UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DO EMPREGO DE EFLUENTES SANITÁRIOS TRATADOS EM IRRIGAÇÃO ORNAMENTAL NO DISTRITO FEDERAL

CAMILA CORRÊA MÁXIMO

ORIENTADOR: MARCO ANTONIO ALMEIDA DE SOUZA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS

PUBLICAÇÃO: PTARH.DM - 087/05
BRASÍLIA/DF: AGOSTO – 2005

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DO EMPREGO DE EFLUENTES SANITÁRIOS TRATADOS EM IRRIGAÇÃO ORNAMENTAL NO DISTRITO FEDERAL

CAMILA CORRÊA MÁXIMO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS.

APROVADA POR:

_____

PROF. MARCO ANTONIO ALMEIDA DE SOUZA, PhD (ENC-UnB)
(Orientador)

_____

PROF. RICARDO SILVEIRA BERNARDES, PhD (ENC-UnB)
(Examinador Interno)

_____

PROF. RONALDO STEFANUTTI, Dr. (UNICAMP)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 29 DE AGOSTO DE 2005.

FICHA CATALOGRÁFICA

MÁXIMO, CAMILA CORRÊA	
Avaliação do Emprego de Efluentes Sanitários Tratados em Irrigação Ornamental no Distrito Federal.	
xvi, 130p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2005). Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.	
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.	
1. Reúso de água	2. Reúso Paisagístico
3. Fertirrigação com Águas Residuárias	4. Dália Anã Sortida
I. ENC/FT/UnB	II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MÁXIMO, C. C. (2005). *Avaliação do Emprego de Efluentes Sanitários Tratados em Irrigação Ornamental no Distrito Federal.* Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-087/05, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 130p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Camila Corrêa Máximo

TÍTULO: Avaliação do Emprego de Efluentes Sanitários Tratados em Irrigação Ornamental no Distrito Federal.

GRAU: Mestre ANO: 2005

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Camila Corrêa Máximo
SQSW 306 Bloco "A" apto. 624
70.673-431 – Setor Sudoeste, Brasília - DF - Brasil
Endereço Eletrônico: maximocamila@terra.com.br

“Aprendi na vida a transformar o medo em desejo e o desejo em confiança. Aprendi que quando se quer conseguir algo, tem-se que dominar a razão e não a força. Aprendi como é bom chegar quando se tem paciência. Aprendi que acima de tudo o importante é querer.”

Amir Klinck

Aos meus pais,

Amiro e Cleide,

com amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado forças para que não esmorecesse durante o longo caminho que percorri durante o curso.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, pelos conhecimentos transmitidos, em especial ao meu orientador, professor Marco Antonio Almeida de Souza, que muito me ajudou e acabou se tornando um bom amigo.

À Companhia de Saneamento do Distrito Federal, CAESB, em especial ao Engenheiro Carlos Daidi Nakazato, pela concessão dos efluentes, disponibilização de dados e inteira disposição em prestar esclarecimentos relacionados aos processos.

Aos amigos do Laboratório de Química Analítica (LQAA), da Universidade de Brasília, em especial à professora Denise Imbroisi, e a Juliana, Leilane, Jeane e Yuri, bolsistas do PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa concedida durante o curso.

Aos meus amigos do laboratório, Antônio (Boy), André e Simone, que tanto me ajudaram. Aos colaboradores, na figura de José Francinélio, pelo apoio na operação da pesquisa.

Aos meus colegas de curso, em especial à Cris, Daidi, Dani, Fernán, Fuad, Jailma, Ju Mol, Pablo, Selma, Simone, Simoneli, Thales e Vivi, pelo companheirismo nas horas de angústia e de felicidade nesse período. Aos meus amigos, que mesmo de longe, motivaram a realização desse projeto.

À minha família, em especial à minha mãe, que me ajudou no plantio das mudas, pelo amor incondicional, pelo apoio e por entender tão bem os momentos de ausência. Ao Márcio, pelo carinho e apoio, e por entender tão bem a minha falta de tempo.

RESUMO

AVALIAÇÃO DO EMPREGO DE EFLUENTES SANITÁRIOS TRATADOS EM IRRIGAÇÃO ORNAMENTAL NO DISTRITO FEDERAL.

Autor: Camila Corrêa Máximo
Orientador: Marco Antonio Almeida de Souza
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos
Brasília, Agosto de 2005.

Esta pesquisa teve o objetivo de avaliar o emprego em irrigação de efluentes de estações de tratamento de esgotos sanitários do Distrito Federal, com a finalidade de reúso urbano ornamental e paisagístico. Para isso, acompanhou-se o comportamento de uma espécie florífera, a *Dahlia pinnata* (Dália Anã Sortida), quando irrigada com águas residuárias tratadas em diferentes níveis e oriundas de diferentes processos de tratamento, e analisando-se os efeitos e implicações no sistema solo-água-planta.

Foi realizado um experimento em unidades de cultivo piloto, operadas sob condições controladas. Foram testados oito "tratamentos", seis deles com diferentes esgotos tratados e mais duas testemunhas (água potável com adubação convencional e água do lago Paranoá), com cinco repetições cada, totalizando 40 unidades experimentais. As unidades de cultivo foram concebidas de forma a possibilitar coleta da água percolada pelo solo. Foi observado o comportamento do sistema solo-água-planta para dois períodos distintos, o de estiagem e o das chuvas, acompanhando-se dois ciclos de cultivo da dália, cada um com a duração de três meses e meio. Tentou-se retratar as condições observadas nos canteiros existentes em Brasília da forma mais fiel possível. Para a análise de dados foram aplicados o teste ANOVA e os testes estatísticos "t" de Student, teste de Tukey e teste de Duncan.

O reúso de água testado produziu resultados compatíveis com o sistema convencional de irrigação, tanto no aspecto de fertirrigação, apresentando boa produtividade e podendo substituir os fertilizantes comumente utilizados, quanto no aspecto de tratamento por disposição no solo. O manejo de rega com períodos de rega e descanso alternados, associado ao emprego de lixiviações naturais, mostrou-se eficaz em manter os níveis de fertilidade do solo nos dois ciclos. Apesar disso, faz-se necessário o acompanhamento das alterações nas características do solo, para que não ocorram problemas de impermeabilização e salinização, já que os efluentes utilizados na irrigação mostraram restrições moderadas ao uso. O efluente de Reator UASB, da ETE-Paranoá, e o cultivo com irrigação convencional (água potável e adubação química) foram os que apresentaram as melhores produtividades para o Ciclo 1 e Ciclo 2, respectivamente.

ABSTRACT

Author: Camila Corrêa Máximo
Supervisor: Marco Antonio Almeida de Souza
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos
Brasília, August of 2005.

This research had the objective of evaluating the irrigation with effluents from the sewage treatment plants of the Federal District, aiming at the landscaping urban water reuse. For doing this, the behavior of one flower specie, *Dahlia pinnata*, was measured while being irrigated with municipal wastewater treated at different levels and coming from different wastewater treatment processes. The effects and consequences over de water-soil-plant system caused by the water reuse were analyzed during the flower cultivation.

The experimental work was performed in pilot cultivation units operated under controlled conditions. The pilot units were doted of the possibility of colleting water percolated through the unit soil. Eight "treatments" (six of them irrigated with different treated effluents and two for test control) with five repetitions each were performed, being forty the total number of pilot units tested along two flower cultivation periods with three and half months each. Each period covered one typical regional season (raining and drought). The conception of the experiment tried to replicate the conditions observed in real public gardens existent in Brasilia. Data were analyzed by ANOVA and statistical tests ("t" Student, Tukey and Duncan).

One conclusion of this work was that the effluents utilized for irrigation presented suitable response for both the first and second cultivation periods, making possible to substitute conventional fertilizers and to recycle water and soil nutrients. When keeping an irrigation pattern of alternating rests and natural leaching, it was observed the maintenance of the fertility soil characteristics after the irrigation with the effluents in all "treatments". However, it is possible to conclude that a close monitoring of soil characteristics changes is necessary to avoid salinity and impermeability problems, since the effluents employed in this research have shown moderate restrictions to be used in irrigation. Best productivities were obtained by irrigation with effluents from UASB reactor, coming from ETE Paranoa, in the first cultivation period, and by conventional cultivation (irrigation with potable water and chemical fertilizer), in the second cultivation period.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO 1

2- OBJETIVOS 4

2.1 - OBJETIVO GERAL 4

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5

3.1 - REÚSO DE ÁGUA 5

3.1.1 - Introdução 5

3.1.2 - Conceitos 6

3.1.3 - Perspectiva Histórica do Reúso de Água 6

3.1.4 - Padrões de Reúso de Água 8

3.2 - REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA 10

3.2.1 - Considerações Gerais 10

3.2.2 - Casos Práticos de Reúso Agrícola no Mundo 11

3.2.3 - Qualidade da Água de Irrigação 12

3.2.4 – Manejo e Controle de Irrigação 13

3.2.5 - Impactos do Reúso Agrícola 14

3.3 - REÚSO URBANO 16

3.3.1 - Considerações Gerais 16

3.3.2 – Alguns Exemplos de Experiências de Reúso Urbano no Mundo 17

3.4 - EFEITOS SOBRE O SISTEMA SOLO-ÁGUA-PLANTA 18

3.4.1 - Considerações Gerais 18

3.4.2 - Efeitos Sobre o Sistema 18

3.5 - AVALIAÇÃO DE ESTUDOS REALIZADOS EM REÚSO AGRÍCOLA 19

3.5.1 - Quanto à Produtividade 20

3.5.2 - Quanto aos Riscos à Saúde Humana 20

3.5.3 - Quanto aos Problemas Associados à Presença de Compostos Químicos .. 21

3.5.4 - Quanto à Eficiência do Tratamento no Solo 22

4 - METODOLOGIA 24

4.1 - CONCEPÇÃO DO EXPERIMENTO 24

4.1.1 - Descrição do Local da Pesquisa 25

4.1.2 - Descrição do Local do Experimento 28

4.1.3 - Unidades de Cultivo **29**
4.1.4 - Sistema de Drenagem **31**
4.1.5 - Espécie Cultivada **33**
4.1.6 - Efluentes Utilizados para a Irrigação **33**
4.1.6.1 – Descrição das ETEs 35
4.1.7 - Transporte dos efluentes **36**
4.1.8 - Adubação e Calagem **36**
4.1.9 - Sistema de Irrigação e Volume de Irrigação **37**
4.2 - CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DAS UNIDADES **38**
4.3 - FASES EXPERIMENTAIS **40**
4.3.1 - Descrição Geral **40**
4.3.2 - Ensaios de Caracterização **41**
4.3.3 - Controle de Umidade e Freqüência de Irrigação **41**
4.3.4 - Monitoramento da Fertilidade e Salinidade no Solo **42**
4.3.5 - Desenvolvimento das Plantas e Verificação das Doenças **42**
4.3.6 - Parâmetros de Análise de Solo e Folhas das Plantas **43**
4.3.7 - Rotinas Operacionais **43**
4.4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS **43**

5 – ANÁLISES DOS RESULTADOS **45**

5.1 – CICLO 1 DE CULTIVO **45**
5.1.1 – Água de Irrigação **45**
5.1.1.1 – Caracterização da Água de Irrigação 45
5.1.1.2 – Classificação da Água de Irrigação 46
5.1.1.3 – Carga de Nutrientes Aplicada 53
5.1.2 – Água Percolada **56**
5.1.2.1 – Análise da qualidade da água percolada 56
5.1.3 – Efeitos Sobre o Solo **60**
5.1.3.1 – Sódio 60
5.1.3.2 – pH e acidez do solo 64
5.1.3.3 – Alumínio 65
5.1.3.4 – Cálcio e Magnésio 66
5.1.3.5 – Matéria Orgânica 67
5.1.3.6 – Capacidade de Troca de Cátions (CTC) 68

5.1.3.7 – Fósforo 69
5.1.3.8 – Potássio 70
5.1.3.9 – Diagnose Foliar 71
5.1.4 – Efeitos Sobre as Plantas 74
5.1.4.1 – Ocorrência de Pragas e Doenças 74
5.1.4.2 – Desenvolvimento das Plantas 76
5.1.4.3 – Análise Estatística 81
5.2 – CICLO 2 DE CULTIVO 89
5.2.1 – Água de Irrigação 89
5.2.1.1 – Caracterização da Água de Irrigação 89
5.2.1.2 – Carga de Nutrientes Aplicada 91
5.2.2 – Água Percolada 95
5.2.3 – Efeitos Sobre o Solo 99
5.2.3.1 – Sódio 99
5.2.3.2 – pH e acidez do solo 102
5.2.3.3 – Alumínio 103
5.2.3.4 – Cálcio e Magnésio 104
5.2.3.5 – Matéria Orgânica 104
5.2.3.6 – Capacidade de Troca de Cátions (CTC) 105
5.2.3.7 – Fósforo 105
5.2.3.8 – Potássio 105
5.2.3.9 – Diagnose Foliar 106
5.2.4 – Efeitos Sobre as Plantas 107
5.2.4.1 – Ocorrência de Pragas e Doenças 107
5.2.4.2 – Desenvolvimento das Plantas 108
5.2.4.3 – Análise Estatística 112
6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 119
6.1 – CONCLUSÕES 119
6.2 – RECOMENDAÇÕES 122
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 123
APÊNDICES 129
APÊNDICE A – PROCESSO DE PRODUÇÃO DAS MUDAS PELO DPJ. 130

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Dados climáticos da região de Brasília para o período de ocorrência do experimento (Ciclos 1 e 2 – julho de 2004 a março de 2005).....26
Tabela 4.2 – Dosagens de adubo recomendadas pelo Manual de Jardinagem e Produção de Mudas da NOVACAP e dosagens utilizadas.....37
Tabela 4.3 – Principais características do Ciclo 1 e Ciclo 2.....40
Tabela 5.1 – Caracterização da Água de Irrigação para o Ciclo 1.....47
Tabela 5.2 – Classificação da Água de Irrigação pela metodologia do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.....48
Tabela 5.3 – Classificação da Água de Irrigação segundo Ayers e Westcot.....50
Tabela 5.4 – Composição química da chuva e valores utilizados no cálculo da carga de nutrientes.....53
Tabela 5.5 – Carga de nutrientes aplicada no Ciclo 1.....53
Tabela 5.6 – Resultados de Análises para Água Percolada no Ciclo 1.....57
Tabela 5.7 – Valores de parâmetros utilizados na análise da água percolada encontrados em alguns padrões nacionais.....57
Tabela 5.8 – Caracterização do solo original.....61
Tabela 5.9 – Acompanhamento da Fertilidade do solo: Início e final do Ciclo 1.....62
Tabela 5.10 – Valores de PST para final do Ciclo 1.....63
Tabela 5.11 – Classificação dos solos salinos e alcalinos segundo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.....63
Tabela 5.12 – Limites de interpretação da camada arável do solo.....64
Tabela 5.13 – Limites de interpretação de teores de Ca^{2+} e Mg^{2+}.....67
Tabela 5.14 – Limites de interpretação de teores de potássio trocável em solos.....71
Tabela 5.15 - Teores de Macro e Micro Nutrientes obtidos por análise foliar.....72
Tabela 5.16A – Teores de macronutrientes considerados adequados para espécies de plantas ornamentais.....73
Tabela 5.16B – Teores de micronutrientes considerados adequados para espécies de plantas ornamentais.....73
Tabela 5.17 – Análise de Variância para os Dados de Número de Folhas – Ciclo 1.....84
Tabela 5.18 – Análise de Variância para os Dados de Altura de Planta – Ciclo 1.....84
Tabela 5.19 – Análise de Variância para os Dados de Diâmetro do Caule – Ciclo 1.....84
Tabela 5.20 – Análise de Variância para os Dados de Números de Botões – Ciclo 1.....84

Tabela 5.21 – Análise de Variância para os Dados de Número de Flores – Ciclo 1.....85
Tabela 5.22 – Teste de Duncan para a variável Número de Folhas – Ciclo 1.....86
Tabela 5.23 – Teste de Duncan para a variável Altura das Plantas – Ciclo 1.....87
Tabela 5.24 – Teste de Duncan para a variável Diâmetro do Caule – Ciclo 1.....87
Tabela 5.25 – Teste de Duncan para a variável Número de Botões – Ciclo 1.....88
Tabela 5.26 – Teste de Duncan para a variável Número de Flores – Ciclo 1.....89
Tabela 5.27 – Caracterização da água de irrigação para o Ciclo 2.....90
Tabela 5.28 – Carga de nutrientes aplicada no Ciclo 2.....91
Tabela 5.29 – Análises de água percolada para o mês de fevereiro de 2005.....96
Tabela 5.30 – Análises de água percolada para o mês de março de 2005.....97
Tabela 5.31A – Acompanhamento da Fertilidade do solo: Início e final do Ciclo 2.....100
Tabela 5.31B – Acompanhamento da Fertilidade do solo: Início e final do Ciclo 2 (continuação).....101
Tabela 5.32 – Valores de PST para início e final do Ciclo 2.....102
Tabela 5.33 - Teores de Macro e Micro Nutrientes obtidos por análise foliar.....107
Tabela 5.34 – Análise de Variância para os Dados de Número de Folhas – Ciclo 2.....114
Tabela 5.35 – Análise de Variância para os Dados de Altura – Ciclo 2.....114
Tabela 5.36 – Análise de Variância para os Dados de Diâmetro do Caule – Ciclo 2.....114
Tabela 5.37 – Análise de Variância para os Dados de Número de Botões – Ciclo 2.....115
Tabela 5.38 – Análise de Variância para os Dados de Número de Flores – Ciclo 2.....115
Tabela 5.39 – Teste de Duncan para a variável Número de Folhas – Ciclo 2.....116
Tabela 5.40 – Teste de Duncan para a variável Altura da Planta – Ciclo 2.....116
Tabela 5.41 – Teste de Duncan para a variável Diâmetro do Caule – Ciclo 2.....117
Tabela 5.42 – Teste de Duncan para a variável Número de Botões – Ciclo 2.....117
Tabela 5.43 – Teste de Duncan para a variável Número de Flores – Ciclo 2.....118

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 – Esquema representativo da localização das unidades de cultivo no local do experimento.....25
Figura 4.2 – Vista da área do experimento - Estação Experimental da Biologia, UnB, Brasília – DF.....28
Figura 4.3 – Esquema representativo da unidade de cultivo.....30
Figura 4.4 – Unidade de Cultivo.....30
Figura 4.5 – Esquema representativo da tubulação de drenagem.....32
Figura 4.6 – Tubulações de drenagem.....32
Figura 4.7 – Etapas de Montagem das Unidades de Cultivo.....39
Figura 5.1 – Diagrama para classificação de água para irrigação (*U.S. Salinity Laboratory Staff* – Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos).....49
Figura 5.2 – Carga Acumulada de Nitrogênio no sistema para o Ciclo 1.....54
Figura 5.3 – Carga Acumulada de Fósforo no sistema para o Ciclo 1.....55
Figura 5.4 – Carga Acumulada de Potássio no sistema para o Ciclo 1.....55
Figura 5.5 – Carga Acumulada de Sódio no sistema para o Ciclo 1.....56
Figura 5.6 – Plantas infestadas por lagartas no Ciclo 1.....75
Figura 5.7 – Planta infestada por pulgões.....76
Figura 5.8 – Gráfico Número de Folhas x Idade das Plantas – Ciclo 1.....77
Figura 5.9 – Gráfico Altura Média das Plantas x Idade das Plantas – Ciclo 1.....77
Figura 5.10 – Gráfico Diâmetro do Caule x Idade das Plantas – Ciclo 1.....78
Figura 5.11 – Gráfico Número Médio de Botões x Idade das Plantas – Ciclo 1.....78
Figura 5.12 – Gráfico Número Médio de Flores x Idade das Plantas – Ciclo 1.....79
Figura 5.13 – Plantas obtidas no Ciclo 1, com uma idade de aproximadamente 125 dias..82
Figura 5.14 – Carga Acumulada de Nitrogênio para o Ciclo 2.....92
Figura 5.15 – Carga Acumulada de Fósforo para o Ciclo 2.....92
Figura 5.16 – Carga Acumulada de Potássio para o Ciclo 2.....93
Figura 5.17 – Carga Acumulada de Sódio para o Ciclo 2.....93
Figura 5.18 – Comparação entre carga de Nitrogênio aplicada no Ciclo 1 e Ciclo 2.....94
Figura 5.19 – Comparação entre carga de Fósforo aplicada no Ciclo 1 e Ciclo 2.....94
Figura 5.20 – Comparação entre carga de Potássio aplicada no Ciclo 1 e Ciclo 2.....95
Figura 5.21 – Comparação entre carga de Sódio aplicada no Ciclo 1 e Ciclo 2.....95

Figura 5.22 – Gráfico Número de Folhas x Idade das Plantas – Ciclo 2.....109
Figura 5.23 – Gráfico Altura Média das Plantas x Idade das Plantas – Ciclo 2.....109
Figura 5.24 – Gráfico Diâmetro do Caule x Idade das Plantas – Ciclo 2.....110
Figura 5.25 – Gráfico Número Médio de Botões x Idade das Plantas–Ciclo 2.....110
Figura 5.26 – Gráfico Número Médio de Flores x Idade das Plantas–Ciclo 2.....111
Figura 5.27 – Plantas obtidas no Ciclo 2, com uma idade de aproximadamente 100 dias.....113

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIAÇÕES

ABNT.....Associação Brasileira de Normas Técnicas

Al.....Alumínio

B.....Boro

Ca.....Cálcio

CAESB.....Companhia de Saneamento do Distrito Federal

CE.....Condutividade Elétrica

CETESB.....Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo

Cl.....Cloro

cm.....centímetro

CTC.....capacidade de troca de cátions

Cu.....Cobre

d.....dia

DBO.....Demanda Bioquímica de Oxigênio

DF.....Distrito Federal

DPJ.....Departamento de Parques e Jardins

DQO.....Demanda Química de Oxigênio

EPA…….....Environmental Protection Agency

ESALQ.....Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

ETEB-Norte.....Estação de Tratamento de Esgotos de Brasília – Norte

EUA.....Estados Unidos da América

Fe.....Ferro

ha.....hectare

hab.....habitante

K.....Potássio

L.....Litro

LAA.....Laboratório de Análise de Água

m.....Metro

m^3.....Metro Cúbico

mE ou meq.....mili equivalente

Mg.....Magnésio

mm.....milímetro

$mmol_c$.....milimol

Mn.....Manganês

Mo.....Molibdênio

OMS.....Organização Mundial de Saúde

N.....Nitrogênio

Na.....Sódio

NOVACAP.....Companhia Urbanizadora da Nova Capital

P.....Fósforo

pH.....potencial hidrogeniônico

PROSAB.....Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

PST.....Percentagem de Sódio Trocável

PVC.....Policloreto de Vinila

RAS.....Razão de Adsorção de Sódio

S.....Enxofre

SST.....Sólidos Suspensos Totais

UnB…….....Universidade de Brasília

USP.....Universidade de São Paulo

WHO…….World Health Organization

Zn……..……..……Zinco

1- INTRODUÇÃO

A água, responsável pela manutenção da vida nos ecossistemas, é um bem finito, e as fontes de água livre de contaminações são cada vez mais escassas. O Brasil, no que diz respeito à disponibilidade de recursos hídricos, é um país privilegiado, já que tem grandes reservas de água em seu território. No entanto, essas reservas estão localizadas fora do eixo das principais aglomerações populacionais e industriais do país, que demandam cada vez maiores quantidades de água.

O crescimento populacional gera aumento da demanda de água em qualidade e quantidade compatíveis. Isso resulta em intensa exploração dos mananciais de água bruta e, conseqüentemente, geram-se mais resíduos que têm como destino final os corpos d'água. A poluição e contaminação dos recursos hídricos decorrentes podem acarretar sérios problemas ao meio ambiente e também ao homem, como a transmissão de doenças, prejuízos aos usos da água, desequilíbrios ecológicos, elevação do custo de tratamento de água, dentre outros.

Com o custo da produção de água de boa qualidade cada vez mais alto, a tendência é priorizar o seu uso para o abastecimento para consumo humano, tornando cada vez mais proibitivo o uso de água potável para usos menos nobres. Em face dessa situação, o reúso de água visando à substituição de fontes de água mostra-se uma boa alternativa para satisfazer as demandas menos restritivas como, por exemplo, a irrigação agrícola e processos industriais (resfriamento, alimentação de caldeiras, água de processo, etc.), possibilitando, dessa forma, que águas de melhor qualidade se destinem aos usos mais nobres.

O setor agrícola consome cerca de 70% da água produzida no Brasil, sendo o reúso de água na atividade agrícola uma alternativa bastante interessante. Além disso, o reúso se mostra uma alternativa com grandes atrativos ecológicos, já que possibilita a reciclagem de nutrientes, bem como o controle de poluição, e, conseqüentemente, gera economia de fertilizantes e menores custos no tratamento de água. Entretanto, a utilização de águas residuárias na irrigação agrícola pode oferecer riscos à saúde humana caso não se efetue manejo adequado dos efluentes. Dessa forma, devem-se avaliar as características desses

efluentes quanto às normas de saúde pública para se evitar que ocorram prejuízos à saúde dos envolvidos no processo de produção e eventuais consumidores.

O Distrito Federal se encontra dentro de uma região que está enquadrada em uma zona de estresse hídrico, o que por si só já justifica a introdução de práticas de reúso de água. Além disso, deve-se considerar que, até pouco tempo atrás, a água dos mananciais era tida como um bem livre por manuais de economia, devido à abundância desse bem na natureza, conceito que atualmente foi alterado devido à escassez de água e também ao grande número de derivações que limitam a sua oferta, fazendo com que a água venha a ser tratada como bem econômico (Carramaschi, 2000). Adicionalmente, o custo em se produzir água de boa qualidade é cada vez mais elevado devido à poluição dos mananciais. Dessa forma, procura-se diminuir o uso de água potável utilizando-se água de qualidade inferior para usos que permitam que isso seja feito, como é o caso da irrigação paisagística, aqüicultura, utilização para descargas sanitárias, dentre outros.

São grandes as áreas ocupadas no Distrito Federal com canteiros de flores e regiões gramadas, sendo que estes são mantidos até mesmo no período de seca. Segundo Roriz (2004), a NOVACAP, responsável pela manutenção dos canteiros, cuidava de 880 canteiros na época da realização de sua pesquisa, totalizando uma área de 150.000 m², sendo estes regados regularmente. Hoje, este número já chega a cerca de 1000 canteiros, segundo Militão (2005).

O desenvolvimento da pesquisa tendo em vista a aplicabilidade do reúso de água na irrigação de espécies floríferas poderá apontar a viabilidade da irrigação com águas residuárias recuperadas também para essa modalidade de reúso. Além disso, a aparente dissociação entre os potenciais de fertilização e de contaminação que existe na utilização em irrigação de esgotos sanitários tratados induz que se busque fazer o reúso de água em irrigação de espécies não comestíveis, pelo menos até que se conheçam os eventuais riscos de contaminação.

Há também a possibilidade de se utilizar a fertirrigação na produção de plantas em viveiros, na iniciativa privada, já que isso representaria uma economia no que diz respeito ao uso de fertilizantes. Segundo informação publicada por Militão (2005) em um jornal local, o Distrito Federal já é o segundo mercado consumidor de flores do país, sendo que

20% do que é comprado é produzido na cidade. A atividade é crescente e conta até mesmo com uma associação de produtores, que trabalha em parceria com o governo do Distrito Federal para que o processo de produção seja totalmente feito na região, desde a produção de mudas até a comercialização, o que exige alto investimento, pois necessita de estufas para a maioria das flores, além de sistemas de irrigação.

Dessa forma, esta pesquisa visou acompanhar o comportamento de uma espécie florífera irrigando-a com águas residuárias tratadas em diferentes níveis e oriundas de diferentes processos de tratamento, analisando-se os efeitos e implicações no sistema solo-água-planta, e avaliando esse tipo de reúso.

2- OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

O objetivo da pesquisa foi determinar alguns efeitos sobre o lençol freático, sobre o solo e sobre as plantas, do emprego de diferentes efluentes de estações de tratamento de esgotos para fins de irrigação paisagística.

Como conseqüência desse objetivo, foi possível avaliar, também, o potencial dos sistemas de irrigação sob o aspecto dual, comportando-se concomitantemente como sistema de reúso de água e como sistema de polimento dos efluentes no solo.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Constituiu-se em objetivos específicos desta pesquisa:

1) Comparar os efeitos causados pelos diferentes tipos de efluentes tratados em Estações de Tratamento de Esgotos no Distrito Federal, quando se realiza o reúso de água para irrigação ornamental;
2) Estudar o efeito da fertirrigação com efluentes tratados em Estações de Tratamento de Esgotos no Distrito Federal;
3) Verificar a fitotoxicidade e outros efeitos negativos dos efluentes tratados em Estações de Tratamento de Esgotos no Distrito Federal;
4) Obter dados e informações que possibilitem, no futuro, a implementação de um sistema em escala real de reúso paisagístico no Distrito Federal.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - REÚSO DE ÁGUA

3.1.1 - Introdução

O reúso de água já vem sendo praticado há muitos anos em todo o mundo. Com a crescente demanda por recursos hídricos, além das regiões onde há escassez hídrica e má distribuição de água, o reúso planejado de água surge, nesse cenário, como uma alternativa de grande importância. O reúso de água, além de tender a mitigar a produção de resíduos, também reduz a demanda sobre os mananciais de água, já que há uma substituição da água potável, que viria do manancial, por água de qualidade inferior, condizente ao uso a que se destina.

Outro aspecto a considerar no reúso de água é o de impacto ambiental. O reúso de água pode reduzir a contaminação das águas naturais, tanto através da diminuição das cargas de poluentes das águas residuárias como através da redução da demanda de água, pela redução da quantidade de água captada dos mananciais. É necessário ressaltar que um volume de água captada significa em si uma quantidade de impacto ambiental agregada relevante, devido ao impacto ambiental gerado pelo consumo de energia para recalque e transporte da água (Souza, 2002).

Existem diversas maneiras de se realizar o reúso de água, tais como reúso para fins agrícolas, para fins industriais, para fins recreacionais, para fins domésticos, para manutenção de vazões, aqüicultura, recarga de aqüíferos subterrâneos, entre outros. Segundo Mancuso *apud* Souza (2002), o reúso da água, entretanto, pode ser feito através de outros usos dos recursos hídricos, como a diluição dos despejos nos cursos de água receptores, o uso de mananciais receptores para abastecimento (reúso indireto), a navegação desportiva e comercial, as atividades de recreação e desportos, a pesca recreacional, desportiva e comercial, e a geração de energia hidrelétrica. Neste sentido, o reúso deve estar na pauta dos organismos gestores dos recursos hídricos, fazendo parte do planejamento da bacia hidrográfica.

3.1.2 - Conceitos

Como os conceitos importantes no entendimento do tema reúso de água já foi explorado em muitos outros trabalhos, estes não serão abordados aqui, podendo ser encontrados nas seguintes fontes: Metcalf & Eddy (1991), Felizatto (2000), Souza (2002), Silva e Silva (2004), entre outros.

3.1.3 - Perspectiva Histórica do Reúso de Água

As primeiras realizações no campo do reúso de água são sinônimas à prática histórica de tratamento e disposição de água residuária no solo. Com o advento dos sistemas de tratamento de esgotos no século XIX, as águas residuárias costumavam ir para "fazendas de esgotos", e em 1900 havia numerosas fazendas de esgotos na Europa e nos Estados Unidos. Apesar dessas fazendas de esgotos serem usadas unicamente para a disposição de resíduos, acabou fazendo-se um uso acidental da água para produção de culturas ou para outros usos benéficos (Metcalf & Eddy, 1991).

O desenvolvimento de programas para o reúso de água planejado começou com os EUA na primeira parte do século XX. O estado da Califórnia conduziu esforços para promover a recuperação e o reúso de água, e a primeira regulamentação a respeito foi promulgada em 1918. Alguns dos primeiros sistemas de reúso foram desenvolvidos para prover água para irrigação, com projetos implementados no Arizona e na Califórnia no final dos anos 20. Nos anos 40, o efluente de água residuária clorado era utilizado no processamento do aço, e nos anos 60, os sistemas de reúso urbano foram desenvolvidos no Colorado e Flórida (Asano e Levine, 1996).

Em meados de 1912, iniciou-se o uso de águas residuárias sem tratar, no parque "Golden Gate", em São Francisco, para irrigação de gramados e suprimento de lagos ornamentais. Após o início da operação, construiu-se uma fossa séptica para tratar a água residuária utilizada. Em 1932, foi construída uma estação de tratamento de águas residuárias próxima ao parque, e a sua utilização se deu até o ano de 1985 (Metcalf & Eddy, 1991).

Em 1942, na cidade de Baltimore, Maryland, a indústria siderúrgica "Bethlem" começou a usar água residuária clorada, e atualmente, utiliza efluente secundário para resfriamento de

metais e processamento de aço. De uma maneira geral, observa-se uma corrida das indústrias por suprimentos alternativos de água (Metcalf & Eddy, 1991).

Hammer (1979) relata que durante os anos de 1953 a 1957, uma seca recorde ocorreu na bacia do Rio Neosho, na cidade de Chanute, no estado do Kansas; a vazão no rio decresceu e, praticamente, cessou, no início de 1956. O reservatório de água da cidade se esvaziaria por completo, a menos que água adicional lá fosse descarregada. Como não havia outro manancial viável, às autoridades da cidade restaram duas alternativas, ou fechavam as indústrias da cidade e cortavam severamente o consumo, ou reusavam o esgoto municipal. A decisão foi armazenar o efluente tratado da estação de filtros biológicos e bombeá-lo de volta para o reservatório da cidade. A duração média do ciclo entre o reservatório, estação de tratamento de água, sistema de distribuição, estação de tratamento de esgotos e volta para o reservatório era de, aproximadamente, 20 dias. O sistema de reciclagem operou por cinco meses e, nesse período, Chanute reusou a mesma água cerca de sete vezes.

Em 1960, foi implementado na cidade de Colorado Springs, no Colorado, um sistema dual de abastecimento de água, o qual supre com água residuária recuperada a demanda para irrigação paisagística em campos de golfe, parques, cemitérios, e para a limpeza de logradouros públicos (Metcalf & Eddy, 1991).

A cidade de Windhoek, capital da Namíbia, aproximou-se dos limites das suas fontes convencionais de água potável durante os anos 60. Até então, a abstração de água subterrânea bem como as fontes de água superficiais nas vizinhanças já haviam sido completamente exploradas, e a cidade foi forçada a implementar uma recuperação direta da água residuária para uso potável. Isso atribuiu enormes mudanças em termos de problemas técnicos, associados aos riscos à saúde e aceitação pública. Apesar desses problemas, o sistema foi colocado em uso com sucesso em outubro de 1968, em tempo de evitar uma crise de água causada pela seca, e tem produzido água potável aceitável para a cidade desde então (Haarhoff e Van der Merwe, 1996). Windhoek é a primeira cidade no mundo a praticar o reúso de água, para fins potáveis, em grande escala (Hammer, 1979).

Presentemente, nos anos 90, o aumento do interesse no reúso de água em muitas partes do mundo está ocorrendo em resposta às crescentes pressões por fontes de alta qualidade e

seguras, para a agricultura, indústria e o público; uma situação que é agravada nos anos de seca (Asano e Levine, 1996).

Os testes continuados, a implementação de sistemas de tratamento e as novas aplicações têm ajudado a superar muitas barreiras técnicas impostas aos projetos de reúso. Melhoramentos na confiabilidade dos processos de tratamento, avaliação de riscos e a confiança pública nos sistemas de reúso em conjunção com o aumento da demanda de água e necessidades de controle de poluição tem promovido a integração do reúso de água dentro das estratégias de gerenciamento de recursos hídricos no mundo. É importante reconhecer que a aceitação pública dos projetos de reúso é vital para o futuro da recuperação, reciclagem e reúso de águas residuárias; as conseqüências de uma percepão pública desfavorável podem pôr em risco futuros projetos envolvendo o uso de água residuária recuperada (Asano e Levine, 1996).

3.1.4 - Padrões de Reúso de Água

Os fatores chave no estabelecimento de normas de recuperação e reúso de água incluem proteção à saúde, políticas públicas, experiências passadas com reúso, exeqüibilidade técnica e econômica. Os padrões e diretrizes para o reúso de água não potável nos EUA visavam principalmente à proteção da saúde pública e, geralmente, baseiam-se no controle de organismos patogênicos. Os riscos à saúde, associados aos microrganismos patogênicos e constituintes químicos, merecem destaque onde a água recuperada é utilizada para reúso indireto como acréscimo de suprimento de água potável (Crook e Surampalli, 1996).

As normas de reúso e recuperação de água são direcionadas, principalmente, à proteção da saúde. Não há nenhum regulamento federal controlando o reúso de água nos Estados Unidos; por esta razão, os encargos reguladores são de cada estado individualmente. Os estados nos EUA que têm suas regulamentações ou diretrizes tipicamente definem padrões para a qualidade da água recuperada e especificam um tratamento mínimo necessário. Os parâmetros mais comuns para os limites de qualidade da água são demanda bioquímica de oxigênio (DBO), turbidez ou sólidos suspensos totais (SST), coliformes totais ou coliformes termotolerantes, nitrogênio, e tempo de contato e residual de cloro. O primeiro padrão de reúso e recuperação de água foi adotado pelo estado da Califórnia em 1918 e

tratava do uso de água recuperada para irrigação na agricultura (Crook e Surampalli, 1996).

Vários estados norte-americanos com programas ativos de reúso, por exemplo, Arizona, Califórnia, Flórida e Texas, têm leis abrangentes e prescrevem exigências de acordo com o uso final da água. Há diferenças entre essas exigências, tais como: A Califórnia usa coliforme total como indicador de presença de organismos, enquanto que outros três estados usam coliformes termotolerantes; A Flórida é o único dos quatro estados citados que exige monitoramento para sólidos suspensos totais para determinar os níveis de particulado – os outros estados usam turbidez; Califórnia e Flórida prescrevem processos de tratamento em adição aos limites de qualidade da água, enquanto Arizona e Texas não especificam processos de tratamento, apesar do Arizona estar considerando a inclusão dos processos de tratamento exigidos nas leis de reúso do estado (Pawlowski *apud* Crook e Surampalli, 1996); e Arizona e Califórnia permitem o uso de água recuperada para irrigação por aspersão de culturas comidas cruas, enquanto que o uso é proibido na Flórida e no Texas (Crook e Surampalli, 1996).

A EPA, a agência de proteção ambiental dos EUA, em conjunção com a Agência para Desenvolvimento Internacional dos EUA, publicaram *Guidelines for Water Reuse* (Diretrizes para o reúso de água) em 1992. A proposta principal do documento é prover diretriz, com informação de suporte, para serviços de utilidade pública e agências reguladoras nos EUA. As diretrizes tratam de todos os aspectos importantes do reúso de água e incluem recomendações sobre os processos de tratamento, limites da qualidade da água recuperada, freqüências de monitoramento, distância de proteção, e outros controles para várias aplicações de reúso (Crook e Surampalli, 1996).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) publicou em1973 um relatório estabelecendo critérios bastante rígidos, devido principalmente a incertezas associadas aos padrões de potabilidade quanto aos riscos à saúde e necessidade de se pesquisar mais a fundo os efeitos do uso de águas recuperadas em longo prazo. Outros relatórios seguiram-se a esse revisando os padrões rígidos estabelecidos em 1973. Os padrões propostos pela OMS baseiam-se principalmente em indicadores biológicos, como ovos de helmintos e número de coliformes termotolerantes.

O que se pode concluir a partir desses padrões é que o padrão proposto pela OMS preocupa-se principalmente com a qualidade microbiológica, utilizando como principais parâmetros ovos de helmintos e coliformes fecais, enquanto que os regulamentos propostos pela USEPA e estados norte-americanos preocupam-se, além da qualidade microbiológica, com outros parâmetros de qualidade da água, tais como turbidez e DBO.

3.2 - REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA

3.2.1 - Considerações Gerais

O reúso de água na agricultura pode ser vantajoso, visto que o nível de tratamento requerido para as águas residuárias freqüentemente é moderado, a água residuária contém os nutrientes necessários às plantas e condiciona o solo, as áreas agrícolas podem ser adjacentes às estações de tratamento, e se gera renda com o crescimento das culturas (Hammer e Hammer Jr., 1996).

Além disso, são necessários grandes volumes de água para a irrigação agrícola, o que faz com que o reúso agrícola surja como uma boa alternativa para a produção de alimentos. Segundo Hespanhol (2003), atualmente a agricultura depende do suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem que critérios inovadores de gestão sejam estabelecidos e implementados em curto prazo.

O uso consumptivo de água para a agricultura no Brasil, segundo Hespanhol (2003), é de 70% do total consumido atualmente, sendo que, é muito provável que, antes do término desta década, a agricultura apresente uso consumptivo próximo a 80%, aumentando os conflitos de uso que hoje ocorrem na grande maioria das bacias hidrográficas brasileiras.

Deve-se atentar para as restrições e riscos potenciais que se devem levar em conta quando se faz o reúso de água. Segundo Moscoso e León (1996), os principais são: a contaminação microbiológica dos produtos, a bio-acumulação de elementos tóxicos, a salinização e impermeabilização do solo e o desbalanceamento de nutrientes no solo. Entretanto, os autores afirmam que existem diversas estratégias de manejo agrícola que podem reduzir significativamente estes riscos potenciais.

Segundo Hammer e Hammer Jr. (1996), os principais problemas ligados à contaminação nos sistemas de reúso são: a percolação de nitrato até o lençol freático, a retenção de metais pesados nos solos, e os riscos de contaminação, por organismos patogênicos, dos trabalhadores do campo.

3.2.2 - Casos Práticos de Reúso Agrícola no Mundo

Nas próximas décadas, muitos dos países que fazem parte da Bacia do Mediterrâneo no Norte da África, no meio ocidental e sul da Europa irão se deparar com a necessidade do crescimento da irrigação agrícola, reúso industrial, entre outros usos, utilizando-se técnicas de reúso. Em alguns países tais como Marrocos, Jordânia, Egito, Tunísia, Malta, Chipre e Espanha, vários projetos de reúso já estão em operação ou sob planejamento, enquanto em Israel, a necessidade iminente tem ditado a construção e operação de planos de reúso em larga escala, principalmente onde a água residuária recuperada é reutilizada na irrigação agrícola. Outros países, tais como a Grécia, França e Itália estão considerando seriamente o reúso de água residuária (Shelef e Azov, 1996). Esse exemplo mostra que muitos países no mundo vêm investindo em práticas de reúso para dar sustentabilidade aos projetos agrícolas desses países, já que a quantidade de água utilizada na irrigação de culturas é bastante grande.

Em Israel, o tratamento de água residuária visa prevenir os riscos ambientais, bem como ser uma importante fonte adicional de água para o país, sendo que a maior parte é para o uso na agricultura. Deve-se admitir que a severa crise de água enfrentada por Israel é a principal força diretora à relativamente alta percentagem de água residuária tratada em Israel, antes que puramente considerações ambientais. A vazão de água residuária em Israel em 1994 era cerca de 293 milhões de m^3/ano dos quais 232 milhões são tratados (79%) e 194 milhões são reutilizados (66%). Além disso, dois grandes sistemas de água recuperada estão sendo licenciados em Israel nos últimos 15 anos: O projeto da região de Dan, que produz cerca de 95 milhões de m^3; e o Complexo de Kishon, que tem capacidade para reúso de 20 milhões de m^3 (Shelef e Azov, 1996).

Desde 1980 o *California State Water Resources Control Board* (Conselho de Controle dos Recursos Hídricos do estado da Califórnia) tem aprovado assistência financeira às agências

locais para projetos e construções de instalações de recuperação de água. Vinte e cinco desses projetos estão agora operando (Mills e Asano, 1996).

A França é um país onde os recursos hídricos são usualmente abundantes e bem distribuídos. Conseqüentemente, o reúso de água através da irrigação inclui apenas uma modesta parte a nível nacional. Entretanto, o reúso de água é uma velha prática cuja justificativa é a eliminação de um problema sanitário. No campo da irrigação de culturas para indústria, o caso de reúso de água na cidade de Clermont-Ferrand pode ser citado. Em uma primeira fase do projeto, o plano era irrigar 150ha de culturas bombeando-se de 8 a 10000 m^3/d do efluente de uma estação de tratamento de lodos ativados, que passava por um tratamento em lagoas de estabilização antes de ser utilizado. Uma segunda fase planeja a extensão da zona irrigada para 600 a 700ha usando até 25000m^3/d (Bontoux e Courtois, 1996).

3.2.3 - Qualidade da Água de Irrigação

Apesar de a irrigação vir sendo praticada em todas as partes do mundo por vários milênios, foi apenas no século passado que a importância da qualidade da água de irrigação foi reconhecida (Metcalf & Eddy, 1991).

Segundo Moscoso e León (1996), a qualidade da água tem um impacto importante no crescimento da planta e, portanto, no rendimento do cultivo. A qualidade da água depende dos seguintes fatores: das condições climáticas locais, das características físicas e químicas do solo, da tolerância da cultura escolhida, das práticas agronômicas e do método de irrigação.

De acordo com Bernardo (1989), para se fazer uma correta interpretação da qualidade da água para irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com os efeitos dessa água no solo, na cultura e no manejo da irrigação. Bernardo (1989) cita como cinco parâmetros básicos que determinam a qualidade da água de irrigação a concentração total de sais (salinidade), proporção relativa de sódio em relação aos outros cátions (capacidade de infiltração do solo), concentração de elementos tóxicos, concentração de bicarbonatos e aspecto sanitário.

Para o acompanhamento da concentração total de sais utiliza-se comumente a medição da condutividade elétrica e da concentração de sólidos dissolvidos na água de irrigação. Já para o acompanhamento da proporção relativa de sódio, comumente calcula-se a Razão de Adsorção de Sódio (RAS).

Para o cálculo da RAS utiliza-se a Equação 3.1:

$$RAS = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \qquad \text{(equação 3.1)}$$

com as concentrações de Na, Ca e Mg, dadas em miliequivalente por litro (mE/L).

Segundo Bernardo (1989) a capacidade de infiltração de um solo aumenta com o aumento de sua salinidade e diminui com o aumento da razão de adsorção de sódio (RAS) e/ou diminuição da salinidade. Dessa forma, os dois parâmetros devem ser analisados conjuntamente para que se possa avaliar corretamente o efeito da água de irrigação na redução da capacidade de infiltração de um solo.

3.2.4 – Manejo e Controle de Irrigação

Segundo Silva e Silva (2004), a quantidade de água de irrigação deve ser ditada pelas características do solo e pelas condições de umidade no solo. Bernardo (1989) diz ainda que a quantidade de água disponível no solo pode ser calculada desde que se conheçam os teores de umidade correspondentes à capacidade de campo (máximo armazenamento de água no solo) e ao ponto de murchamento (mínimo armazenamento de água no solo aceitável pela planta). Para o cálculo da Irrigação Real Necessária, Bernardo (1989) propõe o seguinte:

1) <u>Cálculo da Disponibilidade Total D'água no Solo (DTA)</u>

$$DTA = \frac{(Cc - Pm)}{10} \times Da \qquad \text{(equação 3.2)}$$

onde:

DTA = disponibilidade total de água, em mm/cm de solo;

Cc = capacidade de campo, % em peso;

Pm = ponto de murchamento, % em peso;

Da = densidade aparente do solo, em g/cm³.

2) Cálculo da Capacidade Total D'água do Solo (CTA)

$$CTA = DTA \times Z \qquad \text{(equação 3.3)}$$

Onde:

CTA = Capacidade total d'água do solo, em mm;

Z = profundidade efetiva do sistema radicular, em cm.

3) Cálculo da Capacidade Real D'água no Solo (CRA)

$$CRA = CTA \times f \qquad \text{(equação 3.4)}$$

Onde:

CRA = capacidade real d'água do solo, em mm;

f = fator de disponibilidade, sempre menor do que 1. (Varia de cultura para cultura)

4) Cálculo da Irrigação Real Necessária (IRN)

$$IRN \leq CRA - \mathrm{Pr}\,ecipitação \qquad \text{(equação 3.5)}$$

Com essas equações é possível que se calcule o volume máximo para a rega. Segundo Silva e Silva (2004), que realizou um estudo com as mesmas condições, com a mesma espécie cultivada e no mesmo local, o volume máximo calculado para a rega foi de 13,6L por recipiente.

3.2.5 - Impactos do Reúso Agrícola

Os impactos do reúso de água são geralmente divididos em impactos sociais, econômicos e ambientais. A seguir são apresentados os principais impactos, tanto positivos, como negativos, referentes a cada um dos temas citados acima.

Impactos Sociais

Moscoso e León (1996) destacam como impactos sociais positivos decorrentes do reúso agrícola os seguintes: (1) Diminuição de doenças; (2) Empregos gerados pela construção, operação e manutenção dos projetos; (3) Empregos gerados pela ampliação da fronteira agrícola; (4) Proteção das comunidades abaixo das descargas de águas residuárias; (5)

Proteção da saúde dos consumidores dos produtos produzidos com o uso de águas residuárias; (6) Esclarecimento da população sobre a importância do saneamento e a justificativa dos gastos, levando em conta que as comunidades a montante também estão tratando suas águas residuárias; e (7) Melhora da qualidade de vida da população pela criação de espaços recreativos, áreas verdes públicas e áreas ecológicas.

Moscoso e León (1996) citam como impactos sociais negativos: (1) Perda de valor dos terrenos adjacentes às áreas de reúso em função de maus odores; (2) Efeitos adversos à saúde dos agricultores pela falta ou aplicação inadequada de medidas de proteção; e (3) Efeitos adversos à saúde dos consumidores dos produtos gerados.

García e Lampoglia (2001) realizaram um estudo sobre o reúso de água residuária pela comunidade agrícola de San José, no Peru, onde o objetivo principal do estudo era o de avaliar o impacto resultante, principalmente no que diz respeito aos aspectos relacionados à saúde da população, da mudança de esgoto bruto para esgoto tratado na irrigação realizada pela comunidade agrícola de San José. O estudo mostrou que houve uma significante redução na incidência de helmintos na comunidade agrícola, a qual pode ser atribuída à mudança do uso de esgoto bruto ao reúso de efluente tratado na irrigação. Essa mudança contribuiu na redução observada das infecções parasíticas na comunidade de San José, já que os altos índices observados anteriormente indicavam que a alta contaminação do solo favorecia a infecção parasítica da população. Isso mostra que o reúso de água planejado pode ajudar na diminuição de ocorrência de doenças, um impacto positivo. Além disso, geram-se também impactos econômicos e ambientais, como a diminuição das despesas com tratamento médico e a redução da quantidade de carga orgânica lançada nos corpos d'água.

Impactos Econômicos

Moscoso e León (1996) destacam como impactos econômicos positivos decorrentes do reúso agrícola: (1) Menor despesa com tratamento médico; (2) Ampliação da fronteira agrícola; (3) Menores custos por m^3 tratado; (4) Conservação dos nutrientes para os cultivos; (5) Conservação da água para os períodos de estiagem; (6) Fertilização dos solos agrícolas com lodos tratados que contêm matéria orgânica e minerais; (7) Disponibilidade de alimentos em zonas adjacentes às cidades que produzem as águas residuárias; (8) Substituição do emprego de água subterrânea em lugares em que esta é a única fonte de

irrigação; e (9) Aumento de áreas dedicadas à recreação, turismo, silvicultura, irrigação e agricultura.

Como impactos econômicos negativos Moscoso e León (1996) citam: (1) Diminuição de terrenos para a produção agrícola (quando os agricultores têm que ceder parte dos terrenos para o tratamento); (2) Perdas de água por evaporação e infiltração em lagoas de estabilização; e (3) Emissários com maior diâmetro e mais onerosos.

Impactos Ambientais

Moscoso e León (1996) trazem como impactos ambientais positivos decorrentes do reúso agrícola: (1) Diminuição da carga orgânica lançada nos rios; (2) Diminuição da carga microbiológica lançada em ambientes aquáticos; (3) Geração de áreas de proteção ecológica e manutenção da capacidade de reprodução do ecossistema; e (4) Melhoria da paisagem.

Como impactos ambientais negativos tem-se: (1) Contaminação da água subterrânea devido à presença de elementos contaminantes removidos pelo sistema de tratamento, no caso do aqüífero ser vulnerável e não exista uma impermeabilização adequada das lagoas; (2) Presença de elementos potencialmente fitotóxicos que possam acumular-se nos cultivos e serem transmitidos ao longo da cadeia alimentar, caso sejam permitida a descarga de efluentes industriais sem tratamento prévio; (3) Geração de maus odores por projeto, operação e manutenção inadequados; (4) Presença de vetores de doenças, quando não se tem controle adequado; e (5) Deterioração do solo por incremento da taxa de salinização e saturação da água, caso não se preste a devida atenção às necessidades de filtração e drenagem (Moscoso e León, 1996).

3.3 - REÚSO URBANO

3.3.1 - Considerações Gerais

No setor urbano, o potencial de reúso de efluentes é muito amplo e diversificado. As aplicações que demandam água com qualidade elevada, entretanto, requerem sistemas de tratamento e de controle avançados, podendo levar a custos incompatíveis com os benefícios correspondentes (Hespanhol, 2003).

Os usos urbanos para fins potáveis são, geralmente, descartados, tendo em vista que os efluentes geralmente têm em sua composição alguns constituintes inconvenientes, tais como organismos patogênicos, metais pesados e compostos orgânicos sintéticos. O custo necessário para a eliminação desses compostos é em geral, muito alto, o que acaba por inviabilizar economicamente o reúso para fins potáveis.

De acordo com Hespanhol (2003), os usos urbanos não potáveis envolvem riscos menores e devem ser considerados como a primeira opção de reúso na área urbana. Entretanto, cuidados especiais devem ser tomados quando ocorre contato direto do público com gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas e campos de esporte.

Segundo Crook e Surampalli (1996), onde a água residuária recuperada é usada em cenário urbano, a maioria dos estados norte-americanos requer um alto grau de tratamento e desinfecção. Onde há provável contato do público com água recuperada, geralmente é requerido tratamento terciário que produza água final essencialmente livre de patógenos.

Os problemas associados ao reúso urbano não potável são, principalmente, os custos elevados de sistemas duplos de distribuição, dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. Os custos, entretanto, devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais para abastecimento público (Hespanhol, 2003).

3.3.2 – Alguns Exemplos de Experiências de Reúso Urbano no Mundo

O começo do uso de recuperação de água na área metropolitana de Tokyo começou em 1951, quando o efluente secundário da estação de tratamento de Mikawashima foi experimentalmente utilizado na manufatura de papel. Segundo Maeda *et al.* (1996), depois disso, o uso de água recuperada começou a ser um empreendimento real, e o efluente secundário filtrado em areia proveniente da estação de Mikawashima passou a ser comercializado para as fábricas de papel próximas à região. Outra forma típica de reúso no Japão é o uso de água recuperada para descarga sanitária. Maeda *et al.* (1996) apontam o

projeto de água recuperada no distrito de Shinjuku, que em 1994 provia água recuperada para dezenove edifícios de grande porte usarem em suas descargas sanitárias.

O reciclo de água recuperada está ainda em sua fase inicial na Austrália. Entretanto, há um grande número de novas iniciativas nos últimos cinco anos e a quantidade de reúso direto está aumentando rapidamente. Além disso, os primeiros passos têm sido dados através do desenvolvimento de reciclo residencial de água com a publicação das diretrizes para o uso residencial e urbano (Anderson, 1996).

3.4 - EFEITOS SOBRE O SISTEMA SOLO-ÁGUA-PLANTA

3.4.1 - Considerações Gerais

A exemplo do que acontece nos processos naturais de autodepuração dos corpos de água, os esgotos brutos ou tratados, ao serem lançados no solo, têm sua carga poluidora diminuída por processos físicos, químicos e biológicos. Para compreendê-los, é preciso ter em mente que o solo é mais do que um simples meio físico formado por substâncias minerais e orgânicas que, juntamente com a vegetação superior, a energia solar e a água, asseguram a continuidade de um dos ciclos mais importantes da natureza, que é a transformação da matéria orgânica em energia renovável (Paganini, 2003).

Existem muitos aspectos e detalhes importantes a serem considerados quando se pretende implantar um sistema de reúso para fins agrícolas. Entre esses, existem aqueles classificados como notáveis, por serem de interesse agrícola e sanitário. São eles: os riscos da salinidade, da contaminação por metais pesados, da contaminação biológica, e por fim, a potencialidade deletéria da lixiviação de elementos através do solo até os lençóis subterrâneos (Paganini, 2003). Esses aspectos principais serão discutidos a seguir.

3.4.2 - Efeitos Sobre o Sistema

Segundo Paganini (2003), águas contendo sais solúveis quando dispostas no solo podem afetá-lo de diversas maneiras: a alta salinidade pode causar danos à vegetação pelo simples contato direto; sais podem se acumular no solo, dentro dos limites do sistema radicular das plantas, inibindo sua germinação e seu crescimento; e a disposição de esgotos com baixa

salinidade, porém com alta Percentagem de Sódio Trocável, ou seja, com significativa predominância dos íons de sódio, pode promover a dissolução de partículas de argila, provocando a diminuição da permeabilidade do solo, causando também a redução de sua aeração e a inibição do desenvolvimento do sistema radicular das plantas, com a conseqüente perda da produtividade. Dessa forma, os riscos da aplicação de águas com salinidade significativa, bem como os riscos da aplicação do sódio e de outros íons específicos, devem ser considerados com rigor quando da análise da conveniência da utilização de esgotos para irrigação.

No estudo realizado por Silva e Silva (2004), que utilizou efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos de Brasília Norte, que também serão utilizados nesse estudo, percebeu-se, diante dos resultados de classificação da qualidade da água, que os efluentes utilizados apresentaram pequenas restrições com relação à salinidade e níveis de sódio.

Paganini (2003) afirma que todos os problemas da água no solo dependem da relação entre infiltração e evaporação. Se a infiltração for maior, os solos são lixiviados, e acidificam-se com facilidade. Se a evaporação predomina, ocorre o contrário, acumulam-se sais na camada superior dos solos. Essa salinização é menor em solos arenosos e muito maior em solos argilosos, que permitem a ascensão de água muito mais intensa.

O pH é fundamental na definição do nível de fertilidade do solo, por interferir na solubilidade dos elementos minerais. Para o desenvolvimento das plantas o melhor pH é próximo a 6,5. Entretanto, os nutrientes têm suas disponibilidades alteradas de formas distintas com a variação do pH. Elementos como Fe, Cu, Mn, Zn e Al têm suas disponibilidades reduzidas com a elevação do pH, enquanto que N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mo e Cl, em diferentes graus de intensidade, têm suas disponibilidades aumentadas (Marques *et al.* 2003).

3.5 - AVALIAÇÃO DE ESTUDOS REALIZADOS EM REÚSO AGRÍCOLA

Geralmente, o que se deseja avaliar quando se faz um estudo na área de reúso agrícola é algum dos aspectos da cultura relativo à produtividade, ou os riscos à saúde humana envolvidos, ou os problemas associados à presença de compostos químicos, ou a eficiência do tratamento no solo, ou ainda uma combinação entre eles. Dessa forma, para melhor

avaliar os dados obtidos em literatura, eles serão avaliados em cada aspecto separadamente.

3.5.1 - Quanto à Produtividade

Lucas Filho *et al.* (2001) observaram em seus estudos no cultivo de milho que o módulo irrigado com águas residuárias apresentou melhores condições para desenvolvimento vegetativo e produtivo, apesar do aporte de N, P e K adicionados ao solo através da água ter sido inferior às doses recomendadas para a adubação química.

Fasciolo *et al.* (2000) realizaram estudos no cultivo de alho das variedades "Blanco" e "Colorado", utilizando como água de irrigação efluente tratado de lagoa de oxidação, água de poço com e sem fertilizante. Constatou-se nesses estudos que o efluente se comportou como uma fertilização nitrogenada, melhorando a qualidade do alho e aumentando seu rendimento em até 10% com respeito ao cultivo irrigado com água de poço sem fertilizante. Além disso, constatou-se que a irrigação com efluente produziu alho com menor número de imperfeições e com maior tamanho médio do bulbo.

Diante desses dados relatados na literatura, o que se pode concluir é que o reúso de águas residuárias na agricultura é uma alternativa viável, já que na maioria dos casos não há prejuízo do rendimento e as culturas apresentam um rendimento satisfatório quando irrigadas com água residuária. Além disso, a utilização de águas residuárias é uma boa alternativa em relação à adubação química, que pode gerar contaminação do lençol freático pelo grande aporte de nutrientes.

3.5.2 - Quanto aos Riscos à Saúde Humana

No estudo realizado por Sousa *et al.* (2003a) utilizando-se irrigação com efluentes no cultivo da alface, constatou-se que houve contaminação das folhas da alface que receberam águas residuárias em níveis considerados impróprios para consumo humano, conforme a Organização Mundial de Saúde.

Já no estudo realizado por García e Lampoglia (2001) com o objetivo principal de avaliar o impacto resultante da mudança de esgoto bruto para esgoto tratado nos propósitos de

irrigação da comunidade agrícola de San José, no Peru, estes observaram uma redução significativa na incidência de helmintos na comunidade agrícola, já que o tratamento removeu praticamente 100% dos ovos dessas espécies. Eles puderam concluir que o tratamento da água residuária contribuiu drasticamente para a redução observada nas infecções parasíticas na comunidade agrícola de San José.

Amahmid *et al.* (1999) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o nível de contaminação, por ovos de *Ascaris* e cistos de *Giárdia*, de produtos de culturas comestíveis coletadas nos campos irrigados com água residuária em Marrakech, no Marrocos, com três tipos de água de irrigação: esgoto bruto, esgoto tratado e água doce. O estudo demonstrou que o uso de esgoto bruto na irrigação leva a contaminação da cultura com cistos de *Giárdia* e ovos de *Ascaris.* Os experimentos realizados mostraram que as culturas irrigadas com esgoto tratado de lagoas de estabilização não foram contaminadas por cistos de *Giárdia* e ovos de *Ascaris.* De fato, na saída do sistema, a água residuária está livre desses dois parasitas.

Al-Lahham *et al.* (2003) realizaram um experimento em campo entre 1999 e 2000 com o objetivo de investigar o efeito de diferentes tipos de águas de irrigação, de água potável a água residuária tratada, na qualidade do fruto do tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Mill) na Jordânia. Observou-se nesse estudo que há uma contaminação desprezível nas "cicatrizes" do fruto e nenhuma contaminação na polpa do fruto. Além disso, constatou-se que a contaminação crescia exponencialmente com o aumento das proporções de água residuária aplicadas.

3.5.3 - Quanto aos Problemas Associados à Presença de Compostos Químicos

Na agricultura irrigada, problemas como alcalinidade e salinidade são uma grande preocupação, visto que podem ocasionar diminuição da produtividade e, até mesmo a completa esterilização do solo. Miranda *et al.* (2001) desenvolveram um estudo com o objetivo de acompanhar a evolução da salinidade em solo irrigado com esgoto sanitário tratado, cultivando para isso capim elefante. Observou-se que com os valores de percentagem de sódio trocável (PST), não houve acúmulo progressivo de sódio no solo, demonstrando que não se terá problema de sodificação ao longo do tempo com a disposição dos esgotos no solo arenoso devido a sua alta permeabilidade e baixa CTC

(capacidade de troca de cátions), sendo todos os sais lixiviados na própria água do esgoto aplicado, ou nas águas das chuvas.

No estudo realizado por Kouraa *et al.* (2002) para avaliar a eficiência de um sistema de lagoas de estabilização bem como os efeitos do reúso dos efluentes dessa lagoa na irrigação de batata e alface, estes constataram pelas análises do solo que não houve diferença entre as condições iniciais e após a irrigação no que diz respeito aos parâmetros físico-químicos, e afirmaram que as características químicas necessitariam de vários anos de irrigação com águas residuárias para serem modificadas.

3.5.4 - Quanto à Eficiência do Tratamento no Solo

No estudo realizado por Lucas Filho *et al.* (2001) no qual se cultivou milho, constatou-se que o sistema de tratamento apresentou boa remoção de matéria orgânica, com redução da Demanda Química de Oxigênio (DQO) próxima de 50%. Além disso, mostrou-se eficiente também na remoção de coliformes termotolerantes (99,9%) e, com relação aos nutrientes, obteve-se uma substancial oxidação das formas reduzidas de nitrogênio, com remoções médias de 99% e 39% respectivamente para nitrogênio amoniacal e nitrato, enquanto que para o fósforo obteve reduções superiores a 95%.

Araújo *et al.* (1999) realizou um experimento cultivando alface em colunas independentes de PVC, utilizando como água de irrigação água de um córrego da região que recebia descargas de esgoto doméstico da região e água de abastecimento para o controle. Foi observado nas colunas que recebiam água de abastecimento um aumento de DBO na água percolada, da onde se conclui que a água funcionou como um agente lixiviador da matéria orgânica existente no solo. Já as colunas que receberam como irrigação água poluída, o teor de matéria orgânica do líquido percolado apresentou uma diminuição de até 67%, evidenciando que o solo funcionou como um filtro que reteve a matéria orgânica.

Diante dos fatos relatados acima o que se pode concluir é que a irrigação utilizando-se águas residuárias fornece um bom aporte de nutrientes para as plantas, o que é bastante satisfatório. Além disso, o reúso de águas residuárias na agricultura serve como uma boa alternativa também para a disposição das águas residuárias, mostrando que o tratamento no solo é eficaz. Deve-se buscar novas pesquisas para se saber mais a respeito dos efeitos dos

compostos químicos no solo, bem como dos possíveis riscos à saúde humana, para que se possa utilizar o reúso de água de uma forma ambientalmente segura.

4 - METODOLOGIA

A metodologia da presente pesquisa baseou-se em trabalho experimental realizado em unidades de cultivo piloto, operadas sob condições controladas. A base metodológica proposta já foi empregada em estudo realizado anteriormente por Silva e Silva (2004) no PTARH (Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) da Universidade de Brasília, sendo que, para o presente trabalho, foram feitas algumas modificações em função dos objetivos a serem perseguidos, que são diferentes, e de recomendações ditadas pela experiência anterior.

A metodologia envolveu as seguintes atividades:

1) Concepção do Experimento;
2) Construção e Montagem das Unidades;
3) Fases Experimentais 1 e 2; e
4) Análise de Dados.

4.1 - CONCEPÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi concebido tendo como base os vários estudos de reúso agrícola e reúso paisagístico já realizados e apresentados na literatura.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, ou seja, os "tratamentos" foram sorteados às unidades experimentais. Foram utilizados oito "tratamentos" e cinco repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Os "tratamentos" utilizados foram os seguintes:

- T1 (Testemunha 1): irrigação com água de abastecimento e adubação convencional;
- T2 (Testemunha 2): irrigação com água do lago Paranoá;
- T3: irrigação com efluente primário;
- T4: irrigação com efluente primário diluído, sendo a diluição feita com efluente terciário (1 Efl. Primário: 1 Efl. Terciário);
- T5: irrigação com efluente secundário;
- T6: irrigação com efluente terciário;

- T7: irrigação com efluente de reator UASB (ou RAFA – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente); e
- T8: irrigação com efluente de lagoa de alta taxa.

A Figura 4.1 mostra o esquema do posicionamento das unidades de cultivo após o sorteio dos tipos de "tratamento". Para que não houvesse nenhum tipo de confusão no momento da irrigação, as unidades foram pintadas com cores diferentes para facilitar a visualização do tipo de água de irrigação a ser empregado. A cada tipo de "tratamento" correspondia uma cor diferente, o que facilitava a identificação das unidades. Além disso, foram cravadas plaquetas indicativas do tipo de "tratamento" dentro de cada unidade, além da identificação por escrito, que era colada na parede de cada recipiente.

	1	2	3	4	5
1	T3 (P11)	T2 (P12)	T6 (P13)	T2 (P14)	T6 (P15)
2	T2 (P21)	T4 (P22)	T2 (P23)	T8 (P24)	T1 (P25)
3	T8 (P31)	T7 (P32)	T2 (P33)	T4 (P34)	T6 (P35)
4	T3 (P41)	T5 (P42)	T1 (P43)	T1 (P44)	T8 (P45)
5	T6 (P51)	T7 (P52)	T7 (P53)	T3 (P54)	T4 (P55)
6	T3 (P61)	T7 (P62)	T5 (P63)	T4 (P64)	T1 (P65)
7	T5 (P71)	T3 (P72)	T8 (P73)	T4 (P74)	T7 (P75)
8	T6 (P81)	T5 (P82)	T5 (P83)	T1 (P84)	T8 (P85)

Tn = "tratamento"
n = número do "tratamento"
Pij = posição
i = número da linha
j = número da coluna

Figura 4.1 – Esquema representativo da localização das unidades de cultivo no local do experimento.

4.1.1 - Descrição do Local da Pesquisa

O Distrito Federal localiza-se entre 15°30' e 16°03' de latitude Sul, 47°25' e 48°12' de longitude Oeste, localizando-se na região intertropical. O Distrito Federal, como outras áreas de clima tropical, apresentam uma estação chuvosa e uma estação de seca, diferente

das áreas de clima temperado, que apresentam estações quentes ou frias. O regime de chuvas da região do DF é característico da região dos cerrados, apresentando duas estações bem definidas, um verão chuvoso e um inverno seco. Os dados climáticos observados no decorrer da pesquisa são mostrados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Dados climáticos da região de Brasília para o período de ocorrência do experimento (Ciclos 1 e 2 – julho de 2004 a março de 2005).

Mês	**T med (°C)***	**T max (°C)***	**T min (°C)***	**Precipitação (mm)****	**Evaporação (mm)****	**Insolação (h)****	**Umidade Relativa (%)***
Julho/2004	18,0	24,0	13,5	0,5	220,7	279,6	57
Agosto/2004	20,6	27,2	14,7	0,0	340,1	298,2	39
Setembro/2004	23,5	29,8	17,5	0,0	432,9	285,4	30
Outubro/2004	23,1	28,9	18,6	172,3	261,9	190,1	60
Novembro/2004	22,1	27,6	18,5	103,9	158,1	162,6	70
Dezembro/2004	21,8	26,9	18,1	126,0	126,6	136,9	77
Janeiro/2005	22,0	27,1	18,4	245,2	107,7	150,8	79
Fevereiro/2005	22,4	27,5	18,3	262,2	120,2	184,8	74
Março/2005	21,7	26,9	18,0	398,6	90,3	147,4	83

* Média Mensal.
** Total Mensal.
Fonte: INMET. Dados provenientes da Estação Climatológica Principal de Brasília/DF.
Latitude:15°47'S; Longitude:47°56'W; Altitude: 1159,54m.

Os tipos de solos predominantes no DF são o Latossolo Vermelho-Escuro, Cambissolo Álico e o Latossolo Vermelho-Amarelo, ocupando área de 4.870 km², correspondendo estes a 85% da área do Distrito Federal (EMBRAPA, 1978). Os latossolos são solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo, constituídos por material mineral. Esses solos possuem capacidade de troca de cátions baixa e, em geral, são solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases. Estes variam de fortemente a bem drenados, sendo típicos de regiões equatoriais e tropicais (EMBRAPA, 1998). A densidade aparente da maioria dos latossolos é baixa, em geral menor que 1 g/cm³, sob vegetação nativa, podendo estes serem compactados com uso de máquinas agrícolas e pelo pisoteio de animais (Haridasan, 1993).

Os Latossolos Vermelho-Escuros são solos minerais, muito porosos, bastante permeáveis, e bem a fortemente drenados, dependendo de sua textura argilosa ou média. Além disso,

são solos fortemente ácidos. Os Latossolos Vermelho-Amarelos são solos minerais, de textura argilosa ou média, bem a acentuadamente drenados, e de acidez variando de moderada a forte (EMBRAPA, 1978). A cor do solo depende da sua composição e do seu processo de formação, sendo que as cores amarelas e vermelhas são decorrentes da presença do ferro no seu estado oxidado (Nascimento, 2003). Haridasan (1993) afirma que a cor dos latossolos é independente do teor total de óxidos de ferro e varia com o tipo de óxido de ferro.

A vegetação predominante no Distrito Federal é o cerrado. Os dois principais fatores determinantes da presença do cerrado são os solos ácidos, de baixa fertilidade, e o clima estacional (Adámoli *et al.*, 1985). Segundo Goedert *et al.* (1985), a maioria dos solos da região dos Cerrados contém baixo teor de fósforo total e muito baixo de fósforo disponível para as plantas, mas, por ser solo argiloso, apresenta alta capacidade de retenção do fosfato aplicado. Pereira e Peres (1985) afirmam que os teores da matéria orgânica na maioria dos solos dos Cerrados situam-se entre 2,0 a 3,0%, o que é considerado médio. Contudo, a matéria orgânica responsável por fornecer energia e nutrientes para o desenvolvimento microbiano no solo e, conseqüentemente, a liberação de nutrientes essenciais para as plantas, encontra-se quase inativa, devido à carência nutricional característica desses solos (Pereira e Peres, 1985).

A fertilidade dos solos do cerrado é em geral muito baixa. A dessilificação e a lixiviação dos nutrientes, acompanhadas pela remoção de minerais primários explicam a alta acidez e a pobreza de bases desses solos. Estes solos apresentam ainda altos teores de alumínio e manganês trocável que se mostram tóxicos às plantas quando passam para a solução do solo. Como apresentam baixa CTC, estes solos têm pouca capacidade de reter fertilizantes potássicos, o que faz com que haja perdas por lixiviação. Além disso, as deficiências de micronutrientes são comuns, principalmente de B, Cu e Zn. (Malavolta e Kliemann, 1985).

Os solos do cerrado mostram ainda teores insuficientes de Ca e Mg para as plantas, conseqüência do intemperismo e lixiviação que esses solos vêm sofrendo com o tempo, além da pobreza da rocha mãe que deu origem a esses solos (Malavolta e Kliemann, 1985). O que se tem observado na região, segundo Leão (1993) é que não se consegue produção agrícola sem a adição do elemento fósforo, o que é devido à alta capacidade de adsorção dos solos argilosos que apresentam balanço de cargas positivo.

4.1.2 - Descrição do Local do Experimento

A pesquisa realizou-se numa área utilizada pelo Departamento de Engenharia Civil e Ambiental na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília, localizada próxima ao campus da Universidade, contígua à Estação de Tratamento de Esgotos de Brasília – Norte (ETEB-Norte), em Brasília, no Distrito Federal. A escolha desse local foi feita com base estratégica, devido à proximidade da ETEB-Norte, para redução dos custos de transporte de efluentes de esgotos tratados para realizar a irrigação e também devido à proximidade ao Lago Paranoá, que era também uma das fontes de água de irrigação.

A área delimitada para a pesquisa corresponde a aproximadamente 170 m², e está localizada dentro da Estação Experimental de Biologia da UnB, próxima à Estação Piloto de Tratamento de Água do PROSAB e também da Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, da Universidade de Brasília. O acesso ao local da pesquisa era controlado, sendo que somente as pessoas envolvidas na pesquisa tinham acesso, já que os portões eram trancados para evitar a entrada de curiosos. Não há nenhum tipo de proteção para sombra ou vento, pois se tentou buscar uma condição que fosse o mais próxima possível da realidade. A Figura 4.2 mostra uma vista de cima da área do experimento.

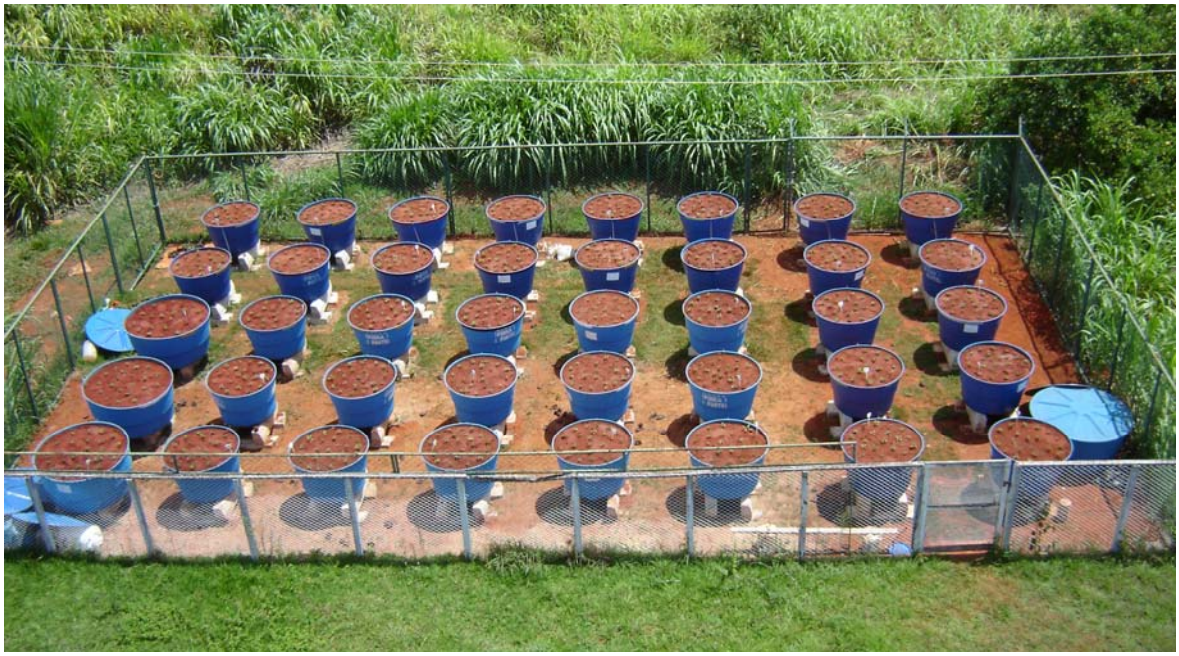

Figura 4.2 – Vista da área do experimento - Estação Experimental da Biologia, UnB, Brasília - DF.

4.1.3 - Unidades de Cultivo

As unidades de cultivo foram dimensionadas de forma a propiciar uma situação intermediária entre escala real e a de laboratório. Como exemplo, cita-se estudo realizado por Bezerra (2000), no qual foram utilizadas unidades de cultivo por parcelamentos de terreno com uma área de 12,5x19m^2, ou seja, superior a 100m^2, no cultivo de sorgo, algodão e capim elefante. Esse tipo de unidade necessitaria de uma infraestrutura da qual não se tinha disponibilidade para realização da pesquisa, sendo que esta resultaria em maiores custos e maiores dificuldades operacionais, devido ao seu porte.

Por outro lado, e como exemplo, Santos *et al.* (2003) utilizaram, como unidades de cultivo, vasos plásticos com dimensões de 0,55 m de altura e 0,40 m de diâmetro para cultivo de girassol. Similarmente, no estudo realizado por Araújo *et al.* (1999), foram utilizadas unidades de cultivo confeccionadas em colunas feitas em tubos de PVC rígido de 0,20 m de diâmetro e 0,75 m de comprimento para o cultivo de alface. Esse tipo de unidade facilita o controle operacional e possui menor custo.

Optou-se por utilizar unidades de cultivo similares às utilizadas por Santos *et al.* (2003) e Araújo *et al.* (1999), sendo as unidades de cultivo compostas de recipientes independentes de fibra de vidro utilizados normalmente como reservatórios de água prediais, por apresentarem baixo custo em relação a recipientes que fossem especialmente fabricados para a pesquisa. Cada recipiente de fibra de vidro tem um volume de 500 litros, diâmetro de 1,20 m e altura de 0,72 m.

A presente pesquisa contou com 40 unidades de cultivo. Cada unidade de cultivo era dotada de um sistema de drenagem, que será descrito no item 4.1.4, ligado a uma saída de fundo, possibilitando que fossem coletadas amostras da água drenada. As unidades contaram também com uma tubulação lateral transparente para a verificação do nível de água dentro de cada unidade de cultivo. Além disso, essa tubulação tinha outras funções, pois proporcionava, também, a aeração do solo e o escape de bolhas de ar que poderiam obstruir a drenagem da água percolada. Um esquema da unidade de cultivo é mostrada na Figura 4.3 e a unidade de cultivo aparece na Figura 4.4.

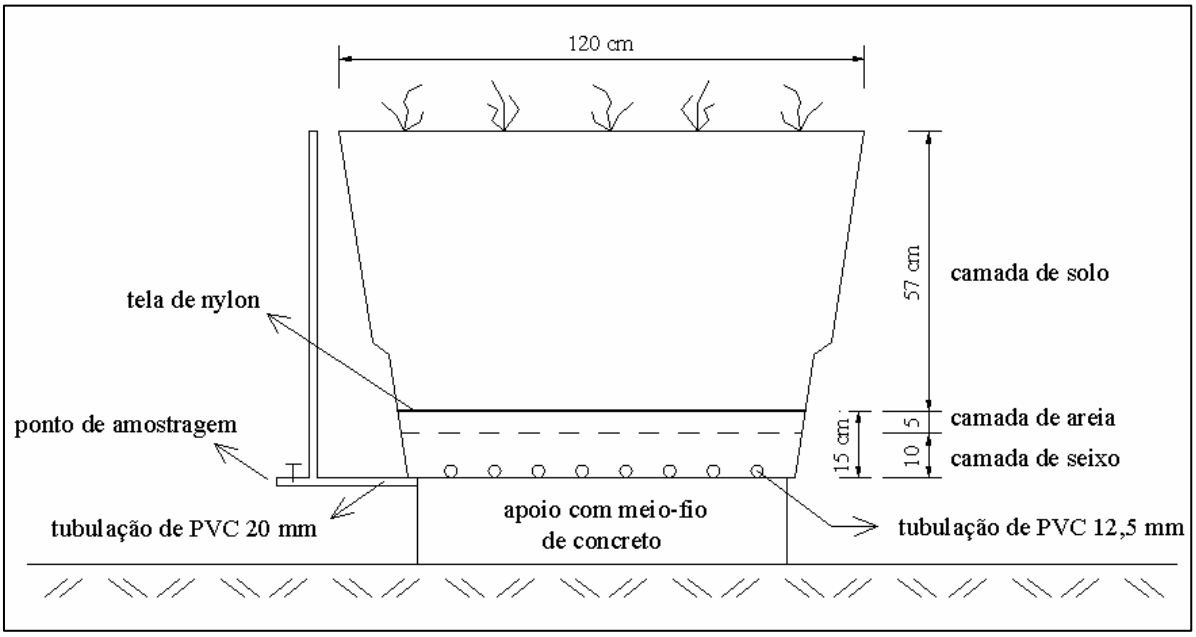

Figura 4.3 – Esquema representativo da unidade de cultivo.

Figura 4.4 – Unidade de Cultivo.

4.1.4 - Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem foi inspirado no sistema utilizado por Araújo *et al.* (1999) em suas colunas experimentais no cultivo de alface, que utilizaram um sistema contendo uma camada de seixo rolado e areia, e uma instalação no fundo do recipiente de um sistema de coleta de tubos de PVC perfurados na sua parte inferior. Além disso, colocou-se uma tela de nylon entre a camada de solo e as camadas de seixo rolado e areia para evitar que ocorressem obstruções.

A camada de seixo rolado tem uma espessura de 10 cm com granulometria de 4,0 mm, enquanto que a camada de areia foi de 5 cm com granulometria de 2,0 mm. A tela de nylon possui uma malha de abertura de 0,48 mm.

Os drenos eram feitos de tubulação de PVC soldável para água, montados no local da pesquisa. A tubulação principal possuía um diâmetro de 20mm (3/4”), enquanto que as tubulações das ramificações possuía diâmetro de 12,5mm (1/2”). Essas tubulações, como dito anteriormente, eram perfuradas em sua aresta inferior, sendo os orifícios de diâmetro de 6,0mm e o espaçamento entre orifícios de 3,5cm.

As amostras de água percolada pelo solo eram feitas por meio de um registro instalado no final da tubulação de PVC, em cada unidade. Esse tipo de amostragem ocorria quando havia algum evento de precipitação que proporcionasse percolação de água no solo, devido ao excesso de água. Esse tipo de coleta só foi possível no Ciclo 2, já que este foi realizado na estação chuvosa, onde há concentração das precipitações. No Ciclo 1, que ocorreu no período da seca, houve apenas um evento de magnitude tal que proporcionasse o extravasamento de água pelo fundo das unidades, no final do ciclo. Além disso, optou-se por não se fazer a lixiviação forçada do solo, para se poder simular uma situação o mais próxima da real possível. A Figura 4.4 mostra o esquema da tubulação de drenagem e a Figura 4.5 mostra as tubulações de drenagem.

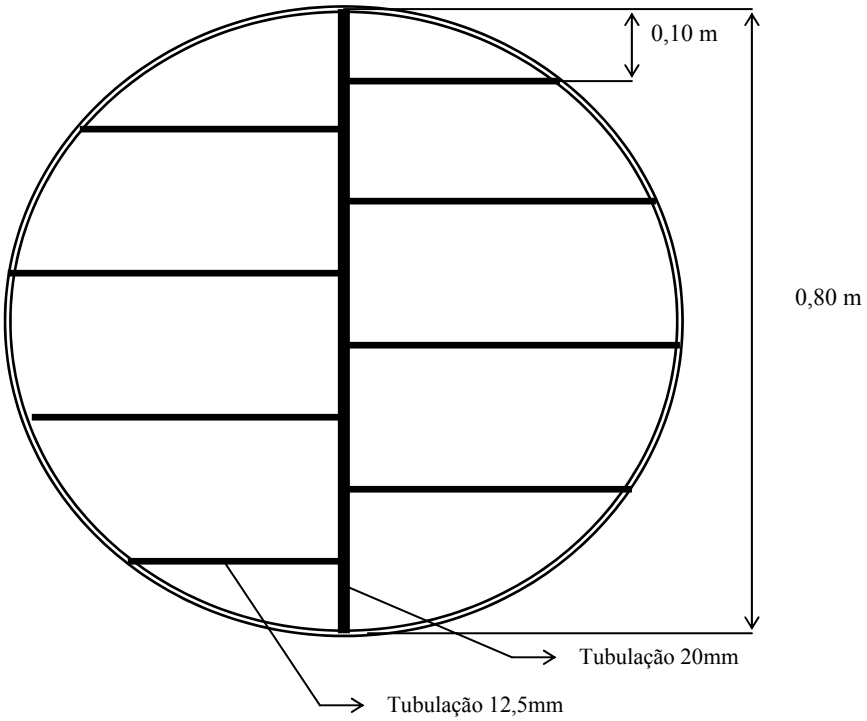

Figura 4.5 – Esquema representativo da tubulação de drenagem.

Figura 4.6 – Tubulações de drenagem.

4.1.5 - Espécie Cultivada

Quanto à espécie a ser cultivada, escolheu-se uma espécie florífera de larga utilização nos parques e jardins do Distrito Federal, a Dália Anã Sortida (*Dahlia pinnata*), já que esse tipo de espécie não necessita de grandes áreas de cultivo e não necessita de grandes volumes de água para irrigação. Outro fator importante a ser mencionado é que essa espécie pode ser cultivada durante todo o ano, o que possibilitou que se fizesse uma comparação entre dois períodos diferentes do ano. Além disso, deve-se acrescentar o interesse de produção de flores no Distrito Federal.

A Dália Anã Sortida (*Dahlia pinnata*) é uma planta herbácea, da família das Compostas, de porte médio, perene e tem sua origem na América Central (México). Ela possui raízes tuberosas de 20 cm de altura média, tendo um ciclo vegetativo com duração média de 4 meses. Requer pleno sol, solo rico em matéria orgânica, necessitando de irrigação periódica que impeça que o solo fique seco (Silva e Silva, 2004). A Dália Anã Sortida mede entre 30 e 50 cm de altura, possuindo flores de várias formas e cores (NOVACAP, 2002). Segundo Silva e Silva (2004), é capaz de apresentar sensibilidade às mudanças de cultivo, possibilitando visualização das influências e efeitos da utilização do reúso de água (Silva e Silva, 2004).

4.1.6 - Efluentes Utilizados para a Irrigação

A escolha dos efluentes utilizados na irrigação foi feita baseando-se em estudos já realizados, como por exemplo, o estudo realizado por Santos *et al.* (2003), em que se utiliza como água de irrigação efluente tratado e água de abastecimento (testemunha), com quatro níveis diferentes de Nitrogênio (adubação com lodo de esgoto e química), em quatro repetições, totalizando 32 plantas. No estudo realizado por Amahmid *et al.* (1999) e por Kouraa *et al.* (2002), foram utilizados esgoto bruto e esgoto tratado, além de água potável (testemunha). No estudo realizado com o cultivo de arroz por Pereira *et al.* (2003), foi utilizado efluente de um sistema de tratamento composto de tanque séptico seguido de filtros biológicos anaeróbios e, como testemunha, foi utilizada água de poço sem adição de nutrientes.

Na presente pesquisa foram utilizados efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos de Brasília – Norte (ETEB-Norte) e da Estação de Tratamento de Esgotos do Paranoá (ETE Paranoá), nos seus vários níveis de tratamento.

A escolha da ETEB Norte ocorreu por ela ser próxima à área da pesquisa, e também pelo fato desses efluentes serem os mais seguros e adequados ao reúso de água, em função da sua proximidade às áreas verdes e parques do Plano Piloto, em Brasília. Outro ponto positivo da ETEB-Norte é que ela possui um sistema de tratamento seqüencial com fases que apresentam os vários graus de tratamento, cujos afluentes não apresentam restrições severas ao reúso paisagístico. Em adição, o sistema de tratamento da ETEB-Norte é o mesmo empregado na ETEB-Sul (Estação de Tratamento de Esgotos de Brasília – Asa Sul), ambas situadas no centro geográfico das maiores demandas de água de reúso para irrigação ornamental.

Pelo fato do Distrito Federal apresentar várias Estações de Tratamento de Esgoto que empregam sistema composto de reator UASB seguido de lagoas de estabilização, fez-se a opção de utilizar os efluentes provenientes desses sistemas na presente pesquisa. Devido à proximidade da área de pesquisa, utilizaram-se os efluentes da ETE-Paranoá. Sendo assim, ficam contemplados os três principais tipos de tratamento biológico de esgotos existentes no Distrito Federal (o convencional aeróbio, o anaeróbio, e as lagoas de estabilização), e o tratamento físico-químico.

Como testemunhas serão utilizadas águas de abastecimento e do Lago Paranoá, por ser esta uma alternativa para o reúso indireto de água em irrigação ornamental no Distrito Federal.

Além disso, o efluente primário proveniente da ETEB-Norte sofreu uma diluição para testar o efeito de toxicidade desse tipo de efluente em relação às plantas devido ao seu excesso de nutrientes. O esgoto primário foi diluído com efluente terciário, proveniente de uma etapa de tratamento mais avançada, que apresenta menor aporte de nutrientes. Nesse ponto, segue-se a proposta da pesquisa realizada por Al-Lahham *et al.* (2003), que utilizaram efluentes tratados diluídos em água potável em diferentes proporções na irrigação da cultura de tomate.

4.1.6.1 – Descrição das ETEs

ETE – Norte

A ETE – Norte foi projetada com capacidade média de 920 L/s, para atender a uma população de cerca de 260 mil habitantes, sendo que esta não opera com sua capacidade total. A estação recebe os esgotos produzidos na Asa Norte, Vila Varjão e parte do Lago Norte.

Os esgotos chegam a estação por gravidade e por bombeamento, sendo encaminhados a um tratamento preliminar para retirada de materiais grosseiros e areia. A seguir os esgotos são separados em duas fases: sólida e líquida, nos decantadores primários. A fase sólida é bombeada para os adensadores de lodo e destes para os digestores anaeróbios, onde bactérias específicas estabilizam a matéria orgânica. A fase líquida é encaminhada aos reatores, onde microorganismos aeróbios e facultativos assimilam a matéria orgânica e os nutrientes. Nos decantadores secundários os microorganismos são separados do líquido já tratado e retornam ao reator para a continuação do processo. A fase líquida segue para o polimento final, onde os sólidos ou fósforo restantes são retidos através da floculação com adição de produtos químicos e separação por flotação. O efluente líquido final é lançado no lago Paranoá.

ETE – Paranoá

A ETE – Paranoá foi projetada com capacidade média de 112 L/s, atendendo a uma população de cerca de 50.000 habitantes da cidade do Paranoá.

O tratamento na ETE – Paranoá é feito a nível secundário, sendo o sistema composto de Tratamento Preliminar, Reatores Anaeróbios e Lagoas de Alta taxa. Os esgotos são encaminhados ao tratamento preliminar por gravidade, onde são retirados materiais grosseiros e areia. A seguir o esgoto passa aos reatores anaeróbios, onde as bactérias anaeróbias estabilizam parte da matéria orgânica, sendo o restante desta retirado na etapa de lagoas, que se constitui na principal etapa do processo. Ao final do processo o efluente é lançado no Rio Paranoá.

4.1.7 - Transporte dos efluentes

O transporte dos efluentes utilizados na irrigação foi realizado em recipientes plásticos com capacidade de 50 litros cada, utilizando-se um reboque acoplado a um veículo motor. A água potável utilizada foi a da rede de abastecimento da CAESB no local, que é proveniente do sistema Santa Maria – Torto complementado pelo sistema Descoberto, e a água do lago Paranoá foi bombeada de um ponto próximo ao local do experimento.

4.1.8 - Adubação e Calagem

A adubação foi dispensada nas unidades de cultivo que receberam efluentes na irrigação e também na unidade de cultivo que recebeu água do Lago Paranoá, visto que esses efluentes têm maior carga de nutrientes. Esse procedimento foi adotado para evitar que o sistema solo-água-planta sofra influências da adubação, o que poderia ter vindo a inviabilizar alguns resultados em função do excesso de nutrientes do solo, podendo causar anormalidades ou doenças nas plantas, além de contaminação da água subterrânea. Dessa forma, as unidades de cultivo que receberam adubação foram aquelas irrigadas com água potável proveniente da rede de abastecimento da CAESB.

Os recipientes irrigados com água potável do sistema de abastecimento da Asa Norte, operado pela CAESB (Companhia de Saneamento do Distrito Federal), receberam adubação do solo seguindo o proposto pelo Manual de Jardinagem e Produção de Mudas do DPJ (NOVACAP, 2002) para canteiros ornamentais, devido à deficiência nutricional do solo utilizado. Em função de alguns tipos de flores apresentarem grande sensibilidade com relação à carência nutricional, existiu uma preocupação com relação à sobrevivência das plantas que não receberam nenhum tipo de adubação. Além da preocupação dita anteriormente, teve-se também o interesse em comparar os sistemas que receberam nutrientes mediante a aplicação de águas residuárias com um sistema comumente utilizado, o de adubação associada à água de abastecimento.

Foi utilizado adubo orgânico, do tipo esterco de galinha, e adubo mineral, do tipo NPK 4-14-8 + 0,4% de Zn (macronutrientes) e ainda, FTE (micronutrientes: Zinco, Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Molibdênio), incorporados ao plantio, seguindo as recomendações de quantidades previstas no Manual de Jardinagem e Produção de Mudas do DPJ

(NOVACAP, 2002). As quantidades de macro e micronutrientes, bem como de adubo orgânico utilizados estão listados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Dosagens de adubo recomendadas pelo Manual de Jardinagem e Produção de Mudas da NOVACAP e dosagens utilizadas.

Adubação	**Tipo**	**Recomendação**	**Quantidade por unidade**
Orgânica	Esterco de galinha	100 g/m²	115 g
Mineral - macronutrientes	NPK 4-14-8 + 0,4% Zn	50 g/m²	57,5 g
Mineral - micronutrientes	FTE	10 g/m²	11,5 g

A acidez do solo foi corrigida por meio da calagem, que é o processo de adição de calcário ao solo. Foi utilizada, em todas as unidades, uma quantidade de 1,0 kg de calcário dolomítico por m³ de solo, traçado antes do preenchimento das unidades, seguindo o mesmo utilizado por Silva e Silva (2004), já que os solos eram similares. Acredita-se que, dessa forma, as plantas consigam absorver melhor os nutrientes presentes no solo.

4.1.9 - Sistema de Irrigação e Volume de Irrigação

A irrigação foi feita manualmente, utilizando-se regadores, com capacidade de 5 litros, um para cada tipo de água de irrigação para evitar possíveis interferências entre “tratamentos”. A quantidade de água utilizada na irrigação dependia das condições climáticas locais e do volume requerido para amostragem. O volume era medido utilizando-se baldes transparentes, graduados em litro, sendo que havia um balde para cada tipo de “tratamento”, para evitar que houvesse interferências entre “tratamentos”.

Segundo Silva e Silva (2004), que realizou um estudo com as mesmas condições, com a mesma espécie cultivada e no mesmo local, o volume máximo calculado para a rega foi de 13,6L por recipiente, sendo que, nas datas previstas para amostragem de percolados, esse volume era aumentado até que a água percolasse. No caso da presente pesquisa, não houve necessidade de aumento do volume da irrigação para a coleta de amostras de percolados, já

que essas só eram coletadas quando havia o extravasamento natural das unidades provocado por eventos de precipitação.

4.2 - CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DAS UNIDADES

As Unidades de Cultivo foram montadas nos recipientes de fibra de vidro, sendo todas preenchidas com o mesmo tipo de solo. Além disso, todas as unidades sofreram o processo de calagem para a correção da acidez do solo (ver item 4.1.8). Quanto à adubação, apenas as unidades destinadas a receber o "tratamento" T1 (água potável + NPK) sofreram adubação (ver item 4.1.8). Os recipientes receberam todos a mesma espécie florífera e a mesma quantidade de mudas. A Figura 4.7 ilustra as etapas de montagem das unidades.

A montagem do canteiro começou com a colocação dos apoios, feitos com quatro unidades de meio-fio de concreto padrão NOVACAP, dos mesmos que são usados nas obras de urbanização, dispostos dois a dois de forma cruzada. Após isso, as unidades de cultivo (do tipo caixa d'água predial) foram instaladas em cima dos apoios e niveladas.

As unidades foram montadas cada uma com um sistema de drenagem em cruzeta de tubos de PVC perfurados, ligados a uma saída no fundo com registro de vedação. Os tubos de PVC perfurados foram colocados no fundo do recipiente de fibra de vidro, sendo posteriormente distribuída sobre ela uma camada de 10 cm de espessura de seixo rolado com granulometria de 4,0 mm e uma camada de 5 cm de espessura de areia com granulometria de 2,0 mm, de forma a permitir a drenagem da água infiltrada no solo. Para coletar as amostras de água drenada pelo solo, foi disposto um registro de vedação conectado ao final dos tubos de PVC de saída de fundo.

Além disso, foi colocada uma tela de "nylon", de abertura de 0,48 mm, entre a camada de areia do sistema de drenagem e a camada de solo utilizada no cultivo. Essa tela tinha a função de separar a camada de areia da de solo utilizado no cultivo, funcionando como proteção contra possíveis passagens de solo para as camadas do sistema de drenagem, para que este não fosse obstruído. A tela de "nylon" foi utilizada como medida preventiva, tendo sido antes utilizada também no trabalho realizado por Silva e Silva (2004), que não observou problemas com a obstrução do sistema de drenagem.

Figura 4.7 – Etapas de Montagem das Unidades de Cultivo: (a) Colocação dos apoios para as unidades; (b) Unidades sobre os apoios; (c) Colocação da tubulação de drenagem; (d) Camada de seixo rolado; (e) Camada de Areia; (f) Tela de nylon; (g) Colocação do solo dentro das unidades; (h) Preparação e adubação das unidades de "tratamento" T1 e (i) Mudas após plantio.

Depois de instalado o sistema de drenagem, realizou-se o enchimento das unidades com solo. Este processo foi feito manualmente, com auxílio de pá. Antes de ser colocado nas unidades o solo foi pesado, sendo que as unidades de cultivo apresentam a mesma densidade de 866 kg/m³. Foi deixada uma borda livre de cerca de 0,05m de altura nas unidades de cultivo para que não se corresse risco de perda de água de irrigação no momento em que esta fosse realizada.

O experimento utilizou um solo para o cultivo similar ao utilizado pela NOVACAP no cultivo da Dália Anã Sortida (*Dahlia pinnata*) nos canteiros espalhados pelo Distrito Federal. Dessa forma, os resultados obtidos com a presente pesquisa poderão ser utilizados em situações reais no Distrito Federal.

O manual de jardinagem e produção de mudas do DPJ (Departamento de Parques e Jardins) recomenda que a Dália Anã Sortida (*Dahlia pinnata*) seja plantada nos canteiros

com uma densidade de 20 mudas por m^2, o que corresponde à cerca de 23 mudas em cada unidade de cultivo (NOVACAP, 2002). As mudas foram plantadas todas no mesmo dia e regadas com água potável pelo período de uma semana. Isso foi feito para que as plantas não sofressem nenhum tipo de estresse até se adaptarem ao solo após o transplante das mesmas.

4.3 - FASES EXPERIMENTAIS

4.3.1 - Descrição Geral

O estudo foi dividido em duas fases experimentais, que corresponderam a dois ciclos de vida da planta. Cada fase durou quatro meses, incluindo o período de preparação dos canteiros e plantio de mudas. Houve um interstício de duas semanas entre o final de um ciclo e o início do outro, onde se efetuou a retirada das plantas velhas, fez-se a recomposição do meio e foram replantadas novas mudas nas unidades de cultivo. Os dois ciclos de vida ocorreram, um no período de seca e o outro no período chuvoso, tendo o objetivo de avaliar a influências dos eventos chuvosos no sistema. A Tabela 4.3 mostra as principais características do Ciclo 1 e Ciclo 2.

Tabela 4.3 – Principais características do Ciclo 1 e Ciclo 2.

	CICLO 1	**CICLO 2**
Data de Início	26/7/2004	6/12/2004
Data de Encerramento	6/11/2004	21/3/2005
Precipitação total (mm)	79,5	671,1
Volume de Efluente Irrigado (L)	585	170
Carga Hidráulica (L/m²)	517,78	821,54
Estação de Ocorrência	Seca	Chuva

As principais atividades desenvolvidas em cada fase experimental foram: (1) Amostragem de solo e ensaios iniciais para caracterização do solo e efluentes utilizados na irrigação das unidades de cultivo; (2) Instalação das unidades de cultivo, incluindo instalação do sistema de drenagem, preenchimento dos recipientes com o solo e plantio das mudas; (3) Operação e monitoramento das unidades, incluindo coleta e exame de amostras dos efluentes utilizados na irrigação, de amostras do solo, da água drenada, e exames e observação das plantas; (4) Exame de amostras em laboratório; e (5) Análise dos resultados obtidos.

4.3.2 - Ensaios de Caracterização

Esses ensaios serviram para a caracterização dos efluentes, bem como do solo utilizado no experimento. Foram realizadas análises para a caracterização dos efluentes a serem utilizados na irrigação, no decorrer do experimento, sendo que essas análises eram feitas mensalmente. As análises foram feitas para se medir: pH, DQO, cloretos, sólidos dissolvidos, série do Nitrogênio, fósforo total, ortofosfato (fósforo reativo), Na, K, Ca, Mg, coliformes totais e termotolerantes, condutividade elétrica, e temperatura, segundo AWWA/APHA/WEF (1999). Foram também coletados alguns dados, como, por exemplo, dados de DBO, junto à CAESB, que compõem o conjunto de dados operacionais das ETEB-Norte e ETE-Paranoá, devido à impossibilidade de essas análises serem realizadas diretamente na pesquisa, pelo excesso de demanda de uso dos aparelhos de laboratório.

Para a caracterização do solo que foi utilizado na confecção das unidades de cultivo, as análises físicas realizadas são: o levantamento da curva característica do solo, da composição granulométrica, teor de fertilidade do solo (pH, P, Ca, Mg, K, Na, Valor S, Al, acidez total, Valor T ou CTC, Saturação de Alumínio, Saturação de Bases, Carbono Orgânico e Matéria orgânica), densidade do solo e das partículas, condutividade hidráulica, condutividade elétrica, e porosidade total. As amostras de solo foram coletadas segundo a metodologia proposta pela EMBRAPA (1991), que propõe a coleta de solo de forma aleatória, em zigue-zague, da camada superior do solo até uma profundidade de 0,20m. Dessa maneira, são tomadas alíquotas de solo e é formada uma amostra composta totalizando 0,25 kg de solo.

4.3.3 - Controle de Umidade e Freqüência de Irrigação

Seguindo o indicado pela maioria das pesquisas no assunto, o procedimento de rega foi intermitente, procurando-se manter as condições ideais com operações de rega com intervalos de descanso de dois dias. Esse tipo de procedimento teve o objetivo de garantir a aerobiose no solo e o aproveitamento ideal dos nutrientes pelas plantas. Esse procedimento foi seguido principalmente no Ciclo 1, da estação de seca, época em que as plantas não tinham outra fonte de água e de nutrientes a não ser a irrigação. No Ciclo 2, onde ocorreu concentração de chuvas, houve a necessidade de poucas irrigações, já que as precipitações garantiam a quantidade necessária de água para as plantas.

O monitoramento e o manejo das regas, principalmente no Ciclo 2, foram feitos por meio da leitura da condutividade elétrica do solo por meio de blocos de gesso, fornecendo uma medida indireta da umidade do solo. Foram acompanhadas também as precipitações ocorridas. Segundo Bernardo (1989), a freqüência de irrigação requerida para uma cultura que esteja sob um determinado clima depende da quantidade de água que pode ser "armazenada" no solo após uma irrigação.

4.3.4 - Monitoramento da Fertilidade e Salinidade no Solo

Foram coletadas amostras de solo para a avaliação da fertilidade do solo (verificação do consumo de nutrientes pela planta) no final de cada ciclo. Além disso, foram determinados também os valores de RAS-Relação de Absorção de Sódio, que estão relacionados com a impermeabilização do solo. Essas análises foram feitas nas águas de irrigação, para o primeiro ciclo.

4.3.5 - Desenvolvimento das Plantas e Verificação das Doenças

O acompanhamento do desenvolvimento das plantas foi feito medindo-se os seguintes parâmetros: altura do caule, número de folhas (>2cm), diâmetro do caule, número de botões e número de flores. Esses dados eram coletados pelo menos uma vez ao mês. Foi feito também um acompanhamento da aparência das folhas, já que estas funcionam como indicador da saúde da planta. Acompanharam-se também possíveis sintomas de deficiência de elementos minerais nas plantas, bem como sintomas comuns de toxicidade de alguns elementos nutritivos nas plantas. Isso foi feito com a ajuda do Departamento de Agronomia da UnB, pelo professor Jean Kleber.

Como as espécies floríferas são suscetíveis à ocorrência de pragas e doenças, como indicado pela NOVACAP, foi realizado o controle fito-sanitário de todas as unidades. Esse tipo de controle foi feito com relação a fungos e insetos, quando as plantas sofriam algum tipo de infestação. Dentre as principais pragas de plantas ornamentais, a NOVACAP (2002) destaca: pulgões, cochonilhas, lagartas, percevejos, tripés, ácaros, formigas saúvas e cupins. Com respeito à correlação com as doenças têm-se manchas e queimas, hipertrofias, ferrugem, oídio, mofo-cinzento, mancha-bacteriana, descolorações e deformações.

4.3.6 - Parâmetros de Análise de Solo e Folhas das Plantas

Foram feitas análises de fertilidade do solo (pH em água, Cálcio e Magnésio, Potássio, Sódio, Valor S, Alumínio, Acidez Total, Valor T ou CTC, Saturação de Alumínio, Saturação de Bases, Carbono Orgânico, Matéria Orgânica e Fósforo) de acordo com a Metodologia do "Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes" da EMBRAPA (1999), no final de cada ciclo.

As folhas das plantas foram analisadas quanto aos micronutrientes (B, Cu, Mn, Zn) e macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), além do Na, uma vez a cada ciclo, utilizando-se metodologia proposta pelo laboratório . Segundo Malavolta (1992), a folha é o órgão que melhor indica se a planta está bem nutrida ou não, se há falta ou excesso de um ou mais elementos.

Não se realizou nenhuma medida anatômica e nenhum exame das raízes das plantas.

4.3.7 - Rotinas Operacionais

O local do experimento foi visitado diariamente para se efetuar a irrigação, coleta de dados e amostras, na freqüência citada anteriormente, e também foi feita uma inspeção nas plantas com o objetivo de se detectar infestações de insetos e crescimento de plantas indesejadas na unidade de cultivo.

Nas visitas periódicas ao local do experimento eram feitas medidas de pluviometria, onde se utilizava o pluviômetro instalado na Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília, que fica vizinha ao experimento.

4.4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise de dados foi feita no final do experimento. Foram aplicados testes da análise da variância, ANOVA, para se ter uma idéia da dispersão dos dados em função do delineamento experimental. Segundo Vieira e Hoffman (1989), a idéia da análise de variância é comparar a variação devida aos "tratamentos" (no caso aos diversos tipos de

efluentes utilizados na irrigação das unidades de cultivo) com a variação devida ao acaso ou resíduo. O objetivo da análise de variância, segundo Lapponi (2005), é avaliar se as diferenças observadas entre as médias das amostras são estatisticamente significantes.

Além disso, foram aplicados testes estatísticos "t" de Student, de Tukey e o teste de Duncan para verificar se as médias obtidas são estatisticamente diferentes. A idéia básicas desses testes é calcular a diferença mínima significante entre duas médias para o determinado teste e comparar com as diferenças entre duas médias obtidas no experimento, sendo que as médias são consideradas estatisticamente diferentes toda vez que o valor absoluto da diferença entre duas médias é igual ou maior do que a diferença mínima significante (calculada pelo método). Esses testes foram aplicados com o intuito de comparar o rendimento dos "tratamentos".

5 – ANÁLISES DOS RESULTADOS

Para uma melhor compreensão da análise dos resultados, este capítulo foi dividido em duas partes principais, sendo elas: (1) Ciclo 1, que mostra os resultados e as respectivas análises do ciclo 1, e (2) Ciclo 2, que mostra os resultados e as respectivas análises do ciclo 2.

5.1 – CICLO 1 DE CULTIVO

Visando uma melhor apresentação, os resultados obtidos no Ciclo 1 foram divididos em quatro temas principais avaliados na presente pesquisa: (1) Água de irrigação; (2) Água percolada; (3) Efeitos sobre o solo e (4) Efeitos sobre as plantas.

5.1.1 – Água de Irrigação

5.1.1.1 – Caracterização da Água de Irrigação

A caracterização da água utilizada para irrigação é de grande importância para que se compreenda melhor não só o comportamento do sistema solo-água-planta, mas também para que se possa trabalhar preventivamente no sentido de se reduzir riscos à salinização do solo e riscos de redução da permeabilidade do solo, que são os principais problemas relacionados à qualidade da água para irrigação, segundo Marques *et al.* (2003).

Foram utilizados, para a caracterização da água para irrigação, parâmetros físicos, químicos e biológicos que pudessem informar acerca da quantificação de nutrientes aproveitados pela planta, efeitos no solo e sobre o desenvolvimento da cultura, bem como efeitos sobre a saúde dos responsáveis pela irrigação e do público. Quando se utilizam efluentes tratados, como no caso em questão, deve-se ter uma preocupação maior na caracterização da água para irrigação porque esses efluentes podem apresentar constituintes nocivos tanto ao solo e à cultura, como ao público em geral que possa vir a ter contato com a área de cultivo.

As análises para a caracterização da água utilizada para irrigação foram feitas mensalmente, a maioria realizada no LAA – Laboratório de Análise de Águas do

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Alguns parâmetros, devido à indisponibilidade de serem medidos no LAA, foram medidos em laboratório particular ou se recorreu a dados de operação das estações de tratamento de esgotos de onde vieram os efluentes tratados, que são medidos em laboratórios da própria CAESB. Os efeitos sobre solo e plantas serão analisados no presente trabalho sem levar em conta a questão da patogenicidade e também da corrosão, encrustração e obstrução de tubulações, orifícios e bocais de irrigação.

A Tabela 5.1 mostra os valores médios para os parâmetros de caracterização da qualidade da água.

5.1.1.2 – Classificação da Água de Irrigação

A classificação da água de irrigação é muito importante na medida em que visa esclarecer em que patamar se encontra a água, se esta pode trazer algum risco ao solo ou à cultura, ou ainda aos trabalhadores e ao público que possa vir a ter contato com o canteiro. No caso em que se utilizam efluentes como água de irrigação com possível contato com o público, deve se redobrar os cuidados com o tipo de água de irrigação a ser utilizada, para que não haja riscos à população.

Existem vários modelos para a caracterização da água de irrigação, sendo que, para a classificação das águas de irrigação deste trabalho, utilizou-se a classificação proposta pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (*U.S. Salinity Laboratory Staff – U.S.D.A. Agriculture Handbook nº 60*) e a classificação proposta por Ayers e Westcot, ambas citadas por Bernardo (1989) como dois dos principais modelos utilizados para a classificação de águas para irrigação.

Tabela 5.1 – Caracterização da Água de Irrigação para o Ciclo 1.

Parâmetros	Água Potável (a)	Água Lago Paranoá	Efluente Primário	Efluente Primário Diluído (b)	Efluente Secundário	Efluente Terciário	Efluente Reator UASB	Efluente Lagoa Alta taxa.
DQO (mg/L)	0,00	14,50	228,33	129,17	53,33	30,00	220	355
DBO (mg/L) (c)	0,00	*	*	*	*	*	104,28	263,17
NTK (mg/L) (c)	*	*	46,19	26,35	8,29	6,51	90,99	58,90
Amônia (mg/L)	0,00	0,16	46,78	23,68	0,42	0,58	108,5	31,875
Nitrito (mg/L)	0,00	1,00	10,00	5,50	6,36	<1,0	1,00	6
Nitrato (mg/L)	0,00	1,05	3,10	3,43	3,55	3,75	3,05	3,45
Fósforo Total (mg/L)	0,00	0,25	28,46	15,01	3,10	1,56	34,71	36,31
Ortofosfato (mg/L)		0,04	34,33	17,27	1,12	0,21	40,93	40,93
Cloretos (mg/L)	2,02	5,60	44,20	40,35	34,60	36,50	87,50	XXX
Coliformes Totais (NMP/100mL)	0,00E+00	3,11E+03	2,58E+07	1,29E+07	3,18E+05	1,80E+04	1,41E+07	5,50E+05
***E. coli* (NMP/100mL)**	0,00E+00	2,97E+02	2,93E+06	1,47E+06	2,00E+05	3,71E+03	1,41E+07	9,48E+04
Cálcio (mg/L)	3,66	41,17	45,50	46,67	44,50	47,83	60,17	65,33
Magnésio (mg/L)	0,53	4,83	16,00	10,17	4,83	4,33	15,33	17,33
Potássio (mg/L)	0,20	1,69	14,71	13,22	12,24	11,72	21,87	21,36
Sódio (mg/L)	0,50	7,28	49,04	61,30	69,73	73,56	123,37	125,67
Sólidos Totais Dissolvidos (ppm)	18,67	60,27	386,67	311,17	220,00	235,67	784,67	573,33
Condutividade Elétrica (μS/cm)	27,00	86,53	562,67	451,33	322,00	340,00	1161,00	835,00
pH	7,20	7,82	6,87	6,70	6,59	6,53	6,47	7,41
RAS	0,07	0,29	1,59	2,20	2,68	2,81	3,76	3,63

a) Fonte: Silva e Silva (2004);
b) T4 = média entre T3 e T6;
c) Fonte: Dados da ETEB-Norte e ETE-Paranoá (CAESB).
*Não determinados.

A classificação proposta pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos baseia-se nos valores de condutividade elétrica (CE), como indicadora do risco de salinização, e na determinação da Razão de Adsorção de Sódio (RAS), como indicadora do risco à alcalinização ou sodificação do solo (Bernardo, 1989). A Tabela 5.2 resume os resultados encontrados para essa classificação.

Tabela 5.2 – Classificação da Água de Irrigação pela Metodologia do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.

Água de Irrigação	RAS	CE	Classificação
Água Potável	0,07*	27,00*	C1S1
Água do Lago Paranoá	0,29	86,53	C1S1
Efluente Primário	1,59	562,67	C2S1
Efluente Primário Diluído**	2,20	451,33	C2S1
Efluente Secundário	2,68	322,00	C2S1
Efluente Terciário	2,81	340,00	C2S1
Efluente Reator UASB	3,76	1161,00	C3S1
Efluente Lagoa Alta taxa	3,63	835,00	C3S1

*Fonte: Silva e Silva (2004);
**Média dos valores dos efluentes primário e terciário.

As classificações acima correspondem às seguintes características das águas de irrigação:

- **C1S1** – Água com salinidade baixa que pode ser usada na irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade. Alguma lixiviação é necessária, mas isso ocorre nas práticas normais de irrigação, à exceção dos solos com permeabilidade extremamente baixa. Água com baixa concentração de sódio, podendo ser usada para irrigação em quase todos os solos, com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável (Bernardo, 1989).
- **C2S1** – Água com salinidade média que pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem sr cultivadas, na maioria dos casos sem práticas especiais de controle de salinidade. Água com baixa concentração de sódio, podendo ser usada para irrigação em quase

todos os solos, com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável (Bernardo, 1989).

- **C3S1** – Água com salinidade alta, não podendo ser usada em solos com deficiência de drenagem. Mesmo nos solos com drenagem adequada, pode-se necessitar de práticas especiais para o controle de salinidade. Pode ser usada somente para irrigação de plantas com boa tolerância aos sais. Água com baixa concentração de sódio, podendo ser usada para irrigação em quase todos os solos, com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável (Bernardo, 1989).

A Figura 5.1 mostra o diagrama utilizado para a classificação das águas de irrigação pelo método proposto pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos onde, no eixo das abscissas têm-se os valores de condutividade elétrica (associada ao perigo de salinidade) e no eixo das ordenadas têm-se os valores da RAS (relacionada ao perigo de sodificação).

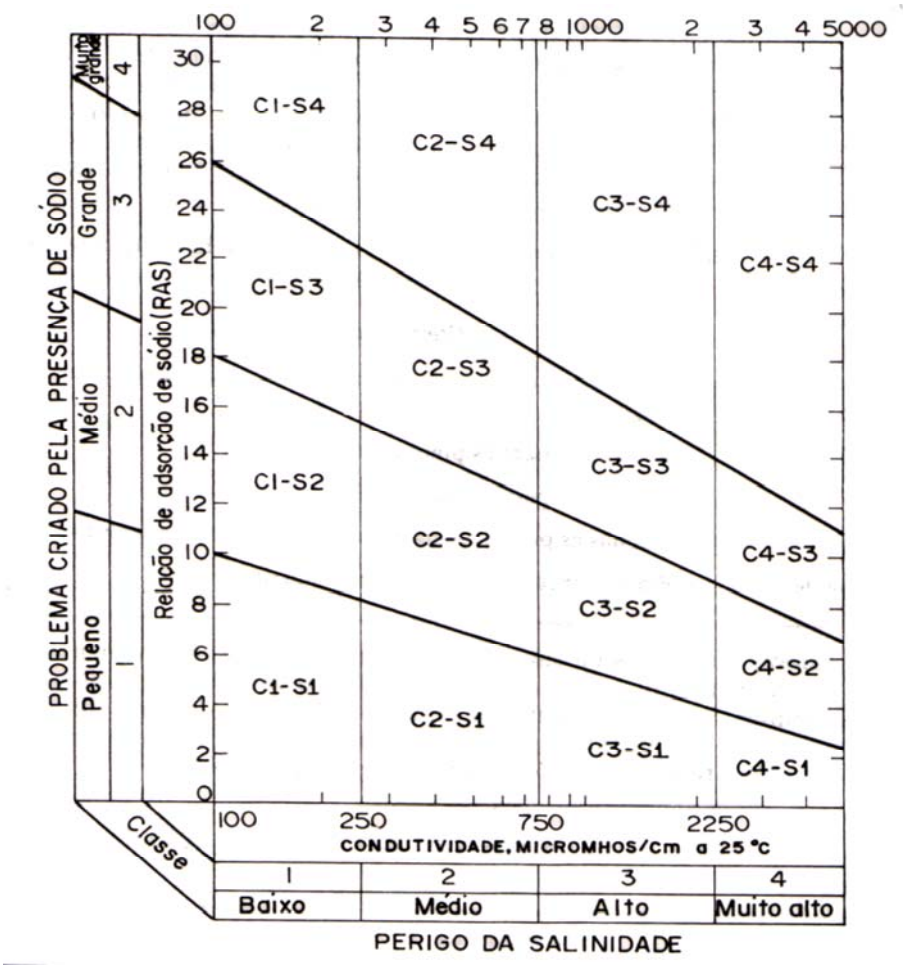

Figura 5.1 – Diagrama para classificação de água para irrigação (*U.S. Salinity Laboratory Staff* – Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos).

A classificação proposta por Ayers e Westcot (Bernardo, 1989) baseia-se em quatro áreas-problemas, segundo Bernardo (1989), que são elas: (1) salinidade, associada à quantidade total de sais solúveis; (2) infiltração, associada à elevada concentração de sódio em relação à concentração de cálcio e/ou com baixa concentração de sais solúveis; (3) toxicidade, associada à elementos, como o sódio, que pode causar toxidez aos vegetais; e (4) diversos, que inclui avaliações quanto ao pH, excesso de nitrogênio, de bicarbonato e de magnésio. A Tabela 5.3 resume a classificação para as águas de irrigação da presente pesquisa segundo a metodologia proposta por Ayers e Westcot, citada por Bernardo (1989).

Tabela 5.3 – Classificação da Água de Irrigação segundo Ayers e Westcot.

ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	**Grau da restrição ao uso**			
	Salinidade (CE e TSS)	**Capacidade de Infiltração do solo (RAS e CE)**	**Toxicidade (Sódio)**	**Miscelâneos (Nitrogênio e pH)**
Água Potável*	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma
Lago Paranoá	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma
Efl. Primário	Nenhuma	Moderada	Nenhuma	Nenhuma
Efl. Primário Diluído	Nenhuma	Moderada	Nenhuma	Nenhuma
Efl. Secundário	Nenhuma	Moderada	Nenhuma	Nenhuma
Efl. Terciário	Nenhuma	Moderada	Nenhuma	Nenhuma
Efl. Reator UASB	Moderada	Moderada	Moderada	Nenhuma
Efl. Lagoa Estabilização	Moderada	Moderada	Moderada	Nenhuma

*Fonte: Silva e Silva (2004).

Nota-se que os efluentes de Reator UASB (T7) e efluentes de Lagoa de Alta taxa (T8) apresentam salinidade alta, o que é um fator preocupante, já que sua utilização exigiria acompanhamento constante para evitar que ocorresse a salinização do solo, o que acarreta uma redução da água disponível às plantas, afetando o rendimento da cultura. Segundo Paganini (1997), os sais podem acumular-se no solo nos limites do sistema radicular, prejudicando a germinação e crescimento das plantas. Lixiviações regulares para a retirada

dos sais em excesso acumulados no solo são recomendáveis para se evitar a salinização do solo.

Os efluentes primários, secundários e terciários apresentaram salinidade média, pela classificação do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, devendo prever também lixiviações regulares para que não ocorram problemas ao longo do tempo devido ao aumento da salinidade do solo. Segundo a classificação de Ayers e Westcot, não há nenhuma restrição para esses efluentes quanto à salinidade.

Segundo Bernardo (1989), os principais problemas causados pela salinização do solo são o aumento do potencial osmótico da solução do solo, o que acaba por diminuir a sua disponibilidade de água, a dispersão das partículas do solo, o que causa a diminuição da capacidade de infiltração deste, e, a toxidez causada às plantas.

Quanto à sodificação do solo, as águas de irrigação utilizadas nesta pesquisa apresentaram poucas restrições. De acordo com os limites apresentados por Telles (2003), as águas de irrigação com valores de RAS menores que 3 não causam nenhum dano ao solo, como é o caso dos efluentes primários, secundários, terciários e água do Lago Paranoá. Já águas com RAS entre 3 e 6 podem causar danos de nível médio ao solo, que é o que ocorre com os efluentes de reator UASB e de lagoa de Alta taxa. Isso faz com que se tornem necessárias medidas corretivas como, por exemplo, adição de calcário ao solo para tentar se equilibrar as quantidades de sódio com as quantidades de cálcio e magnésio presentes no solo. Já pela classificação proposta por Ayers e Westcot, que analisa o valor de RAS conjuntamente ao valor da Condutividade Elétrica da água de irrigação, nota-se que todos os efluentes sofrem graus de restrição moderada ao uso, devendo-se, portanto, tomar providências corretivas também quanto ao uso dos efluentes primário, primário diluído, secundário e terciário.

Quanto à faixa de pH, os efluentes utilizados para irrigação não apresentam, segundo Telles (2003), potencial de danos ao solo e à cultura, já que estes se encontram dentro da faixa de pH entre 5,5 e 7,0, excetuando-se o efluente de lagoa de Alta taxa, que apresentou pH acima de 7,0, podendo então causar danos médios ao solo e à cultura. Já para a classificação de Ayers e Westcot, o pH dos efluentes utilizados na presente pesquisa está dentro da faixa considerada normal, entre 6,5 e 8,4, não oferecendo nenhuma restrição ao uso desses efluentes quanto ao pH observado.

Os níveis de cálcio observados nas águas de irrigação estão dentro da faixa aceitável, de 20 a 100 mg/L, não oferecendo nenhum dano ao solo, segundo os valores apresentados por Telles (2003). Assim como o cálcio, o magnésio também se encontra dentro da faixa que não causa prejuízos ao solo apresentada por Telles (2003), menor que 63 mg/L. Já o sódio encontra-se na faixa de danos moderados para os efluentes terciário, de reator UASB e de lagoa de Alta taxa, enquanto que os outros efluentes encontram-se nas faixas aceitáveis.

Quanto aos valores de sólidos totais dissolvidos, as águas de irrigação não oferecem nenhum nível de dano ao sistema solo-planta, já que se encontram dentro da faixa de 325-480 mg/L, exceto os efluentes de reator UASB e de lagoa de Alta taxa, que oferecem níveis médios de danos ao sistema solo-planta, segundo os valores propostos por Telles (2003), já que estes se enquadram na faixa de 480-1920 mg/L de sólidos totais dissolvidos. De acordo com Usepa (1999) e Crook (1993) *apud* Blum (2003), não se observa nenhum efeito prejudicial para concentrações de sólidos totais dissolvidos abaixo de 500 mg/L, que é a faixa em que se encontra a maioria dos efluentes utilizados. Para o caso dos efluentes de reator UASB e lagoa de Alta taxa, em que os valores estão entre 500 e 1000mg/L, Usepa (1999) e Crook (1993) *apud* Blum (2003) afirmam que estes podem afetar plantas sensíveis.

Para o parâmetro de condutividade elétrica, novamente os efluentes de reator UASB e de lagoa de Alta taxa oferecem níveis médios de danos ao sistema, encontrando-se na faixa de 750 a 3000 μS/cm, enquanto que os outros efluentes não apresentam danos ao sistemas, encontrando-se na faixa de 500 a 750 μS/cm, ou até mesmo abaixo dela. Esses valores são mostrados por Telles (2003).

As águas de irrigação analisadas apresentam valores de cloretos abaixo de 100 mg/L, o que é um bom indício, já que, segundo Usepa (1999) e Crook (1993) *apud* Blum (2003), teores abaixo de 100 mg/L não acarretam nenhum efeito prejudicial, recomendando como limites de 100 a 350 mg/L. Para valores de cloreto acima de 100 mg/L pode acarretar problemas de adsorção foliar e, em menor grau, de absorção pela raiz, e acima de 350 mg/L podem acarretar problemas graves.

5.1.1.3 – Carga de Nutrientes Aplicada

Foi calculada a carga aproximada de nutrientes aplicada no decorrer do Ciclo 1. Para isso foram utilizadas as concentrações médias dos principais macronutrientes para as plantas, Nitrogênio (NTK + Nitrato + Nitrito), Fósforo e Potássio e, ainda, de Sódio. Os valores das concentrações de Nitrogênio, Fósforo, Potássio e Sódio utilizados para a chuva foram retiradas de Berner & Berner *apud* Esteves (1988), que dá a composição química da chuva continental, fornecendo faixas de valores para os principais elementos encontrados na chuva. A Tabela 5.4 mostra essas faixas de valores, sendo que no cálculo da carga foram utilizados os valores medianos dessas faixas. A carga final aplicada, em mg/m², é listada na Tabela 5.5. Além disso, a evolução da carga aplicada nas unidades é mostrada nas Figuras 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 para os parâmetros nitrogênio, fósforo, potássio e sódio, respectivamente.

Tabela 5.4 – Composição química da chuva e valores utilizados no cálculo da carga de nutrientes.

Elemento	**Concentração (mg/L)**	
	faixa	**utilizado**
Na+	0,2-1,0	0,6
K+	0,1-0,5	0,3
NH4+	0,1-0,5	0,3
NO3-	0,4-1,3	0,8
P	-	0

Fonte: Berner & Berner *apud* Esteves (1988).

Tabela 5.5 – Carga de nutrientes aplicada no Ciclo 1.

"Tratamentos"	**Carga total aplicada (g/m²)**			
	N	**P**	**K**	**Na**
Água potável (T1)	0,09	0,00	0,13	0,31
Água do Lago Paranoá (T2)	1,23	0,13	0,90	3,82
Efluente Primário (T3)	30,79	14,73	7,64	25,44
Efluente Primário Diluído (T4)	18,26	7,71	6,86	31,84
Efluente Secundário (T5)	6,20	1,60	6,36	36,15
Efluente Terciário (T6)	5,94	0,81	6,09	38,13
Efluente de Reator UASB (T7)	37,88	17,97	11,35	63,92
Efluente Lagoa de Estabilização (T8)	24,94	18,80	11,08	65,11

Analisando-se a Tabela 5.5 nota-se que para o parâmetro nitrogênio, as maiores cargas observadas são para os "tratamentos" T7, T3, T8 e T4. Cabe lembrar que o "tratamento" T1 (água potável + NPK) recebeu cargas de nitrogênio, fósforo e Potássio no momento da adubação feita nessas unidades, não sendo levadas em conta no cálculo dos valores apresentado na Tabela 5.5.

Para o parâmetro fósforo as maiores cargas observadas foram, novamente dos "tratamentos" T8, T7, T3 e T4, nessa ordem. Para o parâmetro potássio os "tratamentos" T7, T8, T3 e T4 foram os com maiores cargas, também nessa ordem. Para o parâmetro sódio há uma mudança no que vinha sendo observado para os outros parâmetros, sendo a ordem decrescente das cargas de sódio a seguinte: T8, T7, T6, T5, T4, T3, T2 e T1. Vale ressaltar que T3 apresenta altos teores dos nutrientes necessários às plantas, citados anteriormente, e um baixo teor de sódio, que é prejudicial ao solo. Isso é muito favorável à utilização de efluente primário nas irrigações, já que minimiza o risco de sodificação do solo.

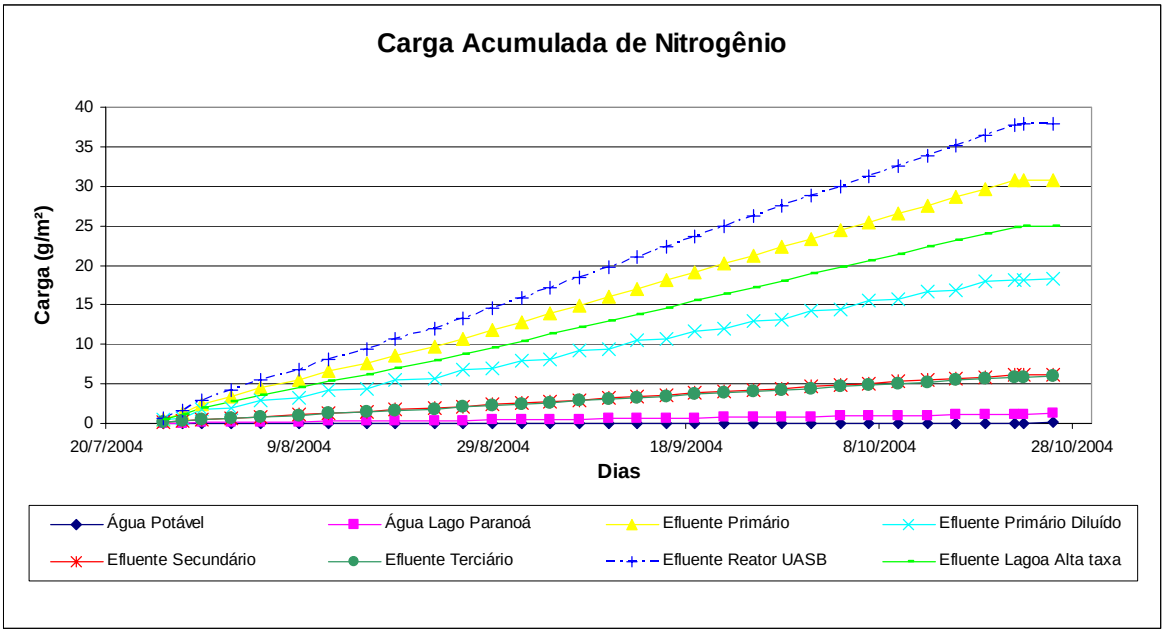

Figura 5.2 – Carga Acumulada de Nitrogênio no sistema para o Ciclo 1.

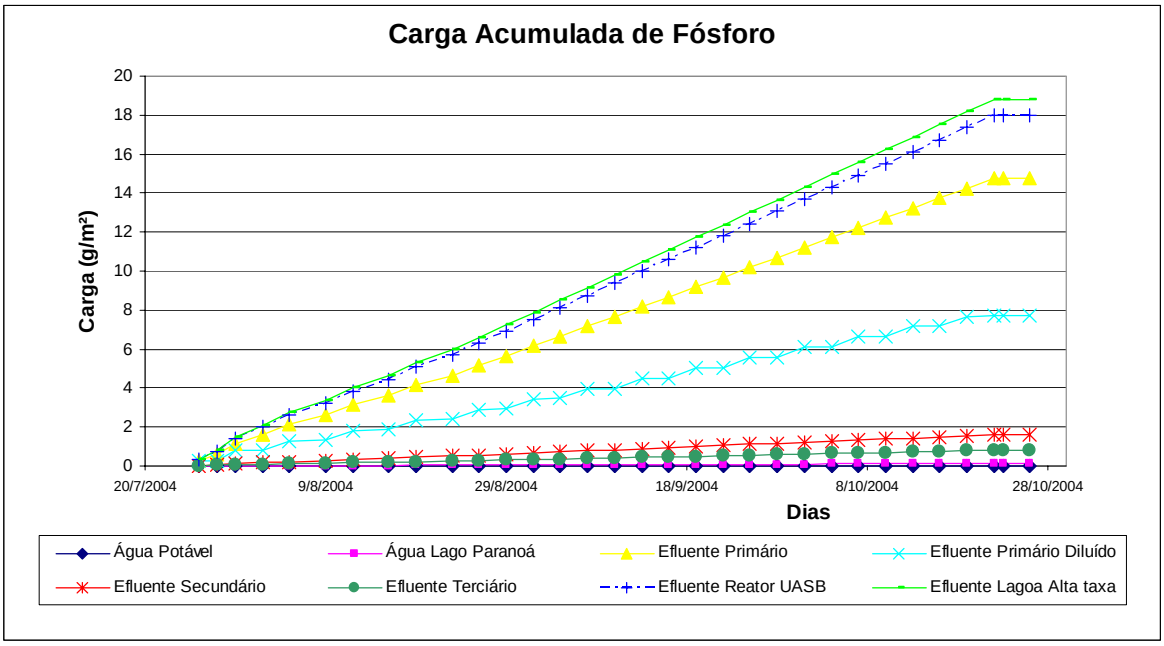

Figura 5.3 – Carga Acumulada de Fósforo no sistema para o Ciclo 1.

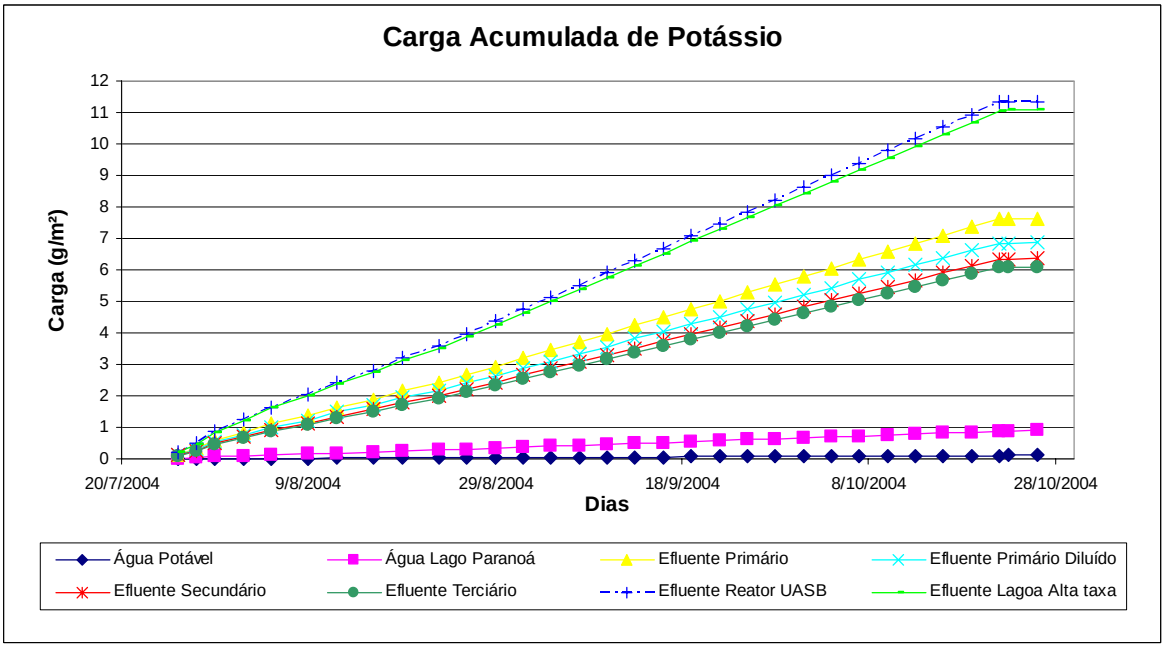

Figura 5.4 – Carga Acumulada de Potássio no sistema para o Ciclo 1.

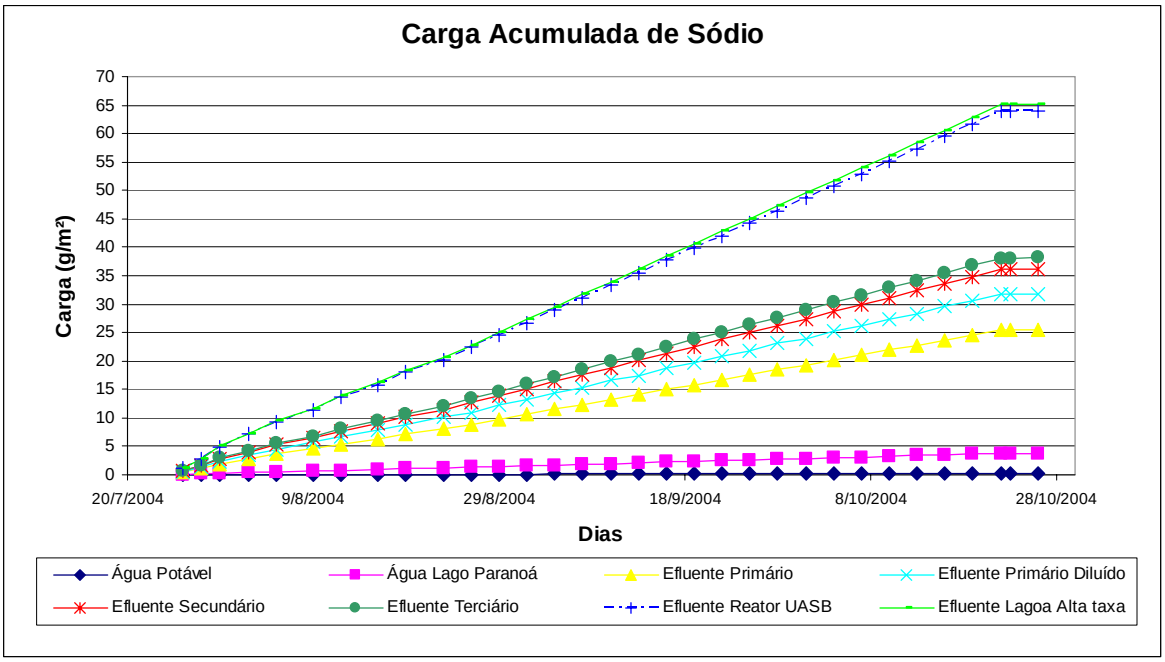

Figura 5.5 – Carga Acumulada de Sódio no sistema para o Ciclo 1.

5.1.2 – Água Percolada

5.1.2.1 – Análise da qualidade da água percolada

O Ciclo 1 ocorreu em sua maioria sem eventos de precipitação. As precipitações foram observadas somente no final do ciclo, o que possibilitou a coleta de apenas uma amostra no final desse ciclo, já que não houve lixiviações forçadas como adotado na metodologia de Silva e Silva (2004). Optou-se por não fazer lixiviações forçadas para se tentar simular o que acontece em escala real nos canteiros do DF, onde, geralmente, não há lixiviações, a não ser as ocasionadas por eventos de precipitação. Os dados obtidos com a amostra de água percolada no Ciclo 1 são apresentados na Tabela 5.6.

Para a análise da água percolada utilizaram-se dois padrões como base, sendo eles a Resolução CONAMA N° 357/2005, para as Classes 2 e 3 de água doce, e a Portaria N°518/2004 do Ministério da Saúde, que contém os padrões de potabilidade de água. As consultas a esses padrões podem ser tomadas como uma forma de verificar o potencial de contaminação da água do lençol freático. A Tabela 5.7 traz um resumo dos principais parâmetros utilizados na análise da água percolada e observados nesses padrões.

Tabela 5.6 – Resultados de Análises para Água Percolada no Ciclo 1.

Parâmetros	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
pH	7,03	7,18	7,23	7,4	7,19	7,42	6,99
Condutividade Elétrica (μS/cm)	207,3	230,8	116	190,5	190,9	191,8	192,5
Coliformes Totais (NMP/100mL)	1,40E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,17E+03	2,33E+03	0,00E+00	0,00E+00
E. Coli (NMP/100mL)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
DQO (mg/L)	8	25	<faixa	13	<faixa	<faixa	5
Fósforo Total (mg/L)	0,33	0,22	0,24	0,30	0,33	0,38	0,21
Ortofosfato (mg/L)	0,02	0,10	0,01	0,03	0,03	0,09	0,02
Amônia	0,08	0,24	0,04	0,11	0,10	0,09	0,01
Nitrato	8,10	4,40	9,30	9,00	9,30	14,60	12,50
Nitrito	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Observação: As unidades de cultivo do "tratamento" T1 só apresentaram água percolada que possibilitasse a coleta de amostras no ciclo 2.

Tabela 5.7 – Valores de parâmetros utilizados na análise da água percolada encontrados em alguns padrões nacionais.

Parâmetros	Resolução CONAMA N° 357 Classe 2	Resolução CONAMA N° 357 Classe 3	Portaria N° 518 do Ministério da Saúde
Fósforo Total (ambiente lêntico)	0,030 mg/L	0,05 mg/L	-
Nitrato	10,0 mg/L	10,0 mg/L	10,0 mg/L
Nitrito	1,0 mg/L	1,0 mg/L	1,0 mg/L
Amônia	3,7 mg/L (pH≤7,5)	13,3 mg/L (pH≤7,5)	-

No que diz respeito ao parâmetro Fósforo Total, todos os "tratamentos" ultrapassam o padrão para a Classe 2 e também para a Classe 3 – águas doces da Resolução do CONAMA Nº 357/2005. Não há limites para o fósforo total na Portaria N°518/2004. Já para os valores de nitrato, apenas os efluentes de reator UASB (T7) e efluente de lagoa de alta taxa (T8) ultrapassam o valor máximo de 10 mg/L previsto na Resolução CONAMA

N° 357/2005 para as Classes 2 e 3, e na Portaria N° 518/2004 do Ministério da Saúde. Para os valores de nitrito, os "tratamentos" água do lago Paranoá (T2) e efluente primário (T3) ultrapassam o padrão de 1,0 mg/L proposto pelos padrões utilizados, enquanto que os outros tratamentos estão no limite previsto pelos padrões. Para o nitrogênio amoniacal os "tratamentos" atendem com folga ao padrão da Resolução do CONAMA N° 357/2005 para as Classes 2 e 3 de água doce, que utiliza como valor limite para águas com pH≤7,5 o valor de 3,7 mg/L e 13,3mg/L, respectivamente. A Portaria N°518/2004 do Ministério da Saúde não apresenta limites para esse parâmetro.

Analisando-se os valores de pH do líquido percolado, nota-se que, para todos os "tratamentos", o pH ficou na faixa da neutralidade, próximo a 7,0. Comparando-se os valores de pH da água percolada com os valores de pH das águas de irrigação utilizadas para os respectivos tratamentos, vê-se que a água percolada apresentou uma menor dispersão nos seus valores, já que a água percolada apresentou pH variando na faixa de 6,99 a 7,42, enquanto que a água de irrigação para os diversos "tratamentos" variou numa faixa mais ampla, de 6,47 a 7,82.

Os valores de condutividade elétrica medidos na água percolada diminuíram em relação aos valores médios obtidos para a água de irrigação, exceto para o "tratamento" T2 (Água do Lago Paranoá), que sofreu um aumento de 86,53 µS/cm na água de irrigação para 207,3µS/cm na água percolada. O comportamento observado pela maioria dos "tratamentos" da presente pesquisa não foi observado por Araújo *et al.* (1999), que observaram um aumento de até 44% no valor da condutividade da água percolada em relação à água de irrigação. Isso pode ser explicado pelo fato de Araújo *et al.* (1999) terem utilizado um solo salino, o que não é o caso da presente pesquisa.

Os valores de DQO para água percolada foram bastante baixos, chegando às vezes a estarem abaixo da faixa de detecção do aparelho. Isso leva a concluir que a matéria orgânica contida no efluente ficou retida ou decompôs-se no solo, fornecendo nutrientes às plantas.

Os valores de nitrato (forma de nitrogênio assimilável pela planta) para as águas percoladas sofreram um aumento em relação às águas de irrigação aplicadas. Isso pode ter ocorrido pelo fato desta ter sido a primeira amostragem de percolado, o que pode ter

concentrado alguns parâmetros no solo, fazendo com que a água da chuva funcionasse como agente lixiviador. Já os valores de amônia observados na água percolada foram muito baixos para todos os "tratamentos", exceto para os "tratamentos" T2 (Água do Lago Paranoá), T5 (Efluente Secundário) e T6 (Efluente Terciário). Os valores de nitrito encontrados na água percolada foram relativamente baixos, comparados aos valores de entrada da água de irrigação. Vê-se que os valores de nitrito diminuíram, exceto para os "tratamentos" T2 e T6, e para o "tratamento" T7 (Efluente Reator UASB), que permaneceu com o mesmo valor da água de irrigação.

Como havia muita amônia na água de irrigação, supõe-se que ocorreu um processo de nitrificação, convertendo amônia (NH_3^-) a nitratos (NO_3^-) pela ação de microorganismos no solo em presença de oxigênio. Dessa forma, há a oxidação do nitrogênio a formas utilizáveis pelas plantas e microorganismos. Segundo Paganini (1997), em condição aeróbia, há uma intensificação da nitrificação, o que possivelmente ocorreu no presente experimento, já que o turno de rega utilizado, com descanso de dois dias, permitia que houvesse uma boa aeração do solo.

Os altos valores de nitrato presentes na água percolada podem ser explicados por um dos mecanismos de remoção do nitrogênio, o de lixiviação. Segundo Paganini (1997), o mecanismo da lixiviação provoca a percolação de nitrogênio na forma de nitrato através do solo, podendo o nitrato manter-se acumulado nas partes mais profundas do mesmo. Dessa forma, acredita-se que o nitrato foi se acumulando nas camadas mais profundas do solo pela lixiviação, sendo eliminado juntamente com a percolação ocasionada pela precipitação. Os altos valores de nitrato presentes na água percolada preocupam pelo fato dessa água poder vir a atingir o lençol freático, podendo causar sua contaminação.

No que diz respeito ao fósforo, os valores encontrados na água percolada para fósforo total foram baixos quando comparados com os valores médios das águas de irrigação. O fósforo total só teve aumento de valor da água de irrigação para a água percolada no "tratamento" T2 (Água do lago Paranoá), o que significa que a água da chuva funcionou como agente lixiviador nesse caso. O mesmo fato observado com o fósforo total ocorreu para o orto-fosfato, o também chamado de fósforo reativo, que também apresentou valores baixos na água percolada quando comparada à água de irrigação, exceto pelo fato de T2 ter também apresentado diminuição do parâmetro para o percolado. Isso leva a concluir que as plantas

utilizaram o fósforo contido na água de irrigação como nutriente para seu desenvolvimento, já que este é parte importante dos ácidos nucléicos e dos compostos de transferência de energia, sendo essencial para as plantas (Paganini, 1997).

Pelas análises realizadas, não foram detectados *E. Coli* nas águas percoladas para nenhum dos "tratamentos". Para Coliformes Totais, alguns dos "tratamentos" observados não acusaram a presença do indicador em suas águas percoladas, o que pode ser devido ao meio ter se tornado agressivo a estes indicadores após o período de irrigação, o que explicaria a ausência destes.

5.1.3 – Efeitos Sobre o Solo

Foram feitas análises de solo no início e no final de cada ciclo com o intuito de acompanhar a evolução da fertilidade do solo após a irrigação com efluentes. A caracterização do solo original, antes de ser feita a calagem é mostrada na Tabela 5.8. Na Tabela 5.9 tem-se os parâmetros de fertilidade para o solo original e para o final do Ciclo 1.

5.1.3.1 – Sódio

O sódio no solo provoca a dispersão de minerais de argila em partículas finas, o que pode causar a obstrução dos poros do solo, provocando acúmulo de material em profundidade, afetando o fluxo descendente da água de drenagem (Marques *et al.*, 2003). Para avaliar a evolução da sodificação no solo, utilizaram-se os valores de Percentagem de Sódio Trocável (PST). Para o cálculo do PST utiliza-se a equação 5.1:

$$PST = \frac{Na^{+}}{CTC} \times 100 \qquad \text{(equação 5.1)}$$

em que:

Na^{+} = Teor de Sódio Trocável ($mmol_c/dm^3$).

CTC = Capacidade de Troca de Cátions ($mmol_c/dm^3$).

Os valores de PST observados no final do ciclo 1 são mostrados na Tabela 5.10.

Tabela 5.8 – Caracterização do solo original

Composição Granulométrica (g/kg)		
Areia	2,000 - 0,050 mm	116,00
Silte	0,050 - 0,002 mm	209,00
Argila	<< 0,002 mm	675,00
Características Físicas		
Parâmetro	**Unidade**	**Resultado**
Condutividade Hidráulica	cm/h	34,45
Capacidade de Campo	%	29,60
Ponto de Murcha	%	17,50
Porosidade Total	%	41,00
Densidade Aparente	g/cm³	0,89
Densidade Real	g/cm³	1,50
Complexo Sortivo		
Parâmetro	**Unidade**	**Resultado**
pH	-	4,90
Cálcio	mmolc/dm³	3,0
Magnésio	mmolc/dm³	2,0
Potássio	mmolc/dm³	1,4
Sódio	mmolc/dm³	0,2
Valor "S"	mmolc/dm³	6,6
Alumínio	mmolc/dm³	0,0
Acidez Total (H + Al)	mmolc/dm³	34,0
Valor "T" ou CTC	mmolc/dm³	40,6
Saturação de Alumínio	%	0,00
Saturação de Bases (V)	%	16,00
Carbono	g/kg	11,10
Matéria Orgânica	g/kg	19,10
Nitrogênio	g/kg	2,60
Relação C/N	-	4,00
Fósforo	mg/dm³	0,50

Tabela 5.9 – Acompanhamento da Fertilidade do solo: Início e final do Ciclo 1.

Parâmetro	Unidade	Solo Original	Água Potável + NPK	Água Lago Paranoá	Efl. Primário	Efl. Prim. Diluído	Efl. Secundário	Efl. Terciário	Efl. Reator UASB	Efl. Lagoa Alta taxa
		ago/04	nov/04	nov/04	nov/04	nov/04	nov/04	nov/04	nov/04	nov/04
Cálcio	$mmol_c/dm^3$	**3,00**	**24,00**	**19,00**	**19,00**	**22,00**	**26,00**	**24,00**	**3,00**	**29,00**
Magnésio	$mmol_c/dm^3$	**2,00**	**6,00**	**2,00**	**2,00**	**4,00**	**6,00**	**6,00**	**1,00**	**6,00**
Potássio	$mmol_c/dm^3$	**1,40**	**1,80**	**0,80**	**2,40**	**3,30**	**2,30**	**3,00**	**2,00**	**4,00**
Sódio	$mmol_c/dm^3$	**0,20**	**0,30**	**0,90**	**1,20**	**3,50**	**5,00**	**4,70**	**2,00**	**4,70**
Valor S	$mmol_c/dm^3$	**6,60**	**32,10**	**22,70**	**24,60**	**32,80**	**39,30**	**37,70**	**8,00**	**43,70**
Alumínio	$mmol_c/dm^3$	**0,00**	**0,00**	**1,00**	**1,00**	**0,00**	**37,10**	**0,00**	**1,00**	**10,10**
Acidez Total	$mmol_c/dm^3$	**34,00**	**34,00**	**40,00**	**37,00**	**32,00**	**32,00**	**34,00**	**46,00**	**34,00**
Valor T ou C.T.C.	$mmol_c/dm^3$	**40,60**	**66,10**	**62,70**	**61,60**	**64,80**	**71,30**	**71,70**	**54,00**	**77,70**
Saturação de Alumínio	% Al	**0,00**	**0,00**	**4,00**	**4,00**	**0,00**	**5,91**	**0,00**	**11,00**	**3,41**
Saturação de Bases	% V	**16,00**	**49,00**	**36,00**	**40,00**	**51,00**	**55,00**	**53,00**	**15,00**	**56,00**
Carbono Orgânico - C	g/Kg	**11,10**	**6,90**	**6,50**	**6,10**	**6,50**	**7,70**	**6,40**	**7,10**	**7,20**
Matéria Orgânica - MO	g/Kg	**19,10**	**11,90**	**11,20**	**10,50**	**11,20**	**13,20**	**11,00**	**12,20**	**12,40**
Fósforo	mg/dm^3	**0,50**	**5,00**	**2,00**	**6,00**	**3,00**	**1,00**	**1,00**	**3,50**	**6,50**
pH	-	**4,90**	**6,10**	**5,90**	**5,90**	**6,30**	**6,50**	**6,40**	**4,70**	**6,10**

Nota: O solo inicial (ago/04) foi utilizado nas análises antes do processo de calagem e antes do preenchimento das unidades, enquanto que os solos finais (nov/04) foram coletados das unidades de cultivo, após as irrigações.

Tabela 5.10 – Valores de PST para final do Ciclo 1.

"Tratamento"	PST final (%)
Água potável + NPK	0,45
Água Lago Paranoá	1,44
Efl. Primário	1,95
Efl. Prim. Diluído	5,40
Efl. Secundário	7,01
Efl. Terciário	6,56
Efl. Reator UASB	3,70
Efl. Lagoa Alta taxa	6,05

Observou-se uma PST para o solo original de 0,32%, antes de ele ser submetido à calagem e à irrigação. Observando-se os valores apresentados na Tabela 5.10, para o final do ciclo 1, nota-se que todos os "tratamentos" apresentaram valores maiores que o do solo original. Apesar de todos os "tratamentos" terem sofrido aumento da PST no final do ciclo, nenhum destes atingiu ao valor crítico de 15%. Como não foram feitas medidas de condutividade elétrica do solo, não se pode caracterizar se o solo é normal, salino, alcalino ou salino-alcalino. Sabendo-se que os valores de PST são menores que 15% este pode ser normal ou salino, a depender do valor da condutividade elétrica e do pH, sendo requerida como medida de recuperação para solos salinos a lavagem (lixiviação) do solo (Bernardo 1989, Klar 1988). A Tabela 5.11 mostra a classificação dos solos salinos e alcalinos, segundo o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.

Tabela 5.11 – Classificação dos solos salinos e alcalinos segundo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos

Denominação	CE (mmhos/cm)	PST (%)	pH	Recuperação
Normal	<4	<15	4 a 8,5	-
Salino	>4	<15	≤8,5	Lixiviação dos sais
Salino-alcalino ou Salino Sódico	>4	>15	próximo de 8,5	Aplicação de corretivos e lixiviação dos sais
Alcalino ou Sódico	<4	>15	8,5<pH<10	Aplicação de corretivos e lixiviação dos sais

Fonte: Bernardo (1989), Klar (1988).

5.1.3.2 – pH e acidez do solo

Segundo Marques *et al.* (2003), o melhor valor de pH para desenvolvimento das plantas é próximo a 6,5. Entretanto, o pH, que interfere na solubilidade dos elementos minerais, altera as disponibilidades dos nutrientes devido a sua variação. Elementos como Fe, Cu, Mn, Zn e Al têm suas disponibilidades reduzidas com a elevação do pH, enquanto que N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mo e Cl têm suas disponibilidades aumentadas, em diferentes graus de intensidade. A disponibilidade é máxima com pH próximo à neutralidade, mas para valores de pH maiores que 8,0, elementos como N, P, B e S têm suas disponibilidades sensivelmente reduzidas (Marques *et al.,* 2003).

O pH do solo original utilizado nas unidades de cultivo era de 4,9, medido em água, podendo o solo ser classificado como de acidez muito alta. Segundo Marques *et al.* (2003), a redução do pH, além de aumentar a concentração de H^+ na solução do solo, aumenta também a concentração de Al em solução, elemento este que, quando solúvel, pode causar efeitos tóxicos à cultura. Para propiciar um aumento do pH do solo, foi realizada a calagem.

Há uma relação direta, segundo Marques *et al.* (2003), entre o valor do pH do solo e a porcentagem das cargas negativas do solo que adsorvem bases trocáveis, que é conhecida também como saturação por bases ou V%. A Tabela 5.12 mostra a correlação que pode ser feita para pH e a V%. Para o solo original, o valor da saturação por bases foi de 16,00%, o que classifica o solo como tendo uma saturação por bases muito baixa.

Tabela 5.12 – Limites de interpretação da camada arável do solo

Acidez	**pH em $CaCl_2$***	**Saturação por bases**	**V (%)**
Muito Alta	Até 4,3	Muito Baixa	0 a 25
Alta	4,4 a 5,0	Baixa	26 a 50
Média	5,1 a 5,5	Média	51 a 70
Baixa	5,6 a 6,0	Alta	71 a 90
Muito Baixa	> 6,0	Muito Alta	> 90

Fonte: Raij *et al.* (1996) *apud* Marques *et al.* (2003).

*Esses resultados normalmente são inferiores em uma unidade quando comparados com os avaliados em água.

Após a realização da calagem do solo e a utilização de efluentes na irrigação, observa-se um aumento no valor do pH para todos os "tratamentos", exceto o "tratamento" T7 (Efluente de reator UASB), que apresentou ligeira diminuição no valor do pH do solo (de 4,9 para 4,7). Na maioria dos tratamentos, o solo passou de acidez muito alta (4,9) para acidez média, melhorando assim as características do solo para o desenvolvimento das plantas.

No que diz respeito à saturação por bases, o solo apresentou melhoras, já que os valores para esse parâmetro aumentaram para a maioria dos "tratamentos", exceto para o "tratamento" T7, único que apresentou diminuição, mas uma diminuição pequena, de apenas 1%. Os demais "tratamentos" tiveram aumentos significativos, passando de 16% para 49% no caso de T1, para 36% no caso de T2, para 40% no caso de T3, para 51% no caso de T4, para 55% no caso de T5, para 53% no caso de T6 e para 56% no caso de T8. Nota-se que alguns dos "tratamentos" aumentaram em até 3,5 vezes o valor da saturação por bases, passando assim de solo com saturação por bases muito baixa para um grau médio, no caso dos "tratamentos" T4, T5, T6 e T8, e para um grau baixo para os "tratamentos" T1, T2 e T3. Esse aumento no grau de saturação por bases significa um aumento no pH e diminuição na saturação em alumínio, o que é bastante positivo, visto que o alumínio é bastante tóxico às plantas, causando principalmente diminuição no crescimento das raízes.

5.1.3.3 – Alumínio

Os solos sob vegetação de Cerrado são, em sua maioria, solos ácidos e, como principal conseqüência, pode ocorrer alumínio em quantidades tóxicas para as culturas (Sousa *et al.*, 1985). Marques *et al.* (2003) afirmam que o alumínio precipitado no solo não causa problemas às plantas, porém, quando ele se torna solúvel, pode exercer efeitos tóxicos marcantes, afetando principalmente o desenvolvimento do sistema radicular, o que, por sua vez, causa danos ao desenvolvimento da parte aérea e compromete também a produtividade da cultura.

Segundo Malavolta (1992), o principal responsável pela acidez é o Al trocável, o que permite, assim, utilizar a saturação em alumínio para caracterizar a acidez do solo. O solo original não apresentou alumínio trocável, sendo também o valor da saturação de alumínio

igual a zero. A maioria dos "tratamentos" não apresentou alumínio trocável no final do ciclo 1, a não ser os "tratamentos" T2, T3 e T7, que apresentaram valores de 1,0 $mmol_c/dm^3$. No que diz respeito à saturação de Alumínio, os "tratamentos" T2, T3 e T7 novamente foram os únicos a apresentar valores diferentes de zero, com 4,0%, 4,0% e 11,0%, respectivamente. Segundo Sousa *et al.* (1985), valores acima de 20% de saturação de alumínio podem reduzir a produtividade das culturas. Como não foram observados valores dessa magnitude para nenhum dos "tratamentos", acredita-se que não houve problemas de toxicidade de alumínio.

5.1.3.4 – Cálcio e Magnésio

Os solos sob vegetação de cerrado caracterizam-se pela alta toxidez de alumínio e baixos teores de cálcio e magnésio, o que acarreta plantas pouco desenvolvidas e sistema radicular raquítico, o que, por sua vez, limita o aproveitamento da água e dos fertilizantes adicionados ao solo (Sousa *et al.*, 1985). Lopes (1983) aponta alguns dos efeitos da calagem, como, por exemplo, a elevação do pH e conseqüente aumento da CTC, a melhora do ambiente do solo para bactérias associadas com a fixação simbiótica do nitrogênio, a diminuição da lixiviação do potássio aplicado, dentre outros. Dessa forma, optou-se por fazer a calagem do solo para correção de sua acidez, o que fez com que não fosse possível comprovar que os efluentes podem contribuir para a calagem dos solos, como foi apontado por Silva e Silva (2004).

O solo original, antes de realizada a calagem, apresentou teor de cálcio baixo, como era de se esperar para um solo de cerrado, de 3 $mmolc/dm^3$ (0,30 mE/100mL). Após efetuada a calagem e a irrigação com efluentes, o teor de cálcio aumentou para todos os "tratamentos", exceto o "tratamento" T7, que manteve o mesmo teor para o final do ciclo 1. Os outros "tratamentos" apresentaram aumentos de até 9,67 vezes o teor original para T8, 8,67 vezes para T5, 8 vezes para T1 e T6, 7,33 vezes para T4, e, 6,33 vezes para T2 e T3. Dessa forma, os solos passaram de um baixo teor de cálcio para o solo original para um alto teor de cálcio no final do ciclo 1. A Tabela 5.13 mostra os limites de interpretação de cálcio.

Avaliando-se os valores de magnésio, nota-se que houve um aumento no teor de magnésio do solo original, que era de 2 $mmol_c/dm^3$ (0,2 mE/100mL), duplicando-se esse teor para o

“tratamento” T4, e até triplicando os teores para os “tratamentos” T1, T5, T6 e T8. O solo desses “tratamentos” evoluiu de baixo para médio teor de magnésio, o que significa uma melhora no que diz respeito aos teores de magnésio disponíveis para as plantas. O “tratamento” T7 apresentou uma diminuição no teor de magnésio, sendo considerado um solo com baixo teor deste após a irrigação com efluentes. A Tabela 5.13 traz os valores limites de interpretação de teores de Mg.

Tabela 5.13 – Limites de interpretação de teores de Ca^{2+} e Mg^{2+}.

Teor	Ca^{2+} trocável	Mg^{2+} trocável
	$mmol_c dm^{-3}$	
Baixo	0 a 3	0 a 4
Médio	4 a 7	5 a 8
Alto	>7	> 8

Fonte: Raij *et al.* (1996, *apud* Marques *et al* 2003); Raij (1981).

Segundo Raij (1981), os teores maiores de cálcio e magnésio diminuem a disponibilidade de potássio, o que ajuda a evitar perdas de potássio por lixiviação e reduz o consumo de luxúria de potássio. Dessa forma, conclui-se que houve uma melhora nas condições do solo original no presente experimento, evitando aumento de perdas de nutrientes.

Segundo Coelho e Verlengia (1973), o magnésio aparece em muito menor quantidade que o cálcio no solo e tem comportamento semelhante a este. A maioria dos solos é deficiente neste nutriente. Com a elevação do teor desse elemento no solo, acredita-se que houve uma melhora nas características de fertilidade deste.

5.1.3.5 – Matéria Orgânica

A matéria orgânica favorece a melhora das características do solo do ponto de vista da fertilidade. Entretanto, segundo Marques *et al.* (2003), a matéria orgânica só é efetiva como condicionadora e fornecedora de nutrientes para as plantas quando se apresenta estabilizada.

Os teores da matéria orgânica nos solos dos cerrados situam-se entre 2,0 a 3,0%, o que é considerado um valor médio. Entretanto, a matéria orgânica encontra-se quase inativa, devido à carência nutricional que caracteriza esses solos (Pereira e Peres, 1985).

O teor de matéria orgânica no solo original era de 11,90 g/Kg, ou 1,19%, teor abaixo do normalmente encontrado para solos dos cerrados. Após receberem as águas de irrigação, ao final do ciclo, todos os "tratamentos" apresentaram redução no teor de matéria orgânica comparados ao solo original. Foram observadas reduções de até 45% para T3, 42,4% para T6, 41,4% para T2 e T4, 37,7% para T1, 36,15 para T7, 35,1% para T8 e 30,9% para T5.

Essa diminuição do teor de matéria orgânica não era esperada, já que Silva e Silva (2004) observou aumentos no teor de matéria orgânica, para ciclo ocorrendo no mesmo período, além do que houve aplicação de grande carga de nutrientes proveniente dos efluentes e da adubação utilizada. Porém, Araújo *et al.* (1999) observou que não foi possível reverter a situação de solo com baixo teor de matéria orgânica apesar dos efluentes terem funcionado bem como fertilizantes.

O que pode ter acontecido para que houvesse essa diminuição do teor de matéria orgânica seria um estímulo às bactérias naturais do solo, que teriam sido responsáveis pela degradação da matéria orgânica original e da adicionada ao solo. Dessa forma, a matéria orgânica teria sido degradada por atividades naturais do solo, o que explicaria a sua diminuição.

Como foram comparados o solo original e o das unidades, não se pode tirar uma boa conclusão a respeito do comportamento da matéria orgânica. Para o segundo ciclo, onde são comparados os solos das unidades essa análise tem condições de ser mais precisa.

5.1.3.6 – Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

Segundo Pereira e Peres (1985) a matéria orgânica é o principal elemento responsável pela troca de cátions, dentre os componentes do solo, pois o húmus, o produto mais estável após sua decomposição, tem maior propriedade coloidal que as argilas silicatadas e possui características eletronegativas em suas superfícies externas, onde são retidos cátions com diferentes graus de tenacidade.

Observou-se para o solo original um valor de CTC de 40,6 $mmol_c/dm^3$. Após o decorrer do ciclo 1, todos os "tratamentos" apresentaram um aumento no valor da CTC. Foram observados aumentos na CTC de até 91,4% para T8, 76,6% para T6, 75,6% para T5, 62,8% para T1, 59,6% para T4, 54,4% para T2, 51,7% para T3 e 33,0% para T7. Os valores de CTC para os diversos "tratamentos" variaram de 54,0 $mmol_c/dm^3$ até 77,7 $mmol_c/dm^3$. Solos com CTC entre 60 e 250 $mmol_c/dm^3$ caracterizam-se por apresentar uma maior capacidade de retenção de nutrientes e de umidade (Lopes e Guidolin, 1989).

O aumento no valor da CTC representa uma maior possibilidade de aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, já que o solo tende a reter maior quantidade de íons Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^{+}, dentre outros, permitindo uma maior reserva de nutrientes para a planta. Além disso, um aumento na CTC pode diminuir a perda de cátions por lixiviação. Dessa forma, os solos para todos os "tratamentos" melhoraram com a aplicação de efluentes para irrigação.

5.1.3.7 – Fósforo

Segundo Goedert *et al.* (1985), os solos da região dos cerrados, em sua maioria, contêm baixo teor de fósforo total e muito baixo teor de fósforo disponível para as plantas. Segundo Marques *et al.* (2003), o fósforo, dentre os nutrientes, é o que apresenta os maiores problemas durante aplicação por meio de água de irrigação, já que este, ao contrário de N e K, é imediatamente fixado na maioria dos solos, sendo um elemento de baixa mobilidade no solo. Goedert *et al.* (1985) afirmam que os solos argilosos apresentam alta capacidade de retenção do fosfato aplicado, necessitando, dessa forma, de altas quantidades de fertilizante fosfatado para se elevar o nível de P na solução do solo. Segundo Raij (1981), os solos podem apresentar centenas a milhares de quilogramas de fósforo total na camada arável e, mesmo assim, apresentarem-se deficientes no elemento para as culturas.

O método utilizado para análise de fósforo no solo foi o de Fósforo Assimilável. O solo original apresentou valor de concentração muito baixo para o fósforo, de 0,5 mg/dm^3. Entretanto, para o final do ciclo 1, este parâmetro apresentou um aumento para todos os "tratamentos", sendo em uns mais significativos que outros. Para os "tratamentos" T8, T3 e T1 foram observados os maiores aumentos, de até 13, 12 e 10 vezes mais que o teor do

solo original, respectivamente. Para os “tratamentos” T7, T4, T2, T5 e T6, observaram-se aumentos de 7, 6, 4, 2 e 2 vezes mais que o teor do solo original, sendo que, apesar do aumento ser significativo, pelo fato do teor inicial ser muito baixo, alguns dos “tratamentos” continuaram apresentando teores muito baixos para o parâmetro.

5.1.3.8 – Potássio

O teor de potássio no solo original era de 1,4 $mmol_c/dm^3$. Após o período de irrigação com as diversas águas de irrigação, houve um aumento no teor de potássio para todos os “tratamentos”, exceto para o “tratamento” T2 (Água do Lago Paranoá) que foi o único a apresentar diminuição de cerca de 42% no teor do solo original. Isso pode ser explicado pelo fato de a água do Lago Paranoá apresentar baixa concentração de potássio, associado à lixiviação ocorrida no final do ciclo.

Foram observados aumentos no teor de potássio de 185,7%, 135,7%, 114,3%, 71,4%, 64,3%, 42,85% e 28,57% para os “tratamentos” T8, T4, T6, T3, T5, T7 e T1, respectivamente. Como não houve eventos de precipitação significativos no ciclo 1, o que pode ter ocorrido foi a concentração desse elemento durante o período de ocorrência do ciclo 1.

Segundo Vilela *et al.* (1985), a maioria dos solos dos cerrados é deficiente em potássio. No decorrer da utilização de efluentes para a irrigação, nota-se que houve um aumento do teor de potássio no solo original, o que mostra então um enriquecimento do solo no que diz respeito ao teor de potássio.

Os solos dos diversos “tratamentos” evoluíram de quadros de baixo teor de potássio para médio teor, no caso dos “tratamentos” T1, T3, T5, T6 e T7 e, até mesmo, para um alto teor, no caso dos “tratamentos” T4 (Efluente Primário Diluído) e T8 (Efluente de Lagoa de Alta taxa). No caso do “tratamento” T2, que apresentou diminuição no teor de potássio, este continuou sendo classificado como solo de baixo teor. A Tabela 5.14 mostra os limites de interpretação de teores de potássio trocável em solos.

Tabela 5.14 – Limites de interpretação de teores de potássio trocável em solos.

Teor	Produção Relativa (%)	K^+ trocável $mmol_c/dm^3$
Muito baixo	0-70	0,0-0,7
Baixo	71-90	0,8-1,5
Médio	91-100	1,6-3,0
Alto	>100	3,1-6,0
Muito Alto	>100	>6,0

Fonte: Marques *et al.* (2003).

5.1.3.9 – Diagnose Foliar

Entre todos os órgãos da planta, a folha é o que reflete melhor o estado nutricional, isto é, a folha é o órgão que indica melhor se a cultura está bem ou mal alimentada. Uma planta bem alimentada em macro ou micronutrientes possui nas suas folhas todos os elementos em quantidades e proporções adequadas sendo por isso capaz de dar produções altas e compensadoras do ponto de vista econômico. Por outro lado, uma planta mal alimentada terá em suas folhas um ou mais elementos em quantidades insuficientes para dar boas colheitas (Malavolta, 1992).

Além disso, a análise das folhas tem outros usos, como a identificação de deficiência ou excessos de elementos e identificação de sintomas causados por doenças e pragas (Malavolta, 1992). A diagnose foliar consiste em analisar o solo usando a planta como solução extratora para tal (Malavolta *et al.* 1997).

As folhas foram coletadas no final do mês de outubro de 2004, no final do ciclo de vida das plantas. Buscou-se coletar sempre folhas em bom estado, com nenhum tipo de dano. Eram coletadas 50 folhas de cada tipo de "tratamento", como orientado pelo laboratório responsável pelas análises. Malavolta *et al.* (1997) fornece alguns dados para culturas ornamentais, recomendando, por exemplo, para o cravo, coletas de 50 folhas/ha. As folhas foram coletadas e colocadas em sacos de papel e encaminhadas imediatamente para o laboratório responsável pelas análises, para que não houvesse nenhum prejuízo às amostras. O método utilizado para a análise das folhas foi o utilizado pelo Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, que é descrito em Malavolta *et al.* (1997).

Além da análise das plantas para os diversos "tratamentos" foi realizado também ensaios com as mudas utilizadas. Estas tinham idade de 60 dias, mesma idade das plantas transplantadas nos dois ciclos. O processo de produção das mudas é descrito no Apêndice A. A Tabela 5.15 mostra os resultados obtidos para a diagnose foliar.

Tabela 5.15 - Teores de Macro e Micro Nutrientes obtidos por análise foliar.

TRATAMENTO	Macronutrientes (g/kg)						Micronutrientes (mg/kg)				
	N	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**	**B**	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Na**
Mudas	34,6	2,72	36,5	31,7	2,6	2,56	42,7	9,1	62,1	47,1	938
T1 - Potável + NPK	34,0	1,90	17,1	26,0	10,8	2,00	89,6	11,0	26,6	27,3	469
T2 - Lago Paranoá	32,0	1,60	14,1	27,5	10,6	2,00	38,3	12,0	21,3	18,8	469
T3 - Efl. Primário	38,0	2,10	22,0	18,0	7,9	2,00	27,9	8,5	18,2	20,3	564
T4 - Efl. Primário Diluído	36,5	1,70	22,0	21,3	10,3	1,00	30,5	7,6	20,5	16,5	466
T5 - Efl. Secundário	20,5	1,30	21,0	23,0	12,6	2,00	27,9	12,9	18,2	17,0	1284
T6 - Efl. Terciário	40,5	1,70	24,4	20,2	7,9	2,00	28,1	8,3	29,8	16,1	504
T7 - Efl. Reator UASB	32,0	1,30	23,9	21,4	8,1	2,00	21,2	6,9	18,4	15,9	544
T8 - Efl. Lagoa Alta taxa	36,5	1,50	24,4	18,5	7,9	2,00	22,1	8,7	22,6	12,7	524

Como não haviam dados padrões para a espécie da Dália Anã Sortida, recorreu-se aos padrões das demais espécies ornamentais disponíveis na literatura. A Tabela 5.16A e 5.16B traz os teores de nutrientes considerados adequados para algumas espécies ornamentais.

Os valores de nitrogênio, variando de 20,5 a 40,5 g/kg, estão na faixa dos teores considerados adequados para as espécies ornamentais usadas como parâmetro, para a maioria dos "tratamentos". Apenas o "tratamento" T5 apresenta um valor abaixo do adequado para a maioria das espécies observadas. No que diz respeito ao fósforo, os valores observados para os "tratamentos" variam de 1,3 a 2,1 g/kg, que podem ser

considerados teores abaixo dos adequados, já que a maioria das plantas ornamentais requer valores acima de 2,0 g/kg.

Tabela 5.16A – Teores de macronutrientes considerados adequados para espécies de plantas ornamentais.

Planta	Teores de nutrientes nas folhas totalmente expandidas					
	Macronutrientes (g/kg)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Antúrio	16-30	2,0-7,0	10-35	12-20	5,0-10,0	1,6-7,5
Azaléia	15-25	2,0-5,0	5-15	5-15	2,5-10,0	2,0-5,0
Begônia	40-60	3,0-7,5	25-60	10-25	3,0-7,0	3,0-7,0
Crisântemo	40-60	2,5-10,0	40-60	10-20	2,5-10,0	2,5-7,0
Gladíolo	30-55	2,5-10,0	25-40	5-45	1,5-3,0	-
Gloxínia	30-50	2,5-7,0	25-50	10-30	3,5-7,0	2,5-7,0
Gypsophila	43-60	3,0-7,0	35-45	26-40	4,0-10,0	2,5-7,0
Hibiscus	25-45	2,5-10	15-30	10-30	2,5-8,0	2,0-5,0
Palmeira (areia)	25-35	1,5-8,0	14-40	10-25	2,5-8,0	2,1-7,5
Rosa	30-50	2,5-5,0	15-30	10-20	2,5-5,0	2,5-7,0
Schefflera	25-35	2,0-5,0	23-40	10-15	2,5-7,5	2,0-8,0
Violeta-africana	30-60	3,0-7,0	30-65	10-20	3,5-7,5	3,0-7,0

Fonte: Tombolato *et al.* (1997)

Tabela 5.16B – Teores de micronutrientes considerados adequados para espécies de plantas ornamentais

Planta	Teores de nutrientes nas folhas totalmente expandidas			
	Micronutrientes (mg/kg)			
	B	Cu	Mn	Zn
Antúrio	25-75	6-30	50-200	-
Azaléia	25-75	6-25	40-200	20-200
Begônia	20-75	7-30	50-200	25-200
Crisântemo	25-75	6-30	50-250	20-250
Gladíolo	25-100	8-20	50-200	20-200
Gloxínia	25-50	8-25	50-300	20-50
Gypsophila	25-100	9-25	50-200	25-200
Hibiscus	25-100	6-50	40-200	20-200
Palmeira (areia)	15-60	6-50	50-250	25-200
Rosa	30-60	7-25	30-200	18-100
Schefflera	20-60	10-60	40-300	20-200
Violeta-africana	25-75	8-35	40-200	25-200

Fonte: Tombolato *et al.* (1997).

Quanto ao potássio não se pode tirar grandes conclusões, já que os valores observados na tabela de comparação variam muito de uma espécie para outra. Os valores observados para o cálcio parecem ter sido adequados, estando na faixa de 18,0 a 27,5 g/kg, enquanto a maioria das espécies ornamentais necessita de 10 a 30 g/kg. Os teores observados para o magnésio estão dentro da faixa dos valores considerados adequados para a maioria das espécies conhecidas, sendo que algumas vezes observam-se valores até maiores do que os requeridos para estas. Quando comparado os valores de enxofre com os valores das espécies ornamentais, esses valores ficam na faixa mais baixa observada, não ultrapassando 2,0g/kg, sendo a faixa requerida para a maioria das espécies de cerca de 2,0 a 8,0g/kg.

Os teores de boro parecem adequados já que a maioria dos "tratamentos" apresenta valores acima de 20 a 25 mg/kg, faixa considerada adequada para a maioria das espécies encontradas, sendo o mesmo observado para os teores de cobre. Já os teores de manganês foram todos abaixo das faixas consideradas adequadas para as espécies encontradas. Segundo Malavolta *et al.* (1997) a deficiência de manganês pode levar a uma menor atividade fotossintética, o que não é desejável pois compromete os níveis de produção. A maioria dos "tratamentos" apresentou teores baixos de Zinco quando comparados aos teores adequados para as demais espécies, o que pode indicar ter havido deficiência do elemento. O teor mais elevado para o "tratamento" T1, de 27,3mg/kg, deve-se ao fato de que as unidades de T1 receberam adubação contendo 0,4% de zinco. Quanto ao sódio, não foram encontrados valores de referência para comparação.

5.1.4 – Efeitos Sobre as Plantas

5.1.4.1 – Ocorrência de Pragas e Doenças

Durante o transcurso da pesquisa, foi observada a presença de alguns insetos nocivos às plantas. Optou-se por se fazer o controle fitossanitário para que não houvesse nenhum prejuízo à pesquisa por causa de eventuais ocorrências de pragas e doenças. Com isso, não foi possível avaliar a possível influência do reúso de água na resistência das plantas às pragas e doenças.

Primeiramente observou-se uma infestação de lagartas no Ciclo 1, no início do mês de agosto de 2004. Segundo Araújo e Rodrigues (2002), as lagartas possuem um aparelho bucal mastigador, o que é responsável por ocasionar prejuízos muito grandes às culturas devido a se alimentarem com muita rapidez. Araújo e Rodrigues (2002) recomendam a catação manual das lagartas, pois esses parasitas são grandes, ao invés da aplicação de defensivos, para minimizar os danos causados às plantas. Entretanto, como o ataque foi sentido fortemente em uma das unidades, procedeu-se ao uso de defensivo agrícola HAMIDOP® (Methamidophos), que é um inseticida-acaricida organo-fosforado, que tem como composição: O, S – dimetil fosforamidotioato (Methamidophos) – 600 g/L (informações do fabricante), para que não houvesse perigo de infestação nas outras unidades de cultivo e houvesse prejuízos maiores. A Figura 5.6 mostra o estado de algumas plantas atacadas pelas lagartas. Depois de aplicado o defensivo agrícola, não se observou mais a ocorrência das lagartas em nenhuma das unidades.

Figura 5.6 – Plantas infestadas por lagartas no Ciclo 1.

No Ciclo 1 observou-se também a ocorrência de pulgões. Os pulgões são insetos sugadores de seiva, podendo ser pretos, verdes, marrons ou acinzentados, aparecendo geralmente aglomerados ao longo dos caules macios das plantas (Araújo e Rodrigues, 2002). Para o combate desses pulgões, foi utilizado, novamente, o inseticida HAMIDOP. A Figura 5.7 mostra uma planta infestada de pulgões.

No final do Ciclo 1 houve a ocorrência de oídio. Araújo e Rodrigues (2002) afirmam ser uma doença típica de plantas ornamentais, sendo que esta aparece como uma cobertura branca e pulverulenta em ambas as faces da folha, no pecíolo, no pedúnculo e nas pétalas,

principalmente nas partes sombreadas da planta e dos brotos. Temperatura amena e umidade em torno de 80% favorecem o desenvolvimento do oídio. Esses apareceram justamente no final do Ciclo 1, quando começaram a ocorrer eventos de precipitação no local da pesquisa. Não foi feito nenhum tipo de "tratamento" quanto a esse tipo de doença, já que esta foi detectada no encerramento do Ciclo 1, quando as plantas já haviam atingido o final de seu ciclo de vida.

Figura 5.7 – Planta infestada por pulgões.

Não foi possível atestar se as plantas irrigadas por efluentes foram mais suscetíveis a ocorrência de pragas e doenças, como observado por Silva e Silva (2004), já que o controle fito-sanitário era realizado assim que se observava alguma infestação. Além disso, não foi observada nenhuma tendência de infestação a algum dos "tratamentos".

5.1.4.2 – Desenvolvimento das Plantas

O desenvolvimento das plantas foi acompanhado durante todo o ciclo 1, que começou no dia 26 de julho de 2004 e teve seu encerramento no dia 6 de novembro de 2004. Esse período, no Distrito Federal, normalmente, é caracterizado por ser um período de seca. O comportamento da cultura foi acompanhado avaliando-se o seu desenvolvimento, tendo sido realizadas medidas de número de folhas, altura da planta, diâmetro do caule, número de botões e número de flores, para os diferentes tipos de "tratamentos" empregados. As Figuras 5.8, 5.9, 5.10, 5.11 e 5.12 são relativas ao ciclo 1.

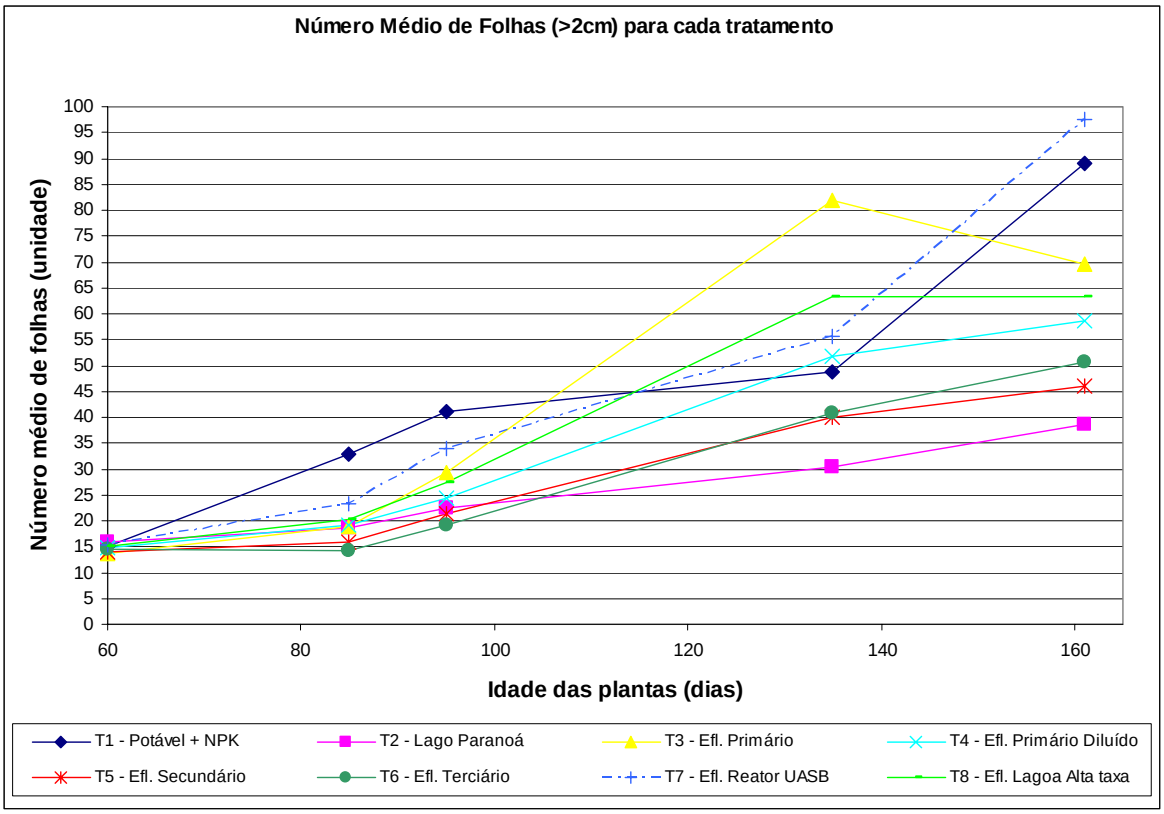

Figura 5.8 – Gráfico Número de Folhas x Idade das Plantas – Ciclo 1

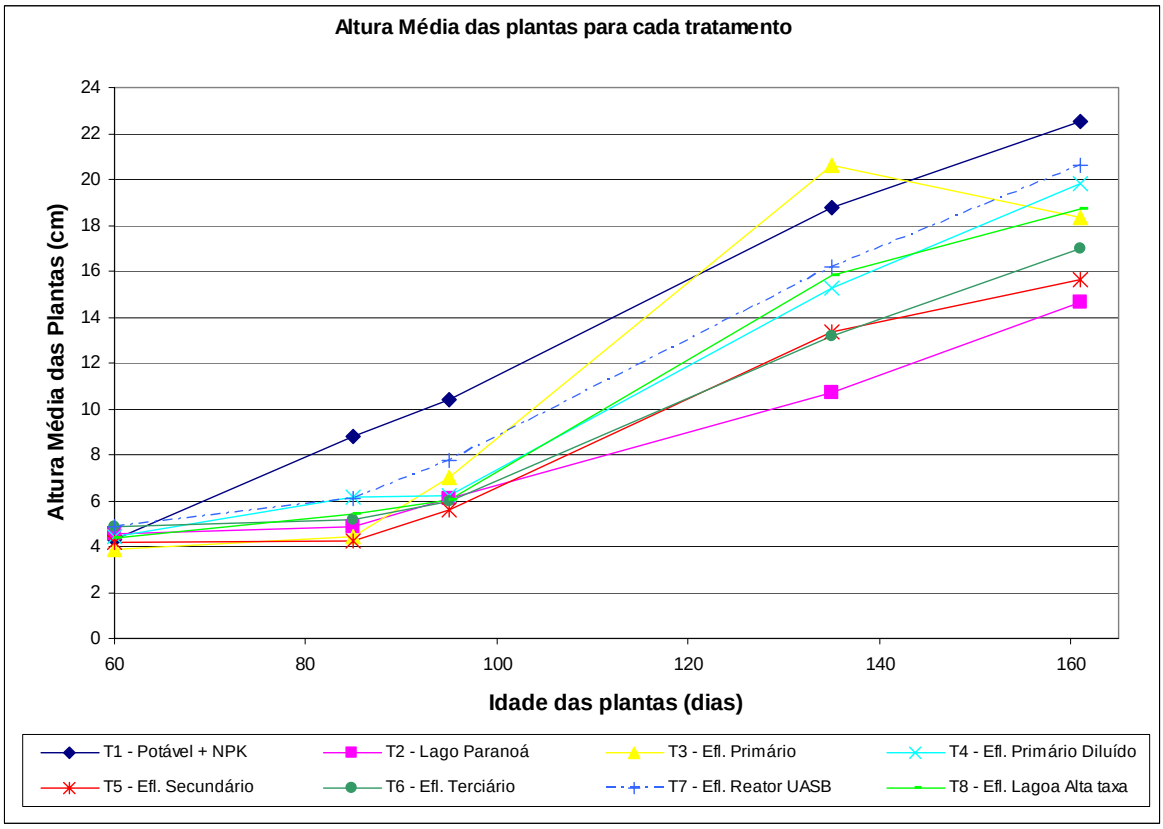

Figura 5.9 – Gráfico Altura Média das Plantas x Idade das Plantas – Ciclo 1.

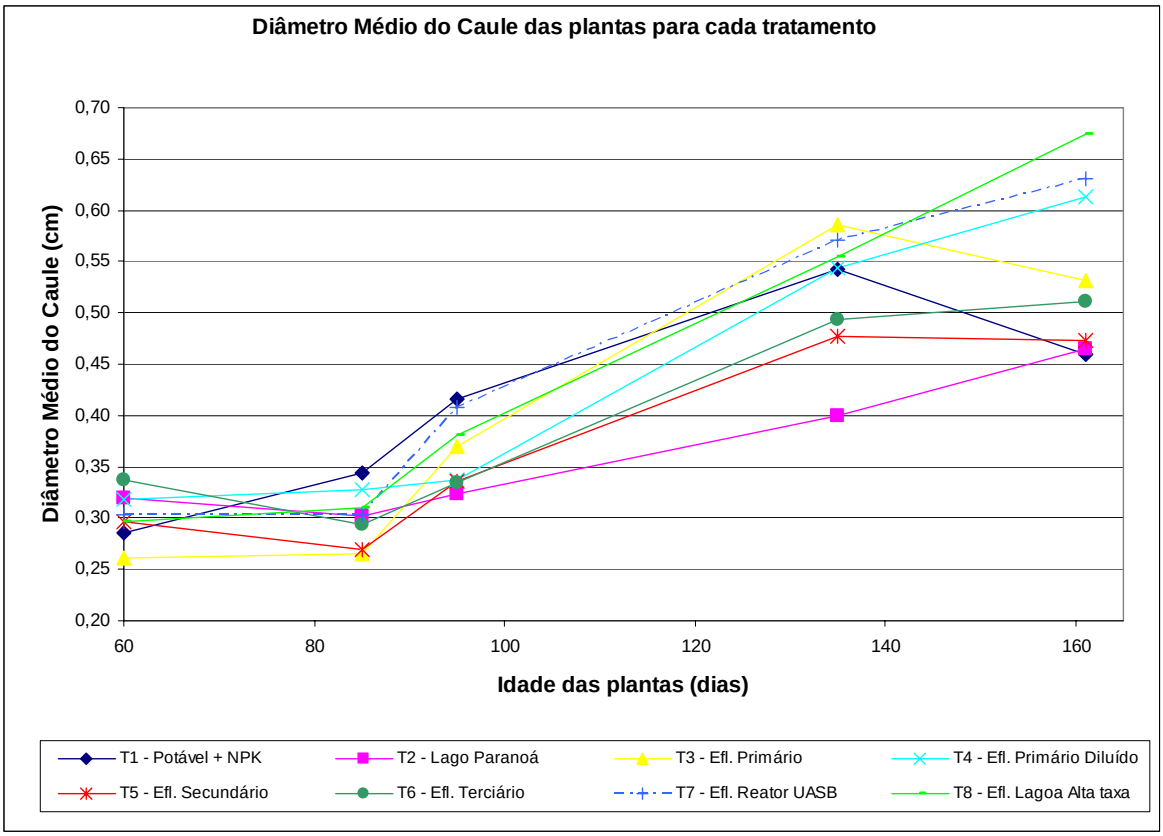

Figura 5.10 – Gráfico Diâmetro do Caule x Idade das Plantas – Ciclo 1.

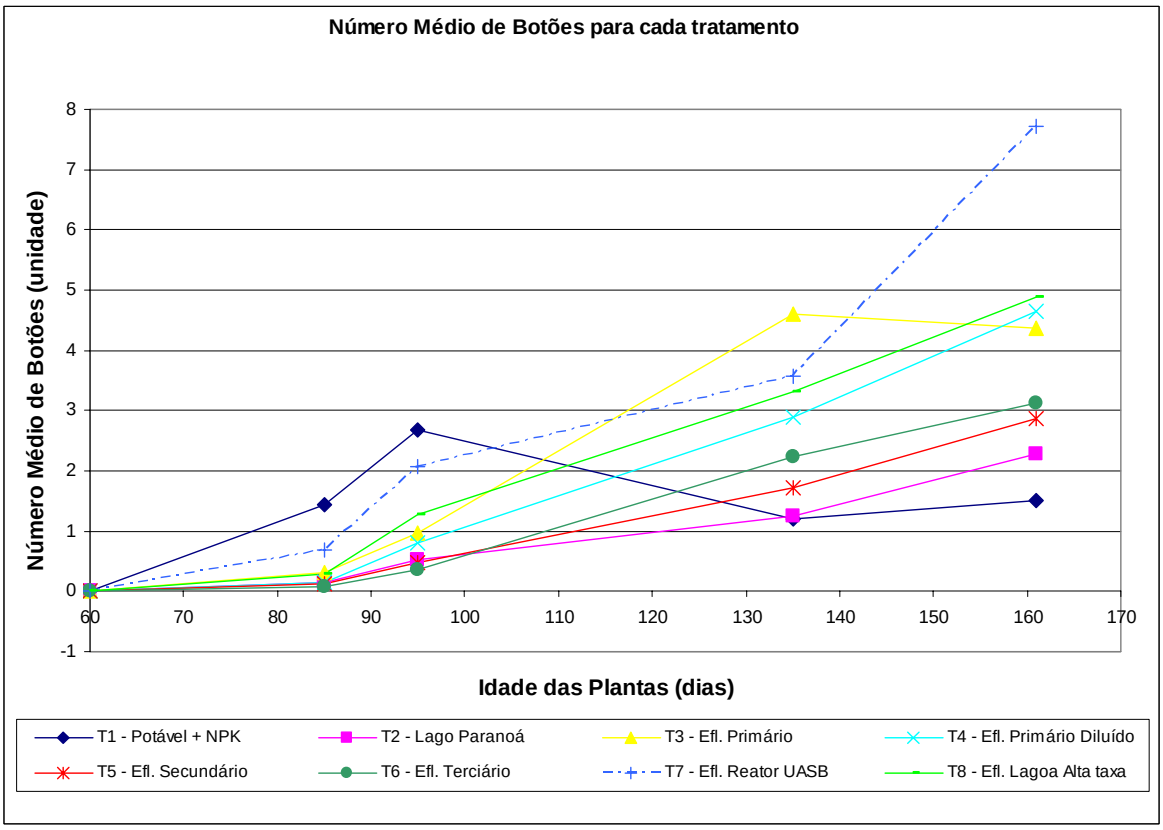

Figura 5.11 – Gráfico Número Médio de Botões x Idade das Plantas – Ciclo 1.

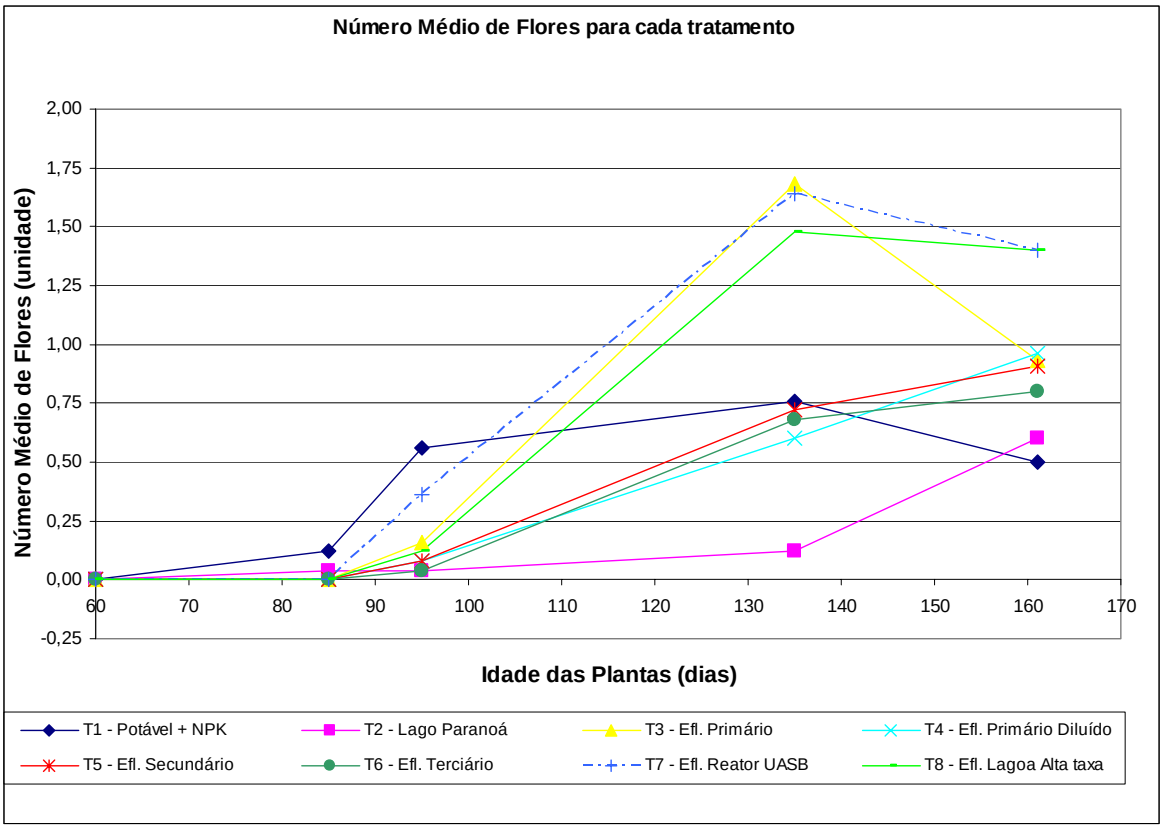

Figura 5.12 – Gráfico Número Médio de Flores x Idade das Plantas – Ciclo 1.

Analisando-se essas figuras, observa-se que o número médio de folhas e altura média das plantas não apresentaram grandes variações nos primeiros dias após o plantio. Já a partir de 80 dias as plantas submetidas ao "tratamento" T1 (água potável + NPK) começaram a mostrar um desenvolvimento superior aos demais "tratamentos", levando-se em conta as variáveis mencionadas anteriormente. Entretanto, com uma idade de aproximadamente 135 dias, o que se pode notar é que houve um pico de desenvolvimento das plantas submetidas ao "tratamento" T3 (Efluente Primário), superando inclusive o "tratamento" T1. Com uma idade de aproximadamente 145 dias, as plantas submetidas ao "tratamento" T7 (Efluente Reator UASB) apresentaram um bom rendimento, chegando até a superar as plantas submetidas ao "tratamento" T1 em número de folhas.

No que diz respeito a número de botões e número de flores, o que se pode notar é que T1 apresentou um desempenho acima dos outros "tratamentos" até a idade de 95 dias, passando a decair após esse período. As plantas submetidas ao "tratamento" T1 começaram a entrar em processo de mortandade antes das plantas submetidas aos demais "tratamentos", atingindo o final do ciclo de vida antecipadamente em relação aos demais

“tratamentos”. Os “tratamentos” T3, T7 e T8 superaram o “tratamento” T1 a partir dos 95 dias, apresentando um bom rendimento em relação aos outros “tratamentos” para as variáveis de número de botões e número de flores.

Silva e Silva (2004) obteve, em seu trabalho realizado anteriormente no mesmo local com o cultivo da dália anã sortida, melhor rendimento para o “tratamento” testemunha envolvendo água de abastecimento com a mesma adubação utilizada na presente pesquisa. Silva e Silva (2004) não utilizou efluente de reator UASB e efluente de lagoa de Alta taxa em seu trabalho, não havendo então esses dados para comparação com a presente pesquisa. O trabalho de Silva e Silva também foi realizado no período de estiagem no DF, o que permite a comparação dos resultados com o ciclo 1 da presente pesquisa. Entretanto, deve-se ressaltar que Silva e Silva (2004) fez lixiviação forçada quinzenalmente, o que não foi adotado no caso em questão.

O efluente de reator UASB (“tratamento” T7) mostrou um bom desempenho, chegando a superar o “tratamento” T1 (água potável + NPK) em número de folhas, número de botões e número de flores, fenômeno também observado por Sousa *et al.* (2003b), que constataram que as parcelas de feijão irrigadas com efluente de reator UASB apresentaram uma melhor produtividade que os outros “tratamentos” empregados, constituídos pela irrigação com efluente de lagoa de maturação, efluente de sistema de leito de brita e com água de abastecimento com adubação mineral.

O melhor desempenho do efluente de reator UASB quando comparado aos outros tipos de efluentes pode ser explicado pelo fato de que o reator UASB apresenta, segundo von Sperling (1996), uma remoção de N na faixa de 10 a 25% e de fósforo na faixa de 10 a 20%, enquanto que os outros tratamentos apresentam uma faixa de remoção maior, em torno de 30 a 40% para N e 30 a 45% para lodos ativados, por exemplo. Em teoria, a quantidade de N e P, macronutrientes utilizados pelas plantas, encontrada no efluente de reator UASB é maior que nos outros efluentes utilizados na presente pesquisa. Cabe ressaltar ainda que o afluente que chega à ETE - Paranoá é mais concentrado (menos diluído) que o afluente da ETE – Norte, já que o consumo de água no Plano Piloto é bastante superior ao das cidades satélites, que é o caso do Paranoá.

O “tratamento” que propiciou menor grau de desenvolvimento às plantas foi o “tratamento” T2 (água do lago Paranoá), utilizado como testemunha, seguido pelos “tratamentos” que utilizavam efluentes com maior grau de tratamento (e, conseqüentemente, com menor quantidade de nutrientes para as plantas) T5 (Efluente Secundário) e T6 (Efluente Terciário). A cultura apresentou um rendimento mais baixo para esses tipos de “tratamento”, se não for feita adubação complementar.

A Figura 5.13 mostra as plantas obtidas no Ciclo 1 para uma idade de cerca de 125 dias.

5.1.4.3 – Análise Estatística

Uma das maneiras mais simples e das mais utilizadas para se condensar as informações disponíveis contidas em um conjunto de dados é se estabelecendo um valor central, uma média em torno da qual os dados se distribuem, associando ainda a elas uma medida de sua dispersão ou variabilidade.

Para as médias obtidas no ciclo 1, ocorrido no período de estiagem no DF, obtiveram-se os resultados descritos a seguir. Analisando-se primeiramente o Número Médio de Folhas, o “tratamento” T7 (Efluente de Reator UASB) é o que apresenta maior média. O “tratamento” T7 apresenta rendimento de 79,66%, 64,55%, 62,23%, 34,06%, 23,10% e 19,17% superior aos “tratamentos” T2 (testemunha Lago Paranoá), T5 (Efluente Secundário), T6 (Efluente Terciário), T4 (Efluente Primário Diluído), T1 (potável + NPK) e T8 (Efluente de Lagoa de Alta taxa), respectivamente. A média que mais se aproxima de T7 é a do “tratamento” T3 (Efluente Primário), sendo T7 apenas 5,79% superior a T3.

No que diz respeito à Altura Média das Plantas vê-se que o “tratamento” T7 (Efluente de Reator UASB) apresentou um rendimento de 35,98%, 29,24%, 20,52% e 10,33% superior aos “Tratamentos” T2 (testemunha - Lago Paranoá), T5 (Efluente Secundário), T6 (Efluente Terciário) e T8 (Efluente de Lagoa de Alta taxa), respectivamente. O “tratamento” T7 foi o que apresentou a maior altura média dentre os vários “tratamentos” observados, seguido do “tratamento” T1 (potável + NPK) e do “tratamento” T3 (Efluente Primário), que apresentaram rendimentos superiores aos demais tipos de “tratamento”.

Figura 5.13 – Plantas obtidas no Ciclo 1, com uma idade de aproximadamente 125 dias.

Quanto ao Diâmetro Médio do Caule, observou-se que o “tratamento” T7 (Efluente de Reator UASB) teve novamente rendimento superior aos demais “tratamentos”, apresentando rendimento de 22,51%, 19,69%, 12,41%, 10,68%, e 10,11% superior aos “tratamentos” T2 (Lago Paranoá), T5 (Efluente Secundário), T6 (Efluente Terciário), T1 (potável + NPK) e T3 (Efluente Primário) respectivamente. A média de T7 apresentou maior rendimento que todos os “tratamentos”, sendo que os “tratamentos” T8 (Efluente de Lagoa de Alta taxa) e T4 (Efluente Primário Diluído) obtiveram médias bastante próximas, sendo T7 apenas 0,02% superior a T8 e 3,50% superior a T4.

Foram analisadas também as médias referentes ao Número de Botões das plantas. Novamente T7 apresentou o melhor resultado quando comparado aos outros “tratamentos”, chegando a superar em mais de 200% (234,29%) o “tratamento” testemunha T2 e, em até 170,52%, 142,07% e 98,87% os “tratamentos” T5, T6 e T1, respectivamente. O baixo rendimento do “tratamento” T1 no que diz respeito à produção de botões e flores pode ser explicado pelo fato de que as plantas submetidas ao “tratamento” T1 atingiram o final do ciclo de vida antes dos demais “tratamentos”. Esse fato pode ter ocorrido já que as plantas submetidas à T1 (água potável + NPK) tinham os nutrientes disponíveis desde o começo do ciclo de vida, enquanto que as plantas submetidas aos outros “tratamentos” tinham a sua disponibilidade de nutrientes no decorrer das irrigações. Quanto ao Número de Flores, T7 também apresentou a média mais alta, chegando a superar a testemunha T2 em mais de 300% (325 %). As médias que mais se aproximaram de T7 foram as de T8 e T3, nessa ordem.

As análises feitas anteriormente são baseadas apenas nos valores das médias apresentadas pelos “tratamentos”, sem levar em conta a análise de variância. Somente esse tipo de análise, com base nas diferenças das médias, não é suficiente para dizer se as produções são estatisticamente diferentes. São apresentados na seqüência os resultados obtidos pela análise de variância.

Nas tabelas 5.17, 5.18, 5.19, 5.20 e 5.21 estão alocados os dados das análises de variância. Segundo Vieira e Hoffman (1989), a idéia, na análise de variância, é comparar a variação devida aos “tratamentos” com a variação devida ao acaso ou ao resíduo. Para se fazer a análise de variância, é preciso calcular os graus de liberdade (GL), a soma dos quadrados (SQ), o quadrado médio (QM) e o valor de F, que está associado ao número de graus de

liberdade de "tratamentos" e ao número de graus de liberdade do resíduo. Essas quantidades foram calculadas para um nível de significância de 5%, para todas as variáveis medidas.

Tabela 5.17 – Análise de Variância para os Dados de Número de Folhas – Ciclo 1.

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
"tratamentos"	7	1901,95	271,71	12,57
Blocos	4	274,31	68,58	
Resíduo	28	605,36	21,62	
Total	39	2781,62		

F Tabelado (7,28 GL) =	2,36

Tabela 5.18 – Análise de Variância para os Dados de Altura de Planta – Ciclo 1.

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
"tratamentos"	7	44,84	6,41	6,19
Blocos	4	2,93	0,73	
Resíduo	28	28,99	1,04	
Total	39	76,75		

F Tabelado (7,28 GL) =	2,36

Tabela 5.19 – Análise de Variância para os Dados de Diâmetro do Caule – Ciclo 1.

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
"tratamentos"	7	0,03	0,005	7,00
Blocos	4	0,01	0,002	
Resíduo	28	0,02	0,001	
Total	39	0,06		

F Tabelado (7,28 GL) =	2,36

Tabela 5.20 – Análise de Variância para os Dados de Números de Botões – Ciclo 1.

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
"tratamentos"	7	22,77	3,25	9,36
Blocos	4	1,96	0,49	
Resíduo	28	9,73	0,35	
Total	39	34,46		

F Tabelado (7,28 GL) =	2,36

Tabela 5.21 – Análise de Variância para os Dados de Número de Flores – Ciclo 1.

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
"tratamentos"	7	1,68	0,24	6,69
Blocos	4	0,45	0,11	
Resíduo	28	1,01	0,04	
Total	39	3,14		

F Tabelado (7,28 GL) =	2,36

Pela análise de variância demonstra-se que, para as variáveis em questão, o valor de F calculado superou o valor de F crítico (valor tabelado para o nível de significância, no caso 5%), o que indica que se rejeita a hipótese de que as médias são estatisticamente iguais ao nível de significância de 5%. Como as médias apresentam variabilidades entre si, seguiu-se a recomendação de se aplicar testes estatísticos para uma comparação entre as médias.

Os testes estatísticos utilizados para a comparação das médias foram os testes "t" de Student, teste de Tukey e teste de Duncan. O teste de Duncan é mais trabalhoso que os demais, mas, segundo Vieira e Hoffman (1989), ocorrem mais resultados significantes quando se aplicam os testes t ou de Duncan que quando se aplica o teste Tukey.

No que diz respeito ao número médio de folhas, a maior média foi a do "tratamento" T7 (Efluente de reator UASB). O teste t forneceu como resultado que T7 é estatisticamente diferente de todas as médias obtidas para os outros "tratamentos", excetuando-se T3 (Efluente primário). Pelo teste t, as médias dos "tratamentos" T5 (Efluente Secundário) e T6 (Efluente Terciário) não apresentam diferenças significativas da testemunha T2 (Lago Paranoá).

Já o teste de Duncan aponta que as médias T2, T5 e T6 não apresentam diferenças significativas e são significativamente menores que as outras médias obtidas. O teste de Duncan mostrou também que T1, T8 e T3 não apresentam diferenças significantes e, além disso, que apenas T3 não apresenta diferenças significativas de T7, a maior média obtida para número médio de folhas. O resultado do teste de Duncan pode ser melhor entendido e visualizado na Tabela 5.22, que mostra os valores das médias e, além disso, mostra as médias que são estatisticamente iguais sublinhadas por uma mesma linha. As linhas foram realçadas por simbologias diferentes para facilitar a visualização. Além disso, médias que não apresentam diferenças significantes entre si estão referenciadas com o mesmo índice.

Tabela 5.22 – Teste de Duncan para a variável Número de Folhas – Ciclo 1.

Médias do Número de Folhas Segundo cada "tratamento"

"tratamentos"							
2 Lago Paranoá	**5 Efl. Secundário**	**6 Efl. Terciário**	**4 Efl. Primário Dil.**	**1 CAESB + NPK**	**8 Efl. Lagoa Alta taxa**	**3 Efl. Primário**	**7 Efl. Reator UASB**
25,17 (a)	27,48 (a), (b)	27,87 (a), (b)	33,73 (b), (c)	36,73 (c), (d)	37,94 (c), (d)	42,74 (d), (e)	45,22 (e)

(a), (b), (c), (d) e (e): Índices que indicam médias que não apresentam diferenças significantes entre si.

Comparando-se as médias pelo teste t, no que diz respeito à altura média da planta, observa-se que a média obtida para T7 (Efluente e reator UASB), que foi a média de maior valor obtida para o ciclo 1, é estatisticamente igual a T1 (potável + NPK), T3 (Efluente primário), T4 (Efluente Primário Diluído) e T8 (Efluente de Lagoa de Alta taxa). O "tratamento" T2 (Lago Paranoá), que foi utilizado como sendo testemunha, é estatisticamente igual a T5 (Efluente Secundário) e T6 (Efluente Terciário), pelo teste t. O teste de Tukey, além de apontar todos os "tratamentos" mencionados acima como estatisticamente iguais a T7, apontou também o "tratamento" T6, sendo então apenas T2 e T5 estatisticamente diferentes de T7.

O teste de Duncan apontou que as médias T8, T4, T3, T1 e T7 não apresentam diferenças significativas e são significativamente maiores que as médias T2, T5 e T6. O teste de Duncan apontou também que T2, T5 e T6 são estatisticamente iguais para a altura média das plantas. A Tabela 5.23 mostra o resultado do Teste de Duncan para a variável Altura das Plantas, sendo que as médias estatisticamente iguais são sublinhadas por uma mesma linha e são referenciadas pelo mesmo índice.

Para o parâmetro diâmetro do caule, T7 (Efluente de reator UASB) e T8 (Efluente de Lagoa de Alta taxa) obtiveram a mesma média. Dessa forma, o teste t mostrou que essas duas médias foram estatisticamente iguais a T4 (Efluente Primário Diluído) e significativamente diferentes de todas as outras médias dos outros "tratamentos". Já o teste de Tukey mostrou que as médias relativas aos "tratamentos" T1 (potável + NPK) e T3 (Efluente primário) também são estatisticamente iguais a T7 e T8. Pelo teste t, observou-se

que a testemunha T2 (Lago Paranoá) é estatisticamente igual a T5 (Efluente Secundário) e T6 (Efluente Terciário) e é estatisticamente diferente aos outros "tratamentos". Já pelo teste de Tukey, ela é estatisticamente igual a T5, T6, T1 e T3, sendo estatisticamente diferente de T4, T7 e T8.

Tabela 5.23 – Teste de Duncan para a variável Altura das Plantas – Ciclo 1.

Médias da Altura Segundo cada "tratamento"

"tratamento"							
2 Lago Paranoá	**5 Efl. Secundário**	**6 Efl. Terciário**	**8 Efl. Lagoa Alta taxa**	**4 Efl. Primário Dil.**	**3 Efl. Primário**	**1 CAESB + NPK**	**7 Efl. Reator UASB**
8,17 (b)	8,60 (b)	9,22 (b), (c)	10,07 (a), (c)	10,38 (a)	10,85 (a)	10,99 (a)	11,11 (a)

(a), (b) e (c): Índices que indicam médias que não apresentam diferenças significantes entre si.

Pelo teste de Duncan, tem-se que as médias T4, T7 e T8 não apresentam diferenças significativas e apresentam médias superiores aos demais "tratamentos". Além disso, o teste de Duncan mostra que T2, T5 e T6 não apresentam diferenças significativas e apresentaram os menores rendimentos dentre as médias. A Tabela 5.24 mostra o resultado do Teste de Duncan para o Diâmetro de Caule, sendo que as médias que não são estatisticamente diferentes são sublinhadas por uma mesma linha e pelo mesmo índice.

Tabela 5.24 – Teste de Duncan para a variável Diâmetro do Caule – Ciclo 1.

Médias do Diâmetro do Caule Segundo cada "tratamento"

"tratamento"							
2 Lago Paranoá	**5 Efl. Secundário**	**6 Efl. Terciário**	**1 CAESB + NPK**	**3 Efl. Primário**	**4 Efl. Primário Dil.**	**7 Efl. Reator UASB**	**8 Efl. Lagoa Alta taxa**
0,362 (c)	0,370 (a), (c)	0,394 (a),(b),(c)	0,400 (a),(b)	0,403 (a), (b)	0,428 (b), (d)	0,443 (d)	0,443 (d)

(a), (b), (c) e (d): Índices que indicam médias que não apresentam diferenças significantes entre si.

Para o número de botões, o teste t apresentou como resultados que T7, que foi o "tratamento" que apresentou maior média, é estatisticamente diferente de todos os tipos de "tratamento", diferentemente do teste de Tukey, que afirma não haver diferenças significativas entre as médias dos "tratamentos" T7, T3 e T8. O teste t mostrou ainda que as médias de T1, T5 e T6 não apresentam diferenças significativas quando comparadas ao "tratamento" testemunha T2, enquanto que o teste de Tukey inclui também o "tratamento" T4 a este grupo. O teste de Duncan mostrou que as médias contidas no intervalo de T2, T5, T6 e T1 não apresentam diferenças significativas, bem como as médias contidas no intervalo T5, T6, T1 e T4, e também as médias T1, T4, T8 e T3.

A média T7 é superior e diferente de todas as outras médias dos demais "tratamentos". A Tabela 5.25 mostra os resultados obtidos com o teste de Duncan, sendo que médias que não apresentam diferenças significantes são sublinhadas por uma mesma linha.

Tabela 5.25 – Teste de Duncan para a variável Número de Botões – Ciclo 1.

Médias do Número de Botões Segundo cada "tratamento"

"tratamento"							
2	**5**	**6**	**1**	**4**	**8**	**3**	**7**
Lago Paranoá	**Efl. Secundário**	**Efl. Terciário**	**CAESB + NPK**	**Efl. Primário Dil.**	**Efl. Lagoa Alta taxa**	**Efl. Primário**	**Efl. Reator UASB**
1,05 (a)	1,30 (a), (b)	1,45 (a), (b)	1,77 (a),(b),(c)	2,12 (b), (c)	2,44 (c)	2,56 (c)	3,51 (d)

(a), (b), (c) e (d): Índices que indicam médias que não apresentam diferenças significantes entre si.

Para o número de flores, o teste t indicou que as médias T4, T5 e T6 são estatisticamente iguais à média da testemunha T2, enquanto que o teste de Tukey incluiu também a média T1. O "tratamento" T7 apresentou novamente a maior média, não apresentando diferenças significantes para as médias dos "tratamentos" T3 e T8, segundo o teste t, e para o "tratamento" T8, segundo teste de Tukey. O teste de Duncan apontou que as médias T7, T8 e T3 não apresentam diferenças significantes entre si, sendo superiores às outras médias dos "tratamentos" T2, T6, T4, T5 e T1, que são estatisticamente iguais. A Tabela 5.26 apresenta um resumo explicativo do teste de Duncan.

Tabela 5.26 – Teste de Duncan para a variável Número de Flores – Ciclo 1

Médias do Número de Flores Segundo o tratamento"

"tratamento"							
2 Lago Paranoá	**6 Efl. Terciário**	**4 Efl. Prim. Dil.**	**5 Efl. Secundário**	**1 CAESB + NPK**	**3 Efl. Primário**	**8 Efl. Lagoa Alta taxa**	**7 Efl. Reator UASB**
0,20 (a)	0,38 (a)	0,41 (a)	0,43 (a)	0,47 (a)	0,69 (b)	0,75 (b)	0,85 (b)

(a) e (b): Índices que indicam médias que não apresentam diferenças significantes entre si.

A partir das análises das médias pode-se concluir que o uso de águas residuárias em fertirrigação fornece bons resultados quando comparado aos métodos tradicionais de fertilização do solo. O "tratamento" que apresentou melhores resultados para o primeiro ciclo, ou seja, o "tratamento" T7 (Efluente de Reator UASB) apresentou a produção de plantas frondosas e de excelente qualidade.

5.2 – CICLO 2 DE CULTIVO

5.2.1 – Água de Irrigação

5.2.1.1 – Caracterização da Água de Irrigação

Como o ciclo 2 foi executado no período mais chuvoso do Distrito Federal, a caracterização da água de irrigação para esse ciclo não foi realizada como no primeiro ciclo, devido ao pequeno número de vezes em que foi necessária a irrigação, à indisponibilidade dos laboratórios e ao aumento de amostras de águas percoladas com a necessidade da análise.

Dessa forma, recorreu-se principalmente aos dados de operação da ETE-Norte e ETE-Paranoá, cedidos pela CAESB, para a caracterização dos efluentes utilizados como água de irrigação para o período de realização do segundo ciclo. Os dados eram referentes ao período de dezembro de 2004 a março de 2005. Sendo assim, não se têm todos os parâmetros observados na caracterização de água de irrigação utilizada no primeiro ciclo, já que os dados se destinam a fins de operação.

O que se pode notar na maioria dos parâmetros observados é que há uma diluição dos efluentes, quando estes são comparados aos utilizados no primeiro ciclo, já que no período de realização do segundo ciclo coincidiu com o período de concentração das chuvas no Distrito Federal, o que explicaria o fato da diluição. A Tabela 5.27 mostra os parâmetros de caracterização da água para o segundo ciclo.

Tabela 5.27 – Caracterização da água de irrigação para o Ciclo 2.

Parâmetros	Efluente Primário	Efluente Primário Diluído (a)	Efluente Secundário	Efluente Terciário	Efluente Reator UASB	Efluente Lagoa Alta taxa
DQO (mg/L)	413,29	222,22	44,74	31,15	406,41	377,46
DBO (mg/L)	237,58	119,85	13,53	2,11	96,00	187,63
NTK (mg/L)	93,59	48,92	5,76	4,25	77,34	46,99
Amônia (mg/L)	*	*	1,22	1,23	*	26,59
Nitrato (mg/L)	*	*	3,82	3,71	*	2,41
Fósforo Total (mg/L)	7,02	3,71	2,12	0,41	13,77	9,40
Ortofosfato (mg/L)	*	*	1,50	0,24	*	6,17
Sólidos Suspensos (mg/L)	44,22	24,88	8,24	5,54	87,23	128,03
pH	7,19	6,85	7,17	6,51	7,12	7,92

Fonte: CAESB.
(a) Média entre os valores do Efluente Primário e Efluente Terciário.
*Itens não avaliados para o determinado efluente.

5.2.1.2 – Carga de Nutrientes Aplicada

Foi calculada a carga aproximada de nutrientes aplicada no decorrer do Ciclo 2. Para isso foram utilizadas as concentrações médias dos principais macronutrientes para as plantas, Nitrogênio (NTK + Nitrato + Nitrito), Fósforo e Potássio e, ainda, de Sódio. Os valores das concentrações utilizadas foram os mesmos utilizados para o cálculo da carga do Ciclo 1, já que não havia todos os parâmetros necessários para a carga no Ciclo 2, sendo, assim, uma carga aproximada. Os mesmos valores da composição química da chuva utilizados no cálculo da carga de nutrientes no primeiro ciclo foram utilizados no cálculo do segundo ciclo, apresentados na Tabela 5.6. A carga final aplicada, em mg/m², é listada na Tabela 5.28. As Figuras 5.14, 5.15, 5.16 e 5.17 mostram a evolução das cargas aplicadas no decorrer do segundo ciclo para os elementos nitrogênio, fósforo, potássio e sódio, respectivamente.

Analisando-se a Tabela 5.28 nota-se que para todos os parâmetros, foi observado o mesmo comportamento do ciclo 1 para o ciclo 2, já que foram utilizadas as mesmas cargas médias dos elementos, tanto para os efluentes quanto para as chuvas. No caso do Ciclo 2 as cargas observadas foram bem menores que as do Ciclo 1 visto que houve uma predominância de eventos de precipitação, e a chuva tem concentração menor dos elementos que os efluentes, cujo volume de irrigação foi menor que o efetuado no Ciclo 1.

Tabela 5.28 – Carga de nutrientes aplicada no Ciclo 2.

"Tratamentos"	**Carga total aplicada (g/m²)**			
	N	**P**	**K**	**Na**
Água potável (T1)	0,74	0,00	0,23	0,48
Água do Lago Paranoá (T2)	1,07	0,04	0,46	1,50
Efluente Primário (T3)	9,66	4,28	2,41	7,78
Efluente Primário Diluído (T4)	5,84	2,14	2,18	9,73
Efluente Secundário (T5)	2,51	0,47	2,04	10,89
Efluente Terciário (T6)	2,44	0,23	1,96	11,47
Efluente de Reator UASB (T7)	11,72	5,22	3,49	18,96
Efluente Lagoa de Estabilização (T8)	7,96	5,46	3,41	19,31

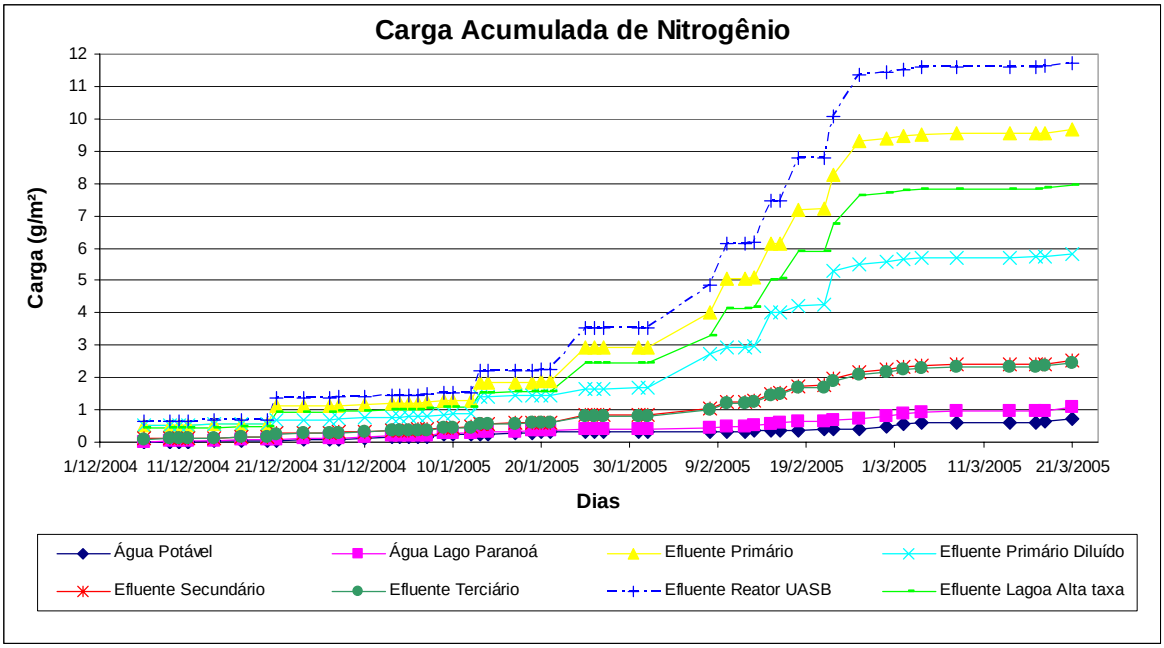

Figura 5.14 – Carga Acumulada de Nitrogênio para o Ciclo 2.

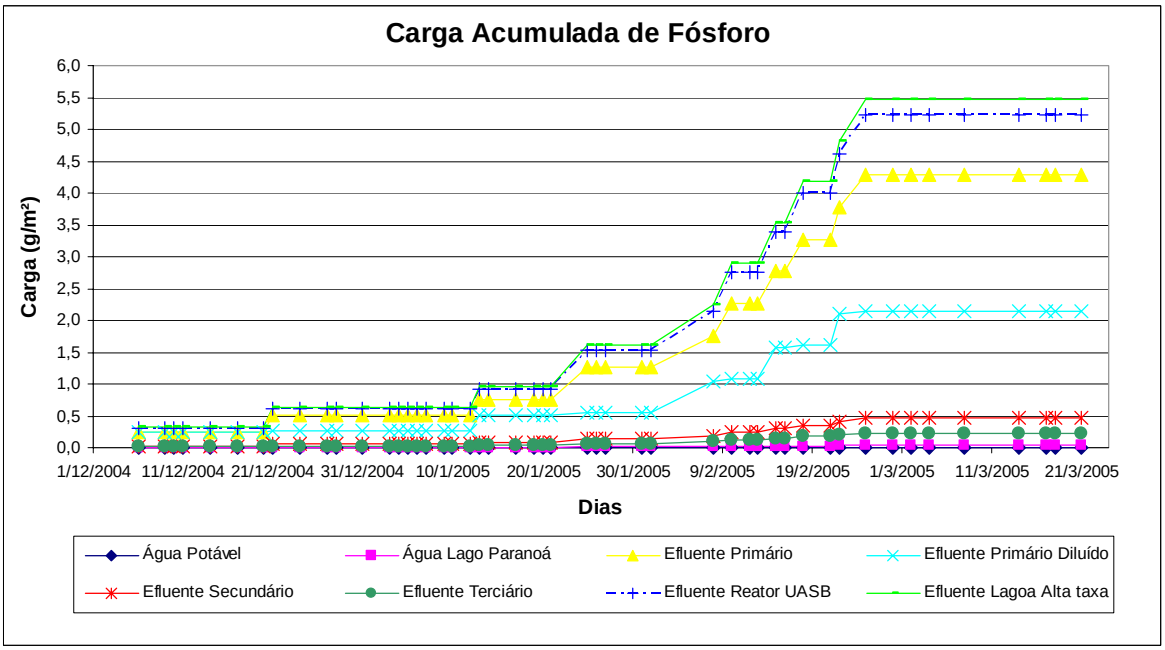

Figura 5.15 – Carga Acumulada de Fósforo para o Ciclo 2.

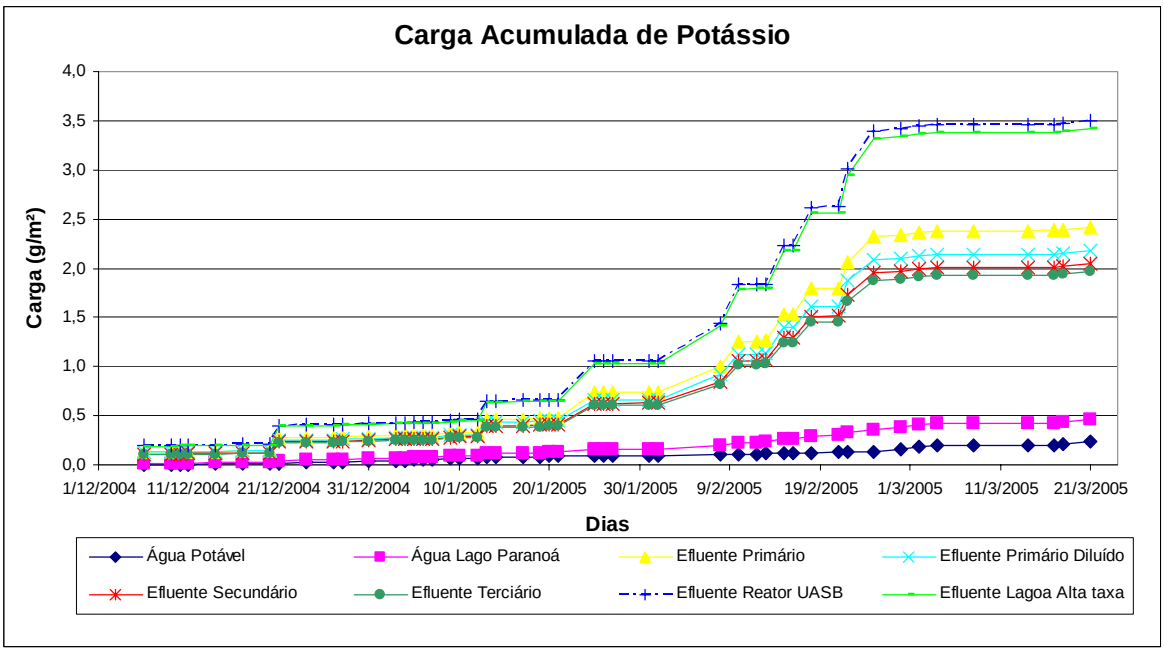

Figura 5.16 – Carga Acumulada de Potássio para o Ciclo 2.

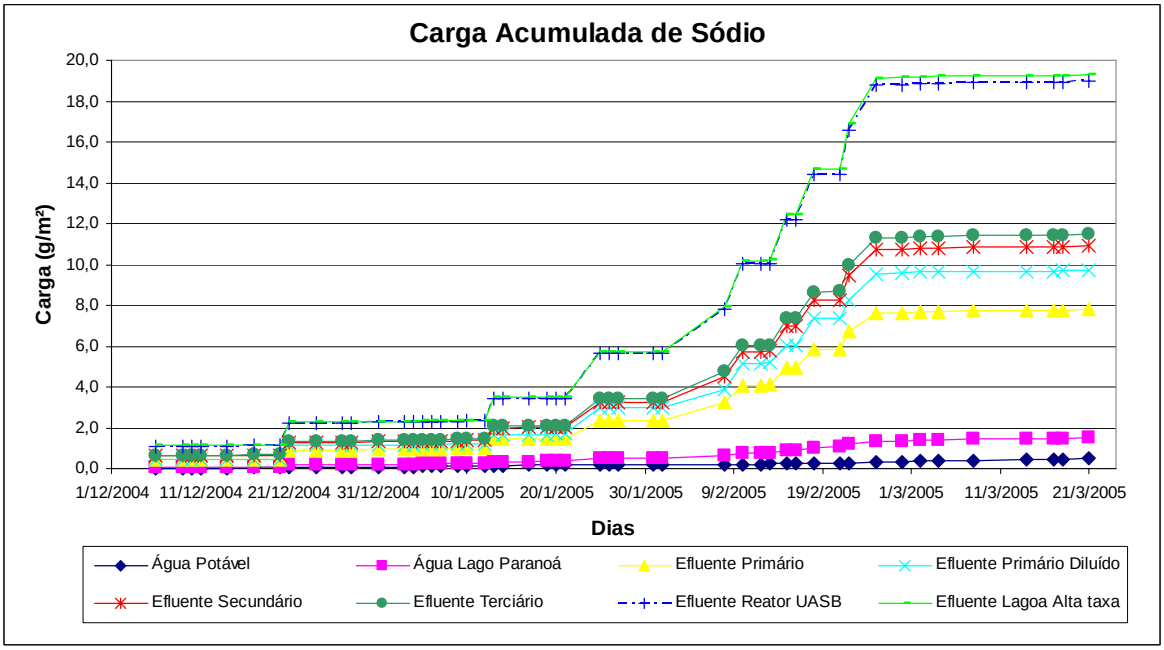

Figura 5.17 – Carga Acumulada de Sódio para o Ciclo 2.

Comparando-se os valores das cargas de nutriente aplicadas no Ciclo 1 e Ciclo 2 nota-se que as aplicadas no ciclo 1 são superiores às do ciclo 2. Isso aconteceu porque no ciclo 2 houve maior ocorrência de chuvas, não sendo necessário que se irrigasse muitas vezes com efluente. Já no ciclo 1 foram poucas as ocorrências de eventos de precipitação, o que fez com que fosse necessário irrigações freqüentes com efluentes, que tem concentrações dos

nutrientes avaliados bem maiores que as da chuva. As Figuras 5.18, 5.19, 5.20 e 5.21 mostra uma comparação entre as cargas de nutriente aplicadas no ciclo 1 e 2.

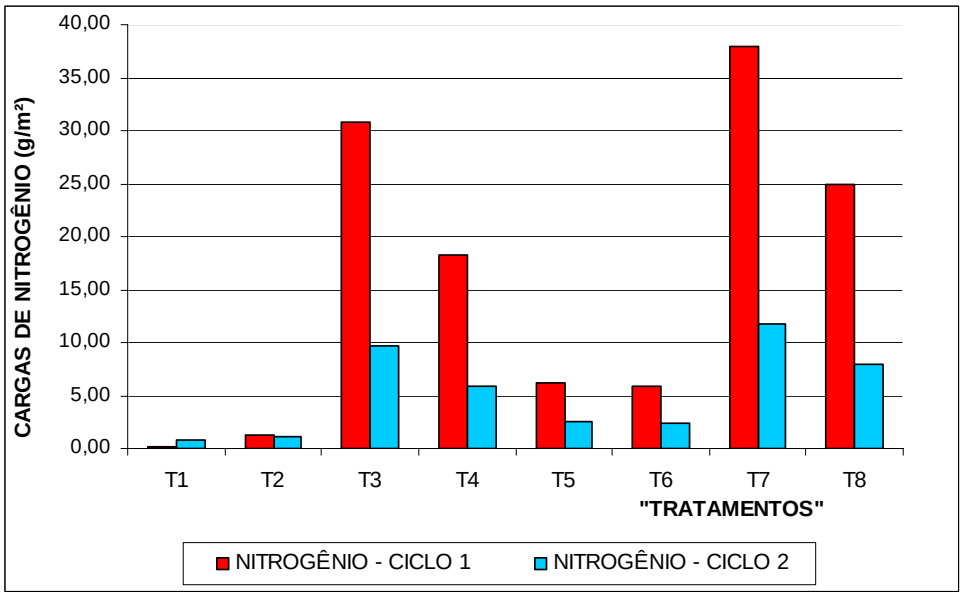

Figura 5.18 – Comparação entre carga de Nitrogênio aplicada no Ciclo 1 e Ciclo 2.

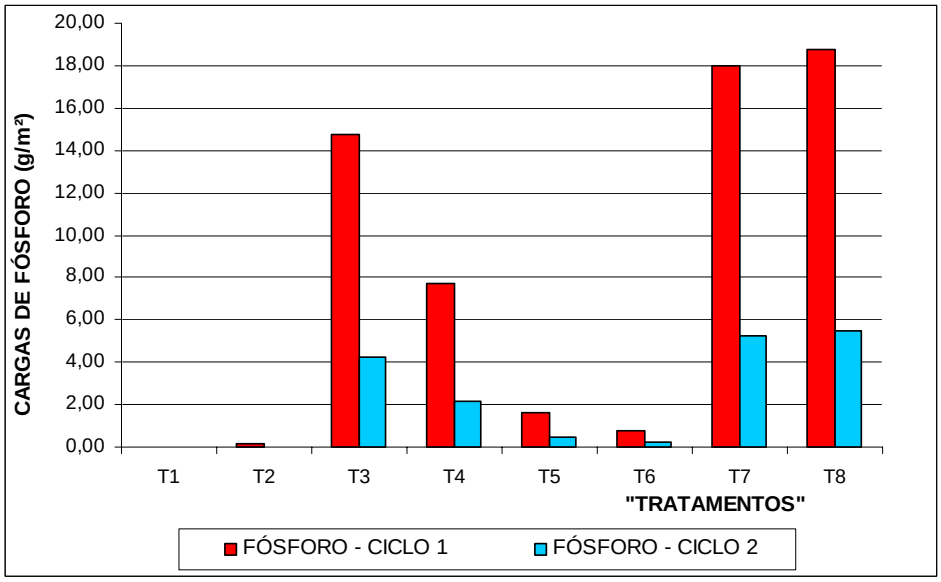

Figura 5.19 – Comparação entre carga de Fósforo aplicada no Ciclo 1 e Ciclo 2.

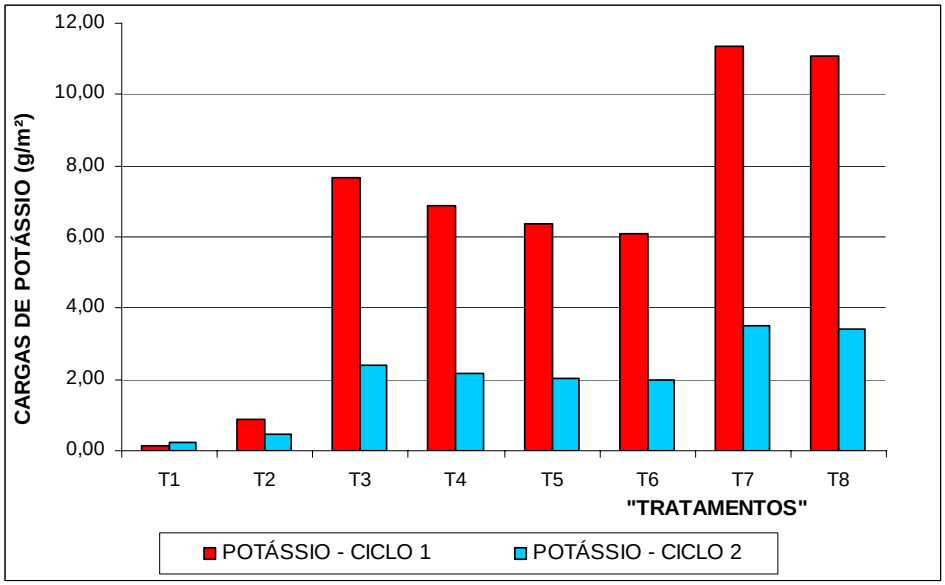

Figura 5.20 – Comparação entre carga de Potássio aplicada no Ciclo 1 e Ciclo 2.

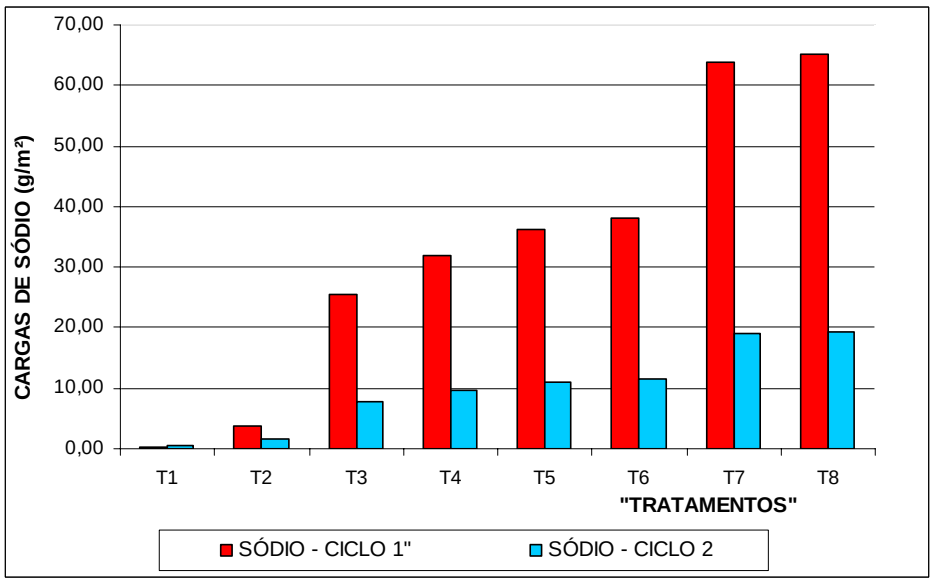

Figura 5.21– Comparação entre carga de Sódio aplicada no Ciclo 1 e Ciclo 2.

5.2.2 – Água Percolada

O ciclo 2 caracterizou-se por apresentar uma grande quantidade de eventos de precipitação, o que proporcionou que houvesse coleta de água percolada durante o experimento, havendo, dessa forma, coleta mensal de percolado, a não ser no mês de dezembro, em que houve menos precipitação e não houve coleta de percolado. A amostra de janeiro, devido a

problemas de conservação não puderam ser analisadas. As amostras dos meses de fevereiro e março de 2005 são mostradas nas Tabelas 5.29 e 5.30.

Novamente utilizou-se os padrões utilizados no Ciclo 1, a Resolução do CONAMA N°357/2005, para as Classes 2 e 3 de água doce, bem como a Portaria N°518/2004 do Ministério da Saúde.

No que diz respeito ao parâmetro Fósforo Total, todos os "tratamentos" ultrapassam o padrão para a Classe 2 e Classe 3 – águas doces da Resolução do CONAMA Nº 357/2005, que prevê um valor máximo de 0,030mg/L de P e 0,05 mg/L de P, respectivamente. Os valores apresentados para as águas percoladas de fevereiro de 2005 estiveram na faixa de 0,69 mg/L a 2,25 mg/L de P, enquanto que as de março de 2005 estiveram na faixa de 0,24 mg/L a 4,48 mg/L de P.

Tabela 5.29 – Análises de água percolada para o mês de fevereiro de 2005.

Parâmetros	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
pH	6,58	6,85	6,64	6,69	6,62	6,62	6,52	6,59
Condutividade Elétrica (μS/cm)	190,8	159,2	510,0	370,0	394,0	441,0	1080,0	746,0
Coliformes Totais (NMP/100mL)	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
E. Coli (NMP/100mL)	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
DQO (mg/L)	4,0	*	7,0	*	1,0	6,0	4,0	4,0
Fósforo Total (mg/L)	2,25	0,69	1,62	**	1,21	0,69	0,73	1,83
Fósforo Reativo - Ortofosfato (mg/L)	0,15	0,14	0,18	**	0,09	0,09	0,10	0,10
Amônia (mg/L)	*	0,00	0,00	0,10	*	0,07	0,00	*
Nitrato (mg/L)	7,00	0,40	21,20	11,90	10,40	10,20	**	27,70
Nitrito (mg/L)	2,0	1,0	2,0	4,0	0,0	3,0	8,0	5,0
Cloreto (mg/L)	10,2	2,4	38,0	41,0	45,0	47,0	>40,0	>40,0

* Abaixo da faixa de detecção.

** Acima da faixa de detecção./ Não se achou a diluição correta.

Tabela 5.30 – Análises de água percolada para o mês de março de 2005.

Parâmetros	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
pH	6,37	6,50	6,43	6,45	6,45	6,50	6,47	6,54
Condutividade Elétrica (μS/cm)	191,0	125,0	197,0	170,0	220,0	214,0	290,0	381,0
Coliformes Totais (NMP/100mL)	**	**	**	**	**	**	**	**
E. Coli (NMP/100mL)	**	**	**	**	**	**	**	**
DQO (mg/L)	3,4	*	0,7	0,5	5,2	7,3	3,1	0,2
Fósforo Total (mg/L)	4,48	3,45	0,44	0,88	0,41	0,27	0,56	0,24
Fósforo Reativo - Ortofosfato (mg/L)	0,07	0,02	0,01	0,10	0,01	0,04	0,10	0,06
Amônia (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	*	0,01	*
Nitrato (mg/L)	2,90	2,20	3,30	3,40	5,10	1,50	10,00	11,80
Nitrito (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cloreto (mg/L)	18,9	5,0	15,7	15,8	17,8	20,3	22,8	32,2

* Abaixo da faixa de detecção.

** Não foram realizadas por falta de reagentes.

Já para os valores de nitrato, a maioria dos "tratamentos" ultrapassaram o valor máximo de 10 mg/L previsto nos padrões utilizados, no mês de fevereiro de 2005, enquanto que no mês de março de 2005 apenas os "tratamentos" T7 (Efluente de reator UASB) e T8 (Efluente de Lagoa de Alta taxa) ultrapassaram o limite máximo para esse parâmetro para os padrões utilizados (todos com limite máximo de 10,0 mg/L).

Para os valores de nitrito, os "tratamentos" água do Lago Paranoá (T2) e efluente secundário (T5) são os únicos que não ultrapassaram o valor de 1,0 mg/L previsto nos padrões no mês de fevereiro, enquanto que no mês de março de 2005 todos os "tratamentos" não apresentaram nitrito nas águas percoladas, atendendo ao valor máximo de 1,0 mg/L previsto pelos padrões (todos apresentam limite máximo de 1,0 mg/L).

Para o nitrogênio amoniacal, os “tratamentos” atendem com folga ao padrão, tanto para as águas percoladas do mês de fevereiro quanto do mês de março de 2005, que utiliza como valor limite para águas com pH≤7,5 os valores de 3,7 mg/L e 13,3mg/L para as Classes 2 e Classe 3 de água doce da Resolução do CONAMA N°357/2005, respectivamente.

Analisando-se os valores de pH do líquido percolado para os meses de fevereiro e março de 2005, nota-se que a maioria dos “tratamentos” o pH ficou na faixa de valores de 6,5, valores estes próximos à neutralidade (pH = 7,0).

Os valores de condutividade elétrica medida na água percolada para o mês de fevereiro de 2005 foram bastante altos, quase se igualando aos valores de condutividade elétrica apresentados nas águas de irrigação do primeiro ciclo. Para o mês de março de 2005 foi observada uma diminuição dos valores de condutividade elétrica para todos os “tratamentos”, exceto para o “tratamento” T2 (Água do Lago Paranoá) que permaneceu com condutividade elétrica na mesma faixa de valores.

Os valores de DQO para água percolada foram bastante baixos, tanto no mês de fevereiro quanto no mês de março, chegando às vezes a apresentar valores abaixo da faixa de detecção do aparelho. Acredita-se que a matéria orgânica contida no efluente ficou retida ou decompôs-se no solo, fornecendo nutrientes às plantas.

Os valores de nitrato apresentaram, assim como no primeiro ciclo, valores altos para as águas percoladas nas amostras do mês de fevereiro. Isso também foi observado no trabalho de Silva e Silva (2004). Já nas amostras do mês de março esses valores de nitrato foram menores.

Já os valores de amônia observados foram muito baixos para todos os “tratamentos” na água percolada, nas amostras de fevereiro e março de 2005, chegando às vezes até a apresentar valores iguais a zero.

Os valores de nitrito encontrados na água percolada apresentaram-se relativamente baixo nas amostras do mês de fevereiro e chegaram a zero nas amostras do mês de março de 2005.

Os altos valores de nitrato presentes na água percolada podem ser explicados por um dos mecanismos de remoção do nitrogênio, o de lixiviação, como explicado na seção 5.1.2, que tratou dos percolados para o primeiro ciclo.

No que diz respeito ao fósforo, os valores encontrados na água percolada para fósforo total foram baixos se comparados com os valores médios das águas de irrigação, tanto no mês de fevereiro quanto no mês de março. O mesmo fato observado com o fósforo total ocorreu para o orto-fosfato, o fósforo reativo, que também apresentou valores baixos na água percolada, apresentando valores sempre menores que 0,20 mg/L, tanto para as amostras de fevereiro quanto para as amostras de março de 2005.

Pelas análises realizadas, não foram detectados *E. Coli* nem Coliformes Totais nas águas percoladas para nenhum dos "tratamentos" nas amostras do mês de fevereiro. Não foi possível realizar análise para esses parâmetros no mês de março.

5.2.3 – Efeitos Sobre o Solo

Assim como no ciclo 1, foram feitas análises de solo no início e no final do ciclo 2, com o intuito de acompanhar a evolução da fertilidade do solo após a irrigação com efluentes. Nas Tabelas 5.31A e 5.31B têm-se os parâmetros de fertilidade para o solo no início e no final do Ciclo 2.

5.2.3.1 – Sódio

Para avaliar a evolução da sodificação no solo no ciclo 2, também foram utilizados os valores de Percentagem de Sódio Trocável (PST), segundo a mesma equação 5.1 citada anteriormente na seção 5.1.3.1 para o cálculo de PST.

Os valores de PST observados no início e no final do ciclo 2 são mostrados na Tabela 5.32.

Tabela 5.31A – Acompanhamento da Fertilidade do solo: Início e final do Ciclo 2.

Parâmetro	Unidade	Água da CAESB + NPK		Água Lago Paranoá		Efl.Primário		Efl. Prim.Diluído	
		nov/04	mar/05	nov/04	mar/05	nov/04	mar/05	nov/04	mar/05
Cálcio	$mmol_c/dm^3$	**24,0**	**26,0**	**19,0**	**23,0**	**19,0**	**27,0**	**22,0**	**21,0**
Magnésio	$mmol_c/dm^3$	**6,0**	**11,0**	**2,0**	**7,0**	**2,0**	**10,0**	**4,0**	**7,0**
Potássio	$mmol_c/dm^3$	**1,8**	**1,2**	**0,8**	**0,8**	**2,4**	**0,9**	**3,3**	**1,3**
Sódio	$mmol_c/dm^3$	**0,3**	**0,4**	**0,9**	**0,7**	**1,2**	**0,9**	**3,5**	**2,1**
Valor S	$mmol_c/dm^3$	**32,1**	**38,6**	**22,7**	**31,5**	**24,6**	**38,8**	**32,8**	**31,4**
Alumínio	$mmol_c/dm^3$	**0,0**	**0,0**	**1,0**	**35,8**	**1,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
Acidez Total	$mmol_c/dm^3$	**34,0**	**32,0**	**40,0**	**37,0**	**37,0**	**34,0**	**32,0**	**37,0**
Valor T ou C.T.C.	$mmol_c/dm^3$	**66,1**	**70,6**	**62,7**	**68,5**	**61,6**	**72,8**	**64,8**	**68,4**
Saturação de Alumínio	% Al	**0,50**	**0,50**	**4,00**	**18,87**	**4,00**	**0,50**	**0,50**	**8,50**
Saturação de Bases	% V	**49,00**	**55,00**	**36,00**	**46,00**	**40,00**	**53,00**	**51,00**	**46,00**
Carbono Orgânico - C	g/Kg	**6,90**	**12,30**	**6,50**	**10,50**	**6,10**	**11,10**	**6,50**	**14,50**
Matéria Orgânica - MO	g/Kg	**11,90**	**21,20**	**11,20**	**18,10**	**10,50**	**19,10**	**11,20**	**24,90**
Fósforo	mg/dm^3	**5,00**	**20,50**	**2,00**	**10,00**	**6,00**	**7,00**	**3,00**	**10,00**
pH	-	**6,10**	**6,10**	**5,90**	**6,00**	**5,90**	**6,10**	**6,30**	**6,00**

Tabela 5.31B – Acompanhamento da Fertilidade do solo: Início e final do Ciclo 2 (continuação).

Parâmetro	Unidade	Efl. Secundário		Efl. Terciário		Efl. Reator UASB		Efl.Lagoa Alta taxa	
		nov/04	mar/05	nov/04	mar/05	nov/04	mar/05	nov/04	mar/05
Cálcio	$mmol_c/dm^3$	**26,0**	**22,0**	**24,0**	**17,0**	**3,0**	**19,0**	**29,0**	**18,0**
Magnésio	$mmol_c/dm^3$	**6,0**	**13,0**	**6,0**	**4,0**	**1,0**	**7,0**	**6,0**	**8,0**
Potássio	$mmol_c/dm^3$	**2,3**	**1,3**	**3,0**	**1,6**	**2,0**	**1,3**	**4,0**	**2,1**
Sódio	$mmol_c/dm^3$	**5,0**	**3,0**	**4,7**	**1,0**	**2,0**	**1,8**	**4,7**	**2,0**
Valor S	$mmol_c/dm^3$	**39,3**	**39,3**	**37,7**	**23,6**	**8,0**	**29,1**	**43,7**	**30,1**
Alumínio	$mmol_c/dm^3$	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**1,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
Acidez Total	$mmol_c/dm^3$	**32,0**	**32,0**	**34,0**	**40,0**	**46,0**	**37,0**	**34,0**	**34,0**
Valor T ou C.T.C.	$mmol_c/dm^3$	**71,3**	**71,3**	**71,7**	**63,6**	**54,0**	**66,1**	**77,7**	**64,1**
Saturação de Alumínio	% Al	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**11,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
Saturação de Bases	% V	**55,00**	**55,00**	**53,00**	**37,00**	**15,00**	**44,00**	**56,00**	**47,00**
Carbono Orgânico - C	g/Kg	**7,70**	**14,20**	**6,40**	**12,70**	**7,10**	**13,20**	**7,20**	**13,00**
Matéria Orgânica - MO	g/Kg	**13,20**	**24,40**	**11,00**	**21,80**	**12,20**	**22,70**	**12,40**	**22,40**
Fósforo	mg/dm^3	**1,00**	**10,00**	**1,00**	**12,00**	**3,50**	**18,00**	**6,50**	**8,00**
pH	-	**6,50**	**6,70**	**6,40**	**5,80**	**4,70**	**5,90**	**6,10**	**5,90**

Tabela 5.32 – Valores de PST para início e final do Ciclo 2.

"Tratamento"	PST inicial (%)	PST final (%)
Água potável + NPK	0,45	0,57
Água Lago Paranoá	1,44	1,02
Efl. Primário	1,95	1,24
Efl. Prim. Diluído	5,40	3,07
Efl. Secundário	7,01	4,21
Efl. Terciário	6,56	1,57
Efl. Reator UASB	3,70	2,72
Efl. Lagoa Alta taxa	6,05	3,12

Observando-se os valores apresentados na Tabela 5.32, nota-se que todos os "tratamentos", excetuando-se o "tratamento" T1, apresentaram diminuições na PST para o final do ciclo 2. Mesmo o "tratamento" T1 tendo apresentado um aumento no valor da PST esse aumento não apresenta grandes preocupações no que diz respeito à sodificação do solo, já que o valor da PST (0,57%) está longe do limite crítico apresentado no item 5.1.3.1 de 15% para a PST.

As ocorrências das lixiviações no segundo ciclo, devido às precipitações, garantiram que não houvesse comprometimento do solo quanto à sodificação. No primeiro ciclo houve um acúmulo do sódio no solo, já que não houve ocorrência de precipitação que proporcionasse lixiviações regulares, o que não aconteceu no segundo ciclo. As precipitações ocorridas no segundo ciclo proporcionaram um efeito benéfico ao solo, já que este apresentou diminuições de PST. Isso leva a crer que as lixiviações naturais são capazes de garantir o não comprometimento da capacidade de infiltração do solo, bem como assegurar bons níveis de fertilidade deste.

5.2.3.2 – pH e acidez do solo

As mesmas considerações feitas acerca do pH ideal para o ciclo 1, valem também para o ciclo 2. O pH do solo utilizado nas unidades de cultivo no início do ciclo 2 variou para os vários "tratamentos" utilizados, podendo o solo ser classificado, para a maioria dos "tratamentos" como de acidez média, excetuando-se os "tratamentos" T2 (Água do Lago

Paranoá) e T3 (Efluente Primário), caracterizados como acidez alta e o "tratamento" T7 (Efluente de reator UASB) como acidez muito alta. Novamente no início do ciclo 2 foi realizada a calagem para a correção da acidez do solo. Ao final do ciclo 2, foi notada pouca mudança nos valores de pH do solo, com exceção do "tratamento" T7, que passou de acidez muito alta para acidez alta, mostrando que houve uma melhora na correção da acidez do solo. A tabela 5.12 da seção 5.1.3.2 mostra os limites para a interpretação da acidez do solo.

A saturação por bases para o ciclo 2 mostra que os "tratamentos" T1 e T3 evoluíram de solos com baixa para média saturação por base, o que significa uma melhora na acidez do solo. Já os solos dos "tratamentos" T2, T4, T5, T6 e T8 apresentaram pequenas alterações nos valores de saturação por bases, mas continuaram sendo classificados como solos com baixa saturação por bases. Já o solo do "tratamento" T7 passou de uma saturação por base muito baixa para saturação baixa, atingindo um valor de saturação por base bastante próximo à fronteira de média saturação por bases, o que significa que houve uma melhora significativa no que diz respeito a acidez do solo.

Acredita-se que houve um erro amostral no primeiro ciclo no que diz respeito ao "tratamento" T7, já que este apresentou valores muito baixos para alguns dos parâmetros, o que não se refletiu nas análises feitas para o segundo ciclo. Esperava-se que o comportamento observado no primeiro ciclo se repetisse no segundo ciclo, o que não ocorreu. Isso pode ser observado também para os parâmetros de fertilidade do solo que serão discutidos a seguir.

5.2.3.3 – Alumínio

Para o ciclo 2, nenhum dos "tratamentos" apresentou valores diferentes de zero para alumínio trocável e saturação de alumínio. Para os solos dos "tratamentos" T2, T3 e T7, que apresentaram valores diferentes de zero no primeiro ciclo, não houve reincidência nesse aspecto, apresentando também estes valores iguais a zero para esses parâmetros. Dessa forma, o alumínio não caracterizou problema de toxicidade às plantas no ciclo 2.

5.2.3.4 – Cálcio e Magnésio

Avaliando-se os teores de cálcio no solo dos vários "tratamentos", nota-se que, para os "tratamentos" T4, T5, T6 e T8, houve uma diminuição do teor desse elemento, o que pode ser explicado pela perda por lixiviação, já que o período do segundo ciclo foi de grande concentração de chuvas. Segundo Coelho e Verlengia (1973), quanto maior a quantidade de água que percola através do solo, maior o empobrecimento deste em cálcio. Os "tratamentos" T1, T2, T3 e T7 apresentaram aumentos no teor de cálcio. Mesmo havendo diminuição do teor de cálcio para alguns dos "tratamentos", os solos ainda continuam apresentando um alto teor de cálcio.

Para o parâmetro magnésio, todos os "tratamentos" apresentaram aumento no teor desse elemento, exceto o tratamento T6 (Efluente Terciário), que apresentou uma diminuição de pouco mais de 30% no teor de magnésio, voltando a ser classificado como solo com baixo teor de magnésio. Os "tratamentos" T1, T3, T5 e T8 são classificados como solo com alto teor de magnésio (> 8 $mmol_c/dm^3$) e os tratamentos T2, T4 e T7 como solo com médio teor de magnésio (de 5 a 8 $mmol_c/dm^3$).

5.2.3.5 – Matéria Orgânica

Para o ciclo 2, observou-se uma melhora no que diz respeito ao teor de matéria orgânica no solo. Ao contrário do ciclo 1, onde todos os "tratamentos" haviam apresentado uma redução, no ciclo 2 todos os "tratamentos" apresentaram aumento no teor de matéria orgânica. Foram observados aumentos de até 122,3% para T4, 98,2% para T6, 86,1% para T7, 84,8% para T5, 81,9% para T3, 80,6% para T8, 78% para T1 e 61,6% para T2.

Esse aumento do teor de matéria orgânica significa um melhoramento nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. No que diz respeito às propriedades físicas, aumenta a porosidade, facilitando a penetração das raízes, a infiltração de água e a circulação de ar na zona radicular; quanto às propriedades químicas aumenta a resistência a alterações no pH, além de facilitar a disponibilidade dos nutrientes e, quanto às biológicas, favorece a atividade microbiana, atuando como meio suporte, fonte de energia e nutrientes para o desenvolvimento da biomassa que mantém os nutrientes para as plantas em circulação pela biodegradação (Marques *et al.*, 2003).

5.2.3.6 – Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

No final do ciclo 2, observou-se que os "tratamentos" T1,T2, T3, T4 e T7 apresentaram um aumento no valor da CTC. Foram observados aumentos na CTC de até 22,40% para T7, 18,18% para T3, 9,25% para T2, 6,81% para T1 e 5,56% para T4. Não foi observada alteração no valor de CTC para o "tratamento" T5 do final do ciclo 1 para o final do ciclo 2. Os "tratamentos" T6 e T8 apresentaram diminuições no valor de CTC de 17,50% para T8 e 11,29% para T6. Os valores de CTC para os diversos "tratamentos" variaram de 63,6 $mmol_c/dm^3$ até 72,8 $mmol_c/dm^3$.

Como dito anteriormente na seção 5.1.3.5, a matéria orgânica, dentre os componentes do solo, é o principal elemento responsável pela troca de cátions. Acredita-se que o aumento observado no teor de matéria orgânica no ciclo 2 tenha refletido no valor da CTC, o que garante uma maior tendência do solo na retenção de íons Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^{+}, dentre outros, permitindo uma maior reserva de nutrientes para a planta.

5.2.3.7 – Fósforo

No segundo ciclo, o teor de fósforo apresentou aumento para todos os "tratamentos". Houve aumentos da ordem de até 12 e 10 vezes para os "tratamentos" T6 e T5, respectivamente. Para os outros "tratamentos" houve aumento de até 5,1, 5, 4,1, 3,33, 1,23 e 1,17 vezes para T7, T2, T1, T4, T8 e T3, respectivamente.

O aumento para o ciclo 2 pode ser devido ao fato de que o nível máximo de P em solução se dá para pH entre 6,0 e 7,0 (Goedert *et al.*, 1985), já que a maioria dos valores de pH observados para os "tratamentos" encontrava-se nessa faixa ou bem próxima a ela. Raij (1981) afirma ainda que, devido aos baixos teores de P em solução, são mínimas as remoções pelas águas de percolação.

5.2.3.8 – Potássio

Para o ciclo 2, o solo apresentou diminuição nos teores de potássio para todos os "tratamentos", excetuando-se o "tratamento" T2 que permaneceu com o mesmo teor de potássio do início do ciclo.

O solo chegou a apresentar diminuição de 62,5%, 60,6%, 47,5%, 46,7%, 43,5%, 35% e 33,3% para os "tratamentos" T3, T4, T8, T6, T5, T7 e T1, respectivamente. Os "tratamentos" T6 e T8 apresentaram, dessa forma, solos com médio teor de potássio, enquanto que os demais "tratamentos" apresentaram solos com baixo teor de potássio. A Tabela 5.14 da seção 5.1.3.8 mostra os limites de interpretação de teores de potássio no solo.

As perdas de potássio podem ser explicadas pela alta ocorrência de eventos de precipitação nesse ciclo, podendo este ter sido lixiviado pela água da chuva. Segundo Marques *et al.* (2003), mesmo em solos com elevada CTC, a adsorção de K pode ser afetada por seu deslocamento das superfícies dos colóides por outros cátions preferenciais, e uma vez este deslocado para a solução do solo, se não for absorvido pela planta, o K poderá se perder por processos de infiltração e lixiviação.

5.2.3.9 – Diagnose Foliar

Todas as considerações feitas no item 5.1.3.9 para o ciclo 1 valem também para o ciclo 2. Serão utilizadas os mesmos parâmetros comparativos utilizados para o ciclo 1 dos teores considerados adequados para os nutrientes nas espécies ornamentais.

As folhas foram coletadas no início do mês de março de 2005, quando as plantas já entravam no período final do ciclo de vida. Foram utilizados os mesmos cuidados na amostragem e mesmo método de análise utilizado para o ciclo 1 (ver seção 5.1.3.9). A Tabela 5.33 mostra os resultados obtidos para a diagnose foliar.

Não se pode tirar grandes conclusões da análise dos teores de nitrogênio, já que pela faixa de valores encontrados estes são satisfatórios quando comparados a algumas espécies, mas insatisfatórios quando comparados a outras. Já para os teores de fósforo observa-se que estes estão dentro das faixas consideradas adequadas para a maioria das espécies ornamentais, o que não é observado para os teores de potássio, que se encontram todos abaixo dos teores adequados, podendo ter havido deficiência desse nutriente. Os teores de cálcio, bem como os de magnésio, parecem ter sido adequados, pois estão dentro das faixas observadas para as demais espécies ornamentais. Já os teores de enxofre estão abaixo dos considerados adequados para a maioria das espécies ornamentais observadas.

Tabela 5.33 - Teores de Macro e Micro Nutrientes obtidos por análise foliar.

TRATAMENTO	Macronutrientes (g/kg)						Micronutrientes (mg/kg)				
	N	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**	**B**	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Na**
Mudas	34,6	2,7	36,5	31,7	2,6	2,6	42,7	9,1	62	47,1	938
T1 - Potável + NPK	23,5	2,4	13,5	37,6	8,3	1,8	172,0	16,4	298	24,2	7886
T2 - Lago Paranoá	27,5	2,9	14,0	34,6	8,4	2,8	53,4	21,0	233	28,9	1635
T3 - Efl. Primário	34,5	3,6	18,0	33,1	8,3	3,2	63,1	22,7	73	33,7	1366
T4 - Efl. Primário Diluído	26,0	2,7	14,0	34,6	8,3	2,2	58,6	17,7	287	20,1	1127
T5 - Efl. Secundário	25,0	2,8	19,9	31,6	8,3	2,3	48,8	19,2	84	26,3	1097
T6 - Efl. Terciário	24,5	2,9	21,9	33,2	8,3	2,8	55,5	19,2	252	30,7	908
T7 - Efl. Reator UASB	27,5	2,9	20,4	34,3	8,3	2,0	55,0	17,7	369	17,4	948
T8 - Efl. Lagoa Alta taxa	24,5	2,5	15,0	34,1	8,3	2,0	52,2	16,0	248	15,0	809

Os teores dos micro nutrientes boro, cobre e manganês se encontram dentro da faixa considerada adequada para as espécies ornamentais. Já para o zinco o que se observa é que os "tratamentos" T7 e T8 apresentaram valores abaixo dos adequados para a maioria das culturas, podendo ter havido deficiência desse elemento para esses "tratamentos". Os demais "tratamentos" atenderam às faixas adequadas.

5.2.4 – Efeitos Sobre as Plantas

5.2.4.1 – Ocorrência de Pragas e Doenças

No ciclo 2 novamente se fez a opção de realizar o controle fito-sanitário para que não houvesse prejuízos à pesquisa. Dessa forma, impossibilitou-se a constatação da resistência às plantas quanto a pragas e doenças.

Bem como no ciclo 1, o ciclo 2 também apresentou infestação por pulgões, sendo novamente tomada a medida de pulverizar as plantas com inseticida HAMIDOP. Após a pulverização as plantas não mais apresentaram a ocorrência desses insetos.

No início do Ciclo 2, foi observado nas plantas um aspecto de apodrecimento das folhas e caules das plantas, culminando com a morte destas. Pela consulta ao professor Jean Kleber Mattos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, viu-se que se tratava de podridões causadas por fungos presentes no solo. Araújo e Rodrigues (2002) citam fungos dos gêneros como *Pythium, Fusarium, Phytophthora, Rhizoctonia, Sclerotium* e *Rosellinia*. A doença caracteriza-se pelas partes atacadas se descolorirem e se desintegrarem, podendo a podridão ser seca ou úmida. Temperatura e umidade elevada favorecem os fungos que permanecem no solo por vários anos. Esse foi o principal motivo do ataque dessa doença, já que nesse período as chuvas foram bastante concentradas, favorecendo a umidade excessiva nos canteiros. As medidas que se tomaram para contornar a situação foram a diminuição das regas, visando diminuir a umidade do solo, já que os fungos eram naturais do solo, e a remoção das plantas afetadas.

5.2.4.2 – Desenvolvimento das Plantas

As Figuras 5.22, 5.23, 5.24, 5.25 e 5.26 são relativas ao ciclo 2, realizado no período de concentração das chuvas no DF, e mostram os parâmetros biométricos das plantas ao decorrer do experimento.

A partir da análise dessas figuras, pode-se observar que, no início do ciclo, as plantas apresentavam certa uniformidade. Entretanto, a partir da idade de 86 dias, as plantas submetidas ao "tratamento" T1 (potável + NPK) apresentaram um nível de desenvolvimento bem mais alto que as plantas submetidas aos outros tipos de "tratamento". O motivo disso é que as unidades só eram irrigadas quando não havia precipitação suficiente para garantir a demanda de água pelas unidades de cultivo. Dessa forma, como houve uma concentração forte de chuvas no início deste ciclo, quase não havendo a necessidade de irrigação, isso explica o fato das unidades que receberam adubação mineral terem obtido um maior rendimento que as outras que necessitavam do aporte de nutrientes presentes nas águas de irrigação, no caso efluentes, para um melhor desenvolvimento. Nota-se que, a partir da idade de aproximadamente 115 dias, as plantas que receberam efluentes começam a apresentar uma melhora de rendimento, já que nesse período houve irrigações com efluentes, propiciando nutrientes para as plantas.

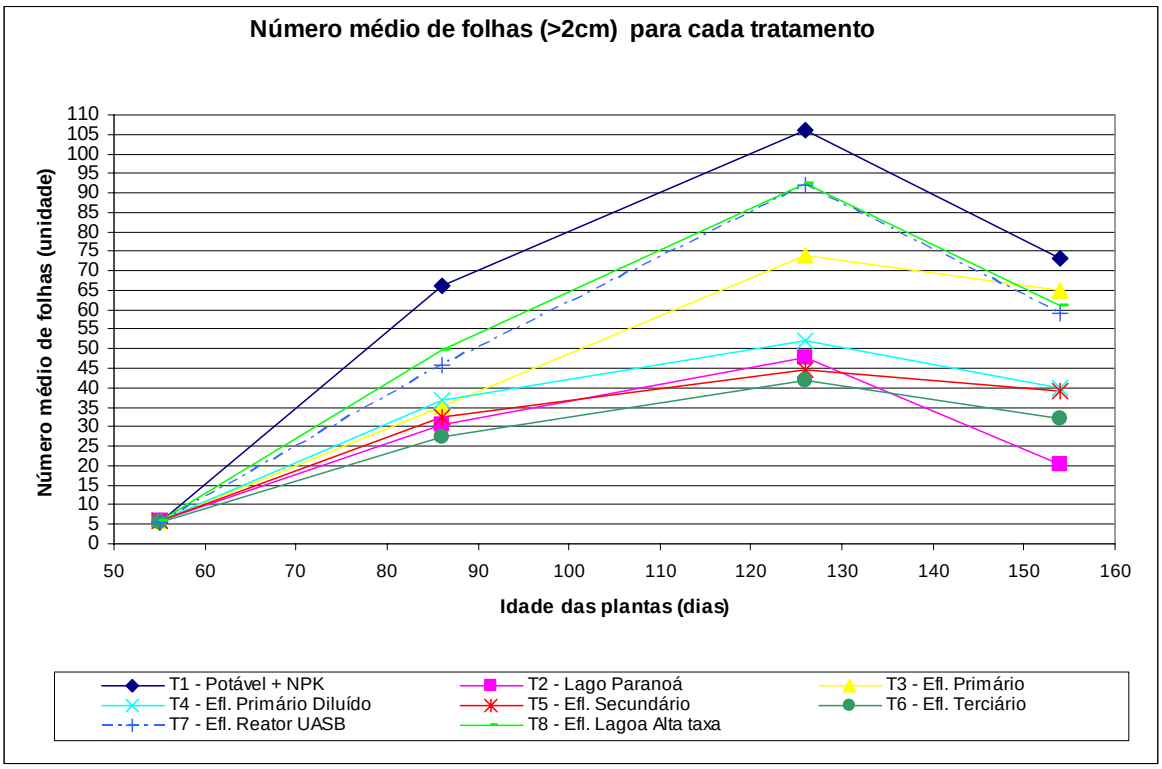

Figura 5.22 - Gráfico Número de Folhas x Idade das Plantas – Ciclo 2.

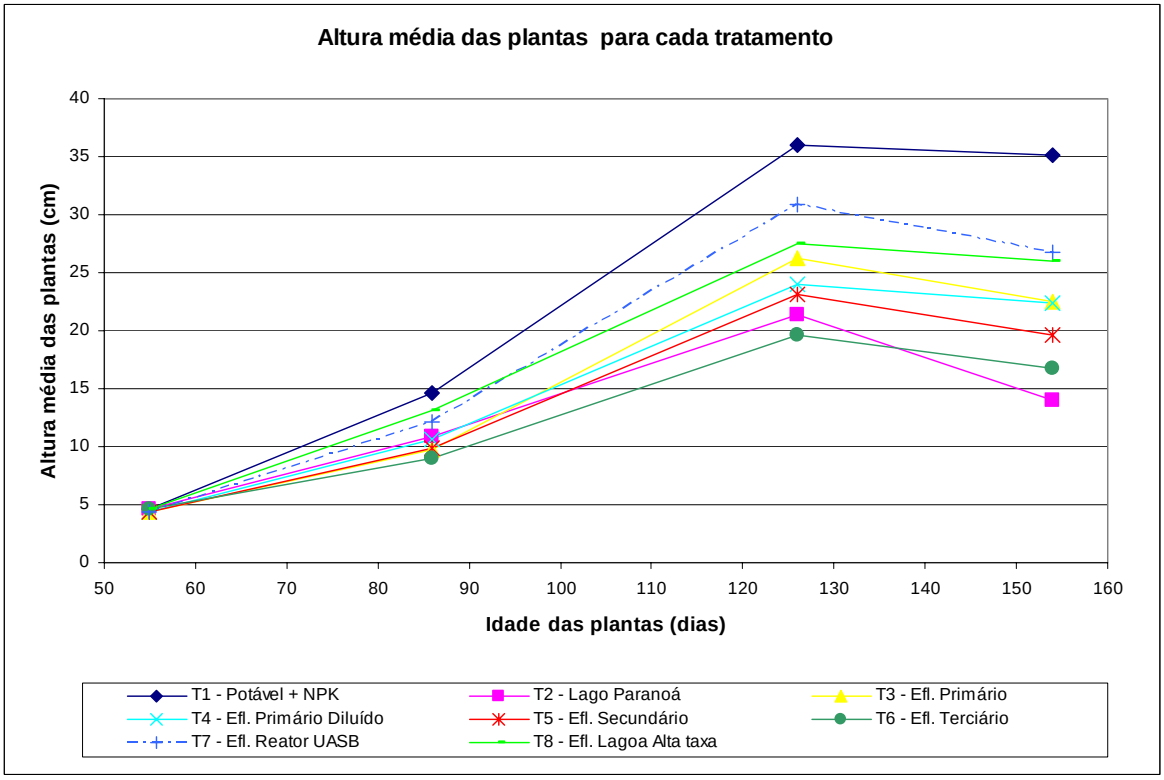

Figura 5.23 - Gráfico Altura Média das Plantas x Idade das Plantas – Ciclo 2.

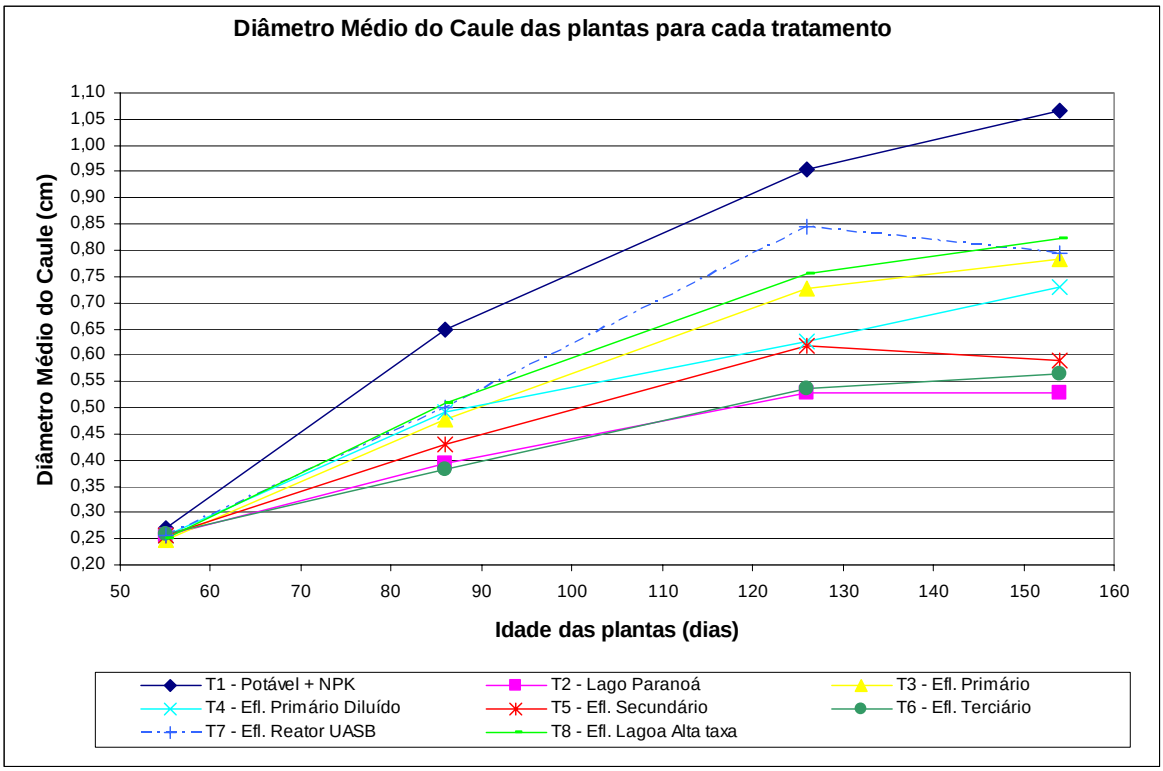

Figura 5.24 - Gráfico Diâmetro do Caule x Idade das Plantas – Ciclo 2.

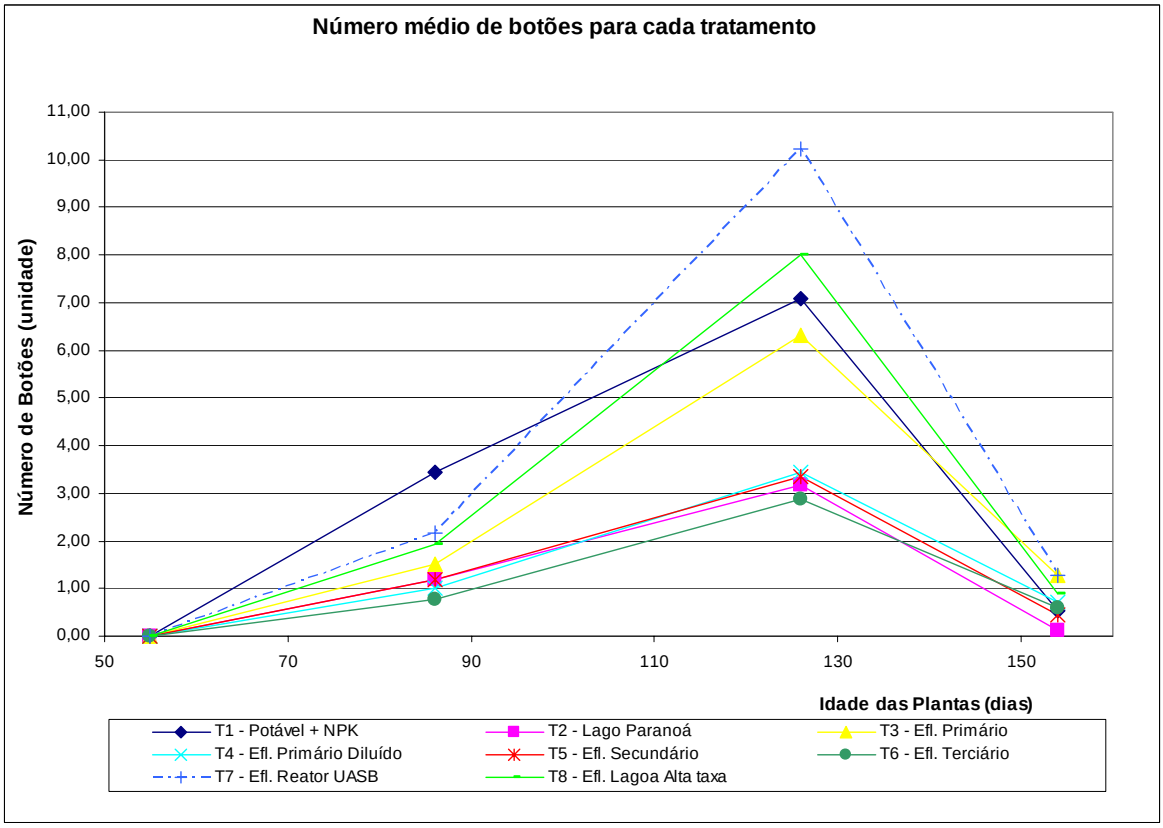

Figura 5.25 - Gráfico Número Médio de Botões x Idade das Plantas – Ciclo 2.

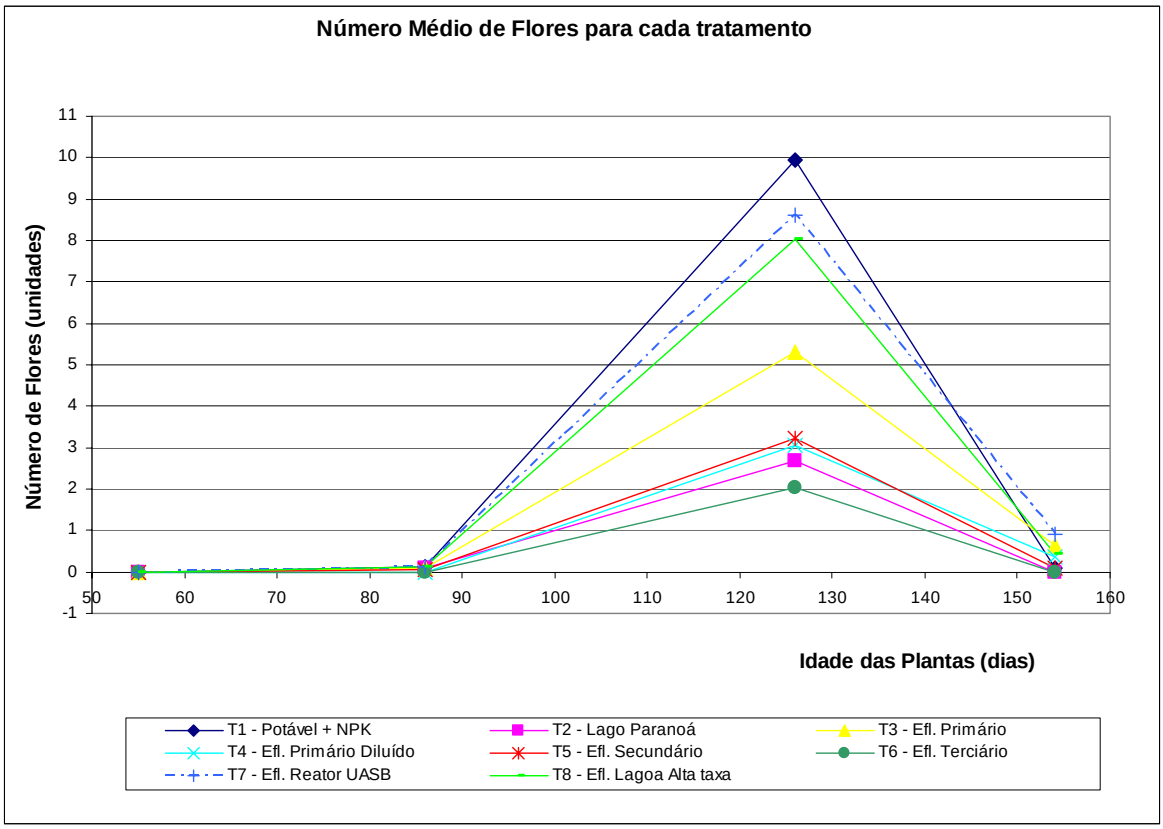

Figura 5.26 - Gráfico Número Médio de Flores x Idade das Plantas – Ciclo 2.

Como o rendimento de T1 foi bem superior aos outros tipos de "tratamento", pode-se comparar os "tratamentos" restantes. No que diz respeito ao parâmetro número médio de folhas, os "tratamentos" T7 (Efluente de Reator UASB) e T8 (Efluente de Lagoa de Alta taxa) apresentaram rendimento bem parecido e superior aos outros tipos de "tratamento", excetuando-se T1. Os "tratamentos" T7 e T8 apresentaram melhor rendimento que os outros efluentes também nas variáveis de altura média das plantas e diâmetro do caule, mas não com o mesmo rendimento apresentado para o número médio de folhas. T7 e T8 também apresentaram um bom rendimento para o número de botões e número de folhas, sendo sempre T7 um pouco melhor que T8. A partir da idade de aproximadamente 100 dias, o "tratamento" T7 inclusive superou o rendimento do "tratamento" T1, para o número de botões.

Os "tratamentos" que obtiveram os menores rendimentos para o ciclo 2 (período de chuvas no Distrito Federal) foram os "tratamentos" T2 (água do Lago Paranoá), T6 (Efluente Terciário) e T5(Efluente Secundário). Isso se deve ao fato do baixo aporte de nutrientes presente nessas águas de irrigação.

No ciclo 2, as plantas atingiram seu pico de desenvolvimento com idade de 126 dias. O único parâmetro que atingiu o seu pico no final das medições foi o diâmetro médio do caule. A partir da idade de 126 dias as plantas iniciaram o processo de decaimento, sendo notado, inclusive visualmente no campo, com a diminuição do número de folhas e início da mortandade das plantas. A Figura 5.27 mostra as plantas obtidas no Ciclo 2 para uma idade de cerca de 100 dias.

5.2.4.3 – Análise Estatística

O mesmo procedimento de análise de dados realizada para o ciclo 1 foi realizado para o ciclo 2, analisando-se primeiramente as médias e, depois, partindo-se para uma análise de variância. Analisando-se primeiramente o número médio de folhas, tem-se que o "tratamento" T1 (água potável + NPK) apresentou média bastante superior em relação aos demais "tratamentos", chegando até a rendimentos de 139,87%, 135,01%, 105,61% e 86,34% superiores aos "tratamentos" T2 (Lago Paranoá), T6 (Efluente terciário), T5 (Efluente Secundário) e T4 (Efluente Primário Diluído), respectivamente. Quanto aos outros "tratamentos", T1 não apresentou nenhum rendimento inferior a 20%.

Em relação à Altura Média das Plantas, vê-se que o "tratamento" T1 obteve a maior média dentre os "tratamentos", apresentando rendimentos de até 80,87%, 77,78%, 58,40%, 46,86%, 43,73%, 27,01% e 21,98% superior aos "tratamentos" T6 (Efluente Terciário), T2 (Lago Paranoá), T5 (Efluente Secundário), T4 (Efluente Primário Diluído), T3 (Efluente Primário), T8 (Efluente de Lagoa de Alta taxa) e T7 (Efluente de Reator UASB), respectivamente. T1 mostrou um rendimento bastante superior aos outros "tratamentos". O "tratamento" que apresentou o menor rendimento em relação aos outros "tratamentos" foi o T6 (Efluente Terciário), chegando a rendimentos menores que a testemunha T2.

Para o diâmetro médio do caule, o "tratamento" T1 também apresentou os maiores valores em média. T1 teve rendimento de até 72,89%, 68,70%, 55,46%, 39,91%, 31,65%, 25,97% e 23,02% superior aos "tratamentos" T2, T6, T5, T4, T3, T8 e T7 respectivamente. Novamente T1 apresentou um rendimento bastante superior aos outros tipos de "tratamento". Como dito anteriormente, a análise baseada apenas nas diferenças das médias não é suficiente para dizer se as produções são estatisticamente diferentes entre si. Passa-se então às análises de variância e aos testes estatísticos.

Figura 5.27 - – Plantas obtidas no Ciclo 2, com uma idade de aproximadamente 100 dias.

Nas Tabelas 5.34, 5.35, 5.36, 5.37 e 5.38 estão alocados os dados das análises de variância referentes ao Ciclo 2. Como mencionado anteriormente, para se fazer a análise de variância é preciso calcular os graus de liberdade (GL), a soma dos quadrados (SQ), o quadrado médio (QM) e o valor de F, que está associado ao número de graus de liberdade de "tratamentos" e ao número de graus de liberdade do resíduo. Essas quantidades foram calculadas para um nível de significância de 5%, para todas as variáveis medidas.

Analisando-se os resultados das análises de variância vê-se que, para as variáveis em questão, o valor de F calculado superou o valor de F crítico (valor tabelado para o nível de significância de 5%), o que indica que se rejeita a hipótese de que as médias são estatisticamente iguais ao nível de significância de 5%. Como as médias apresentam variabilidades entre si, aplicou-se testes estatísticos para comparação entre as médias.

Tabela 5.34 – Análise de Variância para os Dados de Número de Folhas – Ciclo 2.

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
"tratamentos"	7	6473,79	924,83	25,92
Blocos	4	512,97	128,24	
Resíduo	28	998,96	35,68	
Total	39	7985,72		

F Tabelado (7,28 GL) =	2,36

Tabela 5.35 – Análise de Variância para os Dados de Altura – Ciclo 2.

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
"tratamentos"	7	396,17	56,60	30,88
Blocos	4	34,31	8,58	
Resíduo	28	51,32	1,83	
Total	39	481,80		

F Tabelado (7,28 GL) =	2,36

Tabela 5.36 – Análise de Variância para os Dados de Diâmetro do Caule – Ciclo 2.

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
"tratamentos"	7	0,36	0,052	45,57
Blocos	4	0,03	0,007	
Resíduo	28	0,03	0,001	
Total	39	0,42		

F Tabelado (7,28 GL) =	2,36

Tabela 5.37 – Análise de Variância para os Dados de Número de Botões – Ciclo 2.

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
"tratamentos"	7	52,31	7,47	14,30
Blocos	4	4,35	1,09	
Resíduo	28	14,63	0,52	
Total	39	71,29		

F Tabelado (7,28 GL) =	2,36

Tabela 5.38 – Análise de Variância para os Dados de Número de Flores – Ciclo 2.

Causas de Variação	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
"tratamentos"	7	42,63	6,09	7,89
Blocos	4	7,73	1,93	
Resíduo	28	21,61	0,77	
Total	39	71,96		

F Tabelado (7,28 GL) =	2,36

Partiu-se então para a aplicação dos testes estatísticos, sendo aplicados para o Ciclo 2 os mesmos aplicados ao Ciclo 1, os testes t de Student, teste de Tukey e teste de Duncan. Analisando-se primeiramente os "tratamentos" quanto ao Número Médio de Folhas, T1 é estatisticamente diferente de todos os tipos de "tratamentos", pelo teste t e teste de Duncan. Além disso, o teste de Duncan ainda aponta T1 como sendo significativamente superior aos demais "tratamentos". Pelo teste de Tukey, T1 é estatisticamente igual a T7, e T8 é estatisticamente diferente aos outros tipos de "tratamento".

O teste de Duncan fornece ainda que as médias contidas no intervalo T3, T7 e T8 não apresentam diferenças significativas e são significativamente superiores às médias contidas no intervalo T2, T6, T5 e T4, que também não apresentam diferenças significativas entre si. A Tabela 5.39 traz os resultados do teste de Duncan, sendo que médias estatisticamente iguais estão sublinhadas pela mesma linha e são referenciados pelo mesmo índice.

No que diz respeito à altura média das plantas, tem-se que o "tratamento" T1 (potável + NPK) difere estatisticamente de todos os tipos de "tratamento" para todos os testes estatísticos aplicados. O "tratamento" T7 (Efluente de Reator UASB) é o que apresenta a segunda maior média, sendo que pelo teste t e pelo teste de Tukey difere estatisticamente de todos os outros "tratamentos", exceto o "tratamento" T8 (Efluente de Lagoa de Alta taxa).

Tabela 5.39 – Teste de Duncan para a variável Número de Folhas – Ciclo 2.

Médias do Número de Folhas Segundo o "tratamento"

"tratamento"							
2 Lago Paranoá	**6 Efl. Terciário**	**5 Efl. Secundário**	**4 Efl. Primário Dil.**	**3 Efl. Primário**	**7 Efl. Reator UASB**	**8 Efl. Lagoa Estab.**	**1 CAESB + NPK**
26,13 (a)	26,67 (a)	30,49 (a)	33,64 (a)	45,05 (b)	50,66 (b)	52,14 (b)	62,68 (b)

(a) e (b): Índices que indicam médias que não apresentam diferenças significantes entre si.

Pelo teste de Duncan, T1 difere estatisticamente de todos os outros "tratamentos" e é significativamente superior a todos os outros "tratamentos". T7 e T8 não apresentam diferenças significativas pelo teste de Duncan, sendo significativamente superior às médias do intervalo T5, T4 e T3 e às médias contidas no intervalo T6, T2 e T5. A Tabela 5.40 traz um resumo do teste de Duncan para a altura de planta.

Tabela 5.40 – Teste de Duncan para a variável Altura da Planta – Ciclo 2.

Médias da Altura das Plantas Segundo o "tratamento"

"tratamento"							
6 Efl. Terciário	**2 Lago Paranoá**	**5 Efl. Secundário**	**4 Efl. Primário Dil.**	**3 Efl. Primário**	**8 Efl. Lagoa Estab.**	**7 Efl. Reator UASB**	**1 CAESB + NPK**
12,48 (a)	12,70 (a)	14,25 (a), (b)	15,37 (b)	15,71 (b)	17,77 (c)	18,51 (c)	22,57 (d)

(a), (b), (c) e (d): Índices que indicam médias que não apresentam diferenças significantes entre si.

Quanto ao Diâmetro médio do Caule, novamente T1 é estatisticamente diferente de todos os outros "tratamentos" pelos testes t, de Tukey e de Duncan. Além disso, o teste de Duncan ainda o aponta como significativamente superior a todos os outros "tratamentos". T7 é o "tratamento" que apresenta maior média quando se desconsidera o "tratamento" T1. Pelos testes t, de Tukey e de Duncan, T7 não apresenta diferenças significativas quanto ao "tratamento" T8 e T3. O teste de Duncan diz ainda que as médias contidas no intervalo T3, T8 e T7 são significativamente superiores às médias obtidas nos outros "tratamentos",

excetuando-se o “tratamento” T1. Pelo teste t, a única média estatisticamente igual à testemunha T2 é a do “tratamento” T6, enquanto que, pelo teste de Tukey, T5 também é estatisticamente igual à T2. A Tabela 5.41 traz um resumo de teste de Duncan para o Diâmetro do Caule.

Tabela 5.41 – Teste de Duncan para a variável Diâmetro do Caule – Ciclo 2.

Médias do Diâmetro do Caule Segundo o “tratamento”

“tratamento”							
2 Lago Paranoá	**6 Efl. Terciário**	**5 Efl. Secundário**	**4 Efl. Primário Dil.**	**3 Efl. Primário**	**8 Efl. Lagoa Estab.**	**7 Efl. Reator UASB**	**1 CAESB + NPK**
0,426 (b)	0,436 (b), (c)	0,473 (c)	0,526 (d)	0,559 (a), (d)	0,584 (a)	0,598 (a)	0,736 (e)

(a), (b), (c), (d) e (e): Índices que indicam médias que não apresentam diferenças significantes entre si.

Quanto ao Número de Botões, o “tratamento” T7 apresentou a maior média dentre os “tratamentos”, sendo que, pelo teste t, a média T7 é estatisticamente igual a T1, e pelos testes de Tukey e de Duncan, T7 é estatisticamente igual a T1 e T8. Os “tratamentos” T6, T2, T5 e T4 não apresentam diferenças significantes para nenhum dos testes estatísticos aplicados. A tabela 5.42 mostra um resumo do teste de Duncan, sendo que as médias sublinhadas por uma mesma linha não apresentam diferenças significantes entre si.

Tabela 5.42 – Teste de Duncan para a variável Número de Botões – Ciclo 2.

Médias do Número de Botões Segundo cada “tratamento”

“tratamento”							
6 Efl. Terciário	**2 Lago Paranoá**	**5 Efl. Secundário**	**4 Efl. Primário Dil.**	**3 Efl. Primário**	**8 Efl. Lagoa de Est.**	**1 CAESB + NPK**	**7 Efl. Reator UASB**
1,41 (a)	1,49 (a)	1,67 (a)	1,72 (a)	3,04 (b)	3,60 (b), (c)	3,68 (b), (c)	4,56 (c)

(a), (b) e (c): Índices que indicam médias que não apresentam diferenças significantes entre si.

Para o Número de Flores, o "tratamento" T1 apresentou o melhor rendimento, apresentando a maior média. Pelo teste t e teste de Duncan, o "tratamento" T1 possui média estatisticamente igual aos "tratamentos" T7 e T8, enquanto que, pelo teste de Tukey, T1 é estatisticamente igual aos "tratamentos" T3, T7 e T8. Os "tratamentos" T2 (testemunha),T3, T4, T5 e T6 não apresentaram diferenças significantes entre si para os testes t, teste de Tukey e teste Duncan. A tabela 5.43 traz um resumo do teste de Duncan para a variável Número de Flores.

Tabela 5.43 – Teste de Duncan para a variável Número de Flores – Ciclo 2.

Médias do Número de Flores Segundo o "tratamento"

"tratamento"							
6 Efl. Terciário	**2 Lago Paranoá**	**5 Efl. Secundário**	**4 Efl. Prim. Dil.**	**3 Efl. Primário**	**8 Efl. Lagoa Estab.**	**7 Efl. Reator UASB**	**1 CAESB + NPK**
0,68 (a)	0,92 (a), (b)	1,12 (a), (b)	1,13 (a), (b)	2,01 (b), (c)	2,87 (c), (d)	3,21 (c), (d)	3,39 (d)

(a), (b), (c) e (d): Índices que indicam médias que não apresentam diferenças significantes entre si.

6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 – CONCLUSÕES

Em primeiro lugar, cabe ressaltar que as conclusões obtidas nessa pesquisa são válidas para o solo, para a planta e para os efluentes testados, fazendo-se restrições a qualquer tipo de generalização. Os efluentes utilizados na presente pesquisa são resultantes de processos convencionais que sofreram alterações, não sendo possível de serem comparados com os processos convencionais. Vale ressaltar ainda que os efluentes provenientes da ETE-Paranoá possuem características peculiares devido à realidade em que se encontra a população atendida por esta ETE. Outro ponto importante a se salientar é que o Distrito Federal tem características de solo e clima peculiares. Além disso, o estudo concentrou-se nos aspectos de nutrientes no sistema solo-água-planta, não sendo avaliados os aspectos de patogenia e de viabilização do uso dos equipamentos de irrigação.

Dessa forma, as seguintes conclusões são apresentadas:

1. O sistema testado produziu bons resultados, nos dois aspectos: houve boa produtividade das plantas pela fertirrigação com os efluentes testados e foi constatado que o sistema se comporta como um bom processo de tratamento por disposição no solo, em relação à matéria orgânica, fósforo e coliformes;
2. Dos efluentes utilizados, todos apresentaram grau de restrição moderada ao uso quanto à capacidade de infiltração do solo. Entretanto, nenhum dos "tratamentos" chegou aos níveis críticos de sódio trocável no solo. Apesar disso, faz-se necessário que se acompanhe o solo para evitar que problemas relacionados à sodificação ocorram, tomando-se medidas corretivas, caso isso seja necessário. Os efluentes de Reator UASB e de Lagoa de Alta Taxa, oriundos da ETE-Paranoá, são os que mais preocupam em termos do seu conteúdo de sódio;
3. Os efluentes de Reator UASB e de Lagoa de Alta Taxa utilizados no experimento, provenientes da ETE-Paranoá, devem ser utilizados com precauções para que não ocorra a salinização do solo e conseqüente prejuízo ao solo e às culturas. Algumas medidas, como a promoção de lixiviações regulares, podem solucionar o problema;
4. Os teores de nitrato na água percolada do Ciclo 1 foram altos, em relação aos valores da água de irrigação, o que preocupa devido à possibilidade de contaminação do lençol

freático. Entretanto, no Ciclo 2, os teores de nitrato na água percolada começaram altos e foram diminuindo com o andamento do ciclo, à medida que as lixiviações naturais ocorriam;

5. Embora as concentrações de nitrato obtidas nas águas percoladas não sejam muito altas, elas ultrapassam os valores recomendados por algumas normas, o que leva à preocupação com a possibilidade de contaminação do lençol freático;
6. O manejo da irrigação com períodos de rega e descanso alternados, e o emprego da lixiviação natural (que aconteceu nos meses de chuva), mostrou ser eficaz em manter os níveis de fertilidade do solo. Com a fertirrigação utilizando efluentes tratados observou-se uma melhora nas características de fertilidade do solo, em termos de matéria orgânica, capacidade de troca de cátions, e de saturação por bases, o que é um fato positivo, já que isso proporciona uma diminuição na concentração de alumínio na solução do solo, elemento extremamente tóxico às plantas, afetando principalmente o sistema radicular;
7. Houve uma diminuição do teor de matéria orgânica no Ciclo 1, o que é um fato bastante curioso, já que se observaram aumentos nos valores da CTC. Essa diminuição pode ter ocorrido devido a uma estimulação da atividade das bactérias naturais do solo, responsáveis pela degradação da matéria orgânica. Ao contrário, o Ciclo 2 apresentou aumento para todos os "tratamentos". Isso mostra a evolução nas características de fertilidade do solo com o decorrer do experimento;
8. A CTC (Capacidade de Troca de Cátions) apresentou aumento para todos os "tratamentos" no Ciclo 1, enquanto que para o Ciclo 2 foram observados aumentos para a maioria dos "tratamentos" exceto para as unidades irrigadas com Efluente Terciário e Efluente de Lagoa de Alta taxa, mas que continuaram apresentando valores razoáveis para o parâmetro, fato que caracteriza uma melhora na capacidade de retenção de nutrientes e de umidade do solo;
9. Pela diagnose foliar, juntamente com as análises de solo, comprova-se que o teor de potássio no solo aumentou no primeiro ciclo, vindo a diminuir no segundo, o que pode ser devido ao mecanismo de lixiviação, vindo a provocar a deficiência deste no solo e, conseqüentemente, nas plantas. Acredita-se que tenha havido deficiência de enxofre para os dois ciclos, bem como de zinco. Quanto aos outros nutrientes, os teores proporcionados pela água de irrigação parecem ter sido suficientes;
10. O efluente de Reator UASB, oriundo da ETE – Paranoá, foi o "tratamento" que apresentou as melhores médias para os parâmetros de desenvolvimento biométrico

observados para o Ciclo 1, enquanto que no Ciclo 2 o "tratamento" que utilizava água potável acompanhada de adubação convencional, foi o que obteve melhores rendimentos. Os efluentes Primário, de Reator UASB e de Lagoa de Alta taxa também apresentaram bons rendimentos no Ciclo 2;

11. O efluente Primário apresentou altos rendimentos para a cultura no experimento, próximos aos observados para o Efluente de Reator UASB, para o ciclo 1, por exemplo. No entanto, o Efluente Primário apresenta pontos favoráveis já que apresenta altos teores de nutrientes (N, P e K) e baixo teor de sódio, quando comparado aos demais efluentes, o que é bastante favorável à sua utilização no reúso paisagístico, já que o sódio oferece riscos ao solo;
12. Pelo teste de Duncan, no que diz respeito ao desenvolvimento das plantas, o Efluente de Reator UASB foi seguido de perto pelo Efluente Primário (não apresentou diferenças significativas para número de folhas e flores, e altura das plantas) e Efluente de Lagoa de Alta taxa (não apresentou diferenças para altura, diâmetro do caule e número de flores), para o Ciclo 1;
13. O "tratamento" que utilizava água potável e adubação convencional apresentou bons rendimentos no ciclo 1, porém as plantas atingiram o final do ciclo de vida antes dos outros "tratamentos", o que fez com que seu desempenho fosse aquém do esperado diante dos outros "tratamentos";
14. De acordo com teste de Duncan, não há diferenças significativas entre os "tratamentos" Água do Lago Paranoá (testemunha), Efluente Secundário e Efluente Terciário tanto no Ciclo 1 como no Ciclo 2;
15. A carga de nutrientes aplicada no Ciclo 2 foi consideravelmente menor que a aplicada no Ciclo 1 devido à predominância de eventos de precipitação no Ciclo 2, não sendo necessárias irrigações freqüentes com efluentes, que eram ricos em nutrientes;
16. Efluentes como os de Reator UASB, Primário e de Lagoas de Alta taxa são ricos em nutrientes e mostraram ser eficientes no que diz respeito ao potencial fertilizante do solo, proporcionando à cultura rendimentos semelhantes e até superiores aos obtidos com o sistema de adubação convencional;
17. Pode ter acontecido erro amostral para o solo das unidades irrigadas com o Efluente de Reator UASB no primeiro ciclo, já que o comportamento anômalo observado para este "tratamento" no primeiro ciclo não se refletiu no segundo ciclo;

18. As plantas irrigadas com efluentes apresentaram uma maior longevidade quando comparadas às plantas que receberam o "tratamento" convencional (adubação NPK + água potável), no Ciclo 1, que coincide com o período de estiagem.

6.2 – RECOMENDAÇÕES

Para a realização de trabalhos futuros recomenda-se:

1. Verificar o potencial de concentração de compostos orgânicos persistentes e de metais no sistema de reúso de água em irrigação e das possíveis influências sobre o sistema e o meio ambiente;
2. Verificar o potencial de calagem do solo pela irrigação com efluentes tratados nas Estações de Tratamentos de Esgotos no Distrito Federal, utilizando a mesma metodologia, porém sem iniciar a calagem do solo;
3. Partir para a realização da pesquisa em escala real, em canteiros similares aos utilizados pela NOVACAP, para determinar o comportamento do sistema solo-água-planta em escala real;
4. Melhorar as condições de instrumentação do experimento para um melhor controle das variáveis internas e externas ao sistema;
5. Realizar a adubação do solo (tradicional) de forma proporcional à carga de nutrientes presentes nas águas residuárias;
6. Fazer uma adubação corretiva para tentar solucionar os possíveis problemas de deficiência de Fósforo, Potássio, Enxofre e de Zinco apontadas pela diagnose foliar;
7. Variar a carga para cada tratamento em função da umidade do solo;
8. Dar continuidade à pesquisa para tentar avaliar os efeitos no longo prazo, realizando vários ciclos de cultivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adámoli, J. , Macedo, J. , Azevedo, L. G. e Netto, J. M. (1985). "Caracterização da região dos Cerrados". In: Goedert, W. J. (ed.) *Solos dos Cerrados: Tecnologias e Estratégias de Manejo,* Nobel, EMBRAPA, São Paulo (33-74).

Al-Lahham, O. , El Assi, N.M. e Fayyad, M. (2003). "Impact of treated wastewater irrigation on quality attributes and contamination of tomato fruit." *Agricultural Water Management*, **61**, 51-62.

Amahmid, O. , Asmama, S. e Bouhoum, K. (1999). "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*, **49**, 19-26.

Anderson, J. M. (1996). "Current water recycling initiatives in Australia: scenarios for the 21st century." *Water Science and Technology,* **33**(10-11), (37-43).

APHA/AWWA/WPCF (1999). *Standards Methods for the examination of Water and Wastewater.* American Publica Health Association, 20th edition, Washington, DC, EUA.

Araújo, A.L. , König, A. , Milanêz, J.G. e Ceballos, B.S.O. (1999). "Reúso indireto de esgotos na irrigação de colunas experimentais de solo cultivadas com alface (*Lactuca Sativa, L.*)." *Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol 1, (596-604), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Araújo, G. H. M. F. e Rodrigues, M. G. R. (2002). "Pragas e Doenças de Plantas Ornamentais." In: *"Manual de Jardinagem e Produção de Mudas do DPJ."* NOVACAP (2002). Brasília, DF. (94-101)pp.

Asano, T. e Levine, A.D. (1996). "Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present and future." *Water Science & Technology*, **33**(10-11), 1-14.

Bernardo, S. (1989). *Manual de Irrigação.* 5º edição. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, Brasil. 596p.

Bezerra, F.C.L. (2000). "Reúso planejado de águas residuárias em irrigação: uma alternativa para o estado do Ceará." In: *Reúso de águas / A experiência da Universidade do Ceará*, Fortaleza, CE, Brasil, (31-56).

Blum, J. R. C. (2003). "Critérios e padrões de qualidade da água." In: Mancuso, P. C. S. e Santos, H. F. (eds.) *Reúso de Água,* Barueri, SP, Brasil, (125-174).

Bontoux, J. e Courtois, G. (1996). "Wastewater reuse for irrigation in France." *Water Science and Technology*, **33**(10-11), (45-49).

Carramaschi, E. C. (2000). *Análise do Comportamento da Demanda por Água para Irrigação na Região do Córrego da Rocinha no Distrito Federal.* Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF. 98p.

Coelho, F. S. e Verlengia, F. (1973). *Fertilidade do Solo.* Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas, SP, Brasil. 384p.

CONAMA: Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, Ministério do Meio Ambiente.

Crook, J. e Surampalli, R. Y. (1996). "Water reclamation and reuse criteria in the U.S." *Water Science and Technology*, **33**(10-11), 451-462.

EMBRAPA (1978). *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal. Boletim Técnico n° 53.* SNLCS – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro, Brasil. 455p.

EMBRAPA (1991). *Métodos de Pesquisa em Fertilidade do Solo.* Brasília: EMBRAPA-SEA, 392p.

EMBRAPA (1998). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.* Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS (Centro Nacional de Pesquisa de Solos), 412p.

EMBRAPA (1999). *Manual de métodos de análise do solo/Centro Nacional de Pesquisa de Solos.* 2ª edição revisada e atualizada, Rio de Janeiro, 212p.

Esteves, F. A. (1988) *Fundamentos de Limnologia.* Editora Interciência / FINEP, Rio de Janeiro, Brasil, 575p.

Fasciolo, G., Gabriel, E., Lipinski, V. e Meca, M. I. (2000). "Riego com efluentes tratados: Potencial Fertilizante para um cultivo de ajo." *Anais do 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental,* (CD-Rom).

Felizatto, M. R. (2000). *Reúso de água em Psicultura no Distrito Federal: Potencial para pós-tratamento de águas residuárias associado à produção de pescado.* . Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF. 175p.

García, M. T. S. e Lampoglia, T. (2001). "Wastewater reuse by the agricultural comunity of San José and related health aspects – Lambayeque, Perú." *IWA 2º World Water Congress – Eficient Water Management – Making it happen,* Anais de Congresso (CD-Rom), Berlin.

Goedert, W. J., Sousa, D. M. G. e Lobato, E. (1985). "Fósforo." In: Goedert, W. J. (ed.) *Solos dos Cerrados: Tecnologias e Estratégias de Manejo,* Nobel, EMBRAPA, São Paulo, (129-166).

Haarhoff, J. e Van der Merwe, B. (1996). "Twenty-five years of wastewater reclamation in Windhoek, Namibia." *Water Science and Technology*, **33**(10-11), 25-35.

Hammer, M. J. (1979). *Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos*. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro. 563 p.

Hammer, M. J. e Hammer Jr., M. J. (1996). *Water and Wastewater Technology.* 3rd edition. Prentice Hall. 519p.

Haridasan, M. (1993). "Solos do Distrito Federal". In: Pinto, M. N. (org.) *Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas*, Brasília, DF, Brasil, (321-344).

Hespanhol, I. (2003). "Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aqüíferos". In: Mancuso, P. C. S. e Santos, H. F. (eds.) *Reúso de Água*, Barueri, SP, Brasil, (37-95).

Klar, A. E. (1988). *A água no sistema solo-planta-atmosfera.* Nobel, São Paulo. 408p.

Kouraa, A. , Fethi, F. , Fahde, A. ,Lahlou, A. e Ouazzani, N. (2002). "Reuse of urban wastewater treated by a combined stabilisation pond system in Benslimane (Morocco)." *Urban Water*, **4** (373-378).

Lapponi, J. C. (2005). *Estatística usando Excel.* 4ª edição revista e atualizada, Editora Campus, Rio de Janeiro, RJ. 476p.

Leão, S. R. F. (1993). "Potencial agrícola dos solos do Distrito Federal". In: Pinto, M. N. (org.) *Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas*, Brasília, DF, Brasil, (455-468).

Lopes, A. S. (1983). *Solos sob "cerrado": Características, propriedades e manejo.* Instituto de Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, Piracicaba, São Paulo. 162p.

Lopes, A. S. e Guidolin, J. A. (1989). *Interpretação de Análise do Solo: conceitos e aplicações.* 2ª edição, Comitê de Pesquisa/ Técnico/ ANDA (Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas), São Paulo, SP, Brasil. 64p.

Lucas Filho, M. , Pereira, M. G. , Lima, A. M. , Silva, D. A. e Fonseca, F. C. E. (2001). "Avaliação preliminar do potencial de reúso de águas residuárias tratadas em culturas de milho (*Zea mas*)." *Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, (CD-Rom), João Pessoa, PB.

Maeda, M. , Nakada, K. , Kawamoto, K. e Ikeda, M. (1996). "Area-wide use of reclaimed water in Tokyo, Japan." *Water Science and Technology,* **33**(10-11), (51-57).

Malavolta, E. e Kliemann, H. J. (1985). *Desordens nutricionais no cerrado.* Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato – POTAFOS. Piracicaba, São Paulo, Brasil. 136p.

Malavolta, E. (1992). *ABC da Análise de Solos e Folhas: Amostragem, Interpretação e Sugestão de Adubação.* Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo. 124p.

Malavolta, E. , Vitti, G. C. e Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do Estado Nutricional das Plantas – princípios e aplicações.* Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato - POTAFOS. Piracicaba, São Paulo, Brasil. 319p.

Marques, M. O. , Couracci Filho, B. , Bastos, R. K. X. , Kato, M. T. , Lima, V. L. A. , Andrade Neto, C. O. , Mendonça, F. C. , Marques, P. A. A. , Marques, T. A. , Bellingieri, P. H. e van Haandel, A. (2003). "Uso de Esgotos Tratados em Irrigação: Aspectos Agronômicos e Ambientais." In:Bastos, R. K. X. (coord.) *Utilização de Esgotos Tratados em Fertirrigação, Hidroponia e Psicultura,* Viçosa, MG, Brasil, (61-118).

Metcalf & Eddy, Inc. (1991). *Wastewater Egineering – Treatment, Disposal and Reuse.* 3ª edição revisada por G. Tchobanoglous, F. L. Burton. McGraw-Hill, Inc., Estados Unidos. 1334p.

Militão, K. (2005). "Cidade das Flores". *Jornal da Comunidade*, 13 a 19 de agosto de 2005, coluna sobre Paisagismo, C7.

Mills, R. A. e Asano, T. (1996). "A restropective assessment of water reclamation projects." *Water Science and Technology*, **33**(10-11), (59-70).

Ministério da Saúde: Portaria N° 518, de 25 de março de 2004.

Miranda, R. J. A. , Melo, H. N. S. , Andrade Neto, C. O. e Lucas Filho, M. (2001). "Evolução da salinidade em solo irrigado com esgoto sanitário tratado." *Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental,* (CD-Rom), João Pessoa, PB.

Moscoso, J. C. e León, G. S. (1996). *Curso de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales.* OPS/CEPIS/PUB96.20, Lima, Peru, 151p.

Nascimento, C. T. C. (2003). *Resistividade Elétrica e Radiação Gama Natural no Estudo de Solos sob Cerrado Nativo.* Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Instituto de Geociências. Brasília, DF. 111p.

NOVACAP (2002). *Manual de Jardinagem e Produção de Mudas do DPJ*. Brasília, DF. 134p.

Paganini, W. S. (1997). *Disposição de Esgotos no Solo (Escoamento à superfície).* Fundo Editorial da AESABESP, São Paulo, Brasil. 232p.

Paganini, W. S. (2003). "Reúso de água na agricultura." In: Mancuso, P. C. S. e Santos, H. F. (eds.) *Reúso de Água,* Barueri, SP, Brasil, (339-401).

Pereira, J. e Peres, J. R. R. (1985). "Manejo da Matéria Orgânica.". In: Goedert, W. J. (ed.) *Solos dos Cerrados: Tecnologias e Estratégias de Manejo,* Nobel, EMBRAPA, São Paulo (261-284).

Pereira, M. G., Melo, H. N. S., Neto, C. O. A., Silva, D. A. e Oliveira, F. K. D. (2003). "Reúso de Águas Residuárias no Cultivo do Arroz (*Oryza sativa*)." *Anais do 22° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental* (CD-ROM), Joinville, SC, Brasil.

Pereira Júnior, A. A. e Nascimento, A. J. (2002). "Produção de mudas de espécies floríferas". In: *"Manual de Jardinagem e Produção de Mudas do DPJ."* NOVACAP (2002). Brasília, DF. (78-86)pp.

Raij, B. (1981). *Avaliação da fertilidade do solo.* Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa. Piracicaba, São Paulo. 142p.

Roriz, C. O. (2004). *Análise da viabilidade de reúso de água para irrigação ornamental em Brasília, Distrito Federal.* Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 84p.

Santos, C.G.F. , Van Haandel, A. , Gheyi, H.R. , Beltrão, N.E.M. e Moreira, E.A (2003). "Efeito do uso de lodo e água residuária tratada sobre a cultura do girassol." *Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental* (CD-ROM), Joinville, SC, Brasil.

Shelef, G. e Azov, Y. (1996). "The coming era of intensive wastewater reuse in the Mediterranean Region." *Water Science and Technology*, **33**(10-11), (115-125).

Silva e Silva, A.N. (2004). *Reúso de água no Distrito Federal: Verificação dos efeitos da irrigação com efluentes de estações de tratamento de esgotos no cultivo da dália anã sortida (Dahlia pinnata).* Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF. 193p.

Sousa, D. M. G., Carvalho, L. J. C. B. e Miranda, L. N. (1985). "Correção da Acidez do Solo". In: Goedert, W. J. (ed.), *Solos dos Cerrados: Tecnologias e Estratégias de Manejo,* Nobel, EMBRAPA, São Paulo (99-128).

Sousa, J. T., Dantas, J. P. , Lima, S. M. S. , Ceballos, B. S. O. e Figueiredo, A. M. F. (2003a). "Tratamento e utilização de esgotos sanitários na irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa L*)." *Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental,* (CD-Rom), Joinville, SC.

Sousa, J. T., Filho, J. F., Henrique, I. N. , Leite, V. D. e Oliveira, J. B. (2003b). "Utilização de Esgotos Tratados na Irrigação do Feijoeiro." *Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental,* (CD-Rom), Joinville, SC.

Souza, M.A.A. (2002). *Reúso de Água.* Original reprográfico revisado, UnB: Universidade de Brasília. Brasília, DF.

Telles, D. A. (2003). "Aspectos da Utilização de Corpos d'água que Receberam Esgoto Sanitário na Irrigação de Culturas Agrícolas". In: Nuvolari, A. (ed). *Esgoto Sanitário – Coleta, Transporte, Tratamento e Reúso Agrícola.* FATEC-SP, 1° Edição.

Tombolato, A. F. C., Castro, C. E. F., Graziano, T. T., Matthes, L. F. e Furlani, A. M. C. (1997). "Ornamentais e Flores". In: Raij, B. v. , Cantarella, H., Quaggio, J. A. e Furlani, A. M. C. (eds.): *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.* Boletim Técnico nº 100, 2ª edição, IAC (Instituto Agronômico de Campinas), Campinas, SP. 285p.

Vieira, S. e Hoffman, R. (1989). *Estatística Experimental.* Editora Atlas, São Paulo, Brasil. 179p.

Vilela, L., Silva, J. E., Ritchey, K. D. e Sousa, D. M. G (1985). "Potássio". In: Goedert, W. J. (ed), *Solos dos Cerrados: Tecnologias e Estratégias de Manejo,* Nobel, EMBRAPA, São Paulo (203-222).

von Sperling, M. (1996). *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos."* 2° Edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. 243p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Processo de produção das mudas pelo DPJ.

As mudas utilizadas na presente pesquisa foram produzidas no Viveiro I do DPJ/NOVACAP. Esses viveiros possuem estufas especialmente desenvolvidas para as condições climáticas do Distrito Federal.

O plantio de mudas envolve as seguintes etapas principais: semeadura, repicagem e transplantio para saco plástico (Pereira Júnior e Nascimento 2002). A semeadura é feita por processo manual em bandejas de isopor ou material plástico. É utilizado um substrato agrícola contendo vermiculita, adubo NPK (9:6:12) e matéria orgânica, segundo informação obtida junto aos técnicos do próprio viveiro, para o caso da dália anã sortida. Passa-se então ao processo de repicagem, aproximadamente 10 dias após a semeadura, que consiste no processo de separação das plântulas que germinaram (Pereira Júnior e Nascimento 2002). Decorridos cerca de 4 a 11 dias após a repicagem passa-se ao transplantio em saco plástico, cujo solo é enriquecido de nutrientes (Pereira Júnior e Nascimento 2002). A obtenção das mudas de dália anã sortida levam, em média, de 35 a 40 dias para serem produzidas.

As mudas são irrigadas com uma mistura de água da mina do Viveiro I da NOVACAP (60%) mais água do sistema de abastecimento da CAESB (40%) quando estão nas bandejas. Quando passam para os sacos plásticos essas passam a ser irrigadas com água de um córrego que corta o Viveiro I da NOVACAP. (Observação: Informações obtidas junto aos técnicos do Viveiro I).

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo