



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Departamento de Saneamento e Ambiente - DSA

**USO DE EFLUENTE SANITÁRIO DE
COMPLEXO HOSPITALAR NA IRRIGAÇÃO DE
ROSEIRA**

Luccas Erickson de Oliveira Marinho

Campinas

2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA -
BAE - UNICAMP

M338u	<p>Marinho, Luccas Erickson de Oliveira Uso de efluente sanitário de complexo hospitalar na irrigação de roseira / Luccas Erickson de Oliveira Marinho. --Campinas, SP: [s.n.], 2010.</p> <p>Orientador: Bruno Coraucci Filho. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.</p> <p>1. Fertirrigação. 2. Nutrientes. 3. Águas residuais - Tratamento. 4. Água - Reutilização. I. Coraucci Filho, Bruno. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.</p>
-------	--

Título em Inglês: Use of sanitary wastewater from hospital complex
for irrigation of roses

Palavras-chave em Inglês: Fertigation, Nutrients, Wastewater -
Treatment, Water - Reuse

Área de concentração: Saneamento e Ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Roberto Feijó de Figueiredo, Cícero Onofre de
Andrade Neto

Data da defesa: 27/08/2010

Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Departamento de Saneamento e Ambiente

**USO DE EFLUENTE SANITÁRIO DE
COMPLEXO HOSPITALAR NA IRRIGAÇÃO DE
ROSEIRA**

Dissertação apresentada a comissão de pós graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil na Área de Concentração de Saneamento e Ambiente.

Orientador: Bruno Coraucci Filho

Campinas, SP

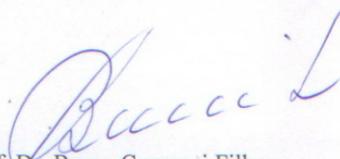
Agosto de 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO

USO DE EFLUENTE SANITÁRIO DE COMPLEXO
HOSPITALAR NA IRRIGAÇÃO DE ROSEIRA

Luccas Erickson de Oliveira Marinho

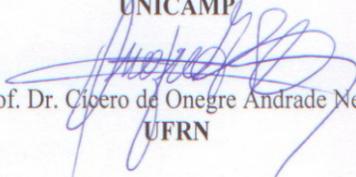
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Bruno Coraucci Filho
Presidente e Orientador/FEC - UNICAMP



Prof. Dr. Roberto Feijó de Figueiredo
UNICAMP



Prof. Dr. Cicero de Onegre Andrade Neto
UFRN

Campinas, 27 de agosto de 2010

Dedicatória

A minha avó Maria Ferreira Marinho

In memoriam.

Dedicatória

A minha avó Maria Ferreira Marinho

In memoriam

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente;

Aos meus pais Geraldo Carlos Marinho e Maria Conceição de Oliveira Marinho por estarem sempre presentes em minha vida;

Ao Professor Dr. Bruno Coraucci Filho, pela orientação, confiança, amizade e sábios ensinamentos;

Ao Professor Dr. Ronaldo Stefanutti pela amizade e apoio;

Ao colega agrônomo Giuliano Gabrielli, por estar presente nos momentos em que as dúvidas consumiam;

Aos bolsistas trabalho que participaram arduamente do trabalho de campo nas incansáveis colheitas e podas necessárias, em especial a Cristina Carvalho, Luciana Vechi, Tânia Cordeiro de Souza, Natália Vieira e Jorge Paixão;

Ao prezado Mateus Ferreira Chagas, futuro químico “minerim, quetim” mas de sabedoria imensa;

A estimada colega Daniele Tonon pelos almoços e conversas nos momentos em que era mais necessário;

Ao produtor Sr. Miguel Esperança por ter nos aberto as portas para visitas e conhecimentos em sua fazenda de plantaçaõ alem de ter nos cedido as mudas utilizadas nesse experimento;

Ao Sr. Gildo, incansável trabalhador que nos prestou auxílio e forneceu o Know-how para o cultivo e desenvolvimento das plantas;

A minha irmã Kesianne Christine de Oliveira Marinho pela companhia na estrada durante esses anos e por sempre ajudar nos momentos mais precisos;

Ao Dr. Francisco Anaruma Filho pelas viagens e momentos de descontração;

A todos os professores do departamento de Saneamento e Ambiente por todo conhecimento passado durante esses anos;

Aos professores participantes da banca de qualificação e defesa de mestrado, Prof. Dr. Cícero Onofre de Andrade Neto e Prof. Roberto Feijó de Figueiredo;

A FAPESP pelo financiamento do projeto e pela bolsa de mestrado concedida;

E a todos que participaram de forma direta ou indireta contribuindo com o desenvolvimento desse trabalho.

Só existem dois dias do ano em que nada pode ser feito,
o dia de ontem e o dia de amanhã
Tenzin Gyatso, o 14º Dalai Lama

RESUMO

A água reciclada oriunda de tratamento de esgotos caracterizados como domésticos, de origem domiciliar, hospitalar ou de centros de saúde pode ser usada para fins não potáveis como agricultura, jardinagem, parques públicos, irrigação de campos e recarga de aquífero. O uso de efluente sanitário tratado, além de reduzir os impactos ambientais aos corpos d'água e ao solo, possui atrativos do ponto de vista agrônomo, pois é uma forma de reciclagem de nutrientes e de água. A cultura escolhida para avaliação da prática foi a roseira, que é considerada uma das plantas ornamentais mais sensíveis ao estresse ambiental, e foi observada como planta-teste quando submetida à irrigação com efluente sanitário de complexo hospitalar tratado e condicionado. O plantio foi feito em solo preparado sob ambiente protegido no Campus da Unicamp, em Campinas-SP. O efluente utilizado na irrigação era proveniente de um sistema simplificado de tratamento de esgoto doméstico. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento. O solo foi monitorado quanto ao pH, CE, Na, Ca, Mg, K, P, foi feita a determinação da RAS, além dos teores totais de Cd, Cr, Cu, Ni, Zn e Pb. O produto colhido foi avaliado conforme os padrões comerciais, através da qualidade e produtividade. O solo não apresentou diferença estatística comparando-se os tratamentos empregados na pesquisa tanto quando avaliando-se a fertilidade do solo quanto aos teores de metais pesados. Não houve diferença estatística entre a qualidade da colheita e a produtividade foi maior quando empregado o efluente como fonte de água para irrigação durante 18 meses de pesquisa. Portanto o efluente utilizado no trabalho pode ser utilizado como fonte de água de irrigação sem causar prejuízos a produtividade e qualidade da cultura.

Palavras chave: Fertirrigação; Reciclagem de nutrientes; Pós tratamento.

ABSTRACT

Reclaimed water from sewage treatment plants utilizing domestic, home houses or health centers can be used for non-potable applications such as agriculture, gardening, public parks, field irrigation and aquifer recharge. The use of treated sanitary wastewater, besides reducing environmental impacts to water bodies and soil, also has agronomic attractive, since it is a way of recycling nutrients and water. In this sense, the culture chosen for evaluation of this practice was the rose, which is considered an ornamental plant more susceptible to environmental stress, and was evaluated as a test plant when was being subjected to irrigation with treated and conditioned sanitary effluent from a hospital center. The culture was done in prepared soil in a protected environment on the campus of Unicamp, Campinas-SP. The effluent used for irrigation was from a simplified system for domestic wastewater treatment. The irrigation system was for drip. The soil was monitored for fertility (pH, EC, Na, Ca, Mg, K, P), determination of the SAR, and total contents of Cd, Cr, Cu, Ni, Zn and Pb. The harvested crop was rated as commercial standards, through quality and productivity. The soil showed no statistical difference when comparing the treatments used in the research both when evaluating the soil fertility or the levels of heavy metals. There was also no statistical difference concerning the quality of the crop and the productivity was higher when using this source of water for irrigation during the 18 months of research. Therefore the effluent used in this work can be used as a source of water irrigation without causing damage to productivity and crop quality.

Key words: Fertigation, nutrients recycling, post treatment

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
SUMÁRIO	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABELAS	xvi
Lista de Abreviaturas e Símbolos	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	7
2.1. Objetivos específicos	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1 A floricultura	9
3.2 Cultura de Rosas	11
3.3 Manejo do cultivo de rosas.	12
3.4 Tratamento anaeróbio de esgotos	13
3.5 Recursos hídricos no mundo e no Brasil	15
3.6 Reúso de água.....	16

3.6.1 Formas de Reúso	18
3.6.2 Tipos de Reúso	19
3.7 Reúso Agrícola	21
3.8 Principais aspectos limitantes dos efluentes sanitários na agricultura	24
3.8.1 Salinidade da água de irrigação	26
3.8.2 Metais Pesados	29
3.9 Fertirrigação	31
3.10 Legislação de reúso	33
4. MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 Localização	38
4.2 Determinação da granulometria e da curva de retenção de água no solo	39
4.3 Delineamento experimental	41
4.4 Manejo do solo e plantio das rosas	43
4.5 Sistema de irrigação	46
4.6 Caracterização do efluente	52
4.7 Controle de pragas	56
4.8 Caracterização das alterações químicas do solo	57
4.9 Parâmetros avaliados quanto a produtividade	58
4.9.1 Produção de hastes comerciais	58
4.9.2 Dimensões das hastes comerciais	58
4.9.3 Dimensões dos botões florais	58
4.9.4 Massa fresca dos botões	58
4.9.5 Massa seca dos botões	58

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5.1. Caracterização do solo	61
5.1.1 Análise da fertilidade do solo.....	61
5.1.2 Condutividade elétrica na solução do solo	71
5.1.3 Análise dos teores de metais pesados presentes no solo....	73
5.2 Caracterização da qualidade da cultura.....	78
5.2.1 Comprimento e Diâmetro dos botões florais	78
5.2.2 Diâmetro das Hastes produzidas	83
5.2.3 Comprimento das Hastes	85
5.2.4 Massa Fresca e Massa Seca dos Botões Florais.....	88
5.2.5 Qualidade comercial da cultura quanto suas hastes	90
5.3 Produtividade da Cultura.....	91
6. CONCLUSÕES	95
7. RECOMENDAÇÕES.....	101
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Cultivar Ambiance utilizada no experimento	38
Figura 2 - Vista geral da estufa de plantio	39
Figura 3 - Curva característica de retenção da água no solo	41
Figura 4 - Detalhe dos canteiros de 3,00 x 3,00 m por 0,40 m de profundidade	43
Figura 5 - Transplântio das mudas de rosas em canteiros estabelecidos na estufa para a pesquisa de reúso de efluentes.....	46
Figura 6 - Projeto de irrigação	48
Figura 7 - Vista dos reservatórios com suas respectivas bombas, na área de pesquisa de reúso de efluentes sanitários	49
Figura 8 - Detalhe da bomba, filtro e válvula solenóide do sistema de gotejamento.....	50
Figura 9 - Detalhes do sistema de irrigação -Três linhas de gotejadores por canteiro. Área experimental da FEC/UNICAMP.....	50

Figura 10 - Vista do painel de programação.....	51
Figura 11 - Vista dos tensiômetros de ponta porosa instalados nos canteiros da estufa de pesquisa.....	51
Figura 12 - Vista geral (A) e lateral (B) das instalações da pesquisa (fonte: TONETTI, 2008).....	52
Figura 13 - Pulverização de agrotóxico nas rosas para controle de pragas	57
Figura 14 - Gráfico blox-plot da análise comparativa do diâmetro dos botões produzidos	80
Figura 15 - Gráfico blox-plot da análise comparativa do comprimento dos botões produzidos	82
Figura 16 - Gráfico Box-Plot do diâmetro das hastes para cada tratamento	84
Figura 17 - Número total de hastes comerciáveis	92
Figura 18 - Gráfico de produtividade média de hastes comercializáveis por canteiro para cada tratamento	93

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de salinidade para águas de irrigação.	27
Tabela 2 - Valores propostos pela CETESB da concentração de metais pesados.....	31
Tabela 3 - Análise granulométrica do solo na área experimental.....	40
Tabela 4 - Resultados das análises de fertilidade e teores de metais pesados do solo de cultivo	44
Tabela 5 - Caracterização do Efluente utilizado na irrigação	54
Tabela 6 - Concentrações médias (mg L^{-1}) de metais pesados no efluente Anaeróbio	55
Tabela 7 - Concentrações médias (mg L^{-1}) de metais pesados no efluente Nitrificado.....	55
Tabela 8 - Alterações químicas do solo em resposta aos tratamentos empregados	62
Tabela 9 - Alterações químicas do solo em resposta aos tratamentos empregados	63

Tabela 10 - Valores da condutividade elétrica (dS m^{-1}) na solução do solo.....	72
Tabela 11 - Concentrações (mg kg^{-1}) de metais pesados no solo.....	74
Tabela 12 - Valores médios observados para os padrões relativos à produtividade das flores	78
Tabela 13 - Análise do diâmetro (cm) dos botões florais produzidos ...	79
Tabela 14 - Análise comparativa do comprimento (cm) dos botões produzidos.....	81
Tabela 15 - Médias dos diâmetros das hastes (cm) produzidas em cada tratamento	83
Tabela 16 - Frequência encontrada nos tratamentos para diâmetro de hastes maiores ou iguais a 0,60 cm	85
Tabela 17 - Frequência dos comprimentos de hastes comercializáveis para cada tratamento	86
Tabela 18 - Valores médios da massa fresca dos botões (g) logo após as colheitas	88
Tabela 19 - Massa (g) dos botões secos em estufa	89
Tabela 20 - Proporção da qualidade das hastes para todos os tratamentos empregados	90

Lista de Abreviaturas e Símbolos

APP	Área de Proteção Permanente
C.T.C.	Capacidade de Troca Catiônica
CE	Condutividade Elétrica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COD	Carbono Orgânico Dissolvido
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
Efluente anaeróbio	Efluente Provido dos Reatores Anaeróbios
Efluente Nitrificado	Efluente Provido dos Filtros de Areia
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FAO	Food and Agriculture Organization (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)
FAPESP	Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo
FEC	Faculdade de Engenharia Civil
H+Al	Acidez Potencial do Solo
ha	Hectare
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PNRT	Poder Relativo de Neutralização Total

PROSAB	Programa de Saneamento Básico
PST	Porcentagem de sódio Trocável
PST	Porcentagem de Sódio Trocável
RAS	Razão de Adsorção de Sódio
S.B.	Soma de Bases
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A.
SBI	Sociedade Brasileira de Infectologia
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
t	Tonelada
TSD	Total de Sólidos Dissolvidos
V%	Saturação de Bases
WHO	World Health Organization (Organização Mundial de Saúde)
M.O	Matéria Orgânica

1. INTRODUÇÃO

A água vem se tornando cada vez mais escassa à medida que a população, a indústria e a agricultura se expandem. De acordo com dados apresentados pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2006), estima-se que em torno de 2025 a população mundial será de 8,9 bilhões e será a máxima que o suprimento de água na Terra pode suportar.

Existem 26 países que abrigam 262 milhões de pessoas e que se enquadram na categoria de áreas com escassez de água. Segundo Mancuso & Santos (2003), pelo menos 8% da reserva mundial de água doce está no Brasil, sendo que destes, 80% concentram-se na Região Amazônica e somente 20% encontram-se distribuídas nas regiões onde vivem 95% da população brasileira. Os mesmos autores afirmam ainda que, do total de água consumido no Brasil (e no restante do mundo), 70% é aplicado na agricultura e 30% destina-se a usos domésticos e industriais, e é possível que antes do término desta década, o consumo de água na agricultura chegue próximo a 80%, aumentando os conflitos de uso que hoje ocorrem na maioria das bacias hidrográficas brasileiras, principalmente naquelas com desenvolvimento agrícola e urbano significativo. Segundo (FOLEY *et. al*, 2005) em nível mundial a agricultura chega a 85% do água consumida pelo ser humano. Como resultado de tais números uma grande quantidade de rios, em especial em regiões semi áridas, tem enfrentado problemas de redução da corrente de água e em alguns momentos até mesmo secando.

Nas grandes metrópoles, na maioria dos casos, não há como aumentar a produção da água tratada devido à falta ou a inviabilidade econômica de se buscar novas fontes. A crescente demanda por água por parte tanto das instalações industriais como dos centros urbanos vem levando a uma diminuição da alocação de água para agricultura. Dessa forma providências devem ser tomadas e entre as possíveis soluções está a melhoria das tecnologias de irrigação, bem como reutilização dos recursos hídricos não convencionais (HASSANLI *et al.*, 2008). O reúso planejado da água é um tema emergente no Brasil e de relevante importância. Segundo CETESB (2008), essa prática é baseada no conceito de substituição de mananciais. O reúso reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por uma água de pureza inferior. Tal substituição é possível em função da pureza requerida para um uso específico. Dessa forma, grandes volumes de água potável podem ser poupados pelo reúso quando se utiliza água de pureza inferior (geralmente efluentes tratados) para atendimento das finalidades que anteriormente utilizavam água dentro dos padrões de potabilidade.

A conscientização ambiental da sociedade, além da pressão exercida por órgãos fiscalizadores e pelo Ministério Público, faz com que se busquem formas de tratamento e disposição final ambientalmente corretas, de forma que as matérias-primas consumidas pelas atividades humanas retornem para os ecossistemas de uma forma positiva, reduzindo a contaminação do meio.

O uso do esgoto tratado na irrigação, além de reduzir os impactos ambientais aos corpos d'água, permite um pós-tratamento no solo e possui também um atrativo do ponto de vista agrônomico, pois é uma forma de reciclagem de nutrientes e de água. O esgoto doméstico é geralmente composto de 99% de água e 1% de sólidos suspensos e dissolvidos, compostos orgânicos e inorgânicos, os quais incluem os macronutrientes essenciais às plantas como o nitrogênio, o fósforo e o potássio, além de micronutrientes como o cobre, zinco e

outros metais. Várias pesquisas confirmam a possibilidade da redução do uso de fertilizantes devido à exploração de macro e micronutrientes disponibilizados pelos esgotos. A presença de matéria orgânica e nutrientes promove a melhoria da fertilidade do solo.

O lançamento dos disruptores endócrinos junto aos efluentes nos corpos hídricos tem ocasionado alterações no ciclo de vida aquática, fato esse observado em peixes e reptéis (JOBILING *et al.*, 1998). Segundo Colucci *et al.* (2001) esses hormônios são passíveis de serem tratados no solo, com uma rápida degradação dos mesmos. Dessa forma a adoção do reúso reduz a carga de poluentes, hormônios e fármacos que são lançados diariamente nos mananciais superficiais reduzindo os custos de tratamento de água das cidades servidas à jusante, bem como com a melhoria das condições de saúde pública além de proporcionar um efetivo tratamento de hormônios no solo.

Estudos com estimativas de custos de consumo de produtos químicos utilizados em tratamento de água bruta por Estações de Tratamento de Água demonstram que os mesmos podem ser significativamente reduzidos, dependendo exclusivamente da qualidade de água bruta captada (REIS, 2004). Neste sentido, as reduções da carga orgânica e de poluentes lançadas nos rios podem contribuir significativamente com a qualidade e redução de custos do tratamento de água dos mananciais superficiais.

O Brasil é um país que apresenta alto potencial para adoção da técnica de reúso com aplicação na agricultura, uma vez que a irrigação com o efluente de esgoto tratado pode ser efetuada nas extensas áreas cultivadas, além de possibilitar o tratamento de efluentes com técnicas simplificadas de baixo custo. Segundo dados do IBGE (PNSB, 2002) no Brasil, apenas 52,2% dos municípios tem algum tipo de esgotamento sanitário. Do total de esgoto coletado, cerca de 35% recebe algum tipo de tratamento. Assim sendo, um volume de 9 bilhões de

litros de esgoto bruto são lançado por dia nos corpos receptores. Esgotos lançados *in natura* em corpos d'água, além de contribuírem para a degradação do meio ambiente, constituem um grave problema de saúde pública. Segundo dados da SBI (Sociedade Brasileira de Infectologia) no ano de 2008 foram realizadas em torno de 500 mil internações decorrentes de diarreias e doenças intestinais infecciosas, sendo que essas internações geraram um custo próximo a R\$ 544 milhões.

Entretanto, para o desempenho adequado do sistema de irrigação, referindo-se ao pós-tratamento do efluente e à produtividade agrícola, são necessários cuidados na implantação e operação do sistema como: caracterização e monitoramento do efluente quanto à toxicidade, ao sódio (Na), à Razão de Adsorção do Sódio (RAS) e aos metais pesados; aplicação de efluentes em solos com boa capacidade de drenagem para evitar a sua salinização; manutenção de uma boa aeração necessária às reações bioquímicas que ocorrem com a degradação da carga orgânica do resíduo; operação com lâminas hídras (cargas hidráulicas) que mantenham as condições necessárias para a depuração do esgoto e para o desenvolvimento da planta e a necessidade de avaliar a toxicidade provocada pelo efeito acumulativo dos efluentes na água percolada e no lençol.

A utilização de efluente na irrigação de culturas é favorecida em se tratando de culturas não alimentícias e que possuem um alto valor econômico. Nesse ponto, uma boa cultura a ser escolhida para essa prática é a de rosas. A cultura possui um alto valor econômico, sobretudo em datas comemorativas, nas quais a mesma é comercializada a preços compensatórios. A água tem sido um fator limitante na produção de espécies do gênero, uma vez que a irrigação é necessária para fornecer água à planta de acordo com a sua necessidade em especial na fase de desenvolvimento, em que há uma maior necessidade hídrica.

Da mesma forma também se faz necessária a aplicação de fertilizantes sendo que uma parte desses podem ser advindos do efluente utilizado para irrigação.

Um bom sistema de irrigação com água de reúso deve atender também para a saúde dos trabalhadores. Nesse contexto a irrigação por gotejamento é a mais recomendada, uma vez que dificulta o contato dos trabalhadores à água de irrigação e não há formação de aerossóis como na irrigação por aspersão. Além dessa vantagem, o sistema de irrigação por gotejamento possui uma maior eficiência na irrigação distribuindo água e nutrientes de forma uniforme ao solo e não molha as folhas, o que diminui a ocorrência de doenças.

Nesse sentido, buscou-se a validação das seguintes hipóteses propostas:

H1 – O efluente tratado, apesar de possuir em sua composição alguns metais e elementos fitotóxicos, não causa danos na fertilidade do solo e pode ser aplicado em culturas agrícolas.

H2 – O efluente tratado, embora possua uma certa quantidade de sais dissolvidos, quando aplicado ao solo não apresenta diferenças significativas, do ponto de vista de salinização e aumento da RAS no solo, entre o manejo de irrigação utilizando água de abastecimento, e pode ser empregado na irrigação de culturas sem prejuízos ao solo.

H3 – O solo irrigado com o efluente tratado não apresenta diferenças significativas quanto aos valores da concentração dos metais pesados e, portanto, a utilização do efluente na irrigação não leva a um acúmulo de metais pesados no solo.

H4 – Os tratamentos irrigados com o efluente apresentam ganho na produtividade comparando-se aos tratamentos irrigados com água sendo que

dessa forma o efluente possuía os nutrientes necessários para o desenvolvimento das rosas levando a um ganho com relação ao custo de produção.

H5 – As rosas colhidas dos tratamentos irrigados com o efluente apresentam mesma qualidade em relação as produzidas no manejo convencional e, dessa forma, o efluente não apresenta substancia fitotóxicas em concentrações prejudiciais ao desenvolvimento da cultura.

A realização deste estudo tem como propósito fornecer informações para o pós-tratamento de efluente e o reúso em sistemas de produção de flores, irrigação de parques e jardins. Contudo, o tipo de reúso adotado pela comunidade vai depender de suas necessidades, da aceitação social, da legislação pertinente, do grau de conhecimento tecnológico necessário para sua implantação e aspectos econômicos.

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o uso de efluente sanitário de complexo hospitalar como fonte de água e nutrientes a uma cultura de rosa em ambiente protegido, principalmente com relação aos possíveis efeitos da disposição do efluente tratado sobre as características químicas do solo e sobre o desenvolvimento da cultura empregada.

2.1. Objetivos específicos:

- i. Avaliar as mudanças da fertilidade do solo;
- ii. Avaliar as alterações do solo, nos teores de metais pesados e de sódio;
- iii. Avaliar a RAS do solo;
- iv. Avaliar a qualidade e a produtividade da cultura nos diferentes tratamentos

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A floricultura

A floricultura, em seu sentido amplo, abrange o cultivo de plantas ornamentais, desde flores de corte e plantas envasadas, floríferas ou não, até a produção de sementes, bulbos e mudas de árvores de grande porte. É um setor altamente competitivo, que exige a utilização de tecnologias avançadas, grande conhecimento técnico pelo produtor e um sistema eficiente de distribuição e comercialização (SILVEIRA, 1997).

Os principais países produtores de flores de corte como Holanda, Alemanha, Bélgica, França, Estados Unidos, Itália e Israel têm limitações decorrentes das condições climáticas ou dos custos de mão-de-obra e de energia, elevando o custo final de produção. O Brasil apresenta condições edafoclimáticas favoráveis para produzir durante todos os meses do ano, especialmente nas épocas de escassez nos principais mercados do exterior. Além das vantagens climáticas para uma floricultura diversificada, existem as econômicas, tais como a grande rentabilidade por área, o rápido retorno do capital e a utilização de pequenas propriedades e áreas marginais (CAMARGO, 2001). No Brasil, esse é um dos segmentos do agronegócio que merece destaque, uma vez que tem tido alto investimento em tecnologia, pois o país tem potencial para competir no mercado internacional.

O fluxo de comércio internacional dos produtos da floricultura está estimado em US\$ 9,4 bilhões anuais, sendo que desse total, uma parcela de 49,5% advém do comércio de flores e botões cortados frescos (JUNQUEIRA & PEETZ, 2008) Segundo o Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR, 2008), no mercado interno, avalia-se que a floricultura brasileira movimenta, anualmente, um valor em torno de US\$ 1,2 bilhões por ano. Consumo esse que dá uma média de US\$ 6,50 *per capita* por ano. Entretanto, esses valores estão ainda muito abaixo se comparados com outros países como Suíça, Noruega, Alemanha e Estados Unidos, que são os maiores consumidores *per capita*. Estima-se que o potencial de consumo brasileiro seja de pelo menos o dobro do atual, desde que sejam superadas restrições geradas por aspectos econômicos e culturais, entre os quais o da concentração da demanda apenas em datas festivas e comemorativas, como o dia das mães, dos namorados, das mulheres. A produção de flores e plantas ornamentais gera uma receita entre R\$ 50 mil a R\$ 100 mil por hectare, sendo responsável pela criação e manutenção de 3,8 empregos diretos ha⁻¹, o que representaria um total de 14 empregos gerados em uma fazenda dedicada a floricultura, visto que no Brasil as mesmas possuem uma área de 3,5 hectares.

No ano de 2007, o Brasil bateu recorde nas exportações de flores e plantas ornamentais. Naquele ano as vendas referentes a exportações alcançaram a marca de US\$ 35,28 milhões, quase 10% maior que o correspondente obtido no ano anterior (IBRAFLOR, 2007).

O Estado de São Paulo destaca-se entre os estados produtores de flores no panorama nacional, participando com 71,3% da área cultivada e 74,5% do valor da produção do País (KIYEURA *et al.*, 2001). Este resultado foi favorecido e impulsionado pelos seguintes fatores: a) proximidade dos centros de comercialização e consumo, com disponibilidade de escoamento rápido, como rodovias e aeroportos; b) condições edafo-climáticas da região, como temperatura e

precipitação pluviométrica e disponibilidade de energia e água para irrigação; e c) disponibilidade e adoção das tecnologias modernas (FRANCISCO *et al.*, 2003).

3.2 Cultura de Rosas

O gênero *Rosa* sp pertence à Classe das Angiospermas, Subclasse Dicotiledônea, Ordem Rosales e Família Rosaceae. Acredita-se que ela tenha surgido na Pérsia e conquistadores árabes a tenham levado para outras partes do mundo.

Os registros sobre o cultivo de rosas surgem no Mediterrâneo, Pérsia, China e Japão e muitas descrições sobre prováveis híbridos espontâneos remontam a muitos séculos antes do início da Era Cristã. Sabe-se que os egípcios e romanos dominavam certas técnicas de cultivo que permitiam a obtenção de rosas fora da estação, para isso eles faziam uso de estufas aquecidas pelo sistema de vapor, como nas saunas e termas. Os romanos foram os responsáveis pela introdução de muitas das mais antigas espécies de rosas trazidas do Oriente para as colônias situadas na Europa, de onde se espalharam pelo mundo. No Brasil, foram introduzidas pelos jesuítas entre 1.560 e 1.570. As primeiras roseiras foram plantadas ao lado da Vila de Piratininga e suas flores utilizadas em solenidades religiosas.

A roseira é uma planta arbustiva, perene, com hábito de crescimento ereto, caule lenhoso e normalmente espinhoso. As folhas são pinadas, caducas e compostas de cinco a sete folíolos ovalados. Os ramos basais são mais grossos permitindo a formação do esqueleto da planta e a produção de hastes florais. As flores se desenvolvem no ápice das hastes contendo normalmente cinco sépalas com lóbulos laterais e fruto tipo carnoso (BÃÑON ARIAS *et al.*, 1993). Ao todo, 126 espécies silvestres deram origem a mais de 30 mil híbridos espalhados pelo mundo. Calcula-se que no País existam aproximadamente mil híbridos.

3.3 Manejo do cultivo de rosas.

A estufa é peça fundamental na atividade de produção de rosas e tem como função proteger as flores contra as intempéries climáticas, permitindo a produção de flores com qualidade o ano inteiro, mesmo em regiões mais frias. O cultivo protegido tem se constituído em uma realidade na produção de rosas, apresentando as seguintes vantagens: maior rendimento por área; melhor qualidade do produto; menor incidência de pragas e doenças; maior facilidade de execução dos tratamentos culturais; melhor programação da produção; ciclos mais curtos, em decorrência de melhor controle ambiental; redução de perdas de nutrientes por lixiviação, escoamento, volatilização e fixação, resultando inclusive no uso mais racional dos fertilizantes. Como desvantagem deve-se considerar o custo mais elevado de implantação do sistema (CASARINI, 2004).

Na cultura da roseira em ambiente protegido, o sistema de irrigação por gotejamento é o mais utilizado devido a inúmeras vantagens: economia de água e energia; baixa vazão; evita o molhamento das folhas; maior rendimento e qualidade; operação simples com redução de mão-de-obra; possibilidade da aplicação de fertilizantes diretamente na zona efetiva do sistema radicular (FOLEGATTI, 1999).

A temperatura ótima para a cultura de rosas situa-se entre 17°C e 26°C. Para Schneider (2006), as roseiras apresentam uma maior produção em temperaturas noturnas inferiores a 18°C (especialmente entre 12 e 15 °C) e diurnas entre 23 e 25 °C. O controle da temperatura no interior da estufa pode ser feito com aquecedores ou resfriadores, mas usualmente os produtores controlam simplesmente abrindo ou fechando janelas e cortinas da estufa, conforme a necessidade. Os canteiros e estufas devem ser instalados em local ensolarado, pois exigem pelo menos sete horas de sol por dia. Além disso, recomenda-se um local arejado, para evitar o surgimento de fungos nas folhas e flores, especialmente em regiões chuvosas.

Segundo Casarini (2004), quanto maior a disponibilidade de luz, maior a fotossíntese, assim, quanto maior o número de folhas, maior será a área foliar para a realização da fotossíntese, elevando a produtividade e a qualidade das hastes de rosas.

De acordo com Casarini (2000), a umidade relativa do ar ideal para o cultivo de rosas está entre 70 – 75 %, sendo que para o período de brotação das gemas e crescimento dos brotos é aconselhável entre 80 – 90 %. A permanência de alta umidade relativa do ar no interior da estufa pode provocar doenças como podridão de *Botrytis*, e a baixa umidade relativa do ar (inferior a 60%) pode provocar distúrbios fisiológicos.

A quantidade de água a ser aplicada é normalmente determinada pela necessidade hídrica da cultura, que pode ser estimada através da evapotranspiração ou por meio da tensão de água no solo realizada por tensiômetros.

É fundamental suprir as plantas com fertilizantes que não levem a um aumento excessivo da condutividade elétrica do solo. A aplicação excessiva de fertilizantes pode causar salinização do solo devido ao acúmulo de sais na região do sistema radicular, principalmente em ambiente protegido, onde não há lixiviação natural do excesso de sais pelas chuvas.

3.4 Tratamento anaeróbio de esgotos

No sistema de tratamento anaeróbio de esgotos ocorre a atividade de metabolismo de microorganismos que agem na ausência do gás oxigênio. Assim sendo, os compostos orgânicos complexos presente nos esgotos são transformados em produtos de natureza mais simples como os gases metano, carbônico e a água. (METCALF & EDDY, 2003).

O metano produzido pelo processo, em grande quantidade, possui baixa solubilidade junto a fase líquida o que possibilita a remoção da matéria orgânica sem o gasto de energia ou a necessidade de se adicionar outras substâncias químicas, para precipitação, por exemplo. Com isso a produção desse composto possibilita a formação de uma quantidade de biomassa menor e conseqüentemente uma menor produção de lodo, levando a uma economia com os gastos necessários para o tratamento, e ou disposição final do lodo. Ademais, outras vantagens dos sistemas de tratamento anaeróbio são: reduzido custo de energia, pequena área requerida, menor custo de implantação e possibilidade de recuperação de energia pela reutilização do gás metano. (SPEECE, 1996).

Deve-se atentar para que no tratamento de esgotos de uma comunidade as tecnologias a serem utilizadas sejam compatíveis com a necessidade e a possibilidade da construção e operação do sistema. (BAHGAT *et al.*, 1999).

Tendo avaliado estas questões, em 1997 o congresso dos Estados Unidos da América reconheceu que os sistemas simplificados deveriam ser empregados no tratamento de esgotos, pois eram viáveis tecnologicamente. Naquele país, 25% de todas as moradias e aproximadamente 40% das novas casas construídas utilizam esta forma de tratamento e, na Europa, têm sido estabelecidas em inúmeros locais, especialmente na Alemanha e no Reino Unido (TONETTI, 2008).

Segundo van Haandel & Lettinga (1994) o principal fator que pode atrapalhar a adoção do sistema de filtros anaeróbios em escala real para tratamento de esgotos refere-se ao custo do material de enchimento dos reatores. Tais materiais podem ser tão custosos quanto o próprio sistema de tratamento em si.

Em pesquisas realizadas por diversos pesquisadores da Unicamp visando a construção de sistemas de tratamento acessíveis e de custo reduzido voltado a pequenas comunidades, constatou-se que anéis de bambu juntamente com pedaços de coco verde são leves e de fácil acesso, sendo portanto esses materiais em questão ótimos candidatos a serem utilizados como recheio dos reatores anaeróbios. (Prosab, 2008).

Os reatores anaeróbios construídos por pesquisadores da Unicamp, (Tonetti, 2004) alcançaram a remoção de matéria orgânica em função de DBO e de carbono orgânico total em torno de 50% e redução de 61% da concentração de sólidos suspensos totais.

3.5 Recursos hídricos no mundo e no Brasil

A água é um recurso natural que faz parte do patrimônio do planeta, é a condição essencial da vida sobre a terra. A água e a saúde das populações são inseparáveis: a qualidade da água condiciona a qualidade de vida.

Do volume total de água existente no planeta, 2,52% representa a água doce. Entretanto, a maior parte dessa água não está disponível para o consumo humano, uma vez que se encontra na forma de gelo presente nos pólos terrestres ou mesmo em topos de montanhas. Sendo assim, apenas uma pequena parte dessa água doce está disponível a população (BERNARDI, 2003). O Brasil é um país que apresenta uma grande quantidade de recurso hídrico disponível, mas deve-se ressaltar que a maior parte das águas brasileiras estão concentradas em locais de menor consumo (BREGA FILHO & MANCUSO, 2003).

A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006) chama atenção para a estimativa de Hinrichsen, Robey & Upadhyay (1998), que dentro dos próximos 50 anos mais de 40% da população mundial irá viver em países que enfrentarão escassez de água.

Segundo Carr *et al.* (2004), em todo o mundo é estimado que 18% das terras agriculturáveis são irrigadas e essas são responsáveis por 40% da produção mundial de alimentos. A agricultura irrigada é responsável por aproximadamente 70% do total da água doce utilizada no mundo. Segundo WHO (2006), em Israel este índice chega a 79% e 67% na Austrália, segundo Hamilton *et al.* (2005).

3.6 Reúso de água

A água tem-se constituído no fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial, tornando-se ainda mais grave este problema quando consideramos que sua disponibilidade vem sendo reduzida pelo aumento da demanda e contínua poluição dos mananciais (FIESP, 2005). O aumento das atividades humanas bem como o crescimento demográfico levam cada vez mais a diminuição da quantidade de água disponível. Assim sendo, a demanda por recursos hídricos tem feito do processo de reúso de água um tema atual e de elevada importância, apesar dele já ser utilizado desde os tempos antigos (POLEZI, 2003).

Uma contribuição para amenizar esta conjuntura seria buscar alternativas para satisfazerem as exigências menos restritivas, liberando a água de melhor qualidade para o emprego em casos mais nobres, como o abastecimento doméstico. A Organização das Nações Unidas reforça esta idéia ao estabelecer uma política que suporta o seguinte conceito: *“a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que tolerem uma pureza inferior”* (FAO, 1994). Assim sendo, a utilização de esgotos contribui para a conservação dos recursos, liberando fontes de água de melhor qualidade para usos prioritários. O reúso reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Dessa forma, grandes volumes de água potável podem ser poupados (CETESB, 2008). Contudo, para haver o reúso é necessário que

alguma tecnologia em maior ou menor grau seja desenvolvida, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ela tenha sido usada anteriormente.

A redução do lançamento de efluentes tratados nos corpos de água contribuirá significativamente com a melhoria da água bruta tratada especialmente quanto aos fármacos e hormônios. Estudos revelam que os sistemas de tratamento de esgotos e de água são ineficientes para a remoção destes compostos (GHISELLI, 2006).

Por esses motivos, segundo Setti *et al.* (2001), o uso da água residuária tratada vem se tornando um componente importante no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos.

Em países nos quais a escassez hídrica é recorrente, o uso de águas residuárias é muito adotado. Porém, além do reúso, práticas que abrangem o uso racional da água, controlando perdas e desperdícios, devem ser levadas em consideração, assim como aquelas que promovam a minimização da produção de efluentes e do consumo de água como meios de combater a escassez (CETESB, 2008).

A prática de descarregar esgotos, tratados ou não, em corpos de água superficiais é adotada por várias comunidades ao redor do mundo, como forma de afastamento de resíduos líquidos. Geralmente, essas águas servem como fonte de abastecimento de muitas comunidades, havendo casos em que a mesma cidade lança seus esgotos e faz uso do mesmo corpo hídrico para coleta de água a ser tratada e distribuída como água potável. A comunidade, a indústria ou o agricultor que coleta água, na realidade, está reutilizando-a pela segunda, terceira ou mais vezes (BREGA FILHO & MANCUSO, 2003).

Essa água, depois de ser utilizada, ao ser restituída ao seu ambiente natural, não deve comprometer os possíveis usos que possam ser feitos. A

contaminação é uma modificação da qualidade da água, provocada geralmente pelo homem, de tal forma a torná-la inapta ou danosa ao consumo por parte da comunidade, da indústria, da agricultura, da pesca, das atividades recreativas, dos animais e dos ecossistemas (POLEZI, 2003).

Tendo em vista o crescimento do consumo de água tratada para uso das indústrias e da população, e com isso o aumento do volume de esgotos gerados e não utilizáveis, a idéia da valorização dos efluentes, como forma de aumentar a oferta de água na região onde ela é escassa, e/ou como alternativa à disposição final dos esgotos onde essa disposição é problemática, vem sendo crescentemente considerada como uma possibilidade cada vez mais atraente (MANCUSO, 1992).

3.6.1 Formas de Reúso

Após o uso da água potável, esta é descartada e conduzida a uma estação de tratamento de esgotos pela rede coletora de esgoto sanitário. O efluente tratado pode ser descartado nas águas superficiais ou ter um tratamento adicional, visando obter uma água para fins não potáveis. Após obter o nível de tratamento necessário para os padrões de reúso em suas diferentes formas, a água será conduzida aos locais de consumo por outras tubulações que não são as da rede pública de abastecimento de água (MANCUSO, 1992).

Segundo Brega Filho & Mancuso (2003), as formas de reúso podem ser do tipo direto ou indireto, realizadas de maneira planejada ou não. De acordo com WHO (1973), tem-se:

Reúso Potável Direto: é o caso em que o esgoto é recuperado utilizando-se de tratamento avançado, sendo injetado diretamente no sistema de água potável.

Reúso Potável Indireto: o esgoto, após o tratamento, é lançado nas águas superficiais ou subterrâneas, onde fatores como a diluição e a reaeração promovem a purificação natural do recurso hídrico, viabilizando sua captação, tratamento e consumo como água potável.

Reciclagem de Água: é o reúso interno de água, sendo um caso particular de reúso direto. Antes da água ser descartada em um sistema de tratamento ou em um local de disposição, ela pode servir como fonte suplementar de abastecimento.

Segundo Lavrador Filho (1987), os termos reúso “planejado” e “não planejado” referem-se ao fato do reúso ser decorrente de uma ação intencional ou consciente, ou ser um subproduto não intencional de uma descarga de esgotos. Dessa forma, tem-se a conceituação:

Reúso Planejado da Água: ocorre quando é resultado de uma ação humana consciente, podendo ser utilizado de forma direta ou indireta. O reúso planejado torna implícito o uso de um sistema de tratamento de efluentes que atenda os padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água.

Reúso Não Planejado da Água: após a água ser utilizada uma ou mais vezes, é descartada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante de forma não intencional. Ou seja, o reúso é um subproduto não intencional de descarga a montante.

3.6.2 Tipos de Reúso

Segundo Brega Filho & Mancuso (2003) existem os seguintes tipos de reúso:

Reúso Não Potável Agrícola: o efluente das ETE, convenientemente condicionado após o tratamento, é utilizado para a irrigação da agricultura e/ou para a dessedentação de animais, sendo que, na maioria das vezes, ocorre a recarga do lençol freático.

Reúso Não Potável Industrial: trata-se do reúso dos efluentes das ETE, convenientemente condicionados após tratamento posterior, caso seja necessário nos processos industriais. Sendo as indústrias as maiores consumidoras de água, essa alternativa já se apresenta como uma realidade. Outra forma de reúso industrial é a praticada dentro da própria indústria, na qual a água é reutilizada o maior número de vezes possível, antes de ser finalmente descartada e enviada a uma ETE.

Reúso Não Potável Recreacional: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esporte, jardins e parques públicos; assim como para o abastecimento de corpos de água superficiais como lagos, reservatórios e rios usados para fins recreacionais.

Reúso Não Potável Doméstico/Urbano: são considerados aqui os casos de reúso de água para rega de jardins residenciais, viveiros de plantas ornamentais, faixas verdes ao longo de ruas e estradas, quadras esportivas e campos de golfe, descargas sanitárias, lavagem de carros, reserva de incêndio, limpeza de tubulações, construção civil (controle de poeira, compactação do solo, produção de concreto e lavagem de agregados), sistemas decorativos como chafarizes e fontes luminosas e para a utilização deste tipo de água em grandes edifícios (como no resfriamento de equipamentos de ar condicionado).

Recarga de Aqüíferos: é o tipo de reúso que visa à recarga artificial de aqüíferos com efluentes tratados. É realizado através da infiltração-percolação,

quando o esgoto penetra no solo; ou através de injeção direta por pressão no subsolo, sendo utilizado poços, minas, cavernas, entre outros.

Reúso na aquíicultura: utilização de água de reúso para criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos, podendo visar o tratamento do esgoto sanitário.

3.7 Reúso Agrícola

Em número de projetos e volume de água o reúso agrícola é o maior segmento de aplicação do reúso no mundo. As possibilidades de empregá-lo na agricultura são bastante amplas, indo desde o cultivo de hortaliças e leguminosas até forrageiras para a alimentação animal, sempre evitando a contaminação humana através da cadeia alimentar (HESPANHOL, 2003). Segundo Setti *et al.* (2001) esta prática tem-se consagrado como uma forma econômica de controlar a poluição e contrapor-se a escassez de água. A Organização Mundial da Saúde (OMS, 1989) destaca que, além dos nutrientes e micronutrientes, a aplicação de esgotos proporciona a adição de matéria orgânica, que atua como um condicionador do solo ao aumentar sua capacidade retentora de água. No entanto, o reúso deve ser avaliado criteriosamente, buscando minimizar o risco de ocorrer a contaminação ambiental, tal como a lixiviação do nitrato para o aquífero subterrâneo (HESPANHOL, 2003). O efluente das ETEs, convenientemente condicionado após o tratamento, é utilizado para a irrigação da agricultura e/ou para a dessedentação de animais, sendo que, na maioria das vezes, ocorre a recarga do lençol freático.

A Organização Mundial da Saúde, através de WHO (2006) chama atenção para a estimativa de Hinrichsen *et al.* (1998), que dentro dos próximos 50 anos mais de 40% da população mundial irá viver em países que enfrentarão escassez de água. Destaca também que o esgoto é freqüentemente uma fonte confiável de água para a irrigação durante o ano inteiro, e nele estão contidos

nutrientes necessários ao crescimento das plantas, desta forma, o seu valor tem sido reconhecido ao longo do tempo pelos agricultores de todo o mundo.

O reúso da água não é uma atividade mundialmente recente, existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. Atenas foi uma das primeiras cidades da antigüidade a empregar o esgoto doméstico no solo. Asano & Levine (1996) destacam que o reúso e recuperação de efluentes tiveram seu início mais intensivamente destacado nos Estados Unidos a partir da década de 60. Atualmente, no Estado da Califórnia, Estados Unidos, aproximadamente 67% do esgoto reciclado é usado na irrigação (California State Water Resources Control Board, 2003, citado em WHO, 2006). Em Israel, o índice de reciclagem de esgoto aplicado na irrigação atinge aproximadamente 75% (WHO, 2006).

Entretanto, o reúso de efluentes não pode ser encarado como uma aplicação indiscriminada, sem critérios. Deve haver, conforme Coraucci Filho (1998), um elo perfeito entre a Engenharia Sanitária e a Engenharia de Irrigação, de forma que o esgoto seja tratado no solo evitando a contaminação do lençol freático, ou a saturação em nutrientes e metais pesados no solo, entre outros. Para isso, as taxas de aplicação de esgotos devem ser compatibilizadas às boas práticas agrícolas, também limitadas pelas características do solo e do efluente, das condições climáticas, do tipo de cultura irrigada e da técnica de irrigação: hidroponia, irrigação por inundação, por sulcos, gotejamento e aspersão (BASTOS, 2003).

Estudos desenvolvidos pelo Programa de Saneamento Básico - PROSAB, (CAMPOS, 1999; CORAUCCI FILHO *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2003; MOREIRA *et al.*, 2005; BASTOS, 2003; MOTA *et al.* 2006; STEFANUTTI *et al.*, 2002), trazem considerações importantes sobre a aplicação de esgoto por sistemas de irrigação. O solo e as raízes podem ser considerados o reator deste

sistema de pós-tratamento e reúso. Desta forma, a escolha adequada da cultura a ser irrigada é de fundamental importância para a preservação da estrutura do solo diante de processos erosivos e alterações da sua estrutura física. A estrutura das raízes dessa cultura auxilia no monitoramento da infiltração do efluente, sendo as responsáveis pela remoção de nutrientes, tais como nitrogênio e fósforo. A conversão da matéria orgânica é proporcionada pelos microrganismos presentes no solo.

Durante as duas últimas décadas, o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou, significativamente, segundo Hespanhol (2001), devido aos seguintes fatores: dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação; custo elevado de fertilizantes; a segurança de que os riscos à saúde pública e que impactos sobre o solo são mínimos, quando as precauções adequadas são efetivamente tomadas; os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores; a aceitação sócio-cultural da prática do reúso agrícola; e reconhecimento do valor intrínseco da prática pelos órgãos gestores de recursos hídricos.

A aplicação de nutrientes provenientes dos esgotos reduz, ou mesmo elimina, a necessidade do emprego de fertilizantes. Além dos nutrientes, a aplicação de esgotos proporciona a adição de matéria orgânica, que age como um condicionador do solo, aumentando a sua capacidade de reter água (HESPANHOL, 2001). Estudos desenvolvidos por Abujamra *et al.* (2005) demonstraram que o efluente de esgoto tratado apresenta grande potencial em ser utilizado como solução nutritiva para cultivo de flores por conter alguns dos nutrientes necessários no cultivo por hidroponia de Gérbera. Porém, a presença de sais dissolvidos deve ser vista com atenção, já que tais características podem gerar um efluente salino e, impróprio para a irrigação, (FOLEGATTI, 1999).

Segundo Medeiros (2005) a implantação de um sistema funcional de irrigação agrícola por meio de águas residuárias tratadas auxilia na melhoria da fertilidade do solo. Segundo o autor, a prática trás como impactos positivos ao solo um aumento do pH; das concentrações de P e S disponíveis; K^+ , Ca^+ , Mg^+ trocáveis; bem como argila dispersa na água. Porém devem ser feitos monitoramentos periódicos devido ao aumento de concentrações de Na^+ trocável e aumento da condutividade elétrica, razão de adsorção de sódio e percentual de sódio trocável.

Os processos convencionais de tratamento de esgotos geram um efluente que não tem todas as características padrões de água para serem lançados nos corpos receptores como águas de superfície. Uma alternativa para contornar esses problemas seria a introdução de outro estágio de tratamento, sendo que nesse seria necessário um gasto a mais com tecnologia, o qual pode ser bastante custoso, inviabilizando o processo. Nesse contexto a aplicação de efluente tratado em culturas agrícolas poderia representar uma alternativa viável e de baixo custo, amenizando tanto problemas de escassez de água quanto de descarga de nutrientes nos corpos receptores (FONSECA, 2007).

Apesar de todas as vantagens da aplicação de efluentes no solo, é necessário considerar os riscos sanitários e ambientais dessa alternativa. Uma aplicação inadequada ou descontrolada de efluentes no solo poderá afetar significativamente o próprio solo, a água subterrânea, as águas superficiais, e ainda trazer problemas de saúde pública à população.

3.8 Principais aspectos limitantes dos efluentes sanitários na agricultura

Sérios problemas ambientais como a lixiviação de nitrato, aumento de elementos tóxicos em solos e plantas, e riscos à saúde humana devido a microrganismos patogênicos, podem ocorrer se a prática do reúso de efluente

sanitário na agricultura for feita de forma irresponsável e sem critérios técnicos. Além disso, em alguns casos, a qualidade do efluente pode ser determinante para a impossibilidade no seu uso na agricultura.

Em alguns casos, os índices de salinidade das águas recicladas podem ser mais elevados do que as fontes de água tradicionais, e isso pode acarretar em mudanças nas propriedades químicas e físicas do solo (HAMILTON *et al.*, 2005). Altas concentrações de sódio no solo, provocadas pela aplicação de esgoto doméstico, causam inchamento e impermeabilização do solo. O aumento na concentração de sódio do solo, devido à irrigação com efluentes, pode alterar alguns atributos físicos do solo provocando a dispersão de argilas.

Problemas de salinidade têm sido observados em sistemas fertirrigados sob cultivo protegido, o que se deve à interceptação da precipitação natural pela cobertura da estufa, ao uso excessivo de adubação e ao manejo inadequado do solo e da irrigação (CARRIJO *et al.*, 2004).

Embora o nitrogênio seja um nutriente vital para o crescimento das plantas, quando a sua aplicação excede a demanda do vegetal e a capacidade de desnitrificação do solo, ele pode lixiviar para os lençóis freáticos em forma de nitrato (ALMASRI & KALUARACHCHI, 2004).

Segundo Bastos (2003), em se tratando de águas residuárias domésticas, os metais pesados não devem constituir maior problema. No entanto a eliminação de efluentes industriais para o sistema de coleta de tratamento de efluentes domésticos pode levar a aumentos da concentração de metais pesados nos efluentes de esgoto tratados (FONSECA, 2007). Esses compostos podem, quando presentes na fração líquida, formar complexos organo-metálicos capazes de penetrar no solo com a água de irrigação ou se presentes na fração de sólidos suspensos, levar a um acúmulo na superfície do solo (FEIGIN *et al.*, 1991).

Amahmid *et al.* (1999) comenta que o reúso é limitado devido ao seu potencial de transmissão de microrganismos patogênicos para os vegetais, pastagem de animais e aos homens. Segundo o autor, a maioria dos patógenos, existentes nos esgotos, são eliminados na matriz solo, mas alguns parasitas são mais resistentes e podem sobreviver no meio ambiente por longo período.

As culturas vegetais irrigadas com águas residuárias contaminadas constituem risco potencial de transmissão de ascaríase e teníase (WHO, 2006). Os ovos de helmintos permanecem viáveis no solo durante longos períodos, embora esta viabilidade varie de espécie para espécie. Sabe-se, por exemplo, que os ovos de *A. lumbricoides* e de *T. saginata* podem sobreviver no solo por períodos superiores àquele necessário para o crescimento das plantas.

A escolha certa da cultura na qual será irrigada com o efluente de esgoto tratado é um fator de grande importância, pois enquanto algumas culturas podem ser irrigadas com água de reúso sem perdas na sua produtividade, outras podem sofrer implicações negativas devido a essa prática. O ideal para a escolha da cultura na qual será irrigada com água de reúso é que ela apresente algumas características como grande demanda por água, bom uso potencial e viabilidade de comercialização e mercado (Segarra *et al.*, 1996)

3.8.1 Salinidade da água de irrigação

Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é um fator limitante ao desenvolvimento de algumas cultura. O acúmulo de sais no solo é geralmente evidenciado através de um balanço salino onde as concentrações que entram na área de influência do sistema radicular das plantas é maior que as encontradas na saída. Esse fenômeno pode ser considerado uma consequência de concentrações elevadas de sais nas águas utilizadas em irrigação ou fertirrigação (MELO *et al.*, 2001).

Para o perfeito funcionamento de um sistema de irrigação em uma cultura vegetal é necessário a determinação e controle dos seguintes parâmetros: concentração total de sais dissolvidos, condutividade elétrica, relação de adsorção de sódio, íons tóxicos ou reativos aos elementos de irrigação e pH, entre outros. Quanto maior for a concentração de eletrólitos presentes na água, maior será a sua capacidade de conduzir corrente elétrica. Portanto, a concentração de sais solúveis está relacionada a condutividade elétrica. Tal condutividade elétrica pode ser medida em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (micro Siemens por centímetro).

Na Tabela 1 está descrito a classificação das águas de irrigação de acordo com o total de sais dissolvidos (PAGANINI, 1997).

Tabela 1 - Classes de salinidade para águas de irrigação.

Descrição	TSD (mg/L)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Baixa salinidade	0 - 175	0 - 270
Média salinidade	125 - 500	270-780
Alta salinidade	500 - 1500	780 - 2340
Muito alta salinidade	1500 - 3500	2340 - 5470
Extremamente alta salinidade	>3500	>5470

TDS – Total de sólidos dissolvidos
CE – Condutividade Elétrica

O maior prejuízo que pode ocorrer no processo de irrigação com a utilização de efluentes é a salinização. Esse processo de salinização pode acontecer dependendo das características da água de irrigação empregada bem como das características do solo utilizado. Mesmo se utilizado água de qualidade apropriada pode ocorrer problemas relativos à salinização caso não haja lavagem do solo ou a drenagem seja inadequada. Além disso, a utilização de esgotos

tratados na agricultura pode acelerar o processo de salinização devido ao alto teor de sal presente nas águas residuárias. A salinização do solo provoca um colapso em sua estrutura levando a dispersão da argila, entupimento do solo de forma que não ocorra mais a passagem de ar e água, causando drenagem lateral, erosão e oxigenação limitada o que ocasiona a inibição do desenvolvimento das raízes das plantas e até mesmo interrupção do crescimento dos cultivares (PAGANINI, 2003).

A presença de altas concentrações de sódio na água de irrigação pode dificultar a agregação do solo e seu endurecimento. O sódio pode também ser tóxico às plantas visto que além de atuar desequilibrando o potencial osmótico, afetando a capacidade de absorção de água pelas raízes, o sódio é um elemento fitotóxico, que interfere no metabolismo vegetal.

Segundo a Portaria 518/04, o limite máximo de sódio na água para consumo humano é de 200 mg L⁻¹. A presença de sódio no esgoto doméstico em concentrações da ordem de 30 a 50 mg L⁻¹ pode causar problemas de salinidade conforme Coraucci Filho *et al.* (1999^a).

É importante que sejam tomados os devidos cuidados quando da aplicação de efluentes no solo, principalmente evitando uma eventual salinização do solo devido às concentrações excessivas do íon Na⁺. Para avaliação da salinidade, utiliza-se a Razão de Adsorção do Sódio (RAS), definida pela Equação 3.1.

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Equação 3.1 - Equação para cálculo da Razão de Adsorção de Sódio.

Onde:

RAS - Razão de adsorção de sódio

Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ - correspondem aos valores das concentrações dos elementos no extrato saturado do solo (valores em miliequivalente-grama).

A recuperação de solos salinos e alcalinos é trabalhosa e exige emprego de técnicas de irrigação, drenagem e mecanização, além de aplicação de corretivos. Ela consiste principalmente no uso de água de boa qualidade para promover a lixiviação para camadas inferiores do solo, ou na adição de gesso para proporcionar a substituição do Na^+ por Ca^{2+} (BLANCO & FOLEGATTI, 2001).

Por fim, é prática na engenharia de irrigação desestimular o uso de águas de irrigação contendo concentração salina em torno de 700 mg L^{-1} . Concentrações superiores a este valor são prejudiciais a algumas plantas, e teores acima de 2.000 mg L^{-1} são nocivos à maioria dos cultivos.

3.8.2 Metais Pesados

O termo metais pesados é utilizado para elementos químicos que possuem peso específico maior que 5 g cm^{-3} ou número atômico maior do que 20 (JÚNIOR *et al.*, 2000). Porém, vale ressaltar que a expressão “metais pesados” pode ser utilizada para elementos químicos que contaminam o meio ambiente, provocando alterações no ecossistema, sendo que tais elementos são encontrados naturalmente no solo em concentrações inferiores às aquelas consideradas tóxicas para diferentes organismos vivos. Entre os metais, o arsênio, o cobalto, o cromo, o cobre, o selênio e o zinco são essenciais para os organismos vivos (TSUTIYA, 1999).

Os metais pesados que em relação a sua utilidade para as plantas, podem ser classificados como:

- Essenciais: Cu, Fe, Mn, Mo, Zn;
- Benéficos: Co, Ni, V;
- Sem função: Al, Cd, Cr, Hg, Pb, etc.

Em se tratando de esgoto doméstico, o conteúdo de metais pesados presente geralmente é baixo ou muito baixo quando se compara a outras fontes impactantes no solo. Esses metais pesados que podem estar presentes no efluente depende da quantidade de metais presente nos alimentos da população (WHO, 2006). Porém, vale ressaltar que o esgoto doméstico pode apresentar quantidades altas de metais devido a efluentes provenientes de pequenas indústrias ou pequenas empresas que descartam o efluente na rede coletora de esgoto sem prévio tratamento.

Já nos fertilizantes químicos utilizados para as práticas agrícolas as concentrações são maiores. Porém, deve-se ressaltar que a presença do metal no solo somente causará prejuízo a planta quando esse estabelecer um porcentual mínimo no solo ou se tal metal encontrar-se em fase móvel.

Os metais são retidos no solo em um pH acima de 6.5 e/ou com grande conteúdo de matéria orgânica. Se o pH estiver abaixo desse valor, a matéria orgânica será consumida ou todos os sítios de adsorção possíveis estarão saturados, fazendo com que os metais tornem-se móveis; podendo ser absorvidos pela colheita e contaminar águas superficiais. Porém, a raiz da planta age como uma eficiente barreira contra a absorção de metais não essenciais. Além disso, os impactos por metais pesados são usualmente notados na microbiota do solo antes que eles sejam observados nas plantas e em animais (ou humanos). Deve-se também levar em consideração que os impactos desses metais nas colheitas são complexos, pois poderá haver interações antagonistas que afetam a sua retenção pelas plantas (DRAKATOS, 2002).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2008) apresentou por meio da DECISÃO DE DIRETORIA Nº 195-2005- E os valores dos limites de concentração dos metais no solo. Os valores estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores propostos pela CETESB da concentração de metais pesados

Substância	Referência de qualidade	Valor de Prevenção	Intervenção
		-----(mg/Kg)-----	
Cádmio	<0,5	2	5
Chumbo	17	72	180
Cobre	35	60	200
Cromo	40	75	150
Níquel	13	30	70
Zinco	60	300	450

Onde: Referência de qualidade corresponde a concentração da substância no solo que o define como limpo.

Valor de prevenção é a concentração da substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais a qualidade do solo sendo esse valor indicativo da qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos. Esse valor é usado para disciplinar a introdução de substâncias no solo e, quando ultrapassado, a continuidade da atividade será submetida a nova avaliação, devendo os responsáveis legais pela introdução das cargas poluentes proceder o monitoramento dos impactos decorrentes.

Valor de intervenção é a concentração da substância no solo acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico.

3.9 Fertirrigação

A fertirrigação é o processo de aplicação de fertilizantes juntamente com a água de irrigação visando fornecer as quantidades de nutrientes requeridas pela cultura no momento adequado para obtenção de altos rendimentos e

produtos de qualidade. Por meio da fertirrigação, há possibilidade de um ajuste mais eficiente às diferentes fases fenológicas das culturas, redundando em maior eficiência de uso e economia de fertilizantes.

Além disso, a fertirrigação permite flexibilidade de mudanças nas relações entre nutrientes; distribuição e localização dos adubos onde ocorre maior densidade de raízes; possibilidade de controle da profundidade de aplicação do fertilizante, acarretando numa menor perda de nutrientes por lixiviação e volatilização (nitrogênio), uma vez que os fertilizantes estão dissolvidos em água; menor compactação do solo devido ao menor trânsito de máquinas; economia de mão de obra e comodidade na aplicação (CARRIJO *et al.*, 2004). Em estudos utilizando coqueiro (*Cocos nucifera L.*) Flitzpartrick *et al* (1986) observaram um acelerado crescimento conduzindo a resultados positivos quanto a produtividade agrícola e economia com uso de fertilizantes, sem efeitos deletérios ao meio ambiente.

Alguns sistemas de irrigação são mais eficientes na aplicação de água, como é o caso do gotejamento e microaspersão, o que torna também mais eficiente o aproveitamento pelas plantas dos nutrientes aplicados (VILLAS BOAS *et al.*, 2006).

Por conter fontes de nutrientes essenciais a produção agrícola em especial nitrogênio e fósforo, a utilização do efluente tratado na irrigação é uma forma de economia na utilização de fertilizantes químicos. A água dos esgotos tratados são ricas também em matéria orgânica e sais podendo, portanto ser utilizadas para fins produtivos retornando os nutrientes ao meio ambiente. Em um estudo realizado por ANDRADE NETO (2002) demonstrou que o efluente tratado pode ser uma fonte alternativa para a solução nutritiva utilizada em culturas de hidroponia, sem prejuízos a cultura.

3.10 Legislação de reúso

Segundo a resolução nº 54 de 2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), o reúso de água se constitui em prática de racionalização e de conservação dos recursos hídricos, pois reduz a descarga de poluentes em corpos receptores e os custos associados à poluição, contribuindo para a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Essa resolução também dispõe sobre a avaliação dos efeitos nos corpos hídricos decorrentes da prática do reúso, que deve ser realizada pelo Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH), cabendo aos comitês de bacia a criação de incentivos para essa prática e a integração do reúso com as ações de saneamento ambiental e de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. Cita-se:

Artigo 3: O reúso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades.

II – reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas,

§ 2 – As diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reúso definidas nos incisos deste artigo serão estabelecidos pelos órgãos competentes.

Em relação à Lei Federal de Recursos Hídricos nº 9.433/97 (Brasil, 1997), a qual dispõe essencialmente sobre o uso primário da água, o conceito de reúso não é abordado de forma explícita. Entretanto, vários dispositivos apontam na direção do reúso como um processo importante para a racionalização do uso da água. Podemos ver tais dispositivos nos seguintes artigos:

Artigo 1: “I - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico” ; “IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”

Artigo 2: “I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”

Artigo 7 : “IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis”

Também no anteprojeto de Lei da Política Nacional de Saneamento Ambiental, podemos observar dispositivos que asseguram o reúso de água:

Artigo 10: “Incentivar o reúso da água, a reciclagem dos demais constituintes dos esgotos e a eficiência energética, condicionado ao atendimento dos requisitos de saúde pública e de proteção ambiental pertinentes”;

Artigo 12: “Incentivar o aproveitamento das águas pluviais, condicionado ao atendimento dos requisitos de saúde pública e de proteção ambiental pertinentes”.

Tanto nos artigos da Lei Federal de Recursos Hídricos nº 9.433/97, quanto nos do anteprojeto da Lei da Política Nacional de Saneamento, a água é considerada um recurso limitado pela legislação e dotada de valor econômico, devendo ser assegurado o seu uso múltiplo; a fim de se alcançarem metas de racionalização e a melhora da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos. Além disso, é uma prática de proteção ambiental. Assim, o reúso da água se encaixa como um fator de grande importância e que deve ser levado em consideração, pois ele corrobora com os dispositivos legais.

Em julho de 2005 a CETESB divulgou a minuta de uma proposta para instrução técnica com objetivo de disciplinar a prática de reúso de água proveniente de uma estação de tratamento de esgoto sanitário visando à proteção da qualidade do solo e da água subterrânea, bem como a proteção da saúde humana. Essa minuta estabelece, entre outros fatores que a área escolhida não deva estar contida no domínio das Áreas de Preservação Permanente (APP) ou de reserva legal, não estar contida no domínio de área de proteção de poços, não estar em áreas de proteção máxima de aquífero, com afastamento de, no mínimo, 50 metros de vias de domínio público, em irrigação de culturas com afastamento de 500 metros de núcleos populacionais, afastamento de 200 metros de cursos d'água e coleções hídricas, profundidade mínima do nível do aquífero freática na área irrigada de 3 metros, e declividade máxima de até 15% para a área destinada à irrigação.

Esses critérios levam em consideração as informações sobre efluentes de ETE doméstico, a área de aplicação e o sistema de aplicação adotado, definindo-se a qualidade do efluente e quais as taxas que ele pode ser aplicado.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Visando utilizar uma cultura com grande potencial comercial para o desenvolvimento do trabalho utilizou-se a *Rosa* sp., variedade Ambiance como planta teste. As mudas foram doadas por um produtor do município de Holambra-SP, Sr. Miguel Renato Esperança, da empresa Rosas Esperança - Sítio Santo Antônio. Após um período de 40 dias de enraizamento das estacas, essas foram plantadas em estufa, com espaçamento de 0,15 m entre plantas e 1,25 m entre linhas em canteiros de alvenaria com 0,4 m de altura. A cultivar Ambiance (Figura 1), possui uma coloração da pétala amarelada com bordas avermelhadas.



Figura 1 - Cultivar Ambiance utilizada no experimento

4.1 Localização

O experimento foi instalado em ambiente protegido (estufa) localizado nas proximidades do hospital das clínicas da UNICAMP, em área experimental do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, no campus da Unicamp, no município de Campinas-SP, cujas coordenadas geográficas são 22° 49' latitude sul, 47° 03' longitude oeste e altitude de 617 m. O clima, de acordo com a classificação de Koppen é Cwa – tropical de altitude com chuvas no verão e secas no inverno e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. De acordo com a CEPAGRI (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura) a temperatura anual média do ar é de 22,4°C, com média de precipitação de 1424,5 mm ano⁻¹ e umidade relativa do ar de 73 a 47%.

A estufa construída é do tipo Arco, com cobertura de polietileno de baixa densidade transparente. As laterais são fechadas com telas de sombreamento (sombrite). A casa de vegetação (Figura 2) foi construída no sentido Norte-Sul e está equipada com dispositivo de controle de temperatura e umidade por um sistema de nebulização. As dimensões das estufas são de 16,0 m (8,0+8,0 m) de largura; 33,0 m de comprimento e 4,5 m de altura máxima do pé-direito, tendo uma área total de 528 m².



Figura 2 - Vista geral da estufa de plantio

4.2 Determinação da granulometria e da curva de retenção de água no solo.

O ensaio de granulometria é o processo utilizado para a determinação da percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada. Através dos resultados obtidos desse ensaio é possível a construção da curva de distribuição granulométrica, importante para a classificação textural dos solos.

Foi realizada análise granulométrica do solo por meio de uma amostra composta, coletada dos canteiros de plantio para o conhecimento da textura. Então, antes do plantio foram colhidas amostras de todos os canteiros, misturadas e quarteadas para realização da análise. A análise granulométrica foi feita em triplicata e os resultados estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise granulométrica do solo na área experimental

Amostras	Argila	Silte	Areia
Amostra 1	31,97%	13,83%	54,20%
Amostra 2	34,94%	13,86%	52,20%
Amostra 3	34,19%	14,51%	52,30%
Média	33,70%	14,07%	52,90%

De acordo com as análises realizadas no laboratório de Hidrologia da FEC (Unicamp), o solo foi classificado como Argilo Arenoso. A densidade do solo era de $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ e a densidade de partículas de $2,78 \text{ g cm}^{-3}$.

Para determinação da curva de retenção de água no solo, foram coletadas de cada canteiro amostras de oito pontos diferentes e posteriormente misturadas, formando uma amostra composta. A amostra foi quarteada e submetida ao ensaio de retenção de água no solo, no laboratório de Hidrologia da Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp. O gráfico da curva está representado pela Figura 3.

CURVA CARACTERÍSTICA DA ÁGUA DO SOLO

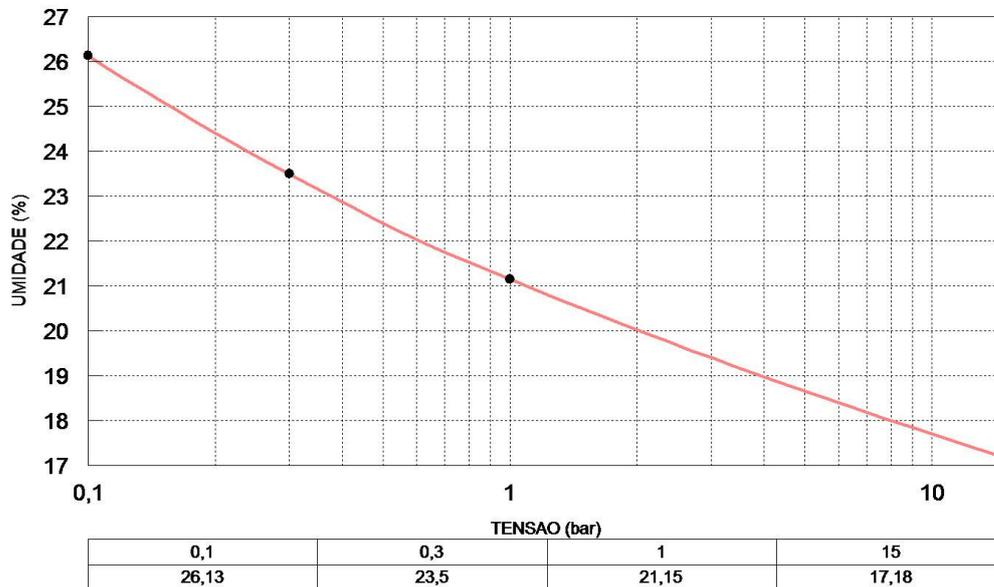


Figura 3 - Curva característica de retenção da água no solo

De acordo com o gráfico traçado foi determinado a capacidade de campo do solo cuja umidade é de 26,13% e o ponto de murcha 17,18%.

4.3 Delineamento experimental

O experimento teve início em 2009. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados. No interior da estufa foram construídos 28 canteiros em alvenaria com dimensões de 3x3 m de comprimento e 0,4 m de profundidade (Figura 4). Para o presente trabalho, foram utilizadas seis linhas de canteiro (24 canteiros no total) sentido leste-oeste. Cada linha de canteiros representavam um tratamento distinto, nessas linhas havia quatro canteiros, sendo cada um, uma repetição.

Os tratamentos utilizados nesse estudo foram:

T1 – Água limpa sem fertilização;

T2 – Efluente nitrificado com fertilização

T3 – Efluente anaeróbio com fertilização

T4 – Efluente anaeróbio sem fertilização

T5 – Efluente nitrificado sem fertilização

T6 – Água limpa com fertilização

A água limpa para irrigação era proveniente da rede de água da Sanasa, que abastece o município de Campinas com água potável. Para os tratamentos T3 e T4 foi utilizado o efluente tratado pelos reatores anaeróbios de fluxo ascendentes os quais alguns possuíam recheio de coco e outros de bambu. O efluente era então misturado em um reservatório e utilizado como fonte de água para as rosas do estudo.

Para os tratamentos T2 e T5, foi utilizado o efluente que passou por todo o processo de tratamento na estação de tratamento piloto da Unicamp, que trata uma porcentagem de todo o efluente proveniente do Hospital das Clínicas da Universidade. Esse efluente primeiramente passa pelos reatores anaeróbios sendo em seqüência bombeado para os filtros de areia descendentes e aerados para que ocorra o processo de nitrificação.

Todos os tratamentos receberam adubação de plantio com NPK, Zn, S e B.



Figura 4 - Detalhe dos canteiros de 3,00 x 3,00 m por 0,40 m de profundidade

4.4 Manejo do solo e plantio das rosas

Antes do começo do experimento, foi realizada a análise química do solo de acordo com Raji *et al.* (1983) (Tabela 4). Foi feita a correção da acidez com calcário dolomítico de PRNT 90 da marca Minercal® antes do transplante das mudas de rosa. A saturação por bases foi elevada a 80% segundo Malavolta *et al.* (2002) com a aplicação de $2,24 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico. Os cálculos da quantidade de calcáreo utilizado estão descritos na Equação 3.2. No processo de calagem realizado em março de 2009 no interior da estufa, o calcário foi revolvido junto ao solo numa profundidade de 0,2m, de acordo com Embrapa, 1997. Foram adicionadas ainda farinha de osso na dose de 2 t ha^{-1} (1,8 kg por canteiro) como fonte de fósforo e torta de mamona como fonte de matéria orgânica na dose de 1 t ha^{-1} (0,9 kg por canteiro).

Tabela 4 - Resultados das análises de fertilidade e teores de metais pesados do solo de cultivo

pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Na	H+Al	S.B.	C.T.C
	g/dm ³	mg/dm ³	-----mmolc/dm ³ -----						
5	16	1	0,4	17	5	<0,1	31	22,4	53,2

V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
%	-----mg/dm ³ -----								
42	0,2	2,7	6	2	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,38

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) \times CTC}{PRNT \times 10}$$

Equação 3.2 - Determinação da quantidade de calcáreo utilizado.

Onde:

NC - Quantidade de Calcário

V – Saturação de bases inicial e final

CTC - Capacidade de troca catiônica

PRNT – Poder relativo de Neutralização total

A fertilidade do solo dos canteiros foi adequada de acordo com as recomendações de Malavolta *et al.*,(2002). A necessidade de nutrientes para adubação de roseira no plantio é: 60 kg de Nitrogênio ha⁻¹, 300 kg de Fósforo ha⁻¹

e 180 kg de Potássio ha^{-1} . A fórmula usada para adubação com NPK foi a 10-10-10. Para garantir o suprimento de fósforo (300 kg ha^{-1}), foram necessários 3 t ha^{-1} da fórmula. A adubação com enxofre foi feita utilizando Sulfato de amônio na quantidade de 20 kg ha^{-1} de enxofre. A adubação de plantio foi feita às vésperas do plantio das mudas, incorporada à superfície dos canteiros, juntamente com 150 kg ha^{-1} de borax.

Após o plantio ocorreu a adubação de cobertura aos 30, 75 e 110 dias passados do plantio das rosas, para os tratamentos T2, T3 e T6.

As mudas foram transplantadas nos canteiros nos dias 25 e 26 de março de 2009 com espaçamento entre plantas de 0,15 m e entre linhas 1,25 m, totalizando 16 plantas por linha e 48 plantas por canteiro (Figura 5). As mudas foram produzidas através de estaquia no Sítio Esperança em bandejas de plástico com substrato por 40 dias. Após esse período foram coletadas e transplantadas nos canteiros da área experimental. Cada canteiro era composto por três linhas de plantas, sendo que as duas linhas laterais e 0,50 m de cada extremidade das linhas centrais foram consideradas bordadura.



Figura 5 - Transplântio das mudas de rosas em canteiros estabelecidos na estufa para a pesquisa de reúso de efluentes

4.5 Sistema de irrigação

A irrigação até o momento da fixação das raízes no solo era realizada de forma diária a fim de manter o solo constantemente úmido, com uma constância de quatro turnos de regas por dia.

O sistema de irrigação por gotejamento foi finalizado no início de 2009. Os detalhes do projeto de irrigação estão representados pela Figura 6. O sistema de irrigação corresponde a oito caixas acopladas a motobombas independentes que são acionadas no momento da irrigação (Figura 7, Figura 8). Seis motobombas foram utilizadas para a realização do presente estudo, enquanto que os reservatórios representados pelas siglas T7 e T8 irrigavam outras rosas não relacionadas a essa pesquisa.

Os tanques de armazenamento possuíam volume para 320 L e a água de irrigação era bombeada para os canteiros por bombas de 1/3 cv de potência. Os tubos gotejadores eram compostos de polietileno, com diâmetro externo de 1,6 mm e diâmetro interno de 1,3 mm possuindo um emissário a cada 0,15 m cuja vazão por emissário é de 1 L h^{-1} (Figura 9).

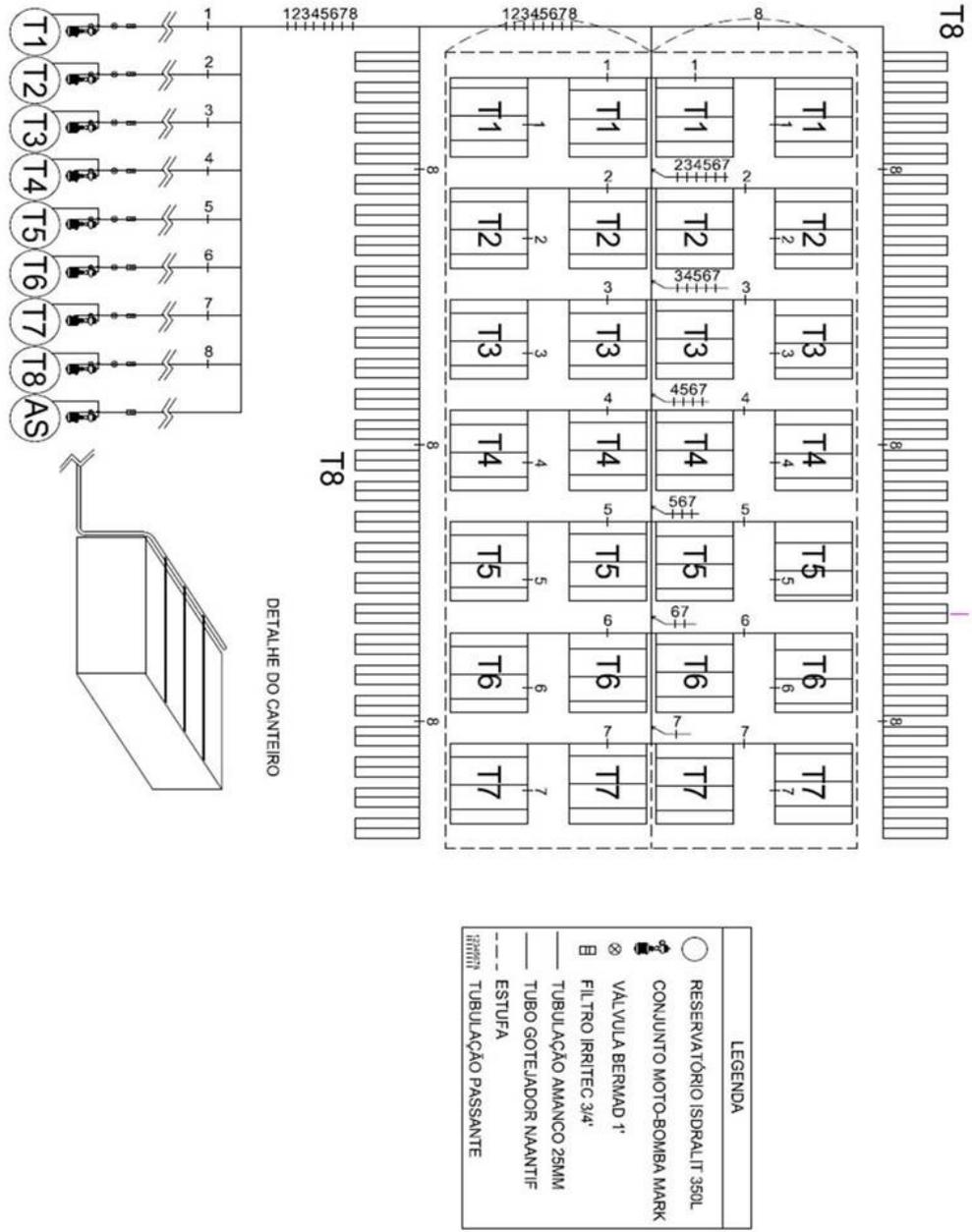


Figura 6 - Projeto de irrigação

A irrigação era realizada de acordo com a necessidade hídrica da cultura, para manter o solo com leituras tensiométricas em torno de -10 kPa, conforme recomendado por Casarini (2004). O sistema era composto de um painel eletrônico de automatização que aciona as bombas até 12 vezes ao dia, com tempos pré-determinados de irrigação (Figura 10). Além disso, foram instalados micro-aspersores distribuídos na estufa para garantir a umidade e temperaturas ideais para a cultura. Para este caso é utilizada água limpa da rede distribuída pela SANASA. Para o controle da irrigação foram instalados 14 tensiômetros (Figura 11) espalhados pela estufa de forma aleatória em duas profundidades diferentes, de 7 a 10 cm e de 7 a 30 cm.



Figura 7 - Vista dos reservatórios com suas respectivas bombas, na área de pesquisa de reúso de efluentes sanitários



Figura 8 - Detalhe da bomba, filtro e válvula solenóide do sistema de gotejamento



Figura 9 - Detalhes do sistema de irrigação -Três linhas de gotejadores por canteiro. Área experimental da FEC/UNICAMP.



Figura 10 - Vista do painel de programação



Figura 11 - Vista dos tensiômetros de ponta porosa instalados nos canteiros da estufa de pesquisa

4.6 Caracterização do efluente

O efluente sanitário tratado utilizado na irrigação era proveniente de um sistema simplificado de tratamento de esgoto doméstico, que fazia parte de um projeto com diversos trabalhos financiados pela Fapesp (CORAUCCI FILHO, 2006). O sistema de tratamento que é composto por filtro anaeróbio com recheio composto por anéis de bambu e pedaços de coco associado a um filtro de areia (Figura 12).

O esgoto bruto empregado era derivado de uma região da Universidade na qual circulam aproximadamente 10 mil pessoas por dia. Nesta localidade estão situados os seguintes órgãos: Hospital das Clínicas, Creche da Área de Saúde, Escola Estadual “Físico Sérgio Pereira Porto”, Almoxarifado Central, Centro de Engenharia Biomédica, Banco Santander e Brasil, Centro de Assistência Integral à Saúde da Mulher (CAISM), Gastrocentro, Hemocentro, Ambulatório de Primeiro Atendimento, Centro Integrado de Pesquisas na Infância e Centro de Saúde da Comunidade (CECOM) (TONETTI, 2008).

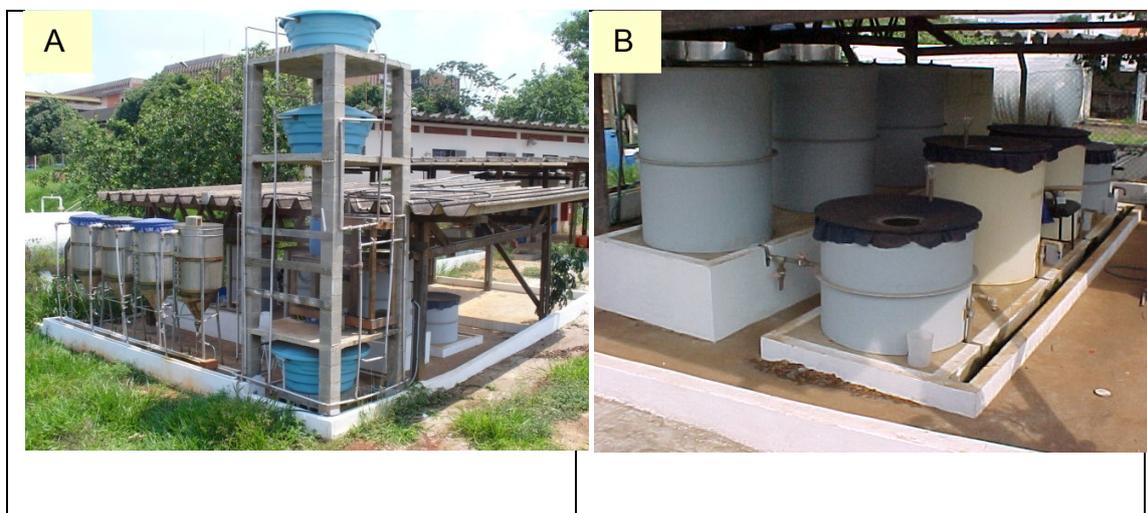


Figura 12 - Vista geral (A) e lateral (B) das instalações da pesquisa (fonte: TONETTI, 2008)

O efluente após receber tratamento era recalado para as caixas de armazenamento de onde posteriormente saem para o sistema de irrigação. Após as caixas estarem cheias o sistema de bombeamento da irrigação era acionado por meio de uma bóia elétrica. Os dados da caracterização do efluente estão representados

De acordo com os dados apresentados na Tabela 5, o efluente anaeróbio apresentou um valor de RAS equivalente a $3,09 \text{ meq}^{0,5} \text{ L}^{-0,5}$. Por sua vez para o efluente nitrificado o valor da RAS foi de $2,93 \text{ meq}^{0,5} \text{ L}^{-0,5}$. De acordo com o diagrama de classificação de água, e levando em conta a média da salinidade do efluente produzido no sistema piloto de tratamento de efluentes da Unicamp, a água de irrigação foi classificada como C3S1. Tal classificação indica que a água não pode ser usada em solos com deficiência de drenagem. Há também a necessidade de práticas especiais para o controle da salinidade. A cultura empregada deve ter também boa tolerância aos sais. Com relação ao risco de sodificação a água pode ser usada para irrigação, em quase todos os solos, com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável.

Tabela 5 - Caracterização do Efluente utilizado na irrigação

Parâmetro	Unidade	Efluente Anaeróbio	Efluente Nitrificado
pH	-	6,95	6,94
Alcalinidade Parcial	mg CaCO ₃ L ⁻¹	125	-
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	208	127
Condutividade	dS m ⁻¹	1,86	2,05
Oxigênio Dissolvido	m gL ⁻¹	0,52	-
Turbidez	UT	57,9	2,45
Sólidos Suspensos	m gL ⁻¹	66	14
DBO*	m gL ⁻¹	195	25,75
DQO*	m gL ⁻¹	318	67
COD*	m gL ⁻¹	60,42	13,58
N-NTK	m gL ⁻¹	47,2	1,6
Nitrato	m gL ⁻¹	<0,50	52,37
Fósforo	m gL ⁻¹	3,4	1,9
Coliformes totais	NMP 100 mL ⁻¹	1,47. 10 ⁸	3,74.10 ⁵
E. Coli	NMP 100 mL ⁻²	1,67.10 ⁷	1,03.10 ⁵
Sódio	m gL ⁻¹	64,98	68,05
Potássio	m gL ⁻¹	19,67	107,04
Cálcio	m gL ⁻¹	27,45	31,38
Magnésio	m gL ⁻¹	5,08	4,55

Tabela 6 - Concentrações médias (mg L⁻¹) de metais pesados no efluente Anaeróbio

Metais (mg L⁻¹)					
	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Zinco
Média	0,005	1,346	0,581	13,926	45,500
Mínimo	0,000	0,017	0,340	8,980	30,000
Máximo	0,021	2,454	0,750	18,560	102,000
Desvio Padrão	0,007	0,701	0,128	2,843	22,941

Tabela 7 - Concentrações médias (mg L⁻¹) de metais pesados no efluente Nitrificado

Metais (mg L⁻¹)					
	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Zinco
Média	0,004	1,482	0,606	13,877	193,500
Mínimo	0,000	0,030	0,420	10,420	87,000
Máximo	0,015	2,879	0,750	16,050	405,000
Desvio Padrão	0,005	0,765	0,089	1,719	105,478

As Tabelas 6 e 7 apresentam os valores médios das concentrações de metais pesados nos dois efluentes utilizados para o desenvolvimento dessa pesquisa. De acordo com a CONAMA 357 (2005) os valores de cádmio e cobre estão abaixo do permitido. Por sua vez, chumbo, cromo e zinco apresentam

valores bem acima do permitido e podem ser problemáticos ao sistema solo-planta. Já segundo a CETESB (2006) os valores de chumbo e zinco estão acima dos máximos permitidos nos efluentes líquido provenientes de estações de tratamento de esgoto doméstico para uso em culturas.

4.7 Controle de pragas

Para o controle de plantas invasoras foi utilizado Glifosato (Roundup®). A rosa utilizada no experimento é bastante susceptível a ataque de fungos, e notou-se após o plantio o surgimento de oídio (fungo que ataca as rosas causando perdas drásticas na produtividade) nas folhas. Para o controle dos fungos foi utilizado três fungicidas diferentes, Bravonil 500, Cabrio®top e Collis. Os fungicidas eram aplicados por pulverização, duas vezes por semana, alternando-se o princípio ativo de cada operação, até o controle total da doença. A indicação dos fungicidas se deu por meio dos produtores da região que utilizam nas fazendas de plantio.

Para o combate de pulgões foram pulverizados Fatac, e Confidor 70WG, sempre que houvesse sinais de aparecimento dos mesmos.

As pulverizações (Figura 13) eram realizadas com o pulverizador costal Jacto com capacidade de 20 L.



Figura 13 - Pulverização de agrotóxico nas rosas para controle de pragas

4.8 Caracterização das alterações químicas do solo

O solo cultivado foi monitorado quanto ao pH, condutividade elétrica, Na, Ca, Mg, K, N-total, P, e RAS aos 12 meses de experimento.

Para análises de metais pesados foram coletadas amostras compostas de solo para realização das análises químicas, de fertilidade, e quanto aos teores de metais pesados realizadas no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Os metais analisados junto ao solo foram Cd, Cr, Cu, Ni e Zi no início e aos 12 e 18 meses de experimento.

4.9 Parâmetros avaliados quanto a produtividade

4.9.1 Produção de hastes comerciais

A determinação da produção de rosas será realizada por uma amostragem realizada no período de produção que se iniciou após oito meses do plantio. Foram consideradas as hastes com botão floral retas de tamanho maior que 30 cm

4.9.2 Dimensões das hastes comerciais

O comprimento das hastes foi mensurado entre o ponto de corte até o final do botão através de uma mesa graduada em centímetros. O corte foi sempre realizado na altura da 3ª folha de cinco folíolos da haste comercial. O diâmetro foi determinado na parte média da haste com a utilização de um paquímetro graduado em milímetro.

4.9.3 Dimensões dos botões florais

A medida do comprimento dos botões florais foram determinados após a leitura do comprimento e diâmetro das hastes comerciais colhidas em cada parcela. O comprimento foi determinado à partir da base do botão e o diâmetro mensurado na parte mediana do botão com um paquímetro.

4.9.4 Massa fresca dos botões

A massa fresca dos botões florais foi determinada com uma balança digital com precisão em miligrama logo após a colheita.

4.9.5 Massa seca dos botões

Após a determinação da massa fresca, os botões foram acondicionados para secagem em estufa com sistema de circulação e renovação de ar a uma

temperatura de 65°C. Após atingir massa constante, os botões foram retirados da estufa e submetidos à pesagem.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização do solo

5.1.1 Análise da fertilidade do solo

Nas tabelas 8 e 9 estão representados os valores médios dos atributos do solo (pH, MO, P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, H+Al, S.B., C.T.C, V%, RAS e PST) no estágio inicial da pesquisa e para cada tratamento após um período de 12 meses de irrigação com o efluente tratado.

Tabela 8 - Alterações químicas do solo em resposta aos tratamentos empregados

	tempo	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Na
	meses	-	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----			
C0		5,0	16,0	1,0	0,4	17,0	5,0	<0,1
T1	12	5,4 a	20,5 a	96,25 c	4,8 bc	58,0 a	15,2 a	2,9 a
T2	12	5,0 a	20,7 a	299,75 abc	14,4 ab	69,2 ab	18,5 a	8,1 b
T3	12	5,0 a	22,0 a	456,00 b	18,1 a	86,0 ab	20,0 a	8,8 b
T4	12	5,2 a	20,2 a	174,25 abc	3,2 c	55,5 a	11,5 a	5,5 ab
T5	12	5,3 a	19,7 a	112,75 c	6,1 bc	64,0 a	14,5 a	8,4 b
T6	12	5,1 a	18,5 a	218,75 abc	15,9 a	107,2 b	20,0 a	6,9 ab

C0 - condições iniciais do solo.
T1 - Água; T2 - Efl. Nitrificado + Adubação; T3 - Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 - Efl. Aneróbio; T5 - Efl. Nitrificado; T6 - Água + Adubação
Letras iguais representa não haver significância estatística entre os tratamento pelo teste de tukey 5% nas linhas verticais

Tabela 9 - Alterações químicas do solo em resposta aos tratamentos empregados

	tempo	H+Al	S.B.	C.T.C	V%	RAS	PST
	meses	-----mmol _c .dm ⁻³ -----			%	(meq.L ⁻¹) ^{0,5}	%
C0		31	22,4	53,2	42,0	<0,1	<0,1
T1	12 meses	34,5 a	81,1 a	115,5 a	69,0 a	0,5 a	2,5 a
T2	12 meses	48,5 a	110,2 ab	158,9 ab	69,0 a	1,2 ab	5,2 b
T3	12 meses	43,2 a	132,9 ab	176,4 bc	75,0 a	1,2 b	5,0 bc
T4	12 meses	43,2 a	75,7 a	119,0 a	63,0 a	0,9 ab	4,6 ab
T5	12 meses	30,7 a	93,0 ab	124,0 ac	74,0 a	1,3 b	6,7 b
T6	12 meses	40,25 a	150,13 b	190,5 b	79 a	0,8 ab	3,64 ac

C0 - condições iniciais do solo.
H+Al – Acidez potencial; S.B. – Soma de Bases; C.T.C. – Capacidade de troca catiônica; V% - Saturação de Bases; RAS – Razão de Adsorção de Sódio; PST – Porcentagem de Sódio Trocável.
T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl Aneróbio; T5 – Efl Nitrificado; T6 – Água + Adubação
Letras iguais representa não haver significância estatística entre os tratamento pelo teste de tukey 5% nas linhas verticais

5.1.1.1 pH e Matéria Orgânica

De acordo com as características químicas do solo tanto no início do experimento quanto após 12 meses de aplicação do efluente o solo foi classificado como mediantemente ácido (MALAVOLTA *et al*, 2002). A faixa ideal de pH no solo para uso agrícola encontra-se entre 5,5 e 6 uma vez que é nessa faixa de pH que os nutrientes encontram-se mais disponíveis às plantas, ou seja, encontram-se na solução do solo (MEDEIROS *et al*, 2005). Para roseira, a melhor faixa de crescimento encontra-se em pH variando-se entre 6 e 6,5. Valores de pH muito elevado além de dificultarem a absorção dos nutrientes uma vez que esses deixam de estar em solução, são capazes de causar injurias nas plantas. Essas

injúrias podem ser notadas nas raízes das rosas quando o pH está em torno de 7,6 (ZIESLIN & ABOLITZ, 1994). Entretanto, o que verificou-se é que não há diferença estatística significativa entre o solo dos tratamentos e o solo inicial quando se instalou a pesquisa estando o pH do solo de cultivo na faixa entre 5,0 e 5,4.

Quanto aos valores de matéria orgânica, eles não apresentaram diferença estatística entre si para nenhum tratamento e foram considerados valores baixos dentro dos padrões de solos argilosos (SILVA *et al.*, 1999)

5.1.1.2 Concentrações de Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio e Sódio

A concentração de fósforo disponível aumentou no solo para todos os tratamentos e ficou bastante elevada segundo CAMARGOS (2005). Esse aumento ocorreu principalmente devido a adubação de plantio, na qual foram incorporadas ao solo o fósforo na forma de NPK (fósforo não solúvel). Os tratamentos 1, 4 e 5 que foram aqueles que não receberam adubação de cobertura após o plantio não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram um valor de concentração de fósforo no solo mais baixo que os demais que foram adubados. Comparando-se os dois tipos de efluentes utilizados na pesquisa, também não houve diferença significativa no solo irrigado com o efluente anaeróbico ou o efluente nitrificado. Entretanto houve uma tendência de acúmulo no solo irrigado com efluente anaeróbico uma vez que a concentração de fósforo contida nesse efluente é superior a do efluente nitrificado.

Da mesma forma, os níveis de potássio encontraram-se elevados para todos os tratamentos empregados (MALAVOLTA *et al.*, 2002). Os tratamentos que receberam adubação de cobertura (T2, T3 e T6) não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram valores de concentração de potássio no solo acima dos

demais, uma vez que o NPK foi aplicado ao solo na adubação. A comparação dos tratamentos que não receberam adubação de cobertura mostra também uma igualdade estatística entre eles.

Os tratamentos T2 e T5 receberam o mesmo tipo de efluente como água de irrigação, e mesmo que o tratamento T5 não tenha recebido adubação de cobertura, a concentração de potássio no solo foi estatisticamente semelhante para os dois. O efluente nitrificado utilizado para irrigação apresenta uma quantidade maior de potássio em relação ao efluente anaeróbio, uma vez que o potássio era utilizado nos filtros aeróbios para tamponar o meio devido o processo de nitrificação consumir alcalinidade.

O cálcio foi incorporado a cultura pela calagem, que utilizou a cal hidratada (constituída de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio). Antes do plantio, o valor da concentração de cálcio no solo estava muito baixo e após a realização do experimento os valores foram elevados para todos os tratamentos adubados (CAMARGOS 2005), embora não tenha sido encontrada significância estatística entre os tratamentos. O valor máximo encontrado foi de $107,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o tratamento T6 (água limpa e adubação). Entretanto, esse valor foi estatisticamente semelhante para todos os demais tratamentos adubados.

O teor de magnésio no solo antes do plantio foi considerado médio, de acordo com Camargos (2005). Após a realização do experimento o valor médio para todos os tratamentos aumentou e não apresentaram diferença estatística significativa entre si. O efluente nitrificado e o efluente anaeróbio possuem concentrações semelhantes de magnésio, e não influenciou na análise do solo.

Com relação ao sódio, após o início do experimento, os teores aumentaram para todos os tratamentos. Estudos realizados por Medeiros *et al.* (2005) demonstraram aumento na concentração de sódio no solo por meio de

irrigação com efluente tratado. Essa concentração deve ser monitorada uma vez que o sódio é um elemento fitotóxico e está relacionado a dispersão de argila, em um processo de impermeabilização do solo.

A análise estatística dos dados mostrou que os tratamentos irrigados com efluente ocasionaram um aumento maior na concentração de sódio no solo de cultivo. Para o efluente nitrificado (tratamentos T2 e T5) a realização ou não da adubação não influenciou no aumento do teor de sódio, atingindo valores de 8,1 e 8,4 mmol_c dm⁻³ respectivamente. Comparando-se esses valores médios, dos tratamentos com o efluente nitrificado e os tratamentos irrigados com água limpa houve um aumento de 60% na concentração de sódio no solo.

Efetuada-se uma mesma comparação utilizando os canteiros que foram irrigados com o efluente anaeróbico, também não houve diferença estatística significativa entre o tratamento adubado ou não adubado, mas é possível perceber uma tendência de acúmulo de sódio no solo para o tratamento T3 que recebeu adubação de cobertura. A comparação em relação aos canteiros irrigados com água, o aumento na concentração de sódio atingiu valores 45% maiores.

Com relação aos tratamentos T1 e T6 que utilizaram água de abastecimento na irrigação, os mesmos não apresentaram diferenças estatísticas, apesar de ter havido um valor absoluto maior com relação ao tratamento adubado.

5.1.1.3 Acidez potencial, Soma de Bases, Capacidade de Troca Catiônica e Saturação de Bases

A acidez potencial (H+Al) divide-se em acidez trocável e acidez não trocável. A acidez trocável refere-se aos íons H⁺ e Al³⁺ que estão retidos na superfície dos colóides do solo por forças eletrostáticas. A quantidade de hidrogênio trocável em condições naturais parece ser pequena. A acidez não trocável é representada pelo hidrogênio de ligação covalente, associado aos

colóides com carga negativa variável e aos compostos de alumínio. A acidez potencial corresponde à soma da acidez trocável e da acidez não trocável do solo. A acidez potencial não pode apresentar valores elevados pois limita o crescimento das raízes e ocupa espaço nos colóides, possibilitando que nutrientes essenciais fiquem livres na solução e sejam lixiviados (CHAVES, 2005).

Com relação à Acidez potencial os tratamentos empregados não apresentaram diferenças significativas entre si. De acordo com Camargos (2005) a acidez potencial para o solo foi classificada como média, mesma classificação do solo inicial.

Com relação a soma de bases, no início do experimento, o valor encontrado era classificado como médio de acordo com Camargos (2005). Após a realização do experimento houve um aumento nesse valor. Valores mais elevados foram encontrados para todos os tratamentos que receberam adubação de cobertura (T2, T3 e T6). Os tratamentos sem adubação complementar apresentaram valores mais baixos. Entretanto, para todos os tratamentos a Soma de Bases foi classificada como muito elevada (CAMARGOS, 2005).

Os dados de acidez potencial e soma de bases são importantes, pois quanto maior a soma de bases, mais básico um solo é, e quanto maior a acidez potencial mais ácido é o solo. Estudos realizados por Medeiros *et al* (2005) demonstraram uma diminuição na acidez potencial do solo irrigado com efluente em comparação com um solo irrigado com água.

A CTC (Capacidade de troca catiônica) refere-se a quantidade total de cátions que um solo, ou algum de seus constituintes, pode adsorver e trocar a um pH específico, em geral pH 7,0. No solo, a CTC é devida à superfície específica e às cargas inerentes ou acidentais de colóides eletronegativos, como os minerais de argila, a sílica coloidal e o húmus.

No início do experimento, a CTC do solo foi classificada como média. Os tratamentos que não receberam adubação de cobertura apresentaram valores menores de CTC e não diferiram estatisticamente entre si. Para esses tratamentos o valor encontrado de CTC variou de 115,5 a 124,0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ o que eleva a classificação para CTC alta. Já os tratamentos com adubação de cobertura apresentaram valores maiores e também não apresentaram diferenças significativas. Os valores variaram de 158,9 a 190,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ e o foi classificado como alta CTC (CAMARGO, 2005).

A saturação por bases (V%) consiste na razão entre a soma de bases trocáveis (SB) pela capacidade de troca de cátions a pH 7 (CTC), com os resultados expressos em porcentagem. A análise estatística dos resultados demonstraram que não houve diferença significativa entre todos os tratamentos. Os valores encontrados aumentaram em relação ao valor mensurado no começo do experimento. No início do experimento, a saturação por bases apresentava um teor classificado como médio e após a realização do experimento a classificação foi alterada para alta (CAMARGO, 2005). Em estudos realizados com milho Hernandez & Silveira (1998) demonstraram que houve um aumento na produtividade com o aumento do valor da saturação por bases. A cultura de rosas possui melhor crescimento quando os valores de saturação por bases são elevados a 80% (Ruralnet, 2010).

5.1.1.4 Razão de adsorção de Sódio e Porcentagem de sódio trocável

No calculo da razão de adsorção de sódio o valor encontrado para o solo antes do experimento era menor que 0,1 $(\text{meq L}^{-1})^{0,5}$. Em todos os tratamentos, notou-se um aumento no valor da RAS. O menor valor encontrado foi para o tratamento T1 que não recebeu adubação de cobertura e foi irrigado com água. Os dois tratamentos que utilizaram água limpa na irrigação não diferiram

entre si estatisticamente e apresentaram valores de RAS de 0,5 e 0,8 (meq L^{-1})^{0,5}. Por sua vez o maior valor encontrado foi no tratamento T5 (efluente nitrificado sem adubação) que apresentou valor de RAS de 1,3 (meq L^{-1})^{0,5} sendo que esse valor não apresentou significância estatística para os tratamentos T2, T3, T4 e T6.

O aumento no valor da RAS deve-se a grande quantidade de sódio que estava presente no solo. Friedman *et al.* (2007) encontrou valores de RAS bastante elevados (15 (meq L^{-1})^{0,5}) em solo irrigado por 2 anos com efluente tratado no cultivo de girassóis valor esse bastante elevado podendo ser prejudicial ao solo. Também utilizando efluente tratado como água de irrigação, Medeiros *et al* (2005) avaliou a RAS no solo e verificou um aumento na RAS tanto utilizando água limpa quanto efluente como fonte de irrigação para cultura de café.

De acordo com Tanji & Kielen (2002), deve atentar quanto a toxicidade devido aos valores da RAS e do sódio quando a RAS da água de irrigação é alta, pois o efeito tóxico do sódio tende a aumentar a medida que a infiltração de água torna-se deficiente. De acordo com Richards (1954), *apud* Freire & Freire (2007), um solo é sódico se apresentar RAS superior a 13. Rengasamy & Olsson (1991) são mais restritivos quanto a esses valores uma vez que consideram solos sódicos aqueles com valor da RAS é maior que 3.

Com relação a porcentagem de sódio trocável (PST) notou-se um aumento nos valores de todos os tratamentos. A análise estatística demonstrou que para os tratamentos que utilizaram efluente (tanto o anaeróbio quanto o nitrificado) apresentaram maiores valores com relação a PST variando de 4,6 a 6,7 sem apresentarem diferenças estatísticas significativas. Segundo Dias *et al.* (2004) quando os valores da PST atingem 15% o solo é considerado sódico. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2006) considera o solo inapto ao uso de efluente para irrigação quando os valores da PST chegam a 6% (valor ultrapassado pelo tratamento T5) e Pizarro (1990) classifica como solo

normal aqueles que apresentam PST menor que 7%. Entretanto, Freire & Freire (2007) argumentam a respeito de se estabelecer um valor fixo máximo para a PST uma vez que a textura do solo influem nos valores da PST. Como os valores observados nesse experimento estão dentro dos recomendados por Pizarro (1990) não há necessidade de retirada de sais do efluente pelo processo de osmose reversa, o qual é muito caro e torna praticamente inviável o tratamento do efluente visando o uso agrícola. Entretanto, em áreas de escassez de água, quando necessário a retirada de sais deve ocorrer em se tratando de ser a ultima solução.

Por se tratar de solo arenoso a lixiviação do sódio é favorecida, o que não trás tantos problemas a cultura (RAIJ, 1991) embora o experimento tenha ocorrido em ambiente protegido onde não há interferências de chuva.

5.1.2 Condutividade elétrica na solução do solo

A condutividade elétrica foi determinada através de extratores de ponta porosa instalados nos canteiros na profundidade de 0,10 m. foi determinado a concentração elétrica da solução extraída dos extratores em três momentos distintos, logo após a adubação de plantio, após um ano de experimento e aos 18 meses de experimento.

Os dados obtidos da condutividade da solução foram ajustados de acordo com a formula (DIAS *et al.*, 2004):

Equação 3 - Determinação da condutividade elétrica no extrato de saturação do solo

$$CEes = \frac{CEscp \times Uscp}{Us}$$

Onde:

CEes= condutividade elétrica no extrato de saturação (dS m¹)

CEscp = condutividade elétrica da solução do solo obtida com extrator de cápsula porosa (dS m¹)

Uscp = umidade do solo no momento da extração pelo extrator (g/g)

Us= umidade do solo na pasta saturada (g/g)

A umidade do solo na pasta de saturação foi determinada por três amostras de solo. Foi adicionada água destilada gradualmente a 400g de solo seco ao ar até que a pasta saturada apresentasse as características desejadas, como superfície brilhosa, movimento lento em posição inclinada e fácil deslizamento sobre a espátula (DIAS *et al.*, 2004).

Os dados obtidos da condutividade elétrica no extrato de saturação estão representados na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores da condutividade elétrica (dS m^{-1}) na solução do solo

Tratamento	12 meses	18 meses
	----- dS m^{-1} -----	
T1	2,2	0,6
T2	5,0	1,8
T3	3,4	1,0
T4	2,4	0,8
T5	4,3	1,3
T6	3,2	0,8

T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Aneróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação

Logo após a adubação os valores encontrados da condutividade elétrica foram bastante elevados. Dessa forma os íons estavam incorporados ao solo aumentando os valores da condutividade elétrica. Com o passar do experimento esses valores foram abaixando e nota-se valores mais baixos de condutividade para os tratamentos que utilizaram água de abastecimento (T1 e

T6). Os valores encontrados para os tratamentos que utilizaram o efluente anaeróbio também foram inferiores aos tratamentos utilizando o efluente nitrificado. O efluente nitrificado continha maiores teores de sais dissolvidos.

Cada espécie vegetal apresenta determinado nível de tolerância quanto à salinidade. A medida que o valor ultrapassa esse nível há um decréscimo na produtividade. De acordo com Davidson e Boodley (1987) a redução de produtividade na roseira ocorre quando os valores da condutividade elétrica da solução do solo é maior ou igual a 3 dS m^{-1} , estando o solo numa etapa final de experimento dentro desse limite para que não ocorra perda na produtividade. Já segundo Casarini (2007) há uma redução de 15% na produção quando os valores para condutividade elétrica de extrato de solução está acima de $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ contendo HCO_3^- , Na^+ e Cl^- , ocasionando clorose e má formação de novos ramos.

Avaliando-se, em conjunto, a condutividade elétrica e a porcentagem de sódio trocável em todos os tratamentos, vê-se que o solo não apresenta problemas de salinidade nem danos à sua estrutura, sendo classificado como solo normal por apresentar $\text{CE} < 2,000 \text{ dS m}^{-1}$ e $\text{PST} < 7\%$ (Pizarro, 1990)

5.1.3 Análise dos teores de metais pesados presentes no solo

A Tabela 11 ilustra os dados coletados da concentração média de metais pesados no solo.

Tabela 11 - Concentrações (mg kg⁻¹) de metais pesados no solo

tempo	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn	
	-----mg Kg ⁻¹ -----						
Co	<0,1	0,3	2,7	<0,1	<0,1	0,2	
T1	12 meses	1,1*	7,8*	36,4*	73,6*	5,3*	14,7*
	18 meses	1,8	12,0**	43,7**	81,4**	7,2**	21,6**
T2	12 meses	1,2*	7,5*	37,4*	76,6*	5,5*	15,4*
	18 meses	1,8	12,2**	45,2**	82,7**	8,0**	22,2**
T3	12 meses	1,2*	7,7*	38,7*	76,6*	5,8*	15,8*
	18 meses	1,3**	9,2**	36,1**	64,6**	5,0**	19,3**
T4	12 meses	1,1*	7,9*	37,9*	83,4*	5,4*	13,7*
	18 meses	1,2**	8,9**	33,6**	58,6**	4,6**	14,6**
T5	12 meses	1,1*	7,6*	37,9*	78,5*	5,5*	13,5*
	18 meses	1,3**	9,6**	35,2**	66,7**	7,0**	13,6**
T6	12 meses	1,2*	7,7*	38,7*	76,6*	5,7*	15,8*
	18 meses	1,2**	9,6**	36,8**	67,3**	5,8**	14,2**

Co: concentrações iniciais no solo antes do início do experimento

T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Anaeróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação

* sem diferença significativa na comparação entre tratamentos P<0,05

** sem diferença significativa na comparação com 12 meses P<0,05

As análises de metais pesados foram realizadas na camada superficial do solo (0-0,10 m) segundo Andrade & Abreu (2006).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2005) estabelece dois valores para metais pesados. Os valores de referência, na qual o solo contendo valores de metais abaixo do limite apresenta característica normal de qualidade e valores de prevenção, a partir do qual o solo começa a ter sua qualidade prejudicada podendo haver contaminação do solo e da água subterrânea.

Com relação ao cádmio a concentração desse elemento no solo para todos os tratamentos aos 12 meses estava abaixo dos limites de prevenção. A análise realizada posteriormente, aos 18 meses demonstrou que houve um aumento na concentração para os tratamentos T1 e T2 onde os valores da concentração chegaram a $1,8 \text{ mg.kg}^{-1}$. Esses valores de aumento foram significativos segundo o teste de tukey ($\alpha=0,95$) e elevaram a concentração para valores acima dos valores de prevenção. A concentração está dentro da faixa dos valores de intervenção proposto pela CETESB para solos agrícola que é de 3 mg.kg^{-1} . A concentração média de cádmio nos solos varia entre 0,6 e $1,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ (KABATA-PENDIAS & MUKHERJEE, 2007), estando o valor encontrado portanto acima da faixa de valores comuns. Nos demais tratamentos não houve diferença estatística comparando-se os resultados encontrados aos 12 e aos 18 meses.

Quanto a concentração dos demais metais (chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco) em todos os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si. Da mesma forma, as análises realizadas para esses metais demonstraram não haver um aumento na concentração dos mesmos comparando-se os resultados obtidos aos 12 e aos 18 meses de experimento.

Os teores encontrados de chumbo variaram de 7,5 a $12,2 \text{ mg kg}^{-1}$ valores que se encontram dentro do limite de referência de qualidade. Esse valor está também abaixo da faixa mundial de Pb em solos que é de 10 a 150 mg kg^{-1} (HE *et al*, 2005). O cobre apresentou valores de concentração entre 35,2 e $45,2 \text{ m}$

.kg⁻¹ ficando dentro dos limites de prevenção. As concentrações de cobre encontradas estão também dentro da faixa mundial de cobre nos solos que é de 1 a 140 mg kg⁻¹ (KABATA-PENDIAS & MUKHERJEE, 2007). O cromo variou nos tratamentos entre 58,6 e 83,4 mg kg⁻¹. Na primeira análise, o tratamento T1 apresentaram valores de concentração de cromo dentro do limite de prevenção. Para os demais tratamentos o cromo estava acima desse limite, estando entretanto abaixo do valor de intervenção para solos agrícolas. Na segunda análise, aos 18 meses os tratamentos T3, T4, T5 e T6 apresentaram valores abaixo do encontrado aos dozes meses sendo esses valores dentro do limite de prevenção. Os tratamentos T1 e T2 foram classificados como acima do limite de prevenção, embora não tenham atingido o limite de intervenção para solos agrícolas. A concentração média mundial de cromo nos solos é de 54mg kg⁻¹ (MUKHERJEE, 2007), podendo variar entre 20 a 200 mg kg⁻¹ (HE *et al.*, 2005).

Níquel e zinco, em todos os tratamentos apresentaram valores de concentração dentro do limite da referência de qualidade. Esses valores estão também dentro dos limites da média mundial. A concentração de níquel nos solos varia de forma bastante acentuada, mas a concentração média mundial é de 40 mg kg⁻¹. Já o zinco apresenta concentração média mundial na faixa de 43 mg kg⁻¹ (KABATA-PENDIAS & MUKHERJEE, 2007) estando os valores encontrados no solo utilizado pela pesquisa abaixo dessas médias.

Para todos os metais analisados houve um aumento bastante acentuado comparando-se as condições iniciais do solo antes do plantio. Entretanto, esse aumento aconteceu de forma igualitária para todos os tratamentos, independente da água utilizada para irrigação ou do manejo de adubação adotado. De acordo com Ramalho *et al.*(2000) a pulverização de agrotóxicos e pesticidas nas culturas agrícolas aumenta a concentração de metais pesados totais no solo, uma vez que esses elementos fazem parte da composição dos defensivos. A variedade de rosa empregada na pesquisa era bastante

suscetível a ataque de fungos e pulgões, o que fez com que fosse necessárias constantes pulverizações ao longo do experimento. Tais pulverizações foram responsáveis pelo aumento da concentração de metais pesados no solo, uma vez que o experimento ocorreu em ambiente fechado e não sofreu lixiviação pela ação de chuvas.

Pereira (2009) encontrou valores maiores na concentração dos metais em solos nas quais foram cultivados citrus irrigados ao longo de 11 anos com efluente de esgoto tratado. Na pesquisa realizada, de cobre, níquel, cádmio, cromo e chumbo foram bem superiores quando se utilizou efluente na irrigação alcançando aumento nas concentrações desses metais de 20, 143, 19, 58 e 92% respectivamente valores esses que entretanto não ultrapassaram os limites comuns.

5.2 Caracterização da qualidade da cultura

Na Tabela 12 estão apresentados os valores médios obtidos em cada tratamento para as análises efetuadas nesse estudo para diâmetro do botão (DB), altura do botão (HB), diâmetro da haste (DH) e número total de hastes comerciais produzidas.

Tabela 12 - Valores médios observados para os padrões relativos à produtividade das flores

	Diâmetro do botão	Altura do botão	Diâmetro da Haste	Número de hastes comerciais
	----- cm -----			
Tratamento 1	3,20	4,50	0,53	230
Tratamento 2	3,30	4,45	0,51	324
Tratamento 3	3,15	4,43	0,50	317
Tratamento 4	3,24	4,53	0,50	329
Tratamento 5	3,32	4,55	0,51	359
Tratamento 6	3,37	4,58	0,68	245

T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Anaeróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação

5.2.1 Comprimento e Diâmetro dos botões florais

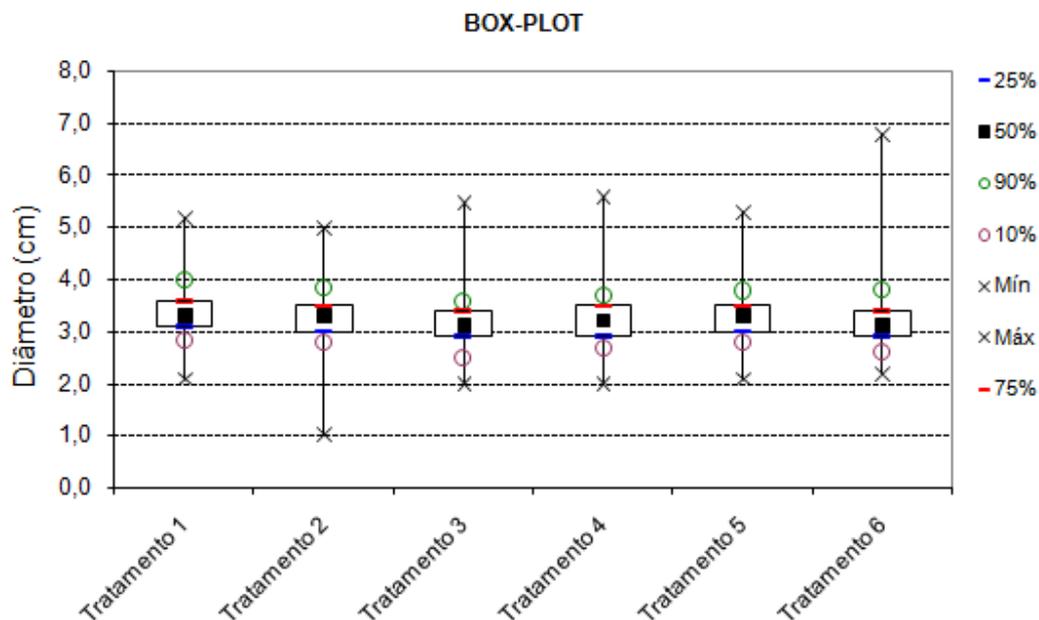
As Tabelas 13 e 14 representam uma comparação entre os tratamentos empregados quanto aos valores mensurados do comprimento e diâmetro dos botões florais. Na

Figura 14 e Figura 15 estão representados os gráficos Box-Plot comparando todos os tratamentos avaliados.

Tabela 13 - Análise do diâmetro (cm) dos botões florais produzidos

Diâmetro do botão (cm)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Média	3,30	3,15	3,24	3,32	3,20	3,37
tukey 5%	abc	d	bd	ab	cd	a
Desvio	0,51	0,50	0,50	0,51	0,57	0,51
Máximo	5	5,50	5,60	5,30	6,80	5,20
Mínimo	1	2,00	2,00	2,10	2,20	2,10
Coefficiente de Variância	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15	0,18

T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Anaeróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação
Letras iguais no teste de tukey representam não haver diferenças estatísticas entre os tratamentos ($\alpha=0,05$)



T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Anaeróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação

Figura 14 - Gráfico blox-plot da análise comparativa do diâmetro dos botões produzidos

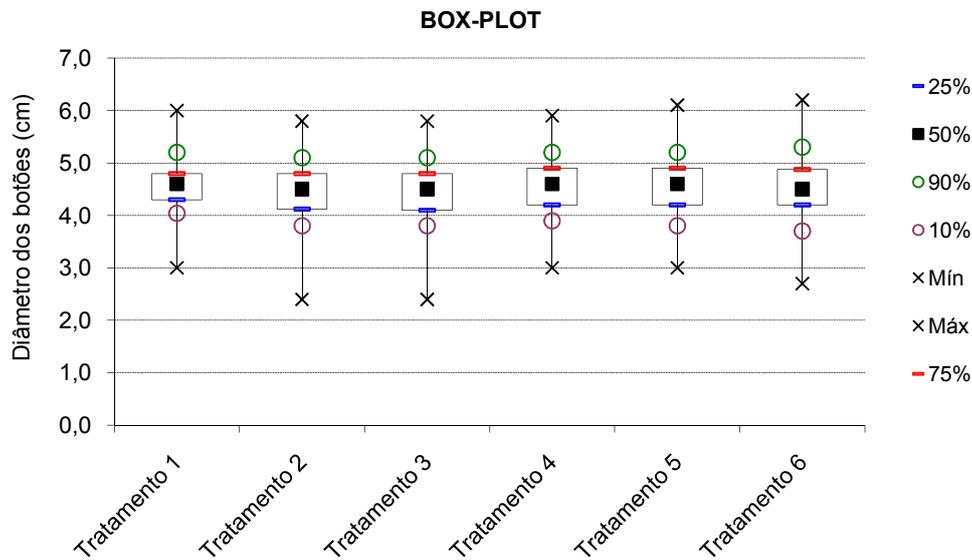
De acordo com os resultados obtidos, as maiores médias para o diâmetro dos botões florais foram alcançadas nos tratamentos que utilizaram água de abastecimento (tanto as parcelas adubadas quanto as parcelas não adubadas) e para a parcela que recebeu o efluente anaeróbio que não recebeu adubação. Para esses três tratamentos não houve diferença estatística entre si pelo teste de tukey 5%. Um menor tamanho do diâmetro foi encontrado nas parcelas irrigadas com o efluente nitrificado (com e sem adubação) e para o tratamento que recebeu o efluente anaeróbio que recebeu adubação. Essa diminuição é explicada por Casarini (2004) que notificou haver uma tendência de redução do valor do diâmetro dos botões florais à medida que se aumenta a dose de nitrogênio e potássio aplicado a planta.

Essas doses foram maiores para o efluente nitrificado na qual o nitrogênio presente foi convertido para a forma de $N-NO_3^-$ que é mais facilmente absorvido pela planta. A concentração de potássio desse efluente também é maior devido à adição do carbonato de potássio.

Tabela 14 - Análise comparativa do comprimento (cm) dos botões produzidos

	Comprimento do botão (cm)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Média	4,58	4,45	4,43	4,53	4,55	4,50
tukey 5%	a	ab	b	ab	ab	ab
Desvio	0,49	0,53	0,53	0,51	0,57	0,60
Máximo	6,00	5,80	5,90	5,90	6,10	6,20
Mínimo	3,00	2,40	2,40	3,00	3,00	2,70
n	245	323	317	329	350	230

T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Aneróbio; T5 – Efl Nitrificado; T6 – Água + Adubação
 Letras iguais no teste de tukey representam não haver diferenças estatísticas entre os tratamentos ($\alpha=0,05$)



T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Aneróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação

Figura 15 - Gráfico blox-plot da análise comparativa do comprimento dos botões produzidos

Pelas análises estatísticas quanto ao comprimento dos botões florais produzidos o único tratamento que apresentou diferença significativa pelo teste de tukey 5% foi entre o tratamento 1, irrigado com água, e o tratamento 3, irrigado com efluente anaeróbio com adubação de cobertura. Pela análise comparativa, o tratamento 1 apresentou um aumento do tamanho do comprimento dos botões florais médio de 4% (1,5 mm), valor esse considerado baixo e imperceptível.

Segundo Casarini (2004), o nitrogênio faz parte da composição das proteínas presentes nas flores e está correlacionado com o crescimento dos botões florais, sendo necessário um balanço de nitrogênio e potássio no solo de forma e não produzir botões desproporcionais e flácidos. Um aumento na concentração de nitrogênio no solo pode levar a produção de um botão floral maior, porém com menor qualidade não sendo o mesmo vistoso e resistindo menos no pós colheita.

5.2.2 Diâmetro das Hastes produzidas

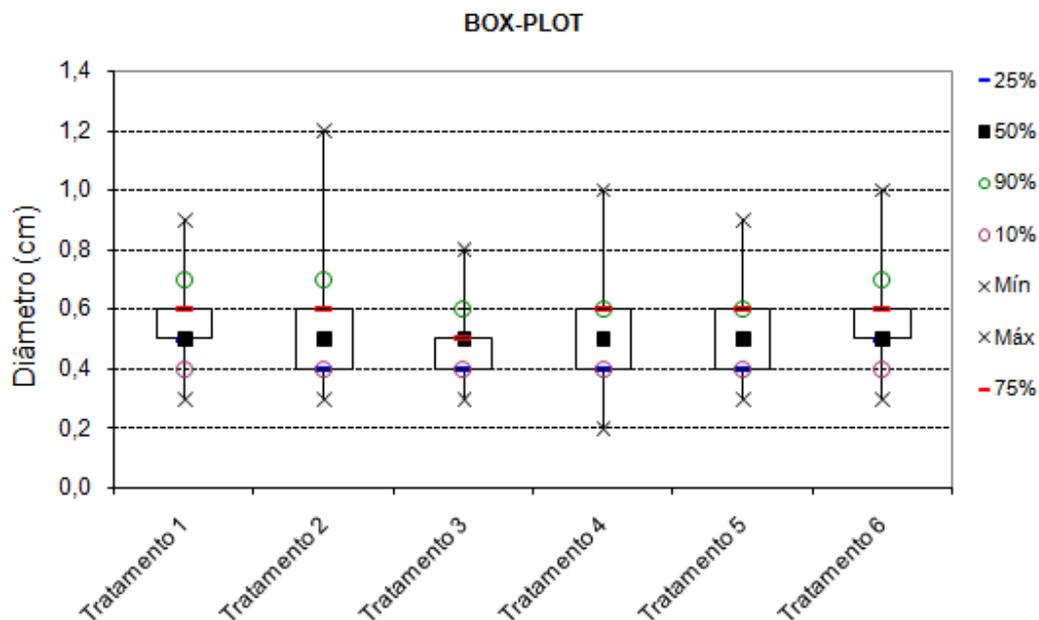
A Tabela 15 e a Figura 16 trazem os valores representativos do diâmetro das hastes produzidas em centímetros para os diferentes tratamentos.

Tabela 15 - Médias dos diâmetros das hastes (cm) produzidas em cada tratamento

Diâmetro da haste (cm)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Média	0,52	0,51	0,50	0,50	0,51	0,53
tukey 5%	ab	a	a	ab	ab	b
Desvio	0,14	0,12	0,09	0,12	0,10	0,12
Máximo	0,90	1,20	0,80	1,00	0,90	1,00
Mínimo	0,30	0,30	0,30	0,20	0,30	0,30
n	245	324	317	329	350	230

T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Aneróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação

Letras iguais no teste de tukey representam não haver diferenças estatísticas entre os tratamentos ($\alpha=0,05$)



T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Anaeróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação

Figura 16 - Gráfico Box-Plot do diâmetro das hastes para cada tratamento

A análise estatística (tukey 5%) dos valores mensurados para o diâmetro das hastes apresentou diferença significativa apenas entre o tratamento 6 (água de abastecimento com adubação de cobertura que apresentou valores médios maiores) e os tratamentos 2 e 3 (efluentes nitrificado e anaeróbio, ambos com adubação de cobertura).

No geral, os tratamentos apresentaram valores similares de média do diâmetro das hastes.

Segundo Casarini (2001) as hastes com diâmetro igual ou maiores que 0,60 cm apresentam maior qualidade e tem maior durabilidade no pós colheita, o que aumenta a aceitação pelo mercado consumidor, obtendo melhores preços

para o produto. A Tabela 16 apresenta a frequência encontrada para hastes com diâmetro maior ou igual a 0,60 cm.

Tabela 16 - Frequência encontrada nos tratamentos para diâmetro de hastes maiores ou iguais a 0,60 cm

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
fi	38%*	28%	21%**	26%	27%	33%*

T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Anaeróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação

*valores significativos pelo teste de comparação de proporções.

A análise estatística de proporção ($\alpha=0,95$) demonstrou que as maiores frequências foram encontradas para os tratamentos que utilizaram água de abastecimento na irrigação (tratamentos 1 e 6). Apesar de não haver diferença estatística entre os dois tratamentos houve uma tendência de se encontrar maiores números de hastes com esse padrão para o tratamento 1 (não adubado). Com relação aos demais tratamentos estatisticamente, houve diferença significativa entre o tratamento 3 e os demais. Dessa forma, o tratamento que utilizou o efluente anaeróbio juntamente com a adubação convencional foi o que apresentou a menor frequência de hastes com diâmetros de maior valor comercial.

De acordo com estudos de Casarini (2004) as doses aplicadas de nitrogênio e potássio não influenciaram na variável diâmetro das hastes, embora tenha demonstrado uma tendência na redução do diâmetro aumentando-se as doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação.

5.2.3 Comprimento das Hastes

Um dos parâmetros de maior importância para a comercialização das rosas é o comprimento de suas hastes. Nas fazendas produtoras, as rosas são sempre classificadas de acordo com o seu comprimento. Dessa forma, após as colheitas, nas unidades de embalagem, as hastes são separadas em 30, 40 e 60 cm.

As hastes de 30 cm são classificadas como curtas, as de 40 cm como médias e as de 60 cm como hastes longas e assim sendo possuem um maior valor na sua comercialização. Após a separação as rosas são cortadas de acordo com suas classificações e embaladas em pacotes homogêneos.

A Tabela 17 apresenta os valores relativos aos comprimentos de hastes obtidos no desenvolvimento da pesquisa.

Tabela 17 - Frequência dos comprimentos de hastes comercializáveis para cada tratamento

Tamanho da Haste (cm)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Fi					
30	40%	42%	40%	44%	43%	44%
40	53%	49%	53%	50%	49%	45%
60	7%	9%	7%	6%	8%	10%

T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Aneróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação

Pela análise estatística do teste de proporções com nível de confiança de 0,95 não houve diferença significativa na frequência do comprimento das hastes das rosas. Ainda assim nota-se uma tendência de aumento da frequência de hastes maiores ou iguais a 60 cm para os tratamentos 2, 5 e 6.

Estudos realizados por Casarini (2001) demonstraram que o crescimento das hastes estão relacionadas com a lâmina hídrica aplicada, havendo um aumento no valor médio da altura das hastes em função da quantidade de água disponível pela irrigação. Casarini (2004) afirma também que

um aumento nas doses de nitrogênio aplicado podem ocasionar uma redução no comprimento das hastes das rosas.

Woodson & Boodley (1982) demonstraram haver uma redução no tamanho das hastes quando as rosas foram fertilizadas com nitrogênio na forma de amônio e valores maiores de hastes quando a adubação nitrogenada acontecia na forma de nitrato.

Os tratamentos 2 e 5 receberam o efluente nitrificado como fonte de água, e esse efluente é rico em nitrato, já o efluente anaeróbio é rico em amônio. Esse fator pode ter contribuído para um aumento na frequência de hastes maiores para os tratamentos irrigados com o efluente nitrificado, embora não tenha havido distinção estatística entre os tratamentos.

Em estudos realizado em Israel, cultivando rosas por meio de hidroponia, Nirit *et al.* (2006) não encontraram diferenças de proporção do tamanho das rosas utilizando efluente tratado ou água potável para irrigação.

5.2.4 Massa Fresca e Massa Seca dos Botões Florais

Tabela 18 - Valores médios da massa fresca dos botões (g) logo após as colheitas

Massa dos botões frescos (g)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Média	9,87	10,04	9,08	10,01	10,46	10,09
tukey 5%	ab	a	b	a	a	a
Desvio Padrão	3,04	3,30	2,96	3,33	3,11	3,51
Máximo	22,46	20,12	20,94	24,37	20,93	20,58
Mínimo	1,30	3,44	4,17	4,14	4,91	3,61
n	164	200	216	234	237	162

T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Anaeróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação
Tukey 5% letras iguais representam valor que não diferem estatisticamente entre si

Os valores apresentados na Tabela 18 mostram as análises realizadas quanto à massa fresca dos botões. A análise estatística pelo teste de tukey demonstrou não haver diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos 1, 2, 4, 5 e 6. O tratamento 3 (efluente anaeróbio com adubação convencional) apresentou valores menores para esse parâmetro.

Tabela 19 - Massa (g) dos botões secos em estufa

Massa dos botões secos (g)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Média	1,48	1,44	1,35	1,51	1,59	1,51
tukey 5%	ac	cd	d	abc	ab	abc
Desvio	0,34	0,35	0,36	0,36	0,35	0,39
Máximo	2,61	2,44	2,83	3,08	2,67	2,67
Mínimo	0,68	0,63	0,53	0,75	0,72	0,68
% massa seca	15%	14%	15%	15%	15%	15%
n	148	195	237	214	218	134

T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Anaeróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação

Tukey 5% letras iguais representam valor que não diferem estatisticamente entre si

As análises estatísticas com relação à massa seca apresentados na Tabela 19 demonstram não haver muita diferença entre todos os tratamentos empregados na realização dessa pesquisa. O tratamento que apresentou menores médias de valores de massa seca foi o tratamento 3 com valor de 1,35 g. Ainda assim, pelo teste de tukey ($\alpha=0,05$) esses dados são estatisticamente iguais aos mensurados para o tratamento 2.

Já o tratamento que apresentou maiores valores médios com relação à massa seca dos botões foi o tratamento 5, sendo que esse por sua vez é estatisticamente semelhantes a todos os demais (com exceção do tratamento 3).

5.2.5 Qualidade comercial da cultura quanto suas hastes

Um fator importante do ponto de vista de valoração das rosas está na característica das suas hastes. Nas fazendas produtoras, o produto colhido é separado quanto em hastes retas e hastes curvadas. As hastes retas apresentam maior valor de venda.

Tabela 20 - Proporção da qualidade das hastes para todos os tratamentos empregados

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
qualidade	Fi					
Reto	47%	36%	47%	36%	45%	47%
Levemente Torto	33%	43%	36%	40%	37%	36%
Torto	20%	21%	17%	24%	18%	18%
Total	243	324	317	329	347	230

T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Anaeróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação

A análise estatística de comparação entre proporções com nível de significância de 0,95 demonstrou que os tratamentos 1, 3, 5 e 6 apresentaram proporções maiores quanto a quantidade de hastes retas encontradas nas colheitas. Os tratamentos que utilizaram água de abastecimento, correspondentes aos tratamentos 1 e 6 apresentaram mesmo valor proporcional para a frequência do número de hastes retas, equivalentes a 47%. Por sua vez, os tratamentos 3 e 5 corresponderam aqueles que utilizaram o efluente anaeróbio com adubação e nitrificado sem adubação apresentaram valores de frequência de hastes retas de 47 e 45% respectivamente.

Já os tratamentos 2 e 4 foram estatisticamente semelhantes entre si com relação a proporção, mas significativamente abaixo dos demais tratamentos apresentando valores de 36% de ocorrência de hastes retas para ambos os tratamentos (Tabela 20). Esses valores representam uma ocorrência de 10% menor na proporção de hastes retas, com maior valor comercial.

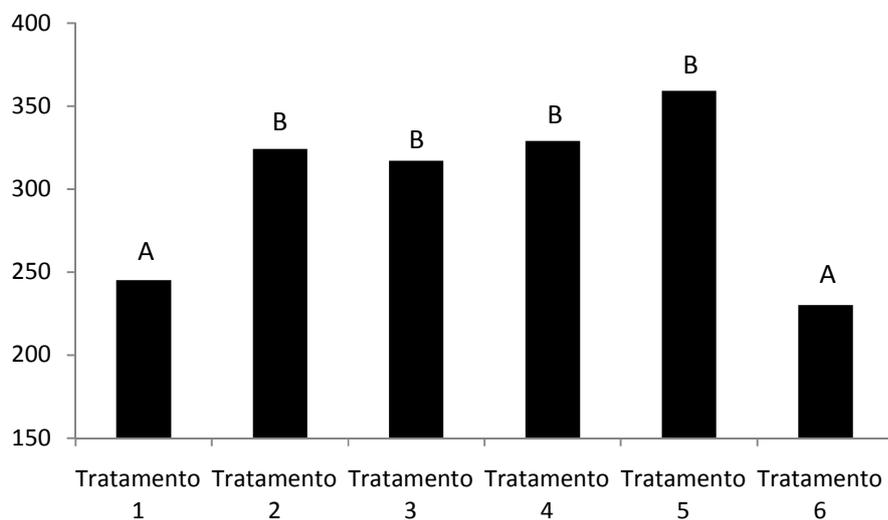
5.3 Produtividade da Cultura

Com relação à produtividade da cultura (Figura 17) para todos os tratamentos que utilizaram água residuária tratada como fonte de água de irrigação, notou-se um aumento na produção de hastes comerciais. Esse aumento foi ainda mais acentuado para os tratamentos 2 e 5 que utilizaram o efluente nitrificado na irrigação e em seqüência para os tratamentos 3 e 4 que utilizaram efluente anaeróbio como fonte de água para irrigação. Entretanto a análise estatística não demonstrou diferença entre os tratamentos 2,3,4 e 5.

Segundo Garbin (2005) as espécies da família *Rosaceae* são plantas especialistas no consumo de nitrogênio na forma de nitrato. O efluente nitrificado apresenta uma maior concentração de nitrogênio na forma de nitrato, uma vez que esse passou pelos filtros aeróbios e a amônia presente no efluente foi convertida a nitrato pelo processo de nitrificação. Entretanto estudos realizados por Casarini (2004) não demonstrou diferença significativa de produtividade de rosas adubadas via fertirrigação com diferentes fontes de nitrato.

Outro fator que traz influencia na produtividade das plantas é o potássio. O potássio era adicionado ao efluente que chegava ao filtro de areia na forma de carbonato de potássio servindo como solução tampão de forma a manter o pH constante para o processo de nitrificação que ocorre dentro do filtro. Conforme observado por Casarini (2005) houve uma redução na produtividade das plantas de acordo com o aumento da concentração de potássio. Outro fato observado foi que para todos os canteiros que receberam adubação de cobertura

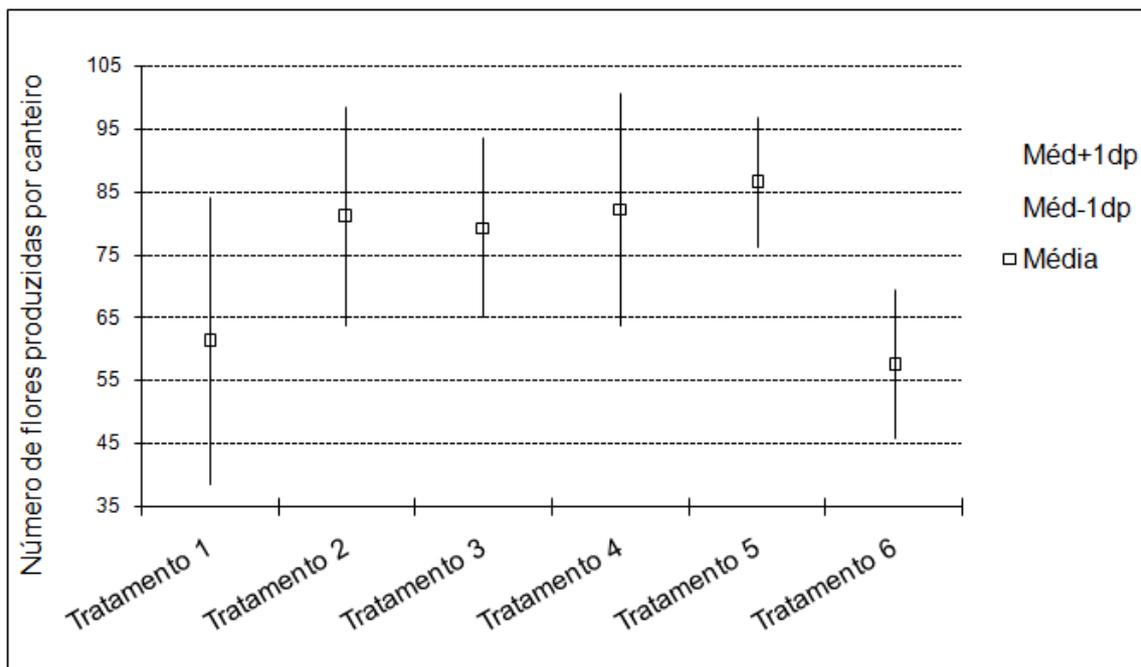
a produtividade foi ligeiramente menor em comparação aos canteiros não adubados, possivelmente pelo aumento na condutividade elétrica da solução do solo.



T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Aneróbio; T5 – Efl. Nitrificado; T6 – Água + Adubação

Tukey 5% letras iguais representam valor que não diferem estatisticamente entre si

Figura 17 - Número total de hastes comerciáveis



T1 – Água; T2 – Efl. Nitrificado + Adubação; T3 – Efl. Anaeróbio + Adubação; T4 – Efl. Aneróbio; T5 – Efl Nitrificado; T6 – Água + Adubação

Figura 18 - Gráfico de produtividade média de hastes comercializáveis por canteiro para cada tratamento

A análise do gráfico da Figura 18 nota-se um aumento da produtividade para todos os canteiros que utilizaram efluente nitrificado como fonte de água para irrigação. O maior valor médio encontrado foi para o tratamento 5 que utilizou o efluente sem adubação de cobertura, demonstrando que o efluente pode ceder os nutrientes necessários para a produtividade da cultura.

As rosas possuem característica de armazenar grande quantidade de nitrogênio para posterior utilização, e dessa forma, nas primeiras colheitas, geralmente não são notadas diferenças entre aplicação de nitrogênio e produtividade da cultura (CABRERA *et al.* 1995). Em estudos realizados mais tarde, Cabrera *et al.* (2000) não encontrou variação da produtividade de rosas quando aplicou diferentes doses de nitrogênio no período do inverno. Entretanto

nos meses de verão foi encontrado diferença na produtividade aumentando em relação as doses aplicadas. Segundo o autor, nos meses de inverno, a redução da luminosidade e do fotoperíodo diminuem a absorção de do fertilizante para esses períodos.

Esses dados diferem de Nirit *et al.* (2006) onde não foi encontrado diferença de produtividade utilizando rosas hidropônicas irrigadas com efluente tratado ou água potável

6. CONCLUSÕES

Com a análise estatística dos dados apresentados chegou-se as seguintes conclusões:

1. Com relação a fertilidade do solo

Não foi encontrada diferença estatística quando foi comparado todos os tratamentos empregados no experimento entre os parâmetros, pH, matéria orgânica, teor de magnésio, acidez potencial, saturação e bases.

Com relação ao fósforo apenas o canteiro que utilizou o efluente anaeróbio e recebeu adubação de cobertura apresentou um aumento significativo na sua concentração, acumulando maior quantidade do elemento no solo. O potássio por sua vez apresentou maiores teores nos canteiros adubados (independente da água de irrigação utilizada) em comparação aos canteiros que não receberam a adubação de cobertura.

Os teores de Cálcio e de soma de bases estavam iguais para todos os tratamentos com exceção do tratamento que utilizou água limpa e adubação de cobertura que apresentou os maiores valores. A capacidade de troca catiônica do solo foi igual para todos os tratamentos com exceção do tratamento irrigado com água e o efluente anaeróbio, sendo ambos os que receberam adubação de cobertura.

Dessa forma, a utilização do efluente na irrigação não apresentou danos a fertilidade do solo e de um modo geral as alterações foram as mesmas ocorridas no manejo convencional utilizando água limpa e adubação convencional de cobertura.

2. Com relação aos teores de sódio, porcentagem de sódio trocável, e RAS

A aplicação do efluente nos canteiros demonstrou uma maior concentração de sódio no solo, porém concentração de sódio semelhante foi verificada nos canteiros irrigados com água que receberam adubação convencional.

A porcentagem de sódio trocável foi maior nos solos irrigados com o efluente, porém, esses valores ainda estão dentro dos limites de solo normais, com PST menor que 7%.

Em relação a Razão de Adsorção de Sódio, os valores encontrados para o solo irrigado com o efluente anaeróbio foram superiores aos demais, sem entretanto ocasionar dispersão de argila levando a impermeabilização do solo, por apresentar valores abaixo de 3.

Dessa forma, a utilização dos efluentes na irrigação não apresentou alterações prejudiciais, sendo o solo ainda classificado como solo normal, não havendo impermeabilização ou contaminação pelos teores de sódio.

3. Com relação às concentrações de metais pesados no solo

Para o cádmio os valores encontrados superaram os valores das médias mundial. Os valores foram maiores para os tratamentos que utilizaram água sem adubação e efluente nitrificado com adubação. Para os demais tratamentos não houve diferença estatística entre os valores encontrados. O acúmulo desse metal não foi devido a aplicação do efluente, uma vez que foi semelhante para os tratamentos com água e com efluente nitrificado.

Para os metais chumbo, cobre, níquel e zinco os valores obtidos no trabalho foram semelhantes para todos os tratamentos e estão dentro dos limites permitidos pela CETESB, bem como dentro dos valores médios mundial dos solos.

Para o cromo, os valores obtidos estão acima dos valores médios mundial dos solos, porém ainda dentro dos limites de preservação proposto pela CETESB. Para o metal, não houve diferença estatística significativa comparando-se os diferentes tratamentos empregados.

Para todos os metais houve um aumento significativo da concentração no solo comparando-se aos valores antes do início do experimento. Porém esse aumento não foi ocasionado pela utilização do efluente, uma vez que aconteceu igualmente para todos os tratamentos. O aumento da concentração de metais no solo foi fator das constantes pulverizações que ocorriam para o combate a fungos e pragas às quais a variedade de rosa utilizada é susceptível.

Portanto, a utilização do efluente na irrigação não ocasionou um acúmulo de metais pesados no solo após um período de 18 meses de irrigação.

4. Com relação a produtividade da cultura

A produção de hastes comercializáveis foi maior nos tratamentos que utilizaram efluente comparando-se aos tratamentos utilizando água na irrigação.

Dessa forma a aplicação do efluente aumentou a produtividade da cultura de 30 a 40% e não houve diferença entre os tratamentos adubados e não adubados.

Comparando-se a produção de hastes com maior valor comercial (hastes com tamanho maior ou igual a 60 cm) não houve diferença entre nenhum tratamento empregado nesse estudo.

5. Com relação a qualidade do produto colhido

Para o diâmetro dos botões as médias dos valores foram maiores nos tratamentos irrigados com água de abastecimento e para o tratamento irrigado com o efluente anaeróbio sem adubação. Os dois tratamentos que utilizaram efluente nitrificado e o tratamento que utilizou o efluente anaeróbio sem adubação apresentaram menores valores

O comprimento do botão foi maior no tratamento irrigado com o efluente nitrificado adubado e menor no tratamento irrigado com efluente anaeróbio sem adubação. Nos demais tratamentos não houve diferença

Com relação ao diâmetro das hastes, foram encontradas maiores freqüências de hastes com diâmetro maior ou igual a 0,60 cm (maior valor comercial) nos tratamento irrigados com água de abastecimento. Menores freqüências foram encontradas no tratamento irrigado com efluente anaeróbio adubado. Nos demais não houve diferenças.

Com relação a massa dos botões, a massa fresca mensurada foi menor no tratamento que utilizou o efluente anaeróbio e não recebeu adubação de cobertura. Já a massa seca foi menor em todos os tratamentos que foram irrigados com efluente e receberam a adubação convencional.

A proporção de hastes retas foram maiores nos tratamentos irrigados com água e para os tratamentos irrigados com efluente anaeróbio adubado e para o efluente nitrificado não adubado.

De um modo geral, com relação a qualidade houve uma certa perda quando foi utilizado o efluente anaeróbio. Entretanto, analisando-se o parâmetro produção de hastes retas, o tratamento que utilizou o efluente anaeróbio e foi adubado apresentou proporção semelhante ao tratamento utilizando efluente nitrificado não adubado e os tratamentos irrigados com água.

O efluente nitrificado ofereceu boas respostas quanto a qualidade da cultura em se tratando tanto do tratamento adubado ou não adubado. Da mesma forma, o tratamento que utilizou o efluente nitrificado não adubado apresentou boa resposta com maiores produções de hastes retas e freqüência intermediária de hastes com diâmetro maiores ou iguais a 60 cm.

Dessa forma, pode-se concluir que o efluente nitrificado foi o que apresentou melhor resposta, não apresentando substâncias fitotóxicas que prejudicam o desenvolvimento da cultura.

7. RECOMENDAÇÕES

Estender o estudo desenvolvido nesse trabalho, com relação a contaminação do solo para tempos maiores;

Estender o estudo desenvolvido nesse trabalho, com relação a produtividade da cultura, para tempos maiores, visto que as rosas foram recém plantadas;

Determinar as variações do índice de massa foliar para os diferentes tratamentos;

Analisar a presença dos metais pesados nas diferentes partes das plantas;

Realizar uma análise das alterações das características físicas do solo e dos teores de argila, areia e silte;

Analisar o estado nutricional da planta nas porções dos botões, das folhas e do caule;

Realizar um estudo de mobilidade dos metais no solo, nas diferentes profundidades;

Realizar um estudo para determinação dos teores de nitrato do solo e sua mobilidade no mesmo;

Realizar um estudo de remoção de toxicidade do solo por meio de testes de ecotoxicidade;

Determinar a produtividade da cultura em diferentes lâminas hídricas utilizando o efluente tratado;

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUJAMRA, R. C. P.; MELO, H. N. S.; ANDRADE NETO, C. O. USO PRODUTIVO DE EFLUENTES TRATADOS EM HIDROPONIA NFT. IN: 23º **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. **ABES**. Campo Grande – MS. 2005
- ALMASRI, M. N.; KALUARACHCHI, J. J. Assessment and management of long-term nitrate pollution of ground in agriculture-dominated watersheds. **Journal of Hydrology**. n. 295. p. 225-245, 2004.
- AMAHMID, O.; ASMAMA, S.; BOUHOUM, K. - The Effect Of Waste Water Reuse In Irrigation On The Contamination Level Of Food Crops By *Giardia* Cysts And *Ascaris* Eggs. **International Journal of Food Microbiology**. Elsevier Science. n. 49, p 19 – 26, 1999.
- ANDRADE NETO, C. O. Hidroponia Com Esgoto Tratado – Forragem Hidropônica De Milho. IN: **VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. **ABES**. Vitória – ES, 2002
- ANDRADE, J. C.; ABREU M. F. (editores). Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais. **Editores IAC**. Campinas, 2006, 178p.
- ASANO, T.; LEVINE, A .D. Wastewater reclamation, recycling and reuse: Past, present and, future. **Water Science Technology**. n.33, v.10, p.1-14, 1996.

- BASTOS, R. K. X. (Coordenador). Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura – Projeto PROSAB edital 3 – Rio de Janeiro: **ABES**, 2003. 267p.
- BERNARDI, C. C. Reúso de água para irrigação. Monografia de Especialização, **ISEA – FGV/ECOBUSINESS SCHOOL**. Brasília. 2003
- BLANCO, F. F & FOLEGATTI, M. V. Recuperação de um solo salinizado após cultivo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.5 n.1 p.76-80. 2001
- BÑON ARIAS, E.; CIFUENTES ROMO, D.; HERNANDES, J. A. F.; BENEVENTE-GARCIA, A. Gerbera, Lilium, Tulipán y Rosa. Madrid. **Mundi-Prensa**,. Cap.4, p. 202-250, 1993
- BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso de água. Reúso de água. Universidade de São Paulo/Faculdade de Saúde Pública: **ABES** 2003.
- CABRERA, R. I. Evaluating yield and quality of roses with respect to nitrogen fertilization and leaf nitrogen status. **Acta Horticulturae**. n511, p133-141, 2000.
- CABRERA, R. I.; EVANS, R. Y.; PAUL, J. L. The uptake of nitrate and ammonium by greenhouse roses. **Acta Horticulturae**. n424, p53-58. 1995
- CAMARGO, M.S. Nutrição e adubação de *Aster ericoides* (White Master) influenciando produção, qualidade e longevidade. Tese de Doutorado. **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**. Piracicaba. 2001. 100p.
- CAMARGOS, L. C. Interpretação de análise de solo. **UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

Departamento de Solos e Engenharia Rural. Disciplina Solos II. Apostila de aula. 2005.

CAMPOS, J. R. (coordenador). Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo. Rio de Janeiro, **ABES**, 1999. 466p.

CARR, R.M.; BLUMENTHAL, U.J.; MARA, D.D. Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture: Developing Realistic Guidelines. Wastewater Use In **Irrigated Agriculture Confronting the Livelihood and Environmental Realities**, 2004, 240p.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. Fertirrigação de Hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças Circular Técnica. **Embrapa Hortaliças**, n. 32, 2004. 13p.

CASARINI, E. Doses de N e K aplicados via fertirrigação na cultura da roseira (*Rosa* sp.) em ambiente protegido. Tese de Doutorado. **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Univ. São Paulo. Piracicaba-SP**. 2004. 102p.

CASARINI, E. Manejo da irrigação na cultura da roseira cultivada em ambiente protegido. Dissertação de mestrado. **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Univ. São Paulo. Piracicaba-SP**. 2000. 63p.

CASARINI, E.; FOLEGATTI, M.V.; FRANÇA; SILVA, E.F. Produtividade da roseira em função de doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em ambiente protegido. **Magistra**. v.19, n.3, p. 250-259, 2007

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicada a Agricultura.
< <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-de-campinas.html>>
Acesso em 17/08/2009.

CETESB – Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. 2005. Decisão da Diretoria nº 195/2005. Valores orientadores para solos e águas subterrâneas do estado de São Paulo. 4p

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Instrução técnica nº 31. Aplicação de água de reúso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura. São Paulo, 2006.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Reúso de água. <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_reuso.asp> Acesso em: 05/03/2008.

CETESB. Reúso de água. Disponível em <www.cetesb.sp.gov.br>. Acessada em dezembro de 2008.

CHAVES, L. M. Acidez dos solos. **Rehagro**. Artigos técnicos. Disponível em <<http://www.rehagro.com.br/siterehagro/publicacao.do?cdnoticia=61>>. Acessado 22/07/2010.

COLUCCI, M. S., BORK, H., AND TOPP, E. Persistence of Estrogenic Hormones in Agricultural Soils: I. 17_ Estradiol and Estrone. **Journal of Environment Quality**. v30, p 2070-2076. 2001

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n 357 de 17 de março de 2005. **Ministério do Meio Ambiente, Brasil**. 2005

CORAUCCI FILHO, B. ; VIEIRA, D. B. ; NOUR, E. A. A. ; FIGUEIREDO, R. F. . Evaluation de la salinidad del suelo en área de tratamiento de alcantarilla doméstica. **Revista Agrocência, seccion de Ingenieria Civil** - Agrícola, Universidad de Concepcion, p. 1-13, 1998.

CORAUCCI FILHO, B.; ANDRADE NETO, C. O.; KATO, M. T. ; CARTAXO, M. F. S. ; FIGUEIREDO, R.F.; STEFANUTTI, R. ; SILVA, V. P. Disposição no solo. In: **FRANCI, R. (Org.). Desinfecção de efluentes sanitários.** Vitória, p. 351-401, 2003.

CORAUCCI FILHO, B.; CHERNICHARO, C. A. L.; ANDRADE NETO, C. O.; NOUR, E. A. A.; ANDREOLI, F. N.; SOUZA, H. N.; MONTEGGIA, L. O.; VON SPERLING, M.; LUCAS FILHO, L.; AISSE, M. M.; FIGUEIREDO, R. F.; STEFANUTTI, R. Bases conceituais da disposição controlada de águas residuárias no solo. In: Campos, J. R. (coordenador). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo, Rio de Janeiro: **ABES**, 1999a. p. 321-356.

DAVIDSON, J. W.; BOODLEY, J. W. Physiological disorders. In: LANGHANS, R. W. A manual of greenhouse rose production. **Michigan: Roses** 1987.cap. 20, p. 245-260.

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; FOLEGATTI, M. Manejo da fertirrigação utilizando extratores de solução do solo. Piracicaba, SP: ESALQ – Divisão de Biblioteca e Documentação, 2004. 23p. Série Produtor rural, n. 25.

DRAKATOS, P. Antagonist action of Fe and Mn in Mediterranean-type plants irrigated with wastewater effluents following biological treatment. **International Journal of Environmental Studies**. n.59 v.1 p.125 – 132. 2002.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; GRENNBERG, A. E. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 edition. **APHA; AWWA; WEF:** Washington, 2001. 1082p.

- FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO . Water quality for agriculture - Irrigation and drainage paper. 1994.
- FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection. **Berlin: Springer-Verlag**, 1991, 224p.
- FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE SÃO PAULO. Conservação e reúso de água em edificações. **Setor de Comunicação do SindusCon**. 2005.
- FLITZPATRICK, G.; DONSELMAN, H.; DAG, Y.; CARTER, N. S. Interactive effects of sewage effluent irrigation and supplemental fertilization on container-grown trees. **HortScience**, v. 21, p. 92-93, 1986
- FOLEGATTI, M. V. (Coord.) Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças. Guaíba-RS: **Agropecuária**, 1999. 460p.
- FOLEGATTI, M. V. (Coord.) Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças. Guaíba-RS: **Agropecuária**, 1999. 460p.
- FOLEY J. A.; DEFRIES, R.; ASNER G. P; BARFORD C.; BONAN G.; CARPENTER S. R.; CHAPIN F. S.; COE M. T.; DAILY G. C.; GIBBS H. K.; HELKOWSKI J. H.; HOLLOWAY, T; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA C.; PATZ J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY N.; SNYDER, P. K. Global Consequences of Land Use. **Science** v.309 n.5734 p570-574. 2005.
- FONSECA, A. F.; HERPIN, U.; PAULA, A. M.; VICTÓRIA, R. L.; MELFI, A. J. Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agricola** v. 64, n. 2, p. 194-209, 2007.

FRANCISCO, V. L. F. S.; PINO, F. A.; KIYUNA, I. Floricultura no Estado de São Paulo. **Instituto de Informações Econômicas**. v.33, n. 3, 2003

FREIRE, B. G. S. & FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. 1. ed. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do solo**, 2007. cap. XVI, p. 929-954.

GARBIN, M. L. Caracterização das relações entre *araucária angustifolia* e nitrogênio inorgânico. Dissertação de mestrado. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS**, Porto Alegre-RG. 2005. 135p.

GHISELLI, G. Avaliação da qualidade das águas destinadas ao abastecimento público na região de Campinas: Ocorrência e determinação dos interferentes endócrinos (IE) e produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (PFHP). Tese de Doutorado. **Instituto de Química. UNICAMP**, Campinas-SP. 2006. 181p.

GONCALVES JUNIOR, A. C.; LUCHESE, E. B.; LENZI, E. Avaliação da fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e crômio, em soja cultivada em latossolo vermelho escuro tratado com fertilizantes comerciais. **Química Nova**, v.23, n.2, p. 173-177, 1999.

HAMILTON, A. J.; BOLAND, A. M.; STEVENS, D.; KELLY, J.; RADCLIFFE, J.; ZIEHRL, A.; DILLON, P.; PAULIN, B. Position of the Australian horticultural industry with respect to the use of reclaimed water. **Agricultural Water Management** n.71, p.181-209. 2005.

HAMILTON, A. J.; BOLAND, A. M.; STEVENS, D.; KELLY, J.; RADCLIFFE, J.; ZIEHRL, A.; DILLON, P.; PAULIN, B. Position of the Australian horticultural

industry with respect to the use of reclaimed water. **Agricultural Water Management**. n.71, p. 181-209. 2005.

HASSANLI, A. M.; EBRAHIMIZADEH, M. A.; BEECHAM, S. The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yield in na arid region. **Agricultural Water Management**. Disponível em <[doi:10.1016/j.agwat.2008.07.004](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.07.004)>, 2008

HE, Z. L.; YANG, X. E.; STOFFELLA, P. J. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. **Journal of trace elements in medicine and biology**. v.19, p. 125-140, 2005.

HERNANDEZ, R. J. M.; SILVEIRA, R. I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays L.*). **Scientia Agricola**. v55, n1, 1998.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil – Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. III **Encuentro de las Águas**. Santiago, Chile. 2001.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Bahia Análise & Dados**, Salvador. Volume 13, número especial, pp. 411-437. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. In: Exportações de flores e plantas ornamentais superam US\$ 35 milhões em 2007: Records e novos desafios para o Brasil. Disponível em <<http://www.ibraflor.org/userfiles/file/Balana%20Comercial%20Floricultura%202007.pdf>> Acesso em 09/07/2009

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. In: FLORICULTURA NO BRASIL: APONTAMENTOS MAIS RELEVANTES SOBRE O PAPEL SÓCIO-ECONÔMICO RECENTE DA ATIVIDADE. Disponível em <<http://www.ibraflor.org/userfiles/file/Balana%20Comercial%20Floricultura%20007.pdf>> Acesso em 09/07/2009

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (**IBGE**). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. 397p.2002

JOBLING, S. M.; NOLAN C. R.; TYLER, G.; BRIGHTY J. P. Widespread Sexual Disruption In Wild Fish. **Environment Science Technology**. v.32, p 2498-2506. 1998

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância socioeconômica recente. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**. v.14, n.1, p37-52, 2008

KABATA-PENDIAS, A.; MUKHERJEE, A. B. Trace elements from soil to human. **Springer**. New York, 2007. 450 p.

KIYUNA, I.; ASSUMPÇÃO, R.; ALVES, H. S. Mercado De Flores: O Caso Das Rosas Em São Paulo. **Instituto de Economia Agrícola**. Texto n° 125. 2001.

LAVRADOR FILHO, J. Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil. Dissertação de Mestrado – **Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo**. São Paulo. 1987.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. Adubos & Adubações. São Paulo: **Nobel**, 200p., 2002.

- MANCUSO, P. C. S. & SANTOS, H. F. (editores). Reúso de Água. Barueri, São Paulo. **Ed.: Manole**, 2003.
- MANCUSO, P.C.S. Reúso de Água e sua Possibilidade Na Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação de Doutorado. **Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo**, 1992.
- MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T & SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 9, n. 4, p. 603-612, 2005.
- MELO, H. N. DE S.; MIRANDA, R. J. A.; ANDRADE NETO, C.O.; LUCAS FILHO, M. Salinização no pós-tratamento de esgotos por disposição controlada no solo. In: CHERNICHARO, C. A. L.(coordenador) Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios - Coletânea de Artigos Técnicos. **Prosab**. v.2, 2001
- MOREIRA, S.; VIEIRA, C. B.; CORAUCCI FILHO, B.; STEFANUTTI, R.; JESUS, E. F. O. Study of the metals absorption in culture corn irrigated with domestic sewage by SR-TXRF. Instrumentation **Science and Technology**, v. 33, p. 73-85, 2005.
- MOTA, S.; FONSECA, A. F.; STEFANUTTI, R.; VOLSCHAN JR., I.; NAVAL, L. Irrigação com esgotos sanitários e efeitos na plantas. In: Florencio, L; Bastos, R.K.X.; Aisse, M. M. (Org.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. : **ABES**, p. 201-238, 2006.
- MOTA, S. B.; VON SPERLING, M. (coordenadores). Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. PROJETO PROSAB. **ABES**, 2009. 425p.

- NIRIT, B.; ASHER, B. T.; HAYA, F.; PINI, S.; ILONA, R.; AMRAM, C.; MARINA, I. Application of treated wastewater for cultivation of roses (*Rosa hybrid*) in soil-less culture. **Scientia Horticulturae**. n108, p185-193, 2006.
- OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture. **OMS**, Genebra. 1989.
- PAGANINI, W. S. Reúso de água na agricultura. Reúso de Água. Universidade de São Paulo/Faculdade de Saúde Pública: **ABES** 2003.
- PAGANINI, W. S.; SOUZA, A.; BOCCHIGLIERI, M. M. Avaliação do comportamento de metais pesados no tratamento de esgotos por disposição no solo. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**. v.9, n3, p. 225-239. 2004
- PEREIRA, B. F. F. Alterações químicas no sistema solo-planta irrigado com efluente de esgoto tratado no cultivo dos citros. **Escola Superior de Agricultura “Luiz de Querós” – ESALQ – USP**. Tese de Doutorado, 2009. 164p.
- PIZARO F. Riegos localizados de alta frecuencia. Madrid: **Ediciones Mundi-Prensa**, 2 ed, 1990. 417p.
- POLEZI, M. Aplicação de processo oxidativo avançado (HO /UV) no efluente de uma ETE para fins de reúso. Dissertação de Mestrado. **Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas**, 2003.
- RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e adubação. 1. ed. Piracicaba, SP: Agronômica Ceres Ltda, 1991. 343p.
- RAMALHO, J. F. G. P.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de

agroquímicos. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.35, n.7 p. 1289-1303, 2000.

REIS, L. V. S. Cobertura florestal e custo do tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público: caso do manancial do município de Piracicaba. Tese de Doutorado. **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba**, 2004. 215p.

RENGASAMY, P.; OLSSON, K.A. Sodicity and soil structure. *Australian Journal of Soil Research*, v.29, p 935-952, 1991.

Ruralnet disponível em <<http://www.ruralnet.com.br/ornamentais/rosa.html>> acesso em 22/07/2010.

SANTOS, M. L. F. (Coordenador). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Projeto Prosab edital 4 – **ABES**, Rio de Janeiro. 2008.427p.

SCHNEIDER, F. SENAI/RS Departamento Regional - Resposta Técnica de 23/03/2006. Acesso em 08/11/2006. <http://www.sbirt.ibict.br/upload/sbirt2414.pdf>.

SEGARRA, E.; DARWISH, M.R.; ETHRIDGE, D.E. Returns to municipalities from integrating crop production with wastewater disposal. **Resources, Conservation and Recycling**, v.17, p.97-107, 1996.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. **ANA - Agência Nacional de Águas**, Brasília. 2001.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; JUNIOR, J. S. A. Métodos de quantificação da matéria orgânica no solo. **Revista Universidade Alfenas**. n5, p 21-26, 1999

SILVEIRA, R. B. A. Tentativas de padronização de crisântemos de corte para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.3, n.2, p.10-14,1997.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE INFECTOLOGIA (SBI). Doenças infecciosas e parasitárias matam 44,3 mil pacientes em 1 ano no Brasil. Disponível em <http://www.infectologia.org.br/default.asp?site_Acao=mostraPagina&paginaId=134&mNoti_Acao=mostraNoticia¬iciald=5423> acesso 10 Julho de 2009

SOUZA, S. B. S.; CORAUCCI FILHO, B.; STEFANUTTI, R.; SILVA, R. S. P.; FIGUEIREDO, R. F; GUIMARAES, J. R.. Reuso de efluentes doméstico em irrigação: avaliação da contaminação por nitrito e nitrato no perfil solo. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2003, Ribeirão Preto. CBCS. Ribeirão Preto, 2003.

STEFANUTTI, R.; PACKER, A. P.; CORAUCCI FILHO, B.; MATTIAZZO, M. E.; FIGUEIREDO, R. F. Accumulation of metals in the soil of an overland flow wastewater. **Journal Of Environmental Monitoring**, v. 4, p. 967-971, 2002.

TANJI, K. K. & KIELEN, N. C. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas - FAO irrigation and drainage paper 61. Roma: **Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO)**, 2002. 188p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/005/y4263e/y4263e00.htm>> Acesso em: 22/07/2010

TONETTI, A. L. Tratamento de esgotos pelo sistema combinado filtro anaeróbio e filtros de areia. Tese de doutorado. **Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP**, Campinas-SP. 2008. 189p.

TSUTIYA, M., T. Metais Pesados: O principal fator limitante para o uso agrícola de biossólidos das estações de tratamento de esgotos. In **20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro/ RJ, 1999.

VILLAS BOAS, R. L.; BERTANI, R. M. A.; ALMEIDA, A. M.; SAMPAIO, A. C.; FUMIS, T. F. Fertirrigação para iniciantes. **APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios**, 2006. Texto técnico interno.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. **Wastewater use in Agriculture**, v.2 218p. Genebra-Suíça. 2006.

WHO. Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards. Of a WHO meeting of experts. **Technical report series** n. 517. Genebra. 1973.

WOODSON, W. R.; BOODLEY, J. W. Effects of nitrogen form and potassium concentration on growth, flowering and nitrogen utilization of greenhouse roses. **Journal of American Society of Science**. v107, n2, p275-278, 1982.

ZIESLIN, N.; ABOLITZ, M. Leakage of phenolic compounds from plant roots: effects of pH, Ca and NaCl. **Scientia Horticulturae**. n58, p 303-314, 1994.