros experimentos existentes no mesmo ambiente que necessitavam daquele fotoperíodo. Por essa razão não houve o florescimento das plantas, embora elas tenham completado seu ciclo durante a duração do experimento.

As petúnias, por sua vez, têm sua floração favorecida em dias longos (PANAMERICAN SEED, 2014). Na casa de vegetação, conforme citado anteriormente, as plantas foram submetidas a dias longos, devido a outros trabalhos existentes no mesmo ambiente. Esse fotoperíodo pode ter contribuído para o florescimento das petúnias, que ao final do experimento apresentaram 47% dos tubetes com flores.

CONCLUSÕES

A secagem solar é uma técnica eficiente na eliminação de patógenos presentes em lodos de esgotos domésticos (ETE-Canasvieiras), permitindo seu uso como substrato para o cultivo de plantas, porém com concentrações que variam em função da espécie cultivada, sendo 5% para a Bracatinga, entre 5% e 13% para o Crisântemo, e de 13% a 18% de lodo de esgoto para o cultivo da Petúnia.

Os resultados desse trabalho sugerem estudos futuros que testem as concentrações de lodo identificadas como promissoras no cultivo de plantas em condições de campo.

REFERÊNCIAS

ACCORSI, W.R.; HAAG, H.P. Alterações morfológicas do cafeeiro cultivado em solução nutritiva decorrentes das deficiências e excessos de macronutrientes. **Anais da Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz**, n.16, p.17-36, 1959.

ACCUWEATHER. Tempo mensal em Florianópolis. Disponível em: <<http://www.accuweather.com/pt/br/florianopolis/35952/december-weather/35952>> Acesso em: 01 mar. 2014.

AGENCIA Brasil. Produção de flores no Brasil movimentou R\$ 5,2 bilhões em 2013. Disponível em: <<http://www.ifronteira.com/noticia-brasil-55337>>. Acesso em: 01 dez. 2014.

ALVES, M.C.; SANTOS, E.B.; RODRIGUES, R.A.F.; ARRUDA, O.G. Qualidade física de um solo degradado em recuperação há 6 anos. **Holos Environment**, v.11, n.2, 2011.

ANDREOLI, C.V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro: Abes, 1999. 97 p.

ANDREOLI, C.V.; CHERUBINI, C.; FERREIRA, A.C.; TELES, C.R. Avaliação de parâmetros de secagem e desinfecção do lodo de esgoto em condições artificiais (estufa). **Sanare**, n.15, 2001.

ANDREOLI, C.V.; TAMANIN, C.R.; HOLSBACH, B.; PEGORINI, E.; NEVES, P.S. Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal. In: **Alternativas de uso de resíduos de saneamento**. Rio de Janeiro: Abes, 2006.

AQUINO, S.S.; CASSIOLATO, A.M.R. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares autóctones no crescimento de *Guazuma ulmifolia* em solo de cerrado degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1819-1823, 2002.

ATKINSON, D. Root Characteristics: why and what measure. In SMIT, A.L.; BENGOUGH, A.C.; ENGELS, C.; NOORDWISH, M.; PELLERIN, S.; GEIN, S.C. **Root Methods a Handbook**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2000.

BACKES, C.; BÜL, L.T.; GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L.; LIMA, C.P.; PIRES, E.C. Uso de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, p.1045-1050, 2009.

BABU, A.G.; REDDY, M.S. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with plants growing in fly ash pond and their potential role in ecological restoration. **Current Microbiology**, v. 3, n. 63, 2011.

BAINARD, L.D.; KLIRONOMOS, J.N.; GORDON, A.M. Arbuscular mycorrhizal fungi in tree-based intercropping systems: A review of their abundance and diversity. **Pedobiologia**, v. 54, n. 2, p. 57 – 61, 2011.

BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J. Uso agrícola do lodo de esgoto: influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 565-580, 2006.

BASTOS, R.X.; BELILACQUA, P.D.; KELLER, R. Organismos patogênicos e efeitos sobre a saúde humana. In: ANDREOLI, C.V.; **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: Rima Artes e Textos, p. 27-83, 2001.

BAYAT, H. NEAMATI, H.; BAGHERI, A.; TEHRANIFAR, A.; SAIE, M. Estimation of heterosis and combining ability in petunia (*Petunia hybrida* Hort.). **Notulae Scientia Biologicae**, Mashhad, n.4, 2012.

BETTIOL, W; CAMARGO O.A. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. In:**Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

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

BETTIOL, W; FERNANDES, S. **Efeito do lodo de esgoto na comunidade microbiana e atributos químicos do solo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

BIONDI, C.M.; NASCIMENTO, C.W.A. Acúmulo de nitrogênio e produção de matéria seca de plantas em solos tratados com lodo de esgoto. **Caatinga**, Mossoró, v.18, n.2, p.123-128, 2005.

BOEIRA, R.C.; MAXIMILIANO, V.C.B. Determinação da fração de mineralização de nitrogênio de lodos de esgoto: um método alternativo. **Comunicado Técnico**. Jaguariúna: Embrapa, 2004.

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G.F.; BORGES, E.V.S.; COSTA, L.M. Acúmulo de N e P na parte aérea da soja após compactação subsuperficial e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23,n.1, p.127-133, 1998.

BOYLE, M.; PAUL, E. Carbon and nitrogen mineralization kinetics in soil previously amended with sewage sludge. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v.53, n.1, p. 99-103. 1989.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006**. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Brasília, 2006.

BROLEZE, S. **Avaliação da qualidade do lodo das estações de tratamento de esgoto da parte da região metropolitana de Campinas empregando a fluorescência de raios X por reflexão total com radiação síncrotron**. 2013.132p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

BURKERT, B.; ROBSON, A.D. Zinc uptake in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L. by three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in a root-free sandy soil. **Soil Biology e Biochemistry**, v. 26, p.1117– 1124, 1994.

BUX, M.; BAUMANN, R.; QUADT, S.; PINNEKAMP, J.; MÜHLBAUER, W. Volume reduction and biological stabilization of sludge in smallsewage plants by solar drying. **Dry Technol**, n.20, p.829-837, 2002.

CABRERA, R.I.; EVANS, R.Y., PAUL, J.L. Nitrogen partitioning in rose plants over a flowering cycle. **Scientia Horticulturae**, v.63, p. 67-76, 1995.

CALDEIRA, M.V.W.; DELARMELINA, W.M.; LÜBE, S.G.; GOMES, D.R.; GONÇALVES, E.O.; ALVES, A.F. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba, v.42, n.1, p.77-84, 2011.

CARIS, C.; HORDT, W.; HAWKINS, H.J, ROMHELD, V.; GEORGE, E.H. Studies of iron transport by arbuscular mycorrhizal hyphae from soil to peanut and sorghum plants. **Mycorrhiza**, v.8, p.35-39, 1998.

CARPANEZZI, A.A. **Banco de sementes e deposição de folhodo e seus nutrientes em povoamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) na Região Metropolitana de Curitiba**. 1997. 170p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

CARPANEZZI, A.A.; LAURENT, J.M.E. **Manual técnico da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.)**. Colombo: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. 1988.

CARVALHO, P.E.R. Cultivo da bracatinga. **Sistemas de produção**, n.6, 2003.

CARVALHO, M. **Crescimento e comportamento fisiológico de crisântemo em função de graus-dia de desenvolvimento**. 2014. 129p. Tese (Doutorado em Fisiologia vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

CASAN. **Relatório anual 2013**. Disponível em:< http://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Relatorios_Anuais/2013.pdf#1871>. Acesso em: 20 dez. 2014.

CEOLA, G. **Fungos micorrízicos arbusculares na recuperação de áreas mineradas no município de Lauro Muller, sul de Santa Catarina**. 2010. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2010.

CHEN, Y.; YU, F.; LIANG, S.; WANG, Z.; LIU, Z.; XIONG, Y. Utilization of solar energy in sewage sludge composting: fertilizer effect and application. **Waste Management**, v.34, p. 2014-2021, 2014.

CHU, E.Y. **Sistema de produção da pimenteira do reino: micorrizas**. Embrapa Amazônia Oriental, 2005.

COBUCCI, T. **Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão**. 1991. 94p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 1991.

COLOMBO, E. **Quantidade de lodo**. Mensagem pessoal. Mensagem recebida por <sshernes@casan.com.br> em 29 de maio de 2014.

COLOZZI FILHO, A.; COLOZIO, K.J.C.; CHAVES, J.C.D.; FERREIRA, T.L.; ANDRADE, D.S. Biomassa microbiana e micorrizas em mudas de cafeeiro produzidas em substrato contendo lodo urbano e resíduos vegetais. In: II SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. 2001. **Anais...** Vitória: EMBRAPA, 2001.

COMPARINI, J.B. **Estudo do decaimento de patógenos em biossólidos estocados em valas e biossólidos submetidos a secagem em estufa**. 2001. 278 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

COOPER, K.M.; TINKER, P.B. Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizas. **New Phytologist**, n. 81, p. 43-52, 1978.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Águas superficiais. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/água/%C3%81guas-Superficiais/32-Tipos-de-%C3%81guas>>. Acesso em: 19 abr. 2014.

CORAUCCI FILHO, B.; ANDRADE NETO, C.O.; KATO, M.K.; CARTAXO, M.F.S.; FIGUEIREDO, R.F.; STEFANUTTI, R.; SILVA, V.P. Disposição no solo. In: GONÇALVES, R.F. **Desinfecção de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro: Abes; São Paulo: Rima, 2003.

CORDEIRO, M.A.S.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SEGGIN JUNIOR, O.J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrados sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 147-153, 2005.

CORDELL, C.E.; FILER JR, T.H. Integrated nursery pest management. In: LANDZ, C. W. **Southern Pine Handbook**. Atlanta: USDA; Forest Service, Southern Region, p. 1-17, 1984.

COSTA, A.N. et al. **Lodo de esgoto: utilização sustentável**. Vitória, 2008.

DANIELS-HETRICK, B.A; BLOOM, J. The influence of host plant on production and colonization ability of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. **Mycologia**, v.78, p.32-36, 1986.

DA CAS, V.L.S. **Mineralização do carbono e do nitrogênio no solo com o uso de lodo de esgoto e palha de aveia**. 2009. 69p. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

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. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, p. 107-124, 1994 (Soil Science Society of America Special Publication, 35).

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

DORAN, J.W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M.A. Soil health and sustainability. In: D.L.Sparks (ed.) **Advances in Agronomy**, v. 56. p.1-54. 1996.

EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA). **Tecnologias de produção de soja**. Curitiba: Embrapa Soja, 2004.

ERNANI, P.R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira.** Lages : Graphel, 2003, 76 p.

FARRUGIA, B. **Conheça como funciona uma estação de tratamento de efluentes.** 2013. Disponível em:<<http://www.revistatae.com.br/noticiaInt.asp?id=5801>>. Acesso em: 23 dez. 2014.

FAVALESSA, M. **Substratos renováveis e não renováveis na produção de mudas de *Acacia mangium*.** 2011. 60p. Monografia - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2011.

FERRAZ, M.; CEREDA, M. Determinação das características morfológica de petúnias comuns (*petunia x hybrida*) cultivadas em tubetes biodegradáveis. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.9, n. 1, p. 94-107, 2010.

FERNANDES, S.A.P.; SILVA, S.M.C.P. **Manual prático para a compostagem de biosólidos.** Londrina: Prosab, Finep, 1999.

FRANK, R. The use of biosolids from wastewater treatment plants in agriculture. **Enviromental Management**, New York, v.9, n. 4, p. 165-169, 1998.

FERREIRA, A.C; ANDREOLI, C; JURGESEN, E. Destino final do lodo. In: ANDREOLI, C.V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura.** Rio de Janeiro: Abes, 1999. 97 p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, L.D.B.; FERNANDES, E.P.; FERREIRA, M.D.; LEANDRO, W.M. Acumulo de macronutrientes em cultivares de crisântemo para vaso em Goiânia-GO. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.7, n.1, p. 9-16, 2012.

FERREIRA, R.P.; MOREIRA, A.M.; RASSINI, J.B. **Toxidez de alumínio em culturas anuais.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006.

FERREIRA, T.L. A **Bracatinga (*Mimosa scabrella*) como componente arbóreo em pastagem polifítica sob pastoreio racional Voisin**. 2012. 169 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

FILIZOLA, H. **Compactação e erosão do solo**. 2012. Disponível em:< http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Filizola_CompactacaoErosaoSolo_000fdqamx0v02wx5eo0a2ndxy50afiff.pdf>.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Nitrogen uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 370, p. 789–799, 2002.

GAUR, A.; GAUR, A.; ADHOLEYA, A. Growth and flowering in *Petunia Hybrida*, *Callistephus chinensis* and *Impatiens balsamia* inoculated with mixed AM inocula or chemical fertilizers in a soil or low P fertility. **Scientia Horticultrae**, n. 84, p. 151-162, 2000.

GARAU, M.A; FELIPÓ, MT; VILLA, CR. Nitrogen mineralization of sewage sludge in soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 15, n. 3, p. 225-228, 1986.

GERDEMANN, J.W.; NICHOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

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**, v. 30, p. 1389-1414, 1998.

GIOVANNETTI, M; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, n.84, p.489-500, 1980.

GONÇALVES, F.T.A. **Dinâmica do nitrogênio em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com café.** 2005. 73p. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Agroambientais) – Instituto Agrônomo de Campinas, 2005.

GONÇALVES, R.F.; LUDUVICE, M.; LIMA, M.R.P.; RAMALDES, D.L.C.; FERREIRA, A.C.; TELES, C.R.; ANDREOLI, C.V. Desidratação de lodos de esgotos. In: ANDREOLI, C.V.; **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final.** Rio de Janeiro: Rima Artes e Textos, p. 57-86, 2001.

GONÇALVES, R.F.; JORDÃO, E.P; ALÉM SOBRINHO, P. Introdução. In: **Desinfecção de efluentes sanitários.** Rio de Janeiro: Abes; São Paulo: Rima. 2003.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, SC. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações agrônomicas**, n. 95, set. 2001.

GRUSZUNSKI, C. **Petúnia.** 2002. Disponível em: <<http://www.cultivodeflores.com.br/petunias.htm>>. Acesso em: 01 ago. 2013.

_____. Produção comercial de crisântemos: vaso, corte e jardim. Guaíba: Agropecuária, 2001. 116 p.

HAYMAN, D.S. The Physiology of Vesicular-Arbuscular Endomycorrhizal Symbiosis. **Canadian Journal of Botany**, n.61, 944-963, 1983.

HERNANI, L.C. **Agregação do solo.** 1999. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fwuzxobr02wyiv807fiqu9k024m72.html>. Acesso em: 20 dez. 2014.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soils: Berkeley: **California Agricultural Experimental Station**, 1950. 347p.

HOFMAN, J.; BEZCHLEBOVÁ, J.; DUŠEK, L.; DOLEŽAL, L.; HOLOUBEK, I. L.P.; ANSORGOVÁ, A; ALÝ, S. Novel approach to monitoring of the soil biological quality. **Environment International**, Amsterdam, v. 28, n. 8, p. 771-778, 2003.

HUTCHISON, C.M.W.; WALWORTH, J.L. Evaluating the effects of gross nitrogen mineralization, immobilization, and nitrification on nitrogen fertilizer availability in soil experimentally contaminated with diesel. **Biodegradation**, v. 18, p. 133-144, 2007.

ILHENFELD, R.; ANDREOLI, C.; DOMASZAK, S. Uso de lodo em áreas de produção. In: ANDREOLI, C.V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.

INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2013. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/default.asp>> Acesso em: 10 dez. 2014.

JARRELL, W.M.; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, v.34, p.197-224, 1981.

JORDÃO, E.P; PESSOA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Abes, 1995.

KAWANAMI, S. **Significado do crisântemo para o povo japonês**. 2013. Disponível em:<<http://www.japaoemfoco.com/significado-do-crisantemo-para-o-povo-japones/#ixzz3JT5WwqMh>>. Acesso em: 19 nov. 2014.

KLOCK, K. Growth of dianthus and petunia in media amended with composted urban waste. **Journal of Environmental Horticulture**, Florida, v. 15, n.3, 1997.

KOOMEN, I.; McGRATH, S.P.; GILLER, K.E. Mycorrhizal infection of clover is delayed in soils contaminated with heavy metals from past sewage sludge applications. **Soil Biology & Biochemistry**, n.22, p. 871-873, 1990.

KRAY, C.H. **Resposta das plantas e modificações das propriedades do solo pela aplicação de resíduos urbanos**. 2005.173p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2005.

LAMBAIS, M.R.; CARDOSO, E.J.B.N. Germinação de esporos e crescimento do tubo germinativo de fungos vesículo-arbusculares em diferentes concentrações de alumínio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.151-154, 1989.

LI, X.; GEORGE, E.; MARSCHNER, H. Phosphorus depletion and pH decrease at the root- soil and hyphae soil interfaces of VA mycorrhizal white clover fertilized with ammonium. **New Phytologist**, Cambridge v.119, p.397-404, 1991.

LIMA, M.R.P.; ZANDONADE, E.; ALEM SOBRINHO, P. Characteristics of WWTP sludge after drying in greenhouse for agricultural purposes. **Water Science and Technology**, v. 66, 2012.

LINDEMANN, W.C.; CARDENAS, M. Nitrogen mineralization potential and nitrogen transformations of sludge-amended soil. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v.48, n. 5, p. 1072-1077, 1984.

LONGO, D. **Delimitação taxonômica do complexo *Petunia integrifolia*: uma abordagem molecular**. 2005. 81p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998.368 p.

LOURENÇO, R.S. Utilização de lodo de esgoto aeróbico e calado em florestas. **Comunicado Técnico**, n. 18, p.1-3, 1997.

LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. **Fundamentos da Química do Solo Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002.

MACHADO, M.F.S. **A situação brasileira dos biossólidos**. 2001. 301p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

MADDER, O.S.; ANDREOLI, C.V.; CARNEIRO, C.; TAMANINI, C.R.; FRANÇA, M.; Estudo das variações de pH no lodo caaleado em função de diferentes dosagens de óxido de cálcio e teores de umidade. In: Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 22, 2003, Santa Catarina. **Anais...**Santa Catarina, ABES, 2003.

MAINARD, J.C.T.; BELLÉ, R.A.; MAINARDI, L. Produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) ‘Snowdon’ em vaso II: ciclo da cultivar, comprimento, largura e área da folha. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p. 1709-1714, 2004.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 256 p.

_____. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica, Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARIN, L.; BITTENCOURT, S.; ANDREOLI, C.V.; CARAFINI, C.; LIMA, M.; MONTE SERRAT, B.M. Determinação da taxa de aplicação máxima anual de lodo de esgoto higienizado por processo alcalino em solos da região metropolitana de Curitiba. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.15, n.2, abr-jun.2010.

MARQUES, T.C.L.L.S.M.; VASCONCELLOS, C.R.; PEREIRA FILHO, I.; FRANÇA, G.E.; CRUZ, J.C. Envolvimento de dióxido de carbono e mineralização do nitrogênio em latossolo vermelho-escuro com diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 581-589, 2000.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic, 2012. 902 p.

MATHIOUDAKIS, V.L.; KAPAGIANIDIS, A.G.; ATHANASOULIA, E.; PALTZOGLU, A.D. Sewage sludge solar drying: experiences from the first pilot-scale application in Greece. **Drying Technology**, v. 31, p. 519-529, 2013.

MAZUCHOWSKI, J.Z. **Sistema de produção de bracatinga (*Mimosa Scabrella Benth.*) sob técnicas de manejo silvicultural**. 2012. 218p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MCHOY, P. **Manual completo de plantas de interior**. Lisboa: Estampa, 2002.

MODESTO, P.T.; SCABORA, M.H.; COLODRO, G.; MALTONI, K.L.; CASSIOLATO, A.M.R. Alterações em algumas propriedades de um latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p. 1489-1498, 2009.

MOTOS, J.R.; OLIVEIRA, M.J.G. **Produção de crisântemos em vaso**. Holambra: Flortec, 2000. 34p.

MOREIRA, M.; BARETTA, D; CARDOSO, E.J.B.N. Doses de fósforo determinam a prevalência de fungos micorrízicos arbusculares em *Araucaria angustifolia*. **Ciência Florestal**, v. 22, n.4, p. 813-820, 2012.

MOREIRA, F.M.S; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 625p.

MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N.; VILELA, L.; VARGAS, M.A.; CARVALHO, A.M. Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sistemas agrícolas do cerrado. **Comunicado Técnico Embrapa**, n.42, p.1-3, 2001.

NADIAN, H., SMITH, S.E.; ALSTON, A.M.; MURRAY, R.S. Effects of soil compaction on plant growth, phosphorus uptake and morphological characteristics of vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization of trifolium subterraneum. **New Phytologist** n.135, 303-311, 1997.

NOGUEIRA, S.S.S.; MANFREDINI, S. Influência da compactação do solo no desenvolvimento da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 18, p. 973-976, 1983.

NOURI, E.; SESSOMS, F.B.; FELLER, U.; REINHARDT, D. Phosphorus and nitrogen regulate arbuscular mycorrhizal symbiosis in *Petunia hybrida*. **Plos One**, v.9, n.3, 2014.

OATES, PM; SHANAHAN, P. POLZ, MF. Solar disinfection (SODIS): simulation of solar radiation for global assessment and application for point-of-use water treatment in Haiti. **Water Research**, v. 37, p. 47-54, 2003.

OGLINI, N.; OZDEMIR, S. Pathogen reduction effects of solar drying and soil application in sewage sludge. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 34, p. 509-515, 2010.

OLIVEIRA, P.S. **Uso de lodo de esgoto submetido a diferentes processos de redução de patógenos na produção de crisântemo. (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev.)** 2003.158 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

ORLANDO FILHO, J.O.; BITTENCOURT, V.C.; CARMELLO, Q.A.C.; BEAUCLAIR, E.G.F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB**, v.14, n.5, p.13-17, 1996.

PADOVANI, V.C.R. **Composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas.** 2006.161p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

PANAMERICAN SEED. Producción de planta terminada de petúnia. Disponível em:<http://www.panamseed.com/media/Culture/PAS/PetuniaWaveFinish_Spanish.pdf> Acesso em: 20 dez. 2014.

PHILLIPS, J. M; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, n.55, p.158-161, 1970.

PIMENTEL, F.J.G. **Aproveitamento de lodo de estação de tratamento de esgoto em camada de cobertura de aterro sanitário.** 2012. 214p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

PINTO, M.T. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C.V.; VON SPERLING, M. FERNANDES, F. **Lodo de esgoto: tratamento e disposição final.** Belo Horizonte: UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001.

PIRES, A.M; MATTIAZO, M.E. **Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura.** Jaguariúna: Embrapa, 2008.

PONTES, W.L. **Mineralização de um biossólido industrial no solo e efeito desse na biomassa e atividade microbiana.** 2002.73p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, 2002.

POTTER, R.O.; CARVALHO, A.P.; FLORES, C.A.; BOGNOLA, I. Solos do estado de Santa Catarina. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento,** Rio de Janeiro: Embrapa, 2004.

POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, n.2, p.159-164, 1997.

PRIMIERI, S.; BRANCO, B.S.; COSTA, M.D.; STROSCHEIN, M.R.D.; SANTOS, J.C. Diversidade morfológica de rizobactérias em nódulos de bracatinga (*Mimosa scabrella* no estado de Santa Catarina). In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EXTENSÃO E INOVAÇÃO DO IFSC. 2012, Lages. **Anais...** Lages, SEPEI, 2012.

RITCHIE, G.S.P., Role of dissolution and precipitation of minerals in controlling soluble aluminum in acidic soils. **Advances in Agronomy**, v. 53, p.47-83, 1994.

RILLING, C.M; MUMMEY, D. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytologist**, v. 171, p.41-53, 2006.

ROSA, M.E.C.; NAVES, R.V.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.P. Produção e crescimento de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomez) em diferentes substratos. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v.35, n.2, p.65-70, 2007.

SÁ, M.A.C.; SANTOS JÚNIOR, J.D.G. **Compactação do solo: conseqüências para o crescimento vegetal**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005.

SABONARO, D.Z. **Utilização de composto de lixo urbano na produção de mudas de espécies arbóreas nativas com dois níveis de irrigação**. 2006. 105p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Ciência do solo) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SAGGIN JUNIOR, O.J; SILVA, E.M.R. **Micorriza arbuscular – papel, funcionamento e aplicação da simbiose**. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2006.

SANDERS, I.R.; CLAPPAND, J.P.; WIEMKENI, A. The genetic diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in natural ecosystems - a key to understanding the ecology and functioning of the mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**, v.133, p.123-134, 1996.

SARTOR, J. **Cadeia de flores e plantas ornamentais de jardim em Pareci Novo – Rio Grande do Sul**. 2001. 117p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

SCHWAB, S.M.; MENGUE, J.A.; TINKER, P.B. Regulation of nutrient transfer between host and fungus in vesicular-arbuscular mycorrhizas. **New Phytologist**, n.117, p.387-398, 1991.

SCHWARZ, E; SEOANE, S; NÚÑEZ, A; MOSQUERA, M.E.L. Characterization and evaluation of compost utilized as ornamental plant substrate. **Compost Science e Utilization**, Galiza, v.7, n.4, 2009.

SHANAHAN, E.; ROIKO, A.; TINDALE, N.W.; THOMAS, M.P.; WALPOLE, R.; KURTBÖKE, D.I. Evaluation of pathogen removal in a solar sludge drying facility using microbial indicators. In: International Journal of Environmental Research and Public Health, 7, 2010. **Proceedings**.... Switzerland, 2010.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agronômica para o bio-sólido produzido no Distrito Federal. I- efeito na produção de milho e adição de metais pesados em latossolo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 26, p. 487-295, 2002.

SILVA, E.C.; SILVA FILHO, A.V.; ALVARENGA, M.A.R. Efeito residual da adubação efetuada no cultivo da batata sobre a produção de feijão-de-vagem. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.3, p.180-183, 2001.

SILVEIRA, A.P.D. Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares. In: MELO, J.L. **Ecologia Microbiana**. Jaguariúna: Embrapa, 1998, p. 61-83.

SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N. et al. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBPC, 1992,p.257-282.

SILVEIRA, A.P.D; LIMA, A.M.L.P. Influência de diferentes espécies de fungo micorrizico arbuscular no desenvolvimento do crisântemo. **Bragantia**, Campinas, n. 55, p. 177-184, 1996.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 2008. 785 p.

SOANE, B.D.; OUWEKERK, C. Soil compaction in crop production. In: Soane, B.D.; Van Ouwerkerk, C. **Soil compaction problems in world agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 1994, p.1-21.

SISTEMA Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. 2012. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRERterterTERTer=105>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

SOCIEDADE Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS-NRS, 2004. 394p.

SOHN A.B.K, KIMB, K.Y.; CHUNGC, S.J.; KIMC, W.S.; PARKA, S.M.; KANGD, J.G.; RIMA, Y.S.; CHOA, J.S.; KIME, T.H.; LEEF, J.H. Effect of the different timing of AMF inoculation on plant growth and flower quality of *Chrysanthemum*. **Scientia Horticulturae**, n. 98, p. 173-183, 2002.

SOUZA, A.R.C.; PEITER, M.X.; ROBAINA, A.D.; SOARES, F.C.; PARIZI, A.R.C.; FERRAZ, R.C. Consumo hídrico e desempenho de *Kalanchoe* cultivado em substratos alternativos. **Ciência Rural**, v.40, n.3, 2010.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa, 1994.

SYPULA, M.; PALUSZAK, Z.; SZALA, B. Effect of sewage sludge solar drying technology on inactivation of select indicator microorganisms. **Polish Journal Environmental Studies** v.22, n.2, p.533-540, 2013.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. **Boletim Técnico de Solos**, Porto Alegre: Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TEIXEIRA, A.J. **A cultura do crisântemo de corte**. Nova Friburgo: Emater, 2004, 42p.

TRANNIN, I.B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.5, p.1173-1184, 2007.

TRIGUEIRO, R. GUERRINI, I. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, n. 64, p.150-162, 2003.

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

USDA. **Floriculture crops**. United States department of agriculture, National agriculture Statistics Service, 2014.

VAN DEN BERG, C.M.G. Determination of metal speciation in seawater using cathodic stripping voltammetry: metals in surface water. **Ann Arbor Press**, Michigan, p.134- 151,1998.

VIEIRA, R.F.; TSAI, S.M.; TEIXEIRA, M.A. Efeito do lodo de esgoto no crescimento e fixação simbiótica do N₂ em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Jaguariúna: Embrapa, 2004a.

VIEIRA, R.F.; SILVA, C.M.M.S. Utilização de lodo de esgoto como fonte de fósforo na cultura de soja. **Circular Técnica**, Jaguariúna: Embrapa, 2004b.

VILLAS BOAS, R.L.; PASSOS, J.C.; FERNANDES, D.M.; BULT, L.T, CEZAR, V.R.S.; GOTO, R. Efeitos de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.28-34, 2004.

VON SPERLING, M.; GONÇALVES, R.F. Lodo de esgoto: características e produção. In: ANDREOLI, CV et al. **Lodo de esgoto: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2 ed. rev. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 243p.

WITTMANN, D.; RADTKE, R.; CURE, J.R; SCHIFINO-WITTMANN, M.T. Coevolved reproductive strategies in the oligoletic bee *Callonychium petuniae* (Apoidea, Andrenidae) and three purple flowered *Petunia* species (Solanaceae) in southern Brazil. **Zeitschrift fur Zoologische Systematik und Evolutions Forschung**, n.28, p.157-165, 1990.

ZANGARO, W.; BONONI, V.L.R.; TRUFEN, S.B. Mycorrhizal dependency, inoculum potential and habitat preference of native woody in south Brazil. **Journal Tropical Ecology**, Winchelsea, v.16, p.603-622, 2000.

ZEITOUNI, R.F. Análise crítica da norma CETESB p 4.230 – “aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – critérios para projeto e operação”. 2005. 211p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Agronômico de Campinas, 2005.

APÊNDICE A - Caracterização do lodo de esgoto coletado na estação de tratamento de esgoto de Canasvieiras, Florianópolis - Santa Catarina.

Substâncias Inorgânicas	Valores encontrados nas análises realizadas (mg kg⁻¹)
Arsênio	N/D*
Bário	0,67
Cádmio	<0,05
Chumbo	<0,42
Cobre	43
Cromo	13,04
Mercurio	N/D*
Molibdênio	N/D*
Níquel	8,2
Selênio	N/D*
Zinco	142,43
Boro	0,15
Manganês total	43,82
Ferro	4877,14
Carbono orgânico	156,4 g kg ⁻¹
Fósforo total	35,7 g kg ⁻¹
Matéria Orgânica	269,0 g kg ⁻¹
Nitrogênio total	5,1 g kg ⁻¹
Potássio total	3,33 cmol _c dm ³
Sódio total	2 cmol _c dm ³
Enxofre total	36,3 g kg ⁻¹
Cálcio total	134,50 cmol _c dm ³
Magnésio total	116,66 cmol _c dm ³
pH em água	6,1

N/D*: Não detectado

ANEXO 1 - Análise de fertilidade do solo na Fazenda Ressacada – UFSC.

Data impressão: 21/05/2014 16:36

Nome: LABORATORIO DE DIVERSIDADE MICROBIANA Matrícula: -
 Solicitante: DEPTO DE MICROBIOLOGIA, IMUNOLOGIA E PARASITOLOGIA
 Endereço: P.E. SERRA DO TABULEIRO, - - -
 Complemento: TRINDADE UFSC Município: FLORIANÓPOLIS..

Registro	Cx.	Cel.	Identificação da amostra	Área (ha)	Georref.	Compl.	Entrada	Emissão
26625	724	14	2-SOLO RESSACADA (SANTUZA)	-	-	-	28/03/2014	29/04/2014

Registro	pH-H ₂ O (1:1)	Índice SMP	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efetiva	Saturação(%)	
			----- cmolo/dm3 -----						Alumínio
26625	4.2	5.3	0.40	0.24	2.10	9.70	3.30	63.64	10.99

Registro	M.O.	C.O.	Argila	P Mehlich	P Resina	S	Na	K	CTC pH 7,0	K
	----- mg/dm3 -----						----- cmolo/dm3 -----			
26625	1.8	1.04	14	14.6	-x-	-x-	5	218	10.90	0.558

Registro	Cu Mehlich	Zn Mehlich	B	Fe Mehlich	Mn	Relações		
	----- mg/dm3 -----					Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	K/(Ca+Mg) 1/2
26625	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-	1.7	1.147	0.698

OBS: Carbono orgânico semi-total

MARI LUCIA CAMPOS
 CREA-SC 250169091-5
 Responsável Técnico

