UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA TRATADA EM SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS, VIA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NAS CULTURAS DE MILHO E DE SORGO

MARCELO DOMINGOS CHAMMA LOPES

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU - SP
Fevereiro – 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA TRATADA EM SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS, VIA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NAS CULTURAS DE MILHO E DE SORGO

MARCELO DOMINGOS CHAMMA LOPES

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luiz de Oliveira
Co-Orientadora: Dra. Ana Beatriz Rocha de Castro Lopes

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU-SP
Fevereiro – 2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO – SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Lopes, Marcelo Domingos Chamma, 1971-
L864a **Aplicação de água residuária de suinocultura tratada em sistema de alagados construídos, via irrigação por gotejamento nas culturas de milho e de sorgo / Marcelo Domingos Chamma Lopes. – Botucatu : [s.n.], 2007.**
xx, 150 f. : il., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2007
Orientador: Eduardo Luiz de Oliveira
Co-orientadora: Ana Beatriz Rocha de Castro Lopes
Inclui bibliografia

1. Água - Reutilização. 2. Irrigação por gotejamento. 3. Alagados construídos. 4. Suíno. 5. Milho. 6. Sorgo. I. Oliveira, Eduardo Luiz de. II. Lopes, Ana Beatriz Rocha de Castro. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA TRATADA EM SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS, VIA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NAS CULTURAS DE MILHO E DE SORGO"**

ALUNO: MARCELO DOMINGOS CHAMMA LOPES

ORIENTADOR: PROF. DR. EDUARDO LUIZ DE OLIVEIRA

Aprovado pela Comissão Examinadora

PROF. DR. EDUARDO LUIZ DE OLIVEIRA

PROF. DR. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

PROF. DR. LEANDRO JOSÉ GRAVA DE GODOY

DRA. LUIZA HELENA DUENHAS

DRA. ELZA ALVES

Data da Realização: 02 de fevereiro de 2007.

“Disciplina, compaixão, responsabilidade, amizade, trabalho, coragem, perseverança, honestidade, lealdade e Fé: virtudes universalmente reconhecidas como necessárias à verdadeira formação moral de qualquer cidadão. A vida em comunidade reclama cada vez mais o exercício destas virtudes”.

William J. Bennett

À Santíssima Trindade

Ao DEUS Pai, ao Filho e ao Espírito Santo

À Nossa Senhora Aparecida

Ao Amor da esposa Laura e da filha Clara

DEDICO

Ana Beatriz Rocha de Castro Lopes e Família

MINHA GRATIDÃO

Aos meus Pais João e Eleni

Aos Irmãos Marcos e Família, Márcia e Família

Aos meus Sogros Fabio e Marlene, Filhos e Netos

Aos Tios Lizete, Cláudio Davide e filhas

Ao Prof. Dr. Eduardo Luiz de Oliveira

A Todos os Amigos

OFEREÇO

A G R A D E C I M E N T O S

A Deus, por me conceder vida e a mais essa missão.

Ao Prof. Dr. Eduardo Luiz de Oliveira pelos ensinamentos e colaboração em todas as etapas desse trabalho e pela amizade firmada nesses anos.

À Dra. Ana Beatriz Rocha de Castro Lopes pela dedicação impar e ativa em todas as etapas, do início ao término, desse intenso projeto.

À CAPES pela bolsa de estudo concedida durante os dois primeiros anos, sem os quais ficaríamos impossibilitados de chegar até aqui.

À Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Câmpus de Botucatu, especialmente ao Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade de poder participar do curso de Pós-Graduação e por proporcionar condições necessárias à realização do trabalho.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP – Câmpus de Botucatu, especialmente ao Professor Dirlei, aos funcionários Franco e Sergio por proporcionarem condições necessárias à realização do trabalho.

À Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal – UNIDERP - Campus de Campo Grande MS, pelas oportunidades e amigos que lá deixei.

Ao Campus Experimental de Registro – UNESP – Registro, em especial aos professores Dr. Sérgio Hugo e Benêz e Cláudio Cavariane. A todos os colegas de trabalho e alunos.

Ao Departamento de Agricultura – Laboratório de Análises de Água, em especial ao Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini e ao Pesquisador Dr Marcelo Rocha Correa pelas analises efetuadas.

Aos professores Dr Raimundo Leite Cruz e Dr João Carlos Cury Saad, coordenador e vice do curso de Pós-Graduação em Agronomia, programa em Irrigação e

Drenagem, e demais membros do Conselho de Curso pela constante colaboração. Aos docentes responsáveis pelas disciplinas do programa em Energia na Agricultura, pelo empenho e capacidade, o que nos possibilitou o enriquecimento técnico e profissional.

Ao Prof. Dr. Sergio Campos, chefe do Departamento de Engenharia Rural, em nome de quem agradeço profundamente a todos os Professores do referido Departamento pela amizade e pela confiança depositadas em minha pessoa.

Aos componentes da banca examinadora: Prof. Dr. Antônio de Pádua Souza, Prof. Dr. Leandro José Grava de Godoy, Prof[a]. Dra. Elza Alves e Dra. Luiza Helena Duenhas, pelas excelentes e oportunas sugestões, as quais foram de grande valia para o enriquecimento das informações contidas nesta Tese.

À minha amada esposa Laura Rocha de Castro Lopes que desde o nosso casamento dedicou-se e me auxiliou a enfrentar as batalhas de frente, sem perder a honra e, principalmente, a humildade. Obrigado por tão magnificamente participar na educação de nossa linda filha Clara que é motivo de muita felicidade em nossas vidas.

À meus pais João Sidnei Lopes e Eleni Chamma Lopes, pelo sustento emocional e financeiro em todos os momentos bons e ruins que passei. Obrigado Deus.

Aos amigos Silvio Sabatini Scolastici, Gilberto Winckler, Eduardo Biral e Adão Gomes de Souza sempre disposto a colaborar nos serviços de campo e de logística, e também ao companheiro José Israel Ramos, pela realização das análises no Laboratório de Recursos Hídricos. Agradeço a vocês de coração a dedicação e, principalmente, toda a paciência.

Ao grande colaborador, Sr Pedro Alves, funcionário do Departamento de Engenharia Rural, que auxílio condução e manutenção dos Extratores de Solução do solo no Campo.

Aos amigos do Departamento de Engenharia Rural da FCA: Adão Gomes de Souza, Ailton de Lima Lucas, Antonio Pereira, Gilberto Winckler, José Israel Ramos, Maria

Aparecida Gonçalves, Maury Torres, Pedro Alves, Rita de Cássia Miranda, Ronaldo Polo, Rosângela Moreci, e Silvio Sabatini Scolastici, pelos constantes auxílios dispensados para o desenvolvimento ou não deste trabalho sem nunca medir esforços e, muito mais, pela convivência e amizade sincera durante esses anos.

Aos funcionários do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo da FCA, Maurício Canavarro, José Carlos Coelho, Adenir Pires, Dorival e José De Pieri, pela educação e respeito, pela realização das análises de solo, água, folhas e lodo. Também a todos os professores pela colaboração e disposição sempre que solicitados, em especial aos Profs. Drs. Hélio Grassi Filho e Dirceu Maximino Fernandes e Maria Helena Moraes.

Ao amigo Prof. Dr Paulo Roberto Arbex, pela enorme paciência.

Ao pessoal da Diretoria de Serviços e Atividades Auxiliares, Marco, Cavalari e equipe, a minha eterna gratidão por todo respaldo dado à implantação e manutenção dos alagados construídos em todas as etapas do estudo.

Aos amigos do dia-a-dia, Adalmir, Prof. Dr. Élcio Yano, Prof. Dr. Reginaldo Barbosa da Silva e Dra. Alcivânia de Melo Silva, Profª Dra Elza Alves, Prof´s Dra Juliana e Dr Wilson companheiros para um bom papo, um cafezinho e um churrasco e aos demais amigos e colegas que conquistei durante essa caminhada em Registro-SP meu muito obrigado pela consideração e amizade.

À todos funcionários das Fazendas de Ensino Pesquisa e Produção (FEPP/FCA), em especial ao Mario, Jesus e Luciano (Gordo), sempre presentes nesse projeto.

A todo pessoal da Biblioteca, pela inestimável colaboração e amizade.

Às amigas da Seção de Pós-Graduação da FCA, Marilena do Carmo Santos, Marlene Rezende de Freitas, Jaqueline Moura Gonçalves e Kátia Otomo Duarte, pela seriedade, educação, atenção que sempre me dispensaram e, principalmente, paciência nestes sete anos de convivência.

À ação conjunta e esforços depositados entre: Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA, Departamento de Engenharia Rural, área Irrigação e Drenagem, Coordenadores da Pós-graduação: Professor Dr. Raimundo Leite Cruz e Professor Dr João Carlos Cury Saad; área Energia na Agricultura, Professor Dr. Marco Antônio Martin Biaggioni, Professor Dr Paulo Roberto Arbex Silva, Doutorando M.Sc. Samir Paulo Jasper, Doutorando M.Sc. José Guilherme Lança Rodrigues, Doutorando M.Sc. André Satoshi Seki; Departamento de Agricultura, Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini e ao Pesquisador Dr Marcelo Rocha Correa; Fazendas de Ensino Pesquisa e Produção (FEPP/FCA), Servidores Mário e Luciano; Diretoria de serviços e atividades auxiliares da FCA, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ, Departamento de Nutrição e Produção Animal, Professor Dr. Dirlei Antonio Berto; Supervisão da FMVZ, Professora Dra. Silvia e Franco Setor de suinocultura FMVZ, Servidores Sergio e Odair; Sansuy S. A., Industria de Plástico; Irritec, Equipamentos para irrigação; Dimafe Serralheria, Srs. Julio Cezar Lopes e Marcão; Formal Industria Ltda. Sr. Vicente Lopes Junior e Sr. Alcides Neto (Netão); Fundição e Serralharia Irmãos Lopes Ltda, Srs. Antonio de Castro Lopes e Julio Cezar Lopes; Fundição Marco Lopes, Sr. Marco Antonio Chamma Lopes; Servidores Rosangela Moreci, Silvio Sabatini Scolastici, Gilberto Winckler, Ailton de Lima Lucas e ao Servidor Pedro Alves; Cláudio pelos auxílios prestados; principalmente a indispensável contribuição do Sr. Aparecido Agostinho Arruda “DICÃO” e Família e em especial seu filho Daniel Agostinho Arruda.

Ao amigo doutorando M.Sc. José Guilherme Lança Rodrigues, pelo constante apoio nos momentos mais difíceis, meus agradecimentos.

Ao amigo José Luis Barbosa de Souza e sua família, pelo profissionalismo e inestimável contribuição, de último instante, para a formatação e acabamento deste documento.

E a todos aqueles que de maneira direta ou indireta colaboraram para o desenvolvimento desta pesquisa.

SUMÁRIO

Itens Pág.

LISTA DE TABELAS XI
LISTA DE QUADROS XVIII
LISTA DE FIGURAS XIX

1 RESUMO 1

2 SUMMARY 2

3 INTRODUÇÃO 3

4. REVISÃO DE LITERATURA 6
4.1 Suinocultura 6
4.1.1 Produção e meio ambiente 8
4.1.2 Manejo e redução de dejetos 8
4.1.3 Produção e características dos dejetos 10
4.1.4 Dejetos Líquidos 11
4.2 Sistema de Tratamento de Águas Servidas por Alagados Construídos 12
4.3 Reuso de Água Via Irrigação. 16
4.4 Irrigação Localizada 22
4.4.1 Águas Residuárias Via Irrigação Localizada por Gotejamento 23
4.5 Milho 24
4.6 Sorgo 26

5 MATERIAL E METODOS 28
5.1 Área experimental 28
5.2 Sistema de alagados construídos 29
5.2.1 Sistema de produção do dejeto líquido 29
5.3 Captação do dejeto líquido 30
5.3.1 Sistema de alagado construído Nº 1 33
5.3.2 Sistema de alagado construído Nº 2 35
5.4 Implantação das culturas 37
5.4.1 Semeadura das culturas 38
5.4.1.1 Disposição das culturas no campo 38
5.4.2 Manejo das culturas: Milho e Sorgo 40
5.5 Sistema de irrigação 40
5.5.1 Manejo da irrigação 42
5.6 Características Monitoradas 44
5.6.1 Água residuária 44
5.6.2 Solo e solução do solo. 45
5.6.3 Concentração de nutrientes na folha 47
5.6.4 Altura das plantas 48

Itens Pág.

5.6.5 Diâmetro do colmo 49
5.6.6 Componentes de produção da cultura do milho 49

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 50
6.1 Experimento 1: Avaliação da eficiência do sistema de alagados construídos 50
6.1.1 Condutividade Elétrica (CE) 50
6.1.2 pH 51
6.1.3 Coliformes (totais e fecais) 52
6.1.3.1 Coliformes Totais 52
6.1.3.2 Coliformes Fecais 53
6.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) 54
6.1.5 Demanda Química de Oxigênio (DQO) 55
6.1.6 Turbidez 56
6.1.7 Sólidos (totais , dissolvidos e em suspensão) 57
6.1.8 Nitrogênio (total, amoniacal, nitrito) 58
6.1.8.1 Nitrogênio Total 58
6.1.8.2 Nitrogênio Amoniacal 59
6.1.8.3 Nitrito 60
6.1.9 Fósforo (total, fosfato, fósforo reativo) 61
6.1.9.1 Fósforo Total 61
6.1.9.2 Fosfato 61
6.1.9.3 Fósforo Reativo 62
6.1.10 Potássio 62
6.1.11 Cobre 63
6.1.12 Zinco 64
6.1.13 Manganês 64
6.1.14 Ferro 65
6.2 Experimento 2: Análise de Solo em diferentes camadas – Cultura do Milho 66
6.2.1 pH 66
6.2.2 Matéria orgânica (MO) 67
6.2.3 Acidez Potencial (H+Al) 69
6.2.4 Soma de Bases (SB) 71
6.2.5 Capacidade de Troca de Cátions (CTC) 72
6.2.6 Aluminio (Al^{3+}) 73
6.2.7 Saturação por Bases (V%) 75
6.2.8 Análise do solo – Macronutrientes 76
6.2.9 Análise de micronutrientes 80
6.3 Solução do solo – extrator de solução (Milho) 87
6.4 Experimento 3: Análise de Solo em diferentes camadas – Cultura do Sorgo 96
6.4.1 pH 96
6.4.2 Matéria orgânica (MO) 97
6.4.3 Acidez Potencial (H+Al) 99
6.4.4 Soma de Bases (SB) 100

Itens Pág.

6.4.5 Capacidade de Troca de Cátions (CTC) 102
6.4.6 Aluminio (Al^{3+}) 103
6.4.7 Saturação por Bases (V%) 104
6.4.8 Macronutrientes - análise de solo: Sorgo 105
6.4.9 Micronutrientes - análise de solo: Sorgo 111
6.5 Solução do solo – extrator de solução (Sorgo) 117
6.6 Análise Foliar (Milho e Sorgo) 126
6.6.1 Macronutrientes 126
6.6.2 Micronutrientes 127
6.7 Produção 128
6.7.1 Altura das Plantas – Milho e Sorgo 128
6.7.2 Diâmetro de Colmo – Milho e Sorgo 128
6.7.3 Produtividade – Milho 129
6.7.3.1 Produtividade – Água Residuária (MAR) 129
6.7.3.2 Produtividade –Água Potável (MAP) 129

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 130

8 CONCLUSÕES 132

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS 133

10 APÊNDICE (Fotos do Experimento) 144

LISTA DE TABELAS

Tabelas Pág.

1. Características químico - físicas dos dejetos (g L^{-1}) produzidos em uma unidade de crescimento e terminação manejado em fossa de retenção 10
2. Exigência de água (L $animal^{-1}$ dia^{-1}) de acordo com a fase de produção e vazão mínima do bebedouro 10
3. Resultado da análise química das amostras iniciais do solo antes da implantação das culturas 38
4. Resultado da análise química das micronutrientes (mg dm^{-3}) referente às amostras iniciais do solo antes da implantação das culturas 38
5. Valores médios de CE (mS cm^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 51
6 Valores médios de pH da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 52
7. Valores médios de Coliformes Totais (NMP) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 52
8. Valores médios de Coliformes Fecais (NMP) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 53
9. Valores médios de demanda bioquímica de oxigênio - DBO (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 55
10. Valores médios de demanda química de oxigênio - DQO (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 55
11. Valores médios de turbidez (FTU) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 56
12. Valores médios de sólidos totais (g m^{-3}) em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 57
13. Valores médios de nitrogênio total (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 58
14. Valores médios de nitrogênio amoniacal (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 60
15. Valores médios de nitrito (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 60
16. Valores de fósforo total (µg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 61
17. Valores de fosfato (µg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 62
18. Valores de fósforo reativo (µg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 62
19. Valores médios de potássio (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 63
20. Valores médios de cobre (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 63
21 Valores médios de zinco (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 64
22. Valores médios de manganês (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 65

Tabelas Pág.

23. Valores médios de ferro (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas 65
24. Valores médios de pH ($CaCl_2$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 67
25. Valores médios de pH ($CaCl_2$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 67
26. Valores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm , respectivamente 68
27. Valores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 69
28. Valores médios de acidez potencial ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 70
29. Valores médios de acidez potencial ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 70
30. Valores médios de soma de bases ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 71
31. Valores médios de soma de bases ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 72
32. Valores médios capacidade de troca de cátions ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 73
33. Valores médios de capacidade de troca de cátions ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 73
34. Valores médios de alumínio trocável ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 74
35. Valores médios de alumínio trocável ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 74
36. Valores médios de saturação por bases (%) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 75
37. Valores médios de saturação por bases (%) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 76
38. Valores médios de fósforo (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 77
39. Valores médios de fósforo (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 78
40. Valores médios de potássio ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 78
41. Valores médios de potássio ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 78

Tabelas Pág.

42. Valores médios de cálcio (mmol dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 79
43. Valores médios de cálcio (mmol dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 79
44. Valores médios de magnésio (mmol dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 80
45. Valores médios de magnésio (mmol dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 80
46. Valores médios de Boro (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 82
47. Valores médios de Boro ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 82
48. Valores médios de Cobre (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 83
49. Valores médios de Cobre (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 83
50. Valores médios de Ferro (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 84
51. Valores médios de Ferro (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 84
52. Valores médios de Manganês (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 85
53. Valores médios de Manganes (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 85
54. Valores médios de Zinco (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 86
55. Valores médios de Zinco (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 86
56. Valores médios de nitrogênio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 88
57 Valores médios de nitrogênio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 88
58. Valores médios de fósforo (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 89
59. Valores médios de fósforo (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 89
60. Valores médios de potássio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 90

Tabelas Pág.

61. Valores médios de potássio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 90
62. Valores médios de cálcio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 91
63. Valores médios de cálcio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 91
64. Valores médios de magnésio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 92
65. Valores médios de magnésio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 92
66. Valores médios de enxofre (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 93
67. Valores médios de enxofre (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 93
68. Valores médios de manganês (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 94
69 Valores médios de manganês (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 94
70 Valores médios de zinco (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 95
71. Valores médios de zinco (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas 95
72. Valores médios de pH ($CaCl_2$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 96
73. Valores médios de pH ($CaCl_2$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas 97
74. Valores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 98
75. Valores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas 98
76. Valores médios de acidez potencial ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 100
77. Valores médios de acidez potencial ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas 100
78. Valores médios de soma de bases ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 101
79. Valores médios de soma de bases ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas 101

Tabelas Pág.

80. Valores médios capacidade de troca de cátions ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 102
81. Valores médios capacidade de troca de cátions ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas 102
82. Valores médios de alumínio trocável ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 103
83. Valores médios de alumínio trocável ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas..... 104
84. Valores médios de saturação por bases (%) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 105
85. Valores médios de saturação por bases (%) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas..... 105
86. Valores médios de Fósforo (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente..... 107
87. Valores médios de fósforo (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas 107
88. Valores médios de Potássio (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente..... 108
89. Valores médios de potássio (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas 108
90. Valores médios de Cálcio (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente..... 109
91. Valores médios de cálcio (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas 109
92. Valores médios de Magnésio (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 110
93. Valores médios de magnésio (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas 110
94. Valores médios de Boro (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente..... 112
95. Valores médios de Boro (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas 112
96. Valores médios de Cobre (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente..... 113
97. Valores médios de cobre (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas. 113
98. Valores médios de Ferro (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente..... 114

Tabelas Pág.

99. Valores médios de ferro (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas. 114
100. Valores médios de Manganês (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 115
101. Valores médios de manganês (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas. 115
102. Valores médios de Zinco (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente..... 116
103. Valores médios de zinco (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas. 116
104. Valores médios de nitrogênio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 118
105. Valores médios de nitrogênio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas..... 118
106. Valores médios de Fóforo (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 119
107. Valores médios de fósforo (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas..... 119
108. Valores médios de Potássio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 120
109. Valores médios de potássio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas..... 120
110. Valores médios de Cálcio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 121
111. Valores médios de cálcio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas..... 121
112. Valores médios de Magnésio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 122
113. Valores médios de magnésio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas..... 122
114. Valores médios de Manganês (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 123
115. Valores médios de manganes (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas..... 123
116. Valores médios de Enxofre (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 124
117. Valores médios de enxofre (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas..... 124

Tabelas Pág.

118. Valores médios de Zinco (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente 125
119. Valores médios de zinco (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas..... 125
120. Resultados médios para o teor foliar de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio (g kg^{-1}), em plantas de milho e sorgo 127
121. Resultados médios para o teor foliar de boro, ferro, manganês, cobre, zinco, enxofre (g kg^{-1}) em plantas de milho e sorgo. 128

LISTA DE QUADROS

Quadros Pág.

1. Extração e exportação de nutrientes pela cultura do milho 26

2. Valores de referência dos teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do milho 26

3. Extração média de nutrientes em kg ha-1 pela cultura do sorgo em diferentes níveis de produção 27

4. Valores de referência dos teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do sorgo 27

5 Dados de temperatura do ar atmosférico e da amostra em quatro pontos de coletas (P1, P2, P3 e P4), e diferentes períodos 45

LISTA DE FIGURAS

Figuras Pág.

1. Representação esquemática de sistemas de tratamento de águas residuárias com macrófitas emergentes (BRIX, 1993) 14

2. Esquema da área experimental com as instalações 31

3. Consumo médio de água diário observado em m³ para uma granja com 36 animais, fase reprodução sendo: 1- consumo total, 2 – consumo nos bebedouros, 3- consumo 32

4. Consumo médio de água diário observado em m³ para uma granja com 36 animais, fase reprodução sendo: 1- consumo total, 2 – consumo nos bebedouros, 3- consumo no bebedouro coletivo..... 33

5. Esquema do sistema de alagado construído no 1 com plantas emergentes de fluxo vertical sub-superficial. Adaptado: Jasper (2006)..... 35

6. Esquema do segundo sistema de alagado construído sem plantas emergentes com o fluxo horizontal sub-superficial..... 37

7. Esquema da área de plantio discriminando: bordaduras; (1) SAR - linhas de repetições para o tratamento de sorgo irrigado com água residuária; (2) SAP - sorgo irrigado com água potável; (3) MAP - de milho irrigado com água potável; (4) MAR - milho irrigado com água residuária..... 39

8. Dados registrados obtidos de pluviosidade em mm, temperatura média diária em ºC, umidade relativa do ar em %, evaporação do Tanque Classe A em mm, durante o período experimental..... 43

9. Volume de água em litros aplicado por gotejador por dia 43

1 RESUMO

Este trabalho teve como finalidade avaliar o tratamento da água proveniente de suinocultura na fase de reprodução por meio de um sistema de alagados construídos. Aplicou-se a água residuária via irrigação localizada por gotejamento nas culturas do milho safrinha e do sorgo. Realizou-se a caracterização química da água servida e da água residuária em quatro pontos de coletas em três épocas distintos, analisou-se também turbidez; coliformes totais e fecais; sólidos totais, dissolvidos e em suspensão; DBO; DQO; e condutividade elétrica da água. Realizou-se a caracterização química do solo e da solução do solo (extrator de solução) em quatro camadas (0-20; 20-40; 40-60; 60-80cm) em três épocas distintas para irrigação com água residuária e para irrigação com água potável. Os experimentos foram efetuados na Fazenda Experimental Lageado, conjuntamente nos Campus da Faculdade de Ciências Agronômicas e da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - UNESP Botucatu. Concluiu-se que o sistema de alagados construídos proporcionou redução nos teores de Coliformes totais e fecais, DBO, DQO, N, K, Cu, Zn e que a água tratada no sistema de alagados construídos pode ser utilizada via irrigação sem causar prejuízos à produtividade da cultura do milho safrinha.

APLICATION OF SWINE WASTEWATER TREATED ON WETLAND SYSTEMS THROUGH DRIP IRRIGATION ON SORGHUM AND CORN CROPS 2006, 171f. Doutorado (Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

Author: MARCELO DOMINGOS CHAMMA LOPES

Adviser 1: EDUARDO LUIZ DE OLIVEIRA

Adviser 2: ANA BEATRIZ ROCHA DE CASTRO LOPES

2 SUMMARY

This work had as purpose to evaluate swine wastewater treatment through wetland systems. Treated wastewater was applied through drip irrigation system on sorghum and corn crops. Wastewater was analyzed at four sampling points and three different times; it was analyzed turbidity, total coliform bacteria and fecal coliform bacteria, total soluble solid content, dissolved solids, suspended solids, BOD, COD, and electrical conductivity. It was carried out the chemical characterization of soil and soil solution (porous ceramic cup extractors) in four layers (0-20; 20-40; 40-60; 60-80 cm) at three distinct times for wastewater irrigation and drinkable water irrigation. Experiments were carried out at Experimental Farm Lageado, jointly in the Campuses of the College of Agronômicas Sciences and the College of Medicine Veterinária and Zootecnia - UNESP Botucatu. It was concluded that the Wetland systems decreased total coliform bacteria and fecal coliform bacteria, BOD, COD, N, K, Cu, Zn. Wastewater treated on wetland systems can be used through irrigation without causing damage to corn yield.

KEYWORDS: sewer treatment, wastewater treatment, pig, corn, sorgum, plants nutrition, soils, drained water, drip irrigation.

3 INTRODUÇÃO

A suinocultura no Brasil é uma atividade, predominantemente, de pequenas propriedades rurais, sendo importante dos pontos de vista social, econômico e, especialmente, um instrumento de fixação do homem no campo. Cerca de 81,7% dos suínos são criados em unidades de até 100 hectares. Essa atividade se encontra presente em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades existentes no país, empregando mão-de-obra tipicamente familiar e constituindo uma importante fonte de renda e de estabilidade social (PALHARES, 1998; SETI, 2004).

Nos últimos anos ocorreu uma valorização da carne suína como conseqüência à modernização, o desenvolvimento de sistemas de alta produtividade e uma agroindústria competitiva nos cenários nacional e internacional. Os mercados atuais possuem consumidores que exigem não apenas preços competitivos, mas produtos de qualidade e oriundos de sistemas não poluidores do ambiente (EMBRAPA Comunicado Técnico 301).

A atividade é considerada pelos órgãos ambientais como uma "atividade potencialmente causadora de degradação ambiental", sendo enquadrada como de grande potencial poluidor. Pela Legislação Ambiental (Lei 9.605/98 - Lei de Crimes Ambientais), o produtor pode ser responsabilizado criminalmente por eventuais danos causados ao meio ambiente e à saúde dos homens e dos animais. Os dejetos suínos, até a década de 70, não constituíam fator preocupante, pois a concentração de animais era

pequena e o solo das propriedades tinha capacidade para retê-los ou eram utilizados como adubo orgânico. Porém, o desenvolvimento da suinocultura trouxe a produção de grandes quantidades de dejetos, que pela falta de tratamento adequado, se transformou na maior fonte poluidora dos mananciais de água (TAKITANE, 2001; SETI, 2004).

A quantidade dos dejetos, fezes e urina é determinada por alguns fatores que podem ser classificados em: zootécnicos (tamanho, sexo, raça e atividade do animal), ambientais (temperatura e umidade do ar) e dietéticos (digestibilidade, conteúdo de fibra e proteína).

Nos dejetos líquidos de suínos, o teor de matéria seca geralmente é baixo e a maior parte do nitrogênio encontra-se na forma amoniacal, passível de utilização pelas plantas, favorecendo assim, a sua reutilização como fertilizante podendo ser aplicado via fertirrigação (PERDOMO, 1998). Portanto, a preocupação com o grau de poluição ambiental devido à concentração de nutrientes disponíveis é causa de estudos que procuram à viabilização deste reuso.

O reuso de água refere-se a uma tecnologia desenvolvida, que depende da finalidade e de como foi usada anteriormente, porém sua conceituação refere-se ao momento em que o reuso será realizado. Apresenta várias classificações, sendo a adotada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), a de potável e não potável, devido à sua praticidade e facilidade (MANCUSO e SANTOS, 2003).

Uma das aplicações de reuso não potável é na agricultura. Esta depende de grandes suprimentos de água, cerca de 70% do consumo total no mundo. O reuso passa a ser importante fonte de suprimento para que a produção de alimentos possa ser mantida, pois o aumento da produção agrícola não pode ser mais efetuado pela simples expansão de terra cultivada, uma vez que a terra arável se aproxima muito rapidamente de seus limites de expansão. (HESPANHOL *apud* MANCUSO E SANTOS, 2003).

A escolha deste reuso aumentou significativamente durante as duas últimas décadas, devido a vários motivos, tais quais:

- Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação;
- Custo elevado de fertilizantes;

- A segurança de que os riscos de saúde pública e de impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas forem efetivamente tomadas;
- Os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para a descarga de efluentes em corpos receptores;
- A aceitação sócio-cultural da prática do reuso agrícola;
- O reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

Assim, a aplicação de esgoto no solo é uma forma efetiva de controle de poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica da região, além de trazer muitos benefícios econômicos, ambientais e de saúde pública.

Segundo Hespanhol apud Mancuso e Santos (2003), o uso de esgotos para a irrigação de culturas torna-se uma alternativa viável, pois além de possuir concentrações consideráveis de nutrientes, a aplicação de esgotos proporciona a adição de matéria orgânica, que age com um condicionador do solo, aumentando sua capacidade de reter água.

Os sistemas de alagados construídos, ao contrário dos alagados naturais, podem ser usados, deliberadamente como sistemas de tratamento de águas de reuso, sem que haja a constante preocupação com a performance e eficiência do processo, no sentido de minimizar os efeitos que as descargas de efluentes possam trazer ao ecossistema (WATSON, 1989). A hipótese de aliar o reuso de efluentes líquidos provenientes da produção de suínos, via irrigação, à produção agrícola das culturas do milho e do sorgo, pode ser considerada positivo quanto ao aspecto econômico do sistema produtivo e conservação do meio ambiente.

O objetivo principal deste trabalho foi o de avaliar a utilização dos resíduos líquidos, provenientes da produção de suínos na fase de reprodução, via água de irrigação para as culturas de milho e de sorgo, aplicando-se o método de irrigação localizada – por gotejamento, após serem tratados em sistemas de alagados construídos, visando à transformação da matéria orgânica em nutrientes, avaliando assim a interferência deste tipo de água residuária na produção agrícola destas culturas e no solo. Como conseqüência, verificar a possibilidade de redução da utilização de insumos convencionais na produção desses grãos.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Suinocultura

A suinocultura brasileira, a exemplo de outras cadeias produtivas do agronegócio, cresceu significativamente, nos últimos 14 anos. Esse crescimento é notado quando se analisam vários indicadores econômicos e sociais, como volume de exportações, participação no mercado mundial, número de empregos diretos e indiretos. A criação de suínos evoluiu na técnica e no modelo de coordenação das atividades entre fornecedores de insumos, produtores rurais, agroindústrias atacado, varejo e consumidores (GONÇALVES e PALMEIRA, 2006).

Estima-se que 730 mil pessoas dependam diretamente da suinocultura, sendo essa atividade responsável pela renda de mais de 2,7 milhões de pessoas (ROPPA, 2002). Essa atividade tem importância na fixação do homem no campo, pois é predominante em pequenas propriedades rurais, 81,7% dos animais são criados em unidades de até 100 ha, empregando mão de obra tipicamente familiar (OLIVEIRA et al. 1993).

Com sistema produtivo baseado na integração vertical com disponibilidade de insumos básicos para a produção, principalmente grãos como milho e soja, investimentos em tecnologia, a produção de suínos no Brasil apresenta custos inferiores aos demais países produtores. O custo de produção brasileiro é de US$ 0,63 kg^{-1},

enquanto que USA, França e Espanha, possuem custos US$ 0,99; 1,27 e 1,18, respectivamente (Batista, 2002 citado por (GONÇALVES e PALMEIRA, 2006).

A produção de carne suína brasileira vem crescendo acima da média dos demais países produtores. Em 1993 o Brasil produziu 1.250 toneladas – 2% da produção mundial e décimo segundo no ranking dos produtores. Em 2001 a produção brasileira foi de 2.230 mil toneladas – 2,5% da produção mundial e sexto no ranking. Em 2004 produziu 2.670 mil toneladas e era o quinto no ranking mundial (ANUALPEC, 2004).

Com toda essa evolução da suinocultura brasileira ao longo dos anos, os animais criados em regime de confinamento e os avanços zootécnicos no sistema de produção, apresentam características positivas do ponto de vista operacional e econômico, mas trazem a tona outras questões importantes como biosseguridade, bem estar animal e meio ambiente.

Na suinocultura ainda existem muitas questões ambientais que envolvem a propriedade que precisam ser equacionadas, pois essa atividade é altamente poluidora. Enquanto para o esgoto doméstico a DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxigênio) é cerca de 200mg L^{-1}, a DBO_5 dos dejetos de suínos oscila entre 30.000 e 52.000mg L^{-1}, 260 vezes superior (OLIVEIRA et al., 1993). Segundo Bley Jr. (2000), em termos de esgoto uma suinocultura com 1.000 animais em terminação estaria produzindo o equivalente a uma cidade de 4.000 habitantes, grandes projetos com 5.000 matrizes em ciclo completo, a uma cidade de 200.000 habitantes.

Dentro deste contexto, a criação intensiva de suínos tem causado grandes problemas ambientais em algumas regiões do Brasil. Isto se deve a alta concentração de matéria orgânica e nutriente nos dejetos de suínos, que quando não são corretamente manejados e tratados, podem causar grande impacto sobre a biota do solo e água. A produção e disposição destes dejetos em áreas onde não se tem uma demanda por nutrientes suficiente têm causado lixiviação e percolação de dejetos, apresentando em determinadas regiões altos índices de contaminação de recursos hídricos (KUNZ, 2006).

Busca-se implantar o conceito de gestão de dejetos, onde o custo médio mundial do mais simples tratamento que é o espalhamento de dejetos brutos nos solos para aproveitamento agrícola é de US$ 0,002 L^{-1}, sendo que uma granja de médio porte, com 100 matrizes em ciclo completo produz em média, 15.000 L dia^{-1} de dejetos

(Bley, 2000). O tratamento mais comum utilizado no mundo é o de acumulação dos dejetos para posterior disposição no solo como fertilizante. A capacidade de armazenamento está relacionada com a quantidade de área que o suinocultor deve disponibilizar para aplicar os dejetos, podendo ser áreas próprias ou de terceiros.

Os dejetos de suínos pela sua composição química são consagrados no mundo como insumos de alto valor. Recomenda-se que sejam aplicados 30.000 L de dejetos brutos por hectare, levando-se a esta área em termos de 4% matéria seca, 43kg de nitrogênio, 114kg de P_2O_5 e 80kg de potássio na forma de K_2O (BLEY, 2000).

4.1.1 Produção e meio ambiente

Segundo Bley (2000) há necessidade de serem desenvolvidas tecnologias ambientais específicas para a suinocultura. Quanto aos aspectos legais que envolvem as propriedades, o Código Florestal Brasileiro fornece as distâncias que as unidades produtoras devem estar das reservas legais, rios e outras coleções hídricas, sendo que novas unidades produtoras não poderão ser implantadas se não estiverem de acordo com as leis ambientais.

Quando se constata contaminação das águas subterrâneas por nitratos e fosfatos originada da deposição constante e prolongada de dejetos nos solos agrícolas, os produtores devem apresentar soluções para esse problema ambiental tão presente nos dias atuais. Na Holanda, produtores transportam dejetos por 200 km para outras regiões não produtoras de suínos e esse custo é subsidiado pelo governo. Na Alemanha, o monitoramento de nitrogênio e de fósforo no solo demonstra saturação, as granjas coletivas da parte oriental estão sendo privatizadas, como saída para ampliação dos plantéis. Em nenhum desses países é permitido a abertura de novas granjas.

4.1.2 Manejo e redução de dejetos

Em alguns países a produção de dejetos atingiu um nível insuportável e medidas restritivas de produção já estão sendo tomadas com o objetivo de reduzir as conseqüências prejudiciais desta atividade ao meio ambiente. Dentro deste cenário encontram-se os técnicos que cada vez mais deverão participar deste processo,

visando melhor utilização dos nutrientes oferecidos aos animais e formular dietas, baseados nos conhecimentos das exigências nutricionais dos animais nas diferentes fases de produção e também conhecendo melhor a qualidade nutricional dos ingredientes disponíveis para a alimentação dos suínos (PENZ JR. e COUTINHO, 2002).

As alternativas propostas pela EMBRAPA (2000) são importantes para que os nutricionistas de suínos possam reduzir o problema da poluição dos dejetos animais. A maioria delas promove, conjuntamente, melhoria no desempenho e qualidade das carcaças dos animais além de reduzir, em muitos casos, o custo de produção, estando trabalhando nos seguintes aspectos:

- Melhoria da eficiência alimentar e do aumento de produtividade por produtor estão diretamente relacionadas à redução da quantidade de dejetos produzidos;
- Conhecimento das exigências nutricionais dos suínos, concentrando-se no genótipo, no sexo e nos fatores que afetam o consumo de ração;
- Formular as dietas com maior precisão, buscando-se atendimento das exigências nutricionais e evitando-se o uso indiscriminado de “margens de segurança”;
- Reduzir o sal das dietas, de maneira a atender apenas os níveis exigidos de sódio. Formular para sódio e não fixar um valor para sal nas matrizes de exigências durante a formulação das dietas. Essa medida, além de reduzir a excreção de sódio, promove redução do consumo, excreção de água e volume de dejetos produzidos;
- Empregar o conceito de alimentação em múltiplas fases e sexos separados;
- Utilizar, dentro do possível, alimentos com nutrientes de alta digestibilidade;
- Evitar o uso de altos níveis de cobre e zinco como promotores de crescimento e no controle da diarréia;
- Aumentar o uso de fontes de minerais com maior disponibilidade, como quelatos orgânicos;
- Utilizar enzimas nas dietas, desde que apresentem resultados que comprovem a sua eficiência;
- Utilizar a técnica da restrição alimentar em suínos na fase de terminação.

4.1.3 Produção e características dos dejetos

O volume dos dejetos líquidos produzidos depende do manejo, tipo de bebedouro e do sistema de higienização adotado, freqüência e volume de água utilizada bem como do número e categoria de animais. Na Tabela 1 estão dispostos os dados referentes às características químico - físicas dos dejetos suinos produzidos em uma unidade de crescimento e terminação manejado em fossa de retenção. Na Tabela 2 estão dispostos os dados referente a exigência de água pelo suíno de acordo com a fase de produção e vazão mínima do bebedouro.

Tabela 1. Características químico - físicas dos dejetos (g L^{-1}) produzidos em uma unidade de crescimento e terminação manejado em fossa de retenção.

DBO_5	52,270
DQO	25,543
Sólidos totais	22,399
Sólidos voláteis	16,389
Sólidos fixos	6,010
Sólidos sedimentares	0,429
Nitrogênio total	2,374
Fósforo total	0,578
Potássio total	0,536

Fonte: Sobestiansky et al. 1998, Embrapa 1998.

Tabela 2. Exigência de água (L $animal^{-1}$ dia^{-1}) de acordo com a fase de produção e vazão mínima do bebedouro.

Fase Produtiva (kg)		Exigência		Fluxo
		Mínimo	Máximo	(L min^{-1})
Suíno	25 – 50	4,0	7,0	0,7
	50 - 100	5,0	10,0	1,0
Fêmeas	Lactação	20,0	35,0	2,0
	Gestação	15,0	23,0	1,0 - 2,0
Machos		10,0	15,0	1,0 - 2,0

Fonte: Embrapa 1998.

Embora os dejetos de suínos possam ser utilizados como fonte de energia e nutriente para outras espécies animais, considera-se mais adequado utilizá-los como fertilizante, pois melhoram as condições físicas, químicas e biológicas do solo, além de fornecer nutrientes essenciais às plantas. Seu emprego deve ser planejado em função das

características do solo, exigência das culturas, declividade, taxa e época de aplicação, formas e equipamentos de aplicação (PALHARES, 1998; PERDOMO 1998).

Os produtores, de uma forma geral, preferem os "adubos químicos", em face de menor necessidade de investimentos e maior facilidade de manejo quando comparado ao orgânico. Além disso, no caso dos dejetos, o grande volume produzido na granja, o relevo acidentado e a reduzida área para lavouras, dificultam o seu aproveitamento como adubo. O lançamento indiscriminado de dejetos não tratados em rios, lagos e no solo, no entanto, podem provocar doenças (verminoses, alergias, hepatite, hipertensão, câncer de estômago e esôfago). Além disso, trazem desconforto à população (proliferação de moscas, borrachudos, mau cheiro) e, ainda, a degradação do meio ambiente (morte de peixes e animais, toxicidade em plantas e eutrofização dos recursos de água). Constitui-se, dessa forma, um risco para a sustentabilidade e expansão da suinocultura como atividade econômica (SETI, 2004).

Em se tratando da suinocultura, verificamos que ela passou por profundas alterações tecnológicas nas últimas décadas, visando principalmente o aumento de produtividade e redução dos custos de produção. A produtividade, por animal e por área, aumentou consideravelmente, passando-se a produzir grandes quantidades de dejetos em pequenas extensões de terra. Simultaneamente, iniciaram-se os problemas com o mau cheiro, oriundo das criações, e com o destino dos efluentes (LOPES, 1997; TAKITANE, 2001). Segundo Konzen (1983), o suíno adulto produz em média 0,27 m³ de dejetos líquidos por mês.

4.1.4. Dejetos Líquidos.

Os dejetos líquidos de suínos mostraram ser uma ótima fonte de nitrogênio, já que apresentam mais de 50% do nitrogênio na forma amoniacal, ou seja, prontamente disponível para as plantas. Isso foi evidenciado por estudos efetuados por Scherer et al., (1984) com as culturas de milho e feijão em solos representativos da região oeste de Santa Catarina. Os resultados mostraram que a utilização de 40 m^3 de dejetos líquidos por hectare, como fonte exclusiva de N, proporcionou aumento médio de 22 sacos de milho por hectare em comparação ao tratamento sem nitrogênio. Os autores verificaram

uma equivalência em produção de grãos de milho entre a aplicação de 40 m^3 de dejetos suínos líquidos por hectare e 40 Kg de N-uréia por hectare. A aplicação de 40 m^3 de dejetos suínos foi à dose mais indicada para solos com médio teor de matéria orgânica. Também Konzen (1990) definiu uma dose semelhante de 45 m^3 de dejetos suínos por hectare como sendo a mais recomendável para alcançar uma melhor eficiência de produção de milho em solos de cerrado.

A quantidade total de dejetos líquidos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento ponderal dos animais, no caso dos suínos, os valores são decrescentes de 8,5 a 4,9% de seu peso vivo por dia, na faixa de 15 a 100 Kg (OLIVEIRA et al., 1993). Os mesmos autores citam que a produção média diária de dejetos líquidos para suínos na fase dos 25 a 100 Kg está na faixa de 7,00 litros por animal dia.

A caracterização dos dejetos de suínos e, conseqüentemente, dos dejetos líquidos, com relação à composição tratam-se de meios complexos com grande variedade de compostos no qual, praticamente, não há necessidade de suplementação de nutrientes ao desenvolvimento da biomassa celular. Nitrogênio, fósforo, carbono e enxofre, são os mais importantes, além dos micronutrientes (PALHARES, 1998).

Devido ao suplemento mineral oferecido aos animais, Takitane (2001) observa que, além dos macronutrientes essenciais, os dejetos suínos contêm ainda micronutrientes como Zn, Mn, Cu e Fe, em doses elevadas, os quais podem ser tóxicos às plantas. A autora evidencia que esse problema poderá ser evitado mediante a determinação da concentração dos principais nutrientes presentes nos dejetos e as exigências das culturas.

4.2 Sistema de Tratamento de Águas Servidas por Alagados Construídos.

A utilização de alagados construídos para tratamento de águas residuárias tem sido uma prática alternativa em diversos países, tais como: Itália, Espanha, Nova Zelândia, Brasil, Austrália, Malásia, Egito, Estados Unidos, Holanda e Alemanha (Tauk-Tornisielo, 1998), onde diversas experiências têm sido também conduzidas, no sentido de verificar a eficiência de sistemas combinados (fluxo horizontal e fluxo vertical; alagados e processos convencionais) para a melhoria da qualidade do efluente final.

Atualmente na Europa existem milhares de Estações de Tratamento de Águas residuárias em funcionamento, que utilizam a fitodepuração (VYMAZAL, 1998), sendo que em maior número na Alemanha, Dinamarca, Reino Unido, Austrália e Suíça, geralmente com tipologia de funcionamento a fluxo subsuperficial (SSF), seja horizontal seja vertical, ou a duplo estágio.

Na Itália, há pouco tempo se desenvolveu um crescente interesse na utilização destes sistemas de tratamento, como demonstram cerca de 50 novas estações de tratamento realizados nos últimos 3 anos, sobretudo nas regiões setentrional e central (MASI, 2000 apud BARBAGALLO, 2003).

Segundo Souza (1993) os sistemas naturais para tratamentos de esgotos são classificados como aqueles que fazem uso dos processos físicos, químicos e biológicos, provenientes da interação entre água, solo, planta, microrganismo e a atmosfera. Nestes sistemas ocorrem diversos processos de remoção de poluentes similares aos que ocorrem nos sistemas convencionais como, por exemplo, a sedimentação, a filtração, a transferência de gases, a adsorção, a precipitação química, e a degradação biológica, além de processos exclusivos como a fotossíntese, a fotoxidação e a assimilação de nutrientes por parte das plantas. Porém, ao contrário dos sistemas convencionais, em que os processos ocorrem seqüencialmente e com taxas aceleradas em razão da utilização de energia elétrica, nos sistemas naturais estes processos tendem a ocorrer simultaneamente e com taxas mais lentas.

Segundo Hussar (2001), normalmente os leitos cultivados são constituídos por uma ou mais unidades dispostas em série ou paralelo, normalmente escavados no solo e recobertos com material impermeável. Podem ser cultivados em monocultura, com uma espécie de macrófita emergente; ou ser cultivados com uma seleção de espécies.

Os Alagados Construídos são ecossistemas artificiais que, com diferentes tecnologias e plantas, utilizam os princípios básicos da qualidade da água dos alagados naturais. Um resumo dos sistemas de Alagados Construídos utilizando macrófitas foi feito por Brix, (1990), que podem ser classificados basicamente em três grupos: Alagados com Plantas Flutuantes, com Plantas Submersas e com Plantas Emergentes com fluxo superficial, com fluxo horizontal subsuperficial e com fluxo vertical, Figura 1.

As macrófitas aquáticas de maior interesse para uso em sistemas de purificação hídrica, podem ser classificadas em: **Macrófitas flutuantes**: que flutuam livremente sobre ou logo abaixo da superfície da água. Ex. *Lemna spp., Salvinia., Eichhornia crassipes* (aguapé); **Macrófitas emergentes**: que ficam enraizado em solos periodicamente inundado ou submerso, com a parte superior da planta exposta. Ex: *Phragmites* spp.(caniço), *Scirpus* spp.(junco), *Typha* spp.(taboa); **Macrófitas emergentes com folhas flutuantes**: que ficam enraizadas no leito e apresentam folhas flutuando na superfície da água. Ex: *Nymphaea spp* (lírio d'água), *Nuphar spp*; **Macrófitas submersas**: que crescem completamente submersas na água. Ex. *Elodea spp.; Potamogeton spp.; Hydrilla spp.; Egeria spp.*

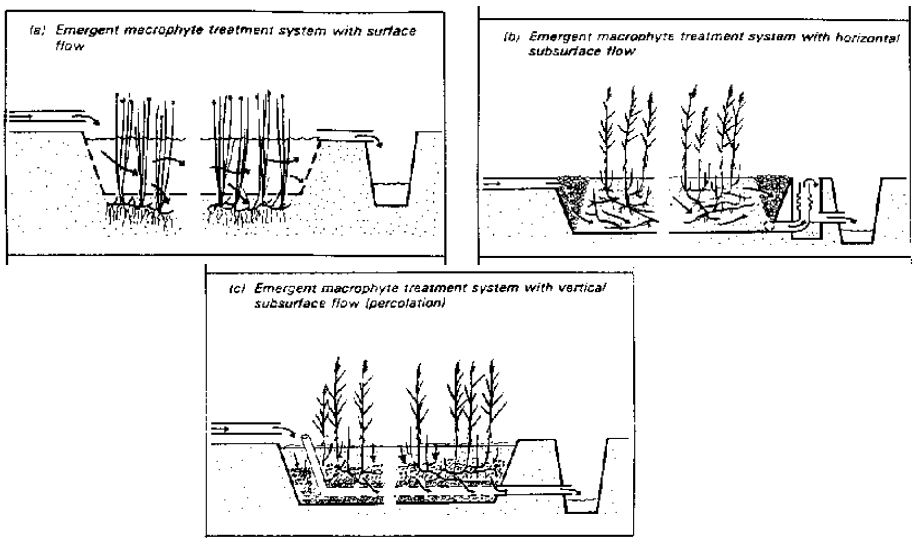

Figura 1. Representação esquemática de sistemas de tratamento de águas residuárias com macrófitas emergentes (BRIX, 1993).

A *Typha sp.* é uma macrófita conhecida pelo nome popular de: taboa, tabua, erva-de-esteira, pau-de-lagoa, dentre outros. Trata-se de uma planta herbácea perene que se desenvolve em brejos e áreas alagadas. Seu caule tem uma porção rizomatosa rastejante e outra ereta que transporta as folhas. As flores são de sexos separados e agrupados em densas inflorescências cilíndricos muito características, as masculinas ocupam a parte superior e a feminina a inferior. Seu fruto é minúsculo e seco, as sementes apresentam endosperma farináceo e altura variando de 2 a 3 metros (MAZZOLA, 2003).

Como os sistemas alagados construídos destinados à tratamento de águas residuárias são recentes e é pequeno o número de pesquisas em torno do assunto, não existe uma regra geral para a escolha da macrófita apropriada para um tratamento específico de um resíduo líquido, sendo aconselhável observar as espécies presentes nas proximidades de onde será instalado o tratamento e decidir qual a melhor espécie.

A alta produtividade destes ecossistemas alagados dominados por macrófitas aquáticas resulta em alta atividade microbiana e, portanto, em alta capacidade de decompor a matéria orgânica e outras substâncias.

Nos Alagados ("Wetlands"), a troca gasosa entre o sedimento e a atmosfera é muito reduzida (Brix, 1990) e como resultado, os sedimentos são anóxicos ou anaeróbicos, conforme cita Ponnamperuma (1972), o que determina baixas taxas de decomposição da matéria orgânica produzida, portanto acúmulo desta na superfície do sedimento. Este sedimento orgânico resultante tem alta capacidade de retenção de água e capacidade de troca catiônica muito alta. As camadas superficiais do sedimento, bem como as macrófitas emergentes, provem uma extensa área de superfície para o crescimento de microorganismos; dessa forma, os alagados têm alto potencial para acumular e transformar materiais orgânicos e nutrientes (REDDY et al., 1989).

O tratamento biológico do efluente está associado aos processos desempenhados pelos microorganismos que vivem ao redor das macrófitas e pela remoção de poluentes, diretamente por assimilação pelos tecidos da própria planta (Moorhead, 1990). A transferência de oxigênio pelas plantas, para a região da rizosfera, é um requisito importante para a remoção efetiva de alguns poluentes, pelos microorganismos (REDDY, 1989; GERSBERG, 1983).

Nos Alagados Construídos, após uma remoção mecânica preliminar de sólidos suspensos, aqueles remanescentes que adentram ao sistema, são removidos por sedimentação e filtração (processos físicos), sendo também removidos, em proporção significante, a DBO, nutrientes e patógenos.

Os compostos orgânicos solúveis são degradados, na maior parte, por bactérias fixadas às plantas e à superfície do sedimento, aerobicamente, embora a degradação anaerobia também ocorra e possa ser significante, em alguns casos. O oxigênio

necessário à decomposição aeróbica provém da atmosfera (difusão), da produção fotossintética e da liberação pelas raízes das macrófitas (REDDY, 1989).

Quando comparado aos sistemas de tratamento secundários convencionais, os alagados construídos apresentam vantagens quanto ao baixo custo de construção e, principalmente, de manutenção e baixa demanda de energia. Além disso, não requer atuação de pessoal especialmente treinado e são sistemas mais flexíveis e menos suscetíveis às variações de cargas de efluentes do que os sistemas de tratamento convencionais (BRIX, 1989).

4.3 Reuso de Água Via Irrigação.

A utilização da água de irrigação como veículo na aplicação fertilizantes orgânicos nas culturas é relativamente antiga. De acordo com registros na literatura, há centenas de anos o lançamento de esterco animal em canais de irrigação já era praticado. Na década de trinta, produtores da Califórnia passaram a utilizar sistemas de irrigação por aspersão para aplicar fertilizantes em pomares, marcando o início do uso da fertirrigação em sistemas de irrigação pressurizada (FOLEGATTI, 1999).

Uma teoria sobre o porquê da fertirrigação ter “o estado da arte na nutrição de vegetais” deve-se ao fato dos nutrientes poderem ser aplicados às plantas em dosagens e tempo apropriados para o estágio específico de crescimento das plantas (VILLAS BÔAS et al., 1999).

Considerando limitações do emprego de fertirrigação com águas residuárias, de modo algum assumem qualquer caráter proibitivo, uma vez que podem ser perfeitamente equacionadas através do mesmo manejo agrícola adequado e sempre necessário à irrigação com “águas convencionais”. Partindo do conhecimento detalhado das águas residuárias e das características do solo, encontrar o balanço necessário entre as taxas de aplicação e as culturas irrigadas, com especial atenção ao balanço do nitrogênio (BASTOS, 1999).

Segundo Mancuso e Santos (2003), medidas como conservar, aumentar a eficiência no consumo e reusar, adiam a escassez de água que se aproxima no futuro e podem trazer sustentabilidade ao crescimento populacional.

O reuso de água subentende uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ela tenha sido usada anteriormente. O que dificulta, entretanto, a conceituação precisa da expressão “reuso de água” é a definição do exato momento a partir do qual se admite que o reuso está sendo feito.

O reuso de água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não. De acordo com a ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (*apud* Mancuso e Santos, 2003), tem-se:

- *Reuso indireto*: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;
- *Reuso direto:* é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aqüíferos e água potável;
- *Reciclagem interna*: é o reuso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Esta mesma publicação, estabelece que, quando o reuso indireto decorre de descargas planejadas a montante, ou recargas planejadas no aqüífero subterrâneo, ele é designado reuso indireto intencional.

Lavrador filho (*apud* Mancuso e Santos, 2003), afirma que esse autor associa o reuso planejado à existência de um sistema de tratamento que não atenda às exigências ambientais, mas também aos padrões de qualidade requeridos pelo reuso da água. Além disso, os termos “planejado” e “não planejado” referem-se ao fato do reuso ser resultante de uma ação consciente, subseqüente à descarga do efluente, ou do reuso ser apenas um subproduto não intencional dessa descarga.

O termo reciclagem é definido como reuso interno da água para o uso original, antes de sua descarga em um sistema de tratamento ou outro ponto qualquer de disposição. Por outro lado, o termo reuso é utilizado para designar descargas de efluentes que são subseqüentemente utilizados por outros usuários, diferentes do original.

Nessas condições, o reuso planejado direto da água para fins potáveis pode ser classificado como reciclagem, desde que os efluentes tratados sejam utilizados novamente pela mesma entidade que os produziu, em um circuito fechado.

Lavrador Filho (2003), sugere a seguinte terminologia para efeito de uniformização de linguagem:

- *Reuso de água*: é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas.
- *Reuso indireto não planejado de água*: ocorre quando a água, já utilizada uma ou mais vezes em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Nesse caso, o reuso da água é um subproduto não intencional da descarga de montante. Após sua descarga no meio ambiente, o efluente será diluído e sujeito aos processos como autodepuração, sedimentação, entre outros, além de eventuais misturas com outros despejos advindos de diferentes atividades humanas.
- *Reuso planejado de água:* ocorre quando o reuso é resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. O reuso planejado das águas pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água. O reuso planejado também pode ser denominado “reuso intencional da água”.
- *Reuso indireto planejado de água*: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos d’água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico.

O reuso indireto planejado da água pressupõe que, além do contexto feito a montante, na descarga, e de jusante, na captação, exista também um controle das eventuais novas descargas de efluentes nesse percurso. Isso se dá para garantir que, além das ações naturais do ciclo hidrológico, o efluente tratado esteja sujeito apenas a eventuais misturas com outros efluentes lançados no corpo de água, os quais também atendam aos requisitos de qualidade do reuso objetivado.

Nesse caso, a descarga do efluente tratado no meio ambiente pode se dar para melhoria de sua qualidade, para armazenamento, para uma modulação de vazões ou até mesmo por motivos psicológicos do usuário localizado a jusante.

- *Reuso direto planejado de água*: ocorre quando os efluentes, após devidamente tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso. Assim, sofrem em seu percurso os tratamentos adicionais e armazenamentos necessários, mas não são em momento algum descarregados no meio ambiente.
- *Reciclagem de água*: é o reuso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição, para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original. É um caso particular do reuso direto.

Westerhoff (*apud* Mancuso e Santos, 2003) classifica reuso de água em duas grandes categorias: potável e não potável. Por sua praticidade e facilidade, essa classificação, que é apresentada a seguir foi adotada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), seção São Paulo, tendo sido amplamente divulgada em sua série “Cadernos de Engenharia Sanitária e Ambiental” em 1992. Pelas mesmas razões, será utilizada nesta obra.

- *Reuso potável direto*: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- *Reuso potável indireto*: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação e subseqüente captação, tratamento e finalmente como água potável.
- *Reuso não potável para fins agrícolas*: embora, quando se pratica essa modalidade de reuso, via de regra haja, como subproduto, recarga do lençol subterrâneo, o objetivo principal dela é a irrigação de plantas alimentícias, tais quais árvore frutíferas, cereais etc., e plantas não alimentícias, tais como pastagens e forrações, além de ser aplicável para suprir bebedouros de animais.
- *Reuso não potável para fins industriais*: abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para utilização em caldeiras etc.
- *Reuso não potável para fins recreacionais*: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e também para enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais, etc.

- *Reuso não potável para fins domésticos*: são considerados aqui os casos de reuso de água para regra de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.
- *Reuso para manutenção de vazões*: a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando a uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carreadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.
- *Aqüicultura*: consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando à obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados.
- *Recarga de aqüíferos subterrâneos*: é a recarga dos aqüíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de forma direta, pela injeção sob pressão, ou de forma indireta, utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

Segundo Hespanhol (*apud* Mancuso e Santos, 2003), face às grandes vazões envolvidas, chegando a até 80% do uso consultivo, em alguns países, especial atenção deve ser atribuída ao reuso para fins agrícolas. A agricultura depende, atualmente, de suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida, sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada de recursos hídricos convencionais. Esta condição crítica é fundamentada no fato de que o aumento da produção, não pode mais ser efetuado por mera expansão de terra cultivada. Com poucas exceções, tais como áreas significativas do nordeste brasileiro, que vem sendo recuperadas para uso agrícola, a terra arável, a nível mundial, se aproxima muito rapidamente de seus limites de expansão.

A escolha do reuso aumentou significativamente durante as duas últimas décadas, devido a vários motivos, tais quais:

- Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação;
- Custo elevado de fertilizantes;
- A segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas;

- Os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para a descarga de efluentes em corpos receptores;
- A aceitação sócio-cultural da prática do reuso agrícola;
- O reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

Assim, a aplicação de esgoto no solo é uma forma efetiva de controle de poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica da região, além de trazer muitos benefícios econômicos, ambientais e de saúde pública.

Benefícios são obtidos graças ao aumento de área cultivada e ao aumento da produtividade agrícola, os quais são mais significativos em áreas onde se depende apenas de irrigação natural, proporcionada pelas águas das chuvas. O aumento da produtividade não é, entretanto, o único benefício, uma vez que se torna possível ampliar a área irrigada e, quando as condições climáticas permitem, efetuar colheitas múltiplas praticamente ao longo de todo ano.

Sistemas de reuso adequadamente planejados e administrados trazem melhorias ambientais e de condições de saúde, entre as quais:

- Evita a descargas de esgotos em corpos de água.
- Preserva recursos subterrâneos, principalmente em áreas onde a utilização excessiva de aqüíferos provoca a intrusão de cunha salina ou subsidência de terrenos.
- Permite a conservação do solo, através da acumulação de “húmus” e aumenta a resistência à erosão.
- Contribui, principalmente para os países em desenvolvimento, para o aumento da produção de alimentos, elevando, assim os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações associadas aos esquemas de reuso.

Alguns efeitos prejudiciais podem ocorrer em associação com o uso de esgotos na irrigação, como por exemplo, a poluição, por nitratos de aqüíferos subterrâneos, utilizados para abastecimento de água. Isso ocorre quando uma camada insaturada, altamente porosa se situa sobre o aqüífero, permitindo a percolação de nitratos. Entretanto, ocorrendo uma camada profunda e homogênea, capaz de reter nitratos, a

possibilidade de contaminação é muito pequena. A assimilação de nitrogênio pelas culturas, reduz a possibilidade de contaminação por nitrato, mas isso depende das taxas de assimilação pelas plantas e das taxas de aplicação de esgotos no solo.

O acúmulo de contaminantes químicos no solo é outro fator negativo que pode ocorrer. Dependendo das características dos esgotos, a prática da irrigação por longos períodos, pode levar à acumulação de compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos, e ao aumento significativo de salinidade, em camadas insaturadas. Para evitar essa possibilidade, a irrigação deve ser efetuada com esgotos de origem predominante doméstica. A necessidade de um sistema adequado de drenagem deve ser também considerada, visando minimizar o processo de salinização de solos irrigados com esgotos. Da mesma maneira, a aplicação de esgotos por períodos muito longos, pode levar à criação de *habitats*, propícios à proliferação de vetores transmissores de doenças. Nesse caso, devem ser empregadas técnicas integradas de controle de vetores, para proteger os grupos de riscos correspondentes.

Segundo HESPANHOL (*apud* Mancuso e Santos, 2003) estudos efetuados em diversos paises demonstram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em sistemas de irrigação com esgotos adequadamente ministrados, tornando-se uma alternativa viável, pois essa aplicação de nutrientes reduz substancialmente, ou mesmo elimina a necessidade do emprego de fertilizantes comerciais. Além de possuir concentrações consideráveis de nutrientes, a aplicação de esgotos proporciona a adição de matéria orgânica, que age com um condicionador do solo, aumentando sua capacidade de reter água.

Cada quilo ou litro de dejetos suínos não aproveitados representa um prejuízo tanto para o ambiente quanto para o produtor, o qual poderia utilizá-lo na produção agrícola, eventualmente diminuindo o próprio custo de produção de suínos, através da produção de milho para a suinocultura (Takitane, 2001).

4.4 Irrigação Localizada

Este método de irrigação compreende sistemas nos quais a água é aplicada ao solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades, porem

com alta freqüência de aplicação, de modo que mantenha a umidade do solo na zona radicular próxima a capacidade de campo (BERNARDO et al, 2005).

A escolha do método de irrigação está associada a vários aspectos, sendo mais importantes, a disponibilidade de água, o clima, a textura e a topografia do solo, bem como a disponibilidade de mão-de-obra (COELHO et al, 2000).

Atualmente a irrigação localizada deixou de focalizar exclusivamente a aplicação eficiente de água, mas leva em consideração a nutrição completa e alguns tratamentos fitossanitários da planta através da irrigação (FOLEGATTI, 1999). O mesmo autor sugere que a economia de água e de fertilizantes está fundamentalmente ligada à capacidade de controle e da uniformidade de aplicação, os quais terminam possibilitando ganhos de produtividade qualidade e padronização dos produtos, aumentando a eficiência energética e a rentabilidade das atividades agrícolas. Ramos & Mantovani (1994) evidenciam o baixo consumo de energia elétrica; possibilidade de funcionamento 24 horas dia^{-1}; menor desenvolvimento de ervas daninhas entre linhas de plantio; possibilidade de uso de águas salinas e facilidade de automação.

Ramos & Mantovani (1994), Zanini et al. (1998) e Lopes (2002), citam que as irrigações localizadas possuem limitações a serem consideradas e identificadas, como sendo: alto investimento inicial; facilidade de entupimento; altamente exigente em qualidade físico química da água necessitando de sistema de filtragem altamente eficiente; suscetibilidade dos componentes a roubos danificações casuais ou por vandalismo; pode provocar interferências a locomoção de máquinas e na realização de colheitas; a maioria dos componentes do sistema não possui valor de revenda, devendo-se prever utilização exclusiva para o projeto.

4.4.1 Águas Residuárias Via Irrigação Localizada por Gotejamento

Taylor et al. (1995) & Cunha et al. (2006) caracterizam que o grande problema associado à utilização de águas residuárias em sistemas de irrigação localizada consiste na modificação da vazão pelo entupimento parcial ou total dos gotejadores e como esta afeta a uniformidade de distribuição de água. A formação de depósitos gelatinosos, resultantes da interação entre partículas orgânicas e inorgânicas, algas e zooplâncton, tem sido o fator central no processo de entupimento de gotejadores

utilizados na aplicação de esgotos sanitários de reservatórios superficiais. Estudos realizados por Taylor *et al.* (1995) evidenciaram que as interações entre fatores físicos, químicos e biológicos foram responsáveis por 90% do entupimento de gotejadores.

Adin & Sacks (1991) citado por Santos et al (2003) estudando as causas de entupimento em três emissores do tipo gotejador, utilizando águas residuárias, concluíram que: (1) o entupimento é causado principalmente pelos sólidos em suspensão; no entanto, o processo de entupimento é iniciado por material orgânico; (2) o grau de entupimento é mais afetado pelo tamanho das partículas sólidas, que por sua densidade na água; (3) o armazenamento de sedimentos nos emissores inicia-se com a deposição de lodos amorfos aos quais outras partículas se aderem; (4) a composição química do sedimento no emissor modifica-se com a estação do ano; (5) o potencial de entupimento pode diminuir através de modificações na configuração interna do emissor e por um tratamento químico da água, com oxidante e floculantes. Os filtros de areia têm papel importante na prevenção do entupimento, em virtude de promover a remoção de partículas com diferentes formas, porém medidas adicionais para a redução do entupimento devem ser tomadas, tais como: eficiente retrolavagem dos filtros, limpeza periódica das linhas e instalação de longas laterais, quando a topografia permitir.

Gilbert et al. (1979), analisaram oito tipos de emissores para diferentes tratamentos de água, incluindo filtragem com filtros de tela e de areia com adição de hipoclorito. Cinco dos oito emissores requereram filtros de tela (200 mesh) e de areia, mais tratamento químico para prevenir entupimento físico e manter vazões superiores a 70% da vazão de projeto e continuaram a operar com vazões superiores a 80% da vazão de projeto apenas com filtro de tela (50 mesh).

A considerar limitações no emprego de águas residuárias via irrigação localizada por gotejamento, entende-se que o ponto de partida está no conhecimento detalhado da água residuária. Assume assim, a identificação de suas características químicas e físicas e encontra-se o balanço necessário entre a taxa a ser aplicada e a cultura irrigada.

4.5 Milho

O milho (*Zea mays* L.) é originário da América Central e hoje é cultivado em todas as regiões temperadas e tropicais. Existem muitos tipos de milho adaptados a um amplo espectro de condições de clima e de cultivo. Ele é cultivado em épocas nas quais a temperatura média é superior a 15° C. Quando as temperaturas médias diárias durante o ciclo são maiores que 20º C, as variedades precoces atingem a maturação entre 80 e 110 dias e as variedades tardias entre 110 e 140 dias. Com respeito ao fotoperíodo, o milho é considerado como planta neutra ou de dias curtos. Seu desenvolvimento é, porém, muito afetado pela quantidade de radiação solar, e as maiores produtividades são obtidas em condições de alta radiação (REICHARDT, 1990).

O sistema radicular é fasciculado e sua camada é determinada geneticamente. De maneira geral, cerca de 60% do sistema se encontra na camada superficial de 0-30cm e que a camada média máxima é de 1m, podendo, às vezes, atingir 1,5m (REICHARDT, 1990).

A produção de grãos remove grande quantidade de nutrientes, principalmente nitrogênio, sendo necessária a sua complementação para elevadas produtividades. Depois do nitrogênio, o potássio é o nutriente absorvido em maior quantidade, sendo de 20% a 30% do total exportado pelos grãos (COELHO E FRANÇA, 1995).

A extração e a exportação de nutrientes pelas culturas acontecem de maneira distinta para cada nutriente. A quantia de nutrientes removida pelas colheitas através dos grãos, não retorna ao solo, apenas os restos culturais reciclam nutrientes contidos na palhada, por isso a reposição para suprir a necessidade do próximo cultivo é uma medida bastante sensata para a obtenção do resultado positivo da lavoura. O Quadro1 mostra as quantidades de nutrientes extraídas pela planta e exportadas pelos grãos, respectivamente, para a cultura do milho, por tonelada de grão produzido (BULL, 1993).

Dentre os nutrientes, a importância do nitrogênio e do potássio sobressai quando o sistema de produção agrícola passa de extrativa, com baixas produções por unidade de área, para uma agricultura intensiva e tecnificada, com o uso de irrigação. Em condições de baixa produtividade, em que as exigências nutricionais são menores, mesmo uma modesta contribuição do nitrogênio e do potássio suprida pelo solo pode ser suficiente para eliminar o efeito da adubação com estes nutrientes.

Os teores foliares de macro e de micronutrientes considerados adequados para culturas produtivas de milho são apresentados no Quadro 2 adaptado de (MARTINEZ et al., 1999).

Quadro 1. Extração e exportação de nutrientes pela cultura do milho:

Partes	Quantidade de Nutrientes											
da	kg ha^{-1}						g ha^{-1}					
Planta	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Grãos	17,2	3,4	4,3	1,0	1,2	1,3	16,1	6,6	2,2	22,0	4,4	0,7
Restos culturais	3,7	0,9	17,2	3,4	3,6	1,0	215,8	30,8	9,9	22,0	14,3	0,3
TOTAL	20,9	4,3	21,5	4,4	4,8	2,3	231,9	37,4	12,1	44,0	18,7	1,0

Fonte: Bull, 1993.

Quadro 2. Valores de referência dos teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do milho.

Macronutrientes	Teor (g kg^{-1})	Micronutrientes	Teor (mg kg^{-1})
Nitrogênio	27,5-32,5	Boro	4-20
Fósforo	2,5-3,5	Cobre	6-20
Potássio	17,5-22,5	Ferro	20-250
Cálcio	2,5-4,0	Manganês	20-150
Magnésio	2,5-4,0	Molibidênio	0,20
Enxofre	1,0-2,0	Zinco	20-70

Adapatado de Martinez et al. (1999)

4.6 Sorgo

Planta anual pertencente à família Gramíneae, de ciclo de verão, de porte ereto, apresentando maior resistência à seca que o milho. Possui ciclo do plantio à colheita de 100 a 120 dias (híbridos precoces) e grãos de constituição química semelhante a do milho. Pode ser utilizado em complementação com o milho em rações de aves, bovinos, e suínos (SAWAZAKI, 1998).

O espaçamento para cultivo de sorgo granífero é indicado por Raij et al. (1997) como sendo de 50 a 70cm entre linhas com 10 plantas por metro linear. O espaçamento de 50cm entre linhas permite um melhor controle de erosão e um melhor controle de plantas daninhas pelo rápido sombreamento do solo. Já o espaçamento de 70 cm entre linhas permite uma maior facilidade de controle mecânico de plantas daninhas, e é

indicado para cultivares de porte alto, solos mais férteis ou períodos onde possa haver escassez de água.

Apesar de sua rusticidade da planta do sorgo, a adequada adubação é fundamental para garantir bons rendimentos e o não empobrecimento do solo. Quanto aos micronutrientes, as deficiências de boro e zinco são as mais comuns, sendo sugerido nesses casos o fornecimento desses nutrientes (SFREDO et al.,1984), junto da adubação de plantio. Segundo Ritchey et al., (1986), o sorgo apresentou incrementos em produtividade após a aplicação de zinco ao solo com incrementos na produtividade.

No Quadro 3 estão representadas as quantidades de nutrientes extraídas pela planta e exportadas pelos grãos, respectivamente, para a cultura do sorgo.

Quadro 3. Extração média de nutrientes em kg ha^{-1} pela cultura do sorgo em diferentes níveis de produção.

Matéria seca total kg ha^{-1}	Grãos %	Nutrientes extraídos kg ha^{-1}				
		N	P	K	Ca	Mg
7820	37	93	13	99	22	8
9950	18	137	21	113	27	28
12540	16	214	26	140	34	26
16580	18	198	43	227	50	27

Fonte: Pitta et al. (2001), Fribourg et al. (1976).

Os teores foliares de macro e micronutrientes considerados adequados para culturas produtivas de sorgo são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4. Valores de referência dos teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do sorgo.

Macronutrientes	Teor (g kg^{-1})	Micronutrientes	Teor (mg kg^{-1})
Nitrogênio	23,1-29,0	Boro	20
Fósforo	4,4	Cobre	10-30
Potássio	13,0-30,0	Ferro	68-84
Cálcio	2,1-8,6	Manganês	34-72
Magnésio	2,6-3,8	Molibdênio	-
Enxofre	1,6-6,0	Zinco	12-22

Fonte: Martinez et al. (1999).

5 MATERIAL E METODOS

5.1 Área experimental

O sistema de tratamento das águas residuárias oriundas da suinocultura pelo método de alagados construídos e o experimento foram locados e desenvolvidos no Setor de Suinocultura, Fazenda Experimental Lageado, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP, Município de Botucatu, SP, Brasil (fotos da área experimental no Apendice), a altitude em torno de 756m, coordenadas geográficas de 22°51’16” S e 48° 25’ 31” WGr, em solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, textura média/argilosa, relevo plano a suavemente ondulado (CARVALHO et al., 2001; EMBRAPA, 1999).

Durante o período de julho de 2004 a dezembro de 2005 realizaram-se a locação e implantação do sistema de alagados construídos, adaptações físicas e estruturais no sistema, adaptação e desenvolvimento da cultura macrófita taboa (*Typha sp.*); testes, adequação e estabilização do fluxo da água servida.

Durante o período de janeiro a agosto de 2006 Procedeu-se o preparo e coleta de amostras do solo, aração, gradagem e calagem na área destinada as culturas do milho e do sorgo; instalação da rede e distribuição de energia elétrica; instalação da distribuição de água potável para irrigação; implantação do sistema de

irrigação localizada por gotejamento; semeadura, condução e tratos culturais nas culturas do milho e do sorgo; coleta de dados.

5.2 Sistema de alagados construídos

5.2.1 Sistema de produção do dejeto líquido

Os dejetos foram obtidos no galpão de reprodução do setor de suinocultura (FMVZ - Unesp de Botucatu), onde 36 suínos mestiços (Large White x Landrace) foram arraçoados (alimentados) 2 vezes ao dia. A limpeza do galpão era realizada uma vez ao dia no período da manhã, as baias eram raspadas, os dejetos sólidos direcionados as canaletas e depois lavadas com água.

O sistema de alagados construídos foi dimensionado para atender ao Setor de suinocultura, com objetivo de conhecer a funcionalidade do sistema com carga concentrada de dejetos líquidos; obter informações a respeito da utilização do sistema do alagado nº 2 sem a presença de vegetação agindo preferencialmente como agente filtrante de partículas sólidas, comportamento e observação da redução de coliformes fecais e totais, entre outras finalidades referentes aos nutrientes, dos quais sirvam de parâmetros para este e outros estudos.

O galpão destinado ao confinamento dos suínos apresenta uma área construída de aproximadamente 500m^2, considerando-se a saída coletora de dejetos no decantador, como sendo a única e interligada com uma rede de coletores distribuídos nas baias. As características dos pisos das baias podem ser consideradas como totalmente vedadas e, a densidade de drenagem, a declividade impõe um regime de escoamento superficial direto ao ralo sem a possibilidade de infiltração no solo. A área construída é coberta por telhas de cimento-amianto e suas laterais são abertas delimitadas por muretas de alvenaria que possuem em média 1m de altura ao longo de seu comprimento. A mesma observação serve para a divisória de baias.

A base nutricional dos animais é oferecida por meio de ração balanceada a base de milho mais premix lançados ao chão. A água potável bebida é proveniente de abastecimento urbano e oferecida livremente por sistemas de bebedouros do tipo chupeta, de metal, embutidos à parede.

O decantador de dejetos sólidos possui capacidade de volume de 10m³, porém, a tubulação de saída esta locada na metade da altura deste reservatório, totalizando volume útil de 5m³. A tubulação de saída e em todo o seu percurso até o sistema de alagados construídos é de PVC branco, tipo esgoto, com 65m de comprimento passando por duas caixas de inspeção enterradas e chegando a uma caixa de inspeção à vista na superfície do solo, vedada com tampa de concreto. Há uma diferença de nível de 3,8m entre a entrada deste tubo no decantador e sua saída na caixa. A caixa de inspeção de fácil acesso recebe o afluente e distribui para as duas caixas de fibrocimeto com capacidade de 1m³ cada, ambas dispostas na linha de fluxo. Todos esses componentes contribuem para uma maior agilidade na separação do dejeto sólido, acesso fácil para coleta de amostras, tendo em vista que os elementos químicos e de interesse neste trabalho encontram-se na fase líquida do afluente.

5.3 Captação do dejeto líquido

Os dejetos oriundos das condições de manutenção diárias desses 36 animais foram conduzidos por gravidade por redes coletoras de PVC em um tanque de decantação construído em alvenaria, com capacidade de armazenamento de 5m³, que pode ser considerado como um tratamento preliminar do material recebido com a retenção do material sólido (BREDA, 2003). Posteriormente, conduzidos por rede coletora de PVC de DN 100, por gravidade, até uma caixa de inspeção que desviava por rede coletora de PVC de DN 100 para uma bateria de duas caixas de fibrocimento sem amianto com capacidade 1m³ cada. Com este desvio os dejetos deixaram de ser lançados *in natura* com rede de drenagem coletora daquela área, a Micro-Bacia do Ribeirão Lavapés.

Duas caixas de fibrocimento com capacidade de 1m³ cada, interligadas foram instaladas com o objetivo, meramente, de inspeção do afluente, reforço na decantação do dejeto sólido remanescente, redutor na velocidade do fluxo do efluente e, para coleta de amostragem *in natura*.

Após a segunda caixa de fibrocimento, o dejeto líquido foi depositado no alagado construído de fluxo vertical nº 1, esse contendo plantas macrófitas emergentes taboa (*Typha* spp.). Por um sistema de drenagem a água residual foi conduzida

por gravidade via rede coletora de PVC de DN 100 e despejado no segundo alagado construído de fluxo horizontal de sub-superfície nº 2, este isento de vegetação. Por meio de um sistema de drenagem sub-superficial, a água residual desse segundo alagado foi conduzida por gravidade e com a rede coletora de PVC de DN 100 para ser despejado em um reservatório com a finalidade de armazenar e conseqüentemente, de ser captado para destinar a água residuária via irrigação.

Todo o volume de água destinado ao galpão de animais utilizados durante o período deste experimento foi monitorado e controlado por hidrômetro de velocidade (tipo turbina).

Observa-se na Figura 2 um esquema ilustrativo da área do experimento com a indicação do caminhamento do afluente.

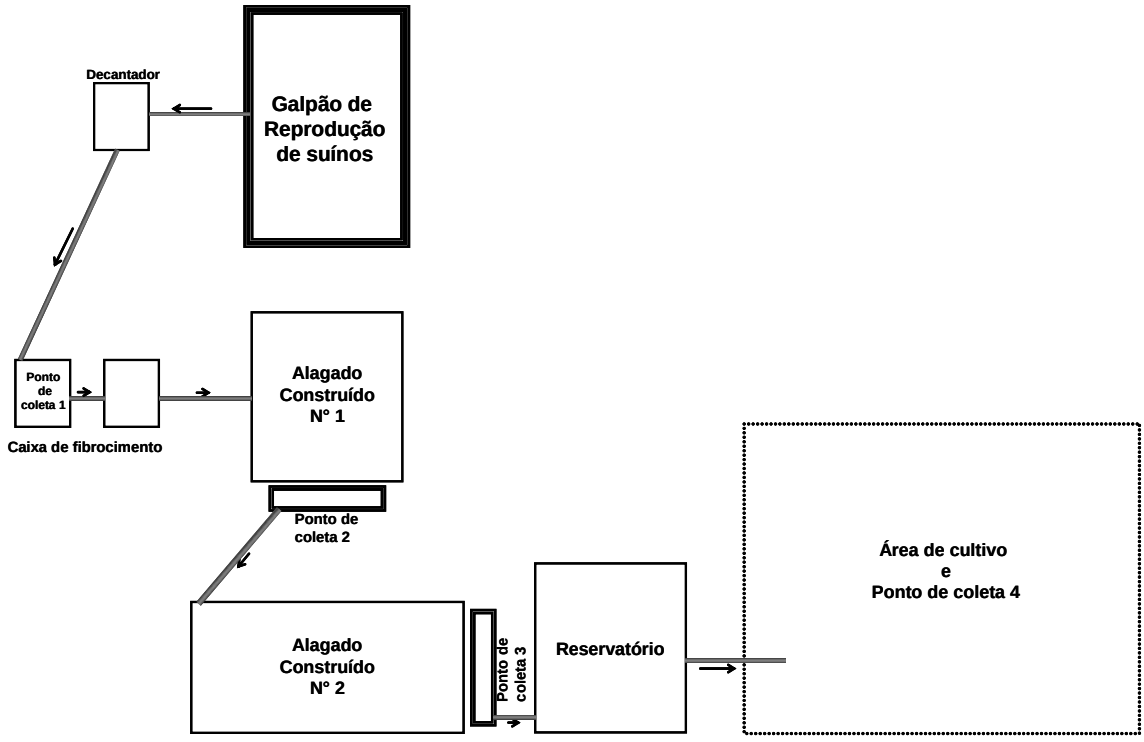

Figura 2. Esquema da área experimental com as instalações.

Em locais específicos foram instalados três hidrômetros. O primeiro foi localizado na tubulação principal destinada ao abastecimento do galpão, sendo esse com a finalidade de controle geral do volume de água fornecido aos reservatórios, torneiras e

bebedouros. O segundo foi instalado na rede de distribuição de água potável destinada apenas aos bebedouros individuais. O terceiro e último foi instalado na tubulação destinada ao bebedouro coletivo, destinado às fêmeas confinadas em baias com fins de inseminação artificial. Todo esse monitoramento e controle foram necessários para, estimar a diluição ocorrida no manejo do dejeto.

O volume médio de água obtido do hidrômetro localizado na tubulação principal, destinada ao abastecimento do galpão foi de aproximadamente 2,8 m^3 dia^{-1}, do hidrômetro instalado na rede de distribuição de água potável destinada aos bebedouros individuais foi de 0,4 m^3 dia^{-1}, do hidrômetro instalado na tubulação destinada ao bebedouro coletivo para as fêmeas confinadas em baias foi de 1,7 m^3 dia^{-1} Figura 3 e 4.

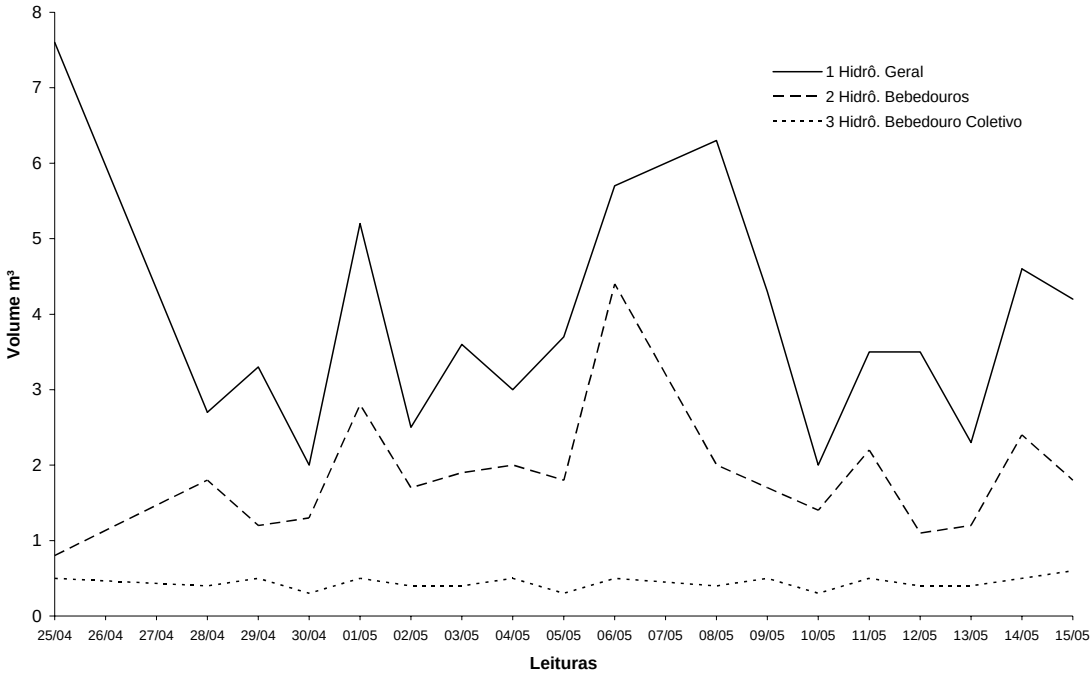

Figura 3. Consumo médio de água diário observado em m^3 para uma granja com 36 animais, fase reprodução sendo: 1- consumo total, 2 – consumo nos bebedouros, 3- consumo

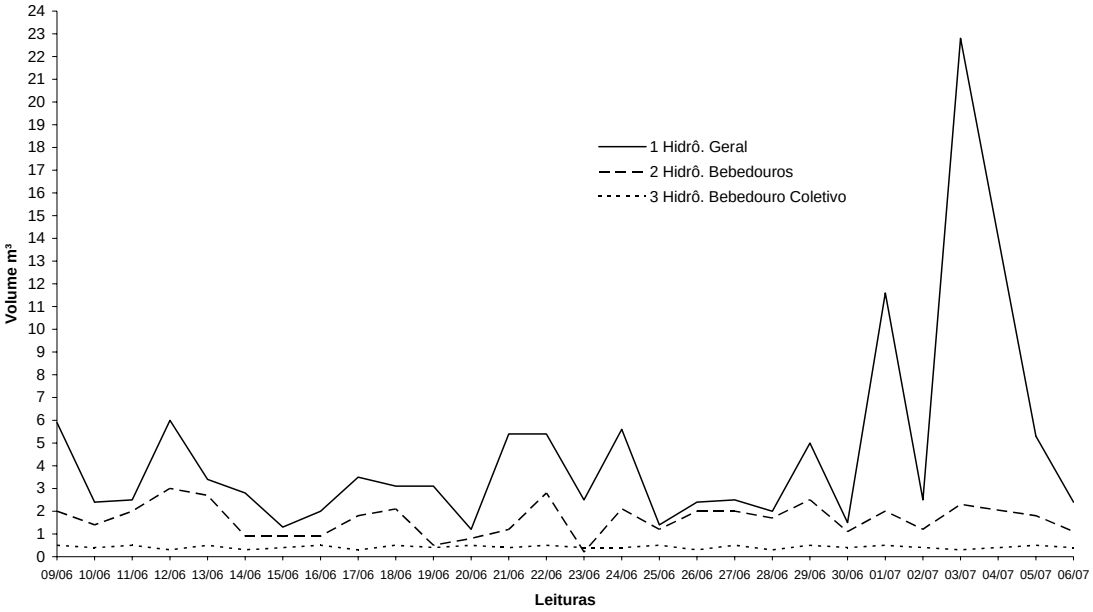

Figura 4. Consumo médio de água diário observado em m³ para uma granja com 36 animais, fase reprodução sendo: 1- consumo total, 2 – consumo nos bebedouros, 3- consumo no bebedouro coletivo.

5.3.1 Sistema de alagado construído Nº 1

O afluente residual da segunda caixa de fibrocimento foi encaminhado ao alagado construído nº 1, que corroborou tratamento com plantas emergentes *Typha* spp. (taboa) com fluxo vertical subsuperficial, impermeabilizado com manta, modelo Vinimanta VMP55ML da empresa Sansuy S.A. Indústria de plásticos, espessura 1,0mm cor branca – S077/preto S002, formado por camadas superpostas de britas, pedriscos e areia grossa lavada, cultivada.

Adotou-se uma altura de 1,20m, com taludes de 45º, sendo as camadas de baixo para cima compostas de 0,15m de pedra britada nº 3, 0,20m de pedra britada de construção civil nº 1, 0,15m de pedrisco britado e 0,30m de areia grossa de rio lavada, sobrando uma altura de 0,40m.

O nível de água residuária no interior do sistema era mantido com o auxilio de um regulador de volume modelo artesanal confeccionado em PVC DN

(diâmetro nominal) 100, tipo cachimbo, este, era passível de ajuste da altura do fluido retido no alagado por meio de rotação de 0º na posição vertical à 90º na posição horizontal, acoplado ao orifício de esgotamento do reservatório conforme a necessidade de maturação da vazão. (Figura 5).

O alagado foi projetado com 3m de largura e 3m de comprimento fixado a partir da base inferior a 0,60m de altura, exatamente na metade da altura total definida como sendo de 1,20m, devido à angulação de 45° das paredes laterais, assim, a base inferior do alagado ficou com 1,80m de largura e, 1,80m de comprimento, conseqüentemente, na superfície as dimensões foram de 4,20m de largura e 4,20m de comprimento.

A drenagem destinada ao esgotamento do alagado se deu com uso de Tubo Dreno bobinado de DN 100 para drenagem subterrânea, cor amarelo, instalado junto ao fundo do reservatório, assumindo o formato de garfo (ψ), ou seja, três tubos com 1,40m de comprimento cada, interligados a uma única a saída de escoamento, e esta, acoplada ao orifício de saída do sistema respeitando 1% de declividade para o sentido de escoamento do fluido. A cada um desses três tubos Dreno em suas extremidades fora acoplado acessórios tipo Cap Esgoto com bolsa lisa DN 100, em cada um destes foram acoplados um adaptador interno ½" para mangueira, a estes inseridas mangueiras de polietileno com diâmetro de 12,7mm direcionadas a superfície externa do sistema com intuito de servirem como forma de respiro para favorecer a infiltração e conseqüentemente, a movimentação de fluidos no interior do alagado construído.

Para adequar o sistema de esgotamento à coleta de amostras e facilitar o manuseio do regulador de volume, tipo cachimbo, do alagado construído nº 1, foi construído um sangradouro (extravasor), com tampa em chapa de aço zincado, confeccionado em alvenaria, com parede reforçada (tijolo e meio), uma estrutura com 2,5m de comprimento, 1,5m de largura e 1,5m de camada tomando-se os devidos cuidados de vedação no piso, aplicando-se cerâmica, para evitar infiltração no solo. O orifício de saída do sangradouro foi interligado ao orifício de entrada no alagado construído nº 2 com tubulação branca de PVC tipo esgoto de DN 100 com rede de 7,2m de comprimento e declividade 2%.

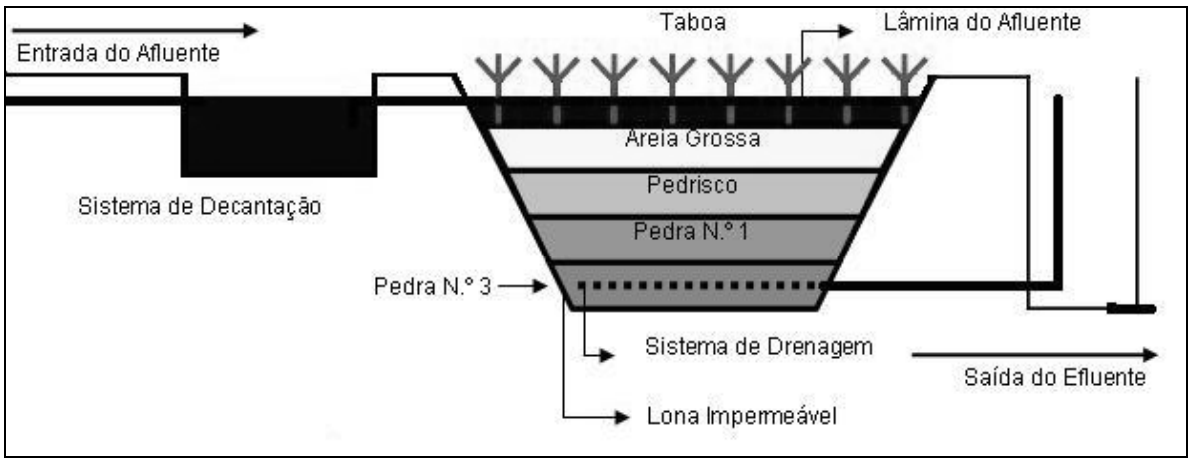

Figura 5. Esquema do sistema de alagado construído n^{o} 1 com plantas emergentes de fluxo vertical sub-superficial. Adaptado: Jasper (2006).

Para implantação da taboa fora necessário a imersão das mudas por um período de 30 dias em água, com intuito de revitalização do sistema radicular. Após esse período o plantio das mudas seguiu com espaçamento de 0,60 m entre plantas, com uma população de 49 plantas.

5.3.2 Sistema de alagado construído Nº 2

Após o afluente passar pelo primeiro sistema de alagados construídos, a vazão residual foi conduzido ao sistema nº 2, tendo fluxo horizontal subsuperficial. Este alagado, também impermeabilizado com Vinimanta de mesma especificação a do sistema de nº 1, teve sua altura média fixada em 0,60m, preenchendo-se destes, 0,50m com areia grossa lavada ao longo do comprimento do sistema (Figura 6) e taludes de 45º. Este alagado foi conduzido em todo o experimento sem a presença de plantas emergentes,

No intuito de induzir a infiltração do afluente e melhor distribuir o fluxo, usou-se uma camada de pedra britada nº 3, em camada com 0,50m de altura e 0,80m de largura acompanhando a inclinação de 45º do talude, dispostos em faixas na entrada e na saída, respectivamente, acompanhando a largura do alagado construído.

Dimensões estabelecidas a este sistema foram de 5m de largura e 10m de comprimento, medidos a partir da base inferior, a 0,30m de altura exatamente na metade da altura total, com declividade de 1% ao longo do comprimento, assim, a base inferior do alagado ficou com 4,40m de largura e o comprimento com 9,40m, conseqüentemente, na superfície as dimensões foram de 5,60m de largura e 10,60m de comprimento.

O esgotamento do alagado se deu com uso de Tubo Dreno de DN 100 para drenagem subterrânea, cor amarela, instalado junto ao fundo do reservatório na parte final do mesmo, assumindo tamanho de 4,2m acoplado por meio de acessório para conexão tipo “Te” branco, com bolsas lisas, ao orifício de saída para esgotamento da água residuária do sistema.

Para escoamento do caudal residual maturado no alagado construído nº 2, foi construído um sangradouro em alvenaria, com tampa em chapa de aço zincado, confeccionado com parede de tijolo e meio, uma estrutura com 1,5m de comprimento, 0,9m de largura e 0,9m de camada, tomando-se os devidos cuidados com a vedação do piso em cimento queimado e adicionado na massa a resina impermeabilizante, para evitar infiltração no solo. O orifício de saída no sangradouro foi interligado ao orifício de entrada do reservatório de armazenamento de água residuária com tubulação branca de PVC tipo esgoto DN 100 com rede de 4,2m de comprimento e declividade a 1%.

O reservatório da água residuária foi construído exatamente com as mesmas dimensões do alagado nº 1. Este também foi impermeabilizado com Vinimanta. Houve, com o auxilio de um arco de metal utilizado na cobertura de estufas para cultivo protegido, a necessidade de cobrir com lona plástica de polietileno preta. O objetivo desta vedação foi impedir a entrada de água da chuva, a incidência direta de raios solares e a formação de algas e flagelados, tais como bactérias do gênero *Pseudomonas* (Ps. *FluorenscensI* e Ps. *Aeruginosa* ou *pyocyanea*) que produzem pigmento verde à água, (MACEDO FILHO & BRANCO, 1964; LEITÃO et al. 2002). A vantagem desta precaução está em manter a redução da turbidez conseqüente do tratamento efetuado pelos dos dois sistemas e, principalmente, a estabilização do Oxigênio Dissolvido resultante.

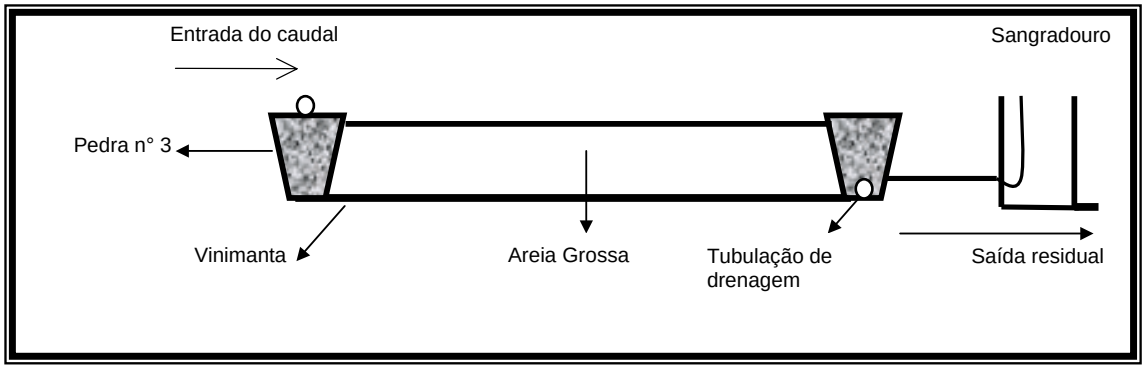

Figura 6. Esquema do segundo sistema de alagado construído sem plantas emergentes com o fluxo horizontal sub-superficial.

5.4 Implantação das culturas

Em seu histórico, a área utilizada foi ocupada até a década de 70 pela cultura do café, posteriormente, destinada ao setor de suínos foi ocupada por sistema pastoreio com predominância do capim braquiária. A área em questão manteve-se em repouso por alguns anos, sendo com certa freqüência, movimentação de um trator de pneus para efetuar a operação de roçada do capim quando em alta densidade.

Com o objetivo de possibilitar a utilização da área experimental estimada em 500m² destinada à condução das culturas do milho e do sorgo, foram realizadas as seguintes operações agrícolas com base no resultado da análise de solo realizada no Laboratório de Fertilidade dos Solos -FCA-UNESP- Botucatu (Tabelas 3 e 4).

- ✓ **Dessecação do capim e de plantas daninhas existentes na área**

A metodologia escolhida para eliminação do capim braquiária e de plantas daninhas foi o controle químico com a aplicação do herbicida *glyphosate* N-(fosfonometil) glicina. A aplicação foi realizada no dia 18-01-2006 com o auxílio do equipamento pulverizador Montana acoplado na tomada de força do trator.

- ✓ **Preparo do solo**

Aração: Operação realizada com arado de três discos numa camada de 0,20m na área toda. Gradagem: Realizada em camada de 0,20m. Calagem: o cálculo da

quantidade de calcário necessária foi realizado de acordo com o Boletim 100 (Raij et al., 1996), chegou ao resultado de 3,83t.ha^{-1} de calcário dolomítico PRNT 100%. A aplicação do calcário foi executada dois meses antes da instalação do experimento e a operação de distribuição foi realizada manualmente.

Tabela 3. Resultado da análise química das amostras iniciais do solo antes da implantação das culturas.

Camadas (cm)	pH $CaCl_2$	M.O. g dm^{-3}	P_{resina} mg dm^{-3}	Al^{3+}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	s
					---------- $mmol_c$ dm^{-3} ----------						%	mgdm^{-3}
0-20	4,4	43	9	8	63	1,2	11	8	20	83	24	17
20-40	4,3	43	4	10	64	0,5	9	3	12	77	16	33
40-60	4,3	29	5	12	72	0,3	7	2	9	80	11	43
60-80	4,3	---	5	11	66	0,3	8	2	10	76	13	34

Tabela 4. Resultado da análise química das micronutrientes (mg dm^{-3}) referente às amostras iniciais do solo antes da implantação das culturas.

Camadas (cm)	BORO	COBRE	FERRO	MANGANÊS	ZINCO
0-20	0,11	18,6	44	18,0	1,3
20-40	0,12	15,2	26	7,1	1,6
40-60	0,12	13,2	18	4,1	1,6
60-80	0,10	11,4	16	3,4	2,1

5.4.1 Semeadura das culturas

A operação de semeadura foi realizada de maneira mecanizada em toda a área obedecendo aos espaçamentos determinados para cada cultura.

Para a semeadura do milho utilizou o equipamento modelo P 56 plantio direto. Para a semeadura do sorgo utilizou o equipamento modelo HD plantio direto.

5.4.1.1 Disposição das culturas no campo

A disposição das parcelas no campo ocorreu obedecendo a linha e espaçamento de plantio para cada cultura.

Para a cultura do milho foram usadas sementes DKB 466 no espaçamento de 0,90m entre linha de plantio e 5 plantas por metro linear, semeada com 30m de comprimento, sendo desta apenas 20m destinados à área útil do experimento.

Para a cultura do sorgo foram usadas sementes AG 1018 no espaçamento de 0,45m entre linha de plantio e 5 plantas por metro linear, semeada com 30m de comprimento, sendo desta apenas 20m destinados à área útil do experimento.

Na Figura 7 pode ser verificado o modelo de bordadura com 3 linhas de plantio adotado como sendo as áreas com fundo hachuras. O conjunto de linhas 1 foi destinado à cultura de sorgo irrigado com água residuária; o conjunto de linhas 2 foi destinado à cultura de sorgo irrigado com água potável, o conjunto de linhas 3 foi destinado à cultura de milho irrigado com água potável; e por fim o conjunto de linhas 4 foi destinado à cultura de milho irrigado com água residuária. Três linhas de repetições compuseram o conjunto de linhas para cada tratamento.

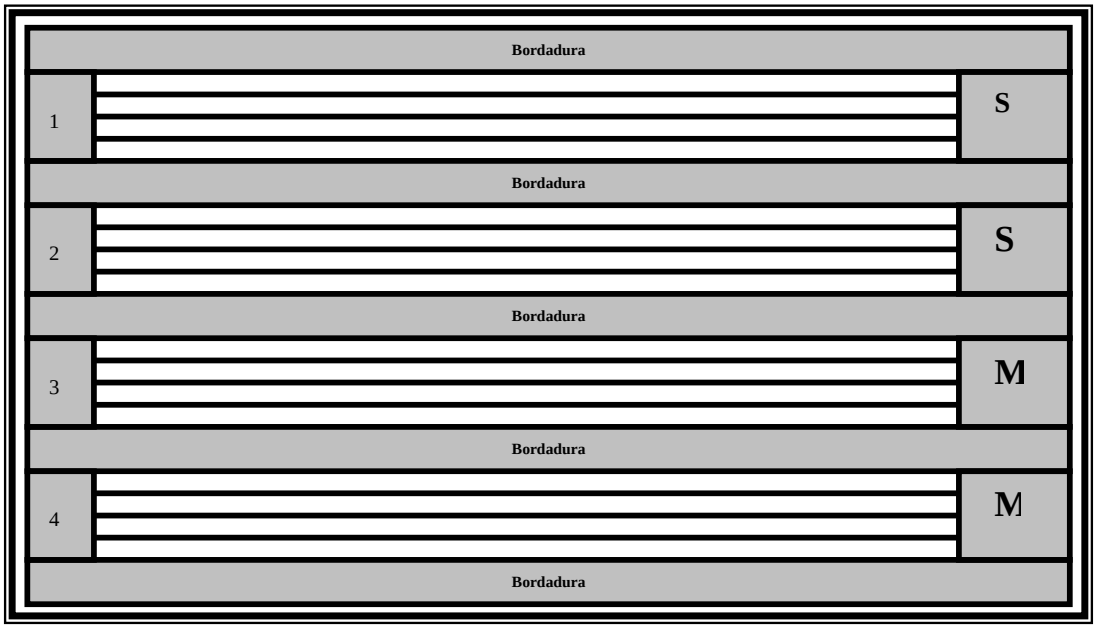

Figura 7. Esquema da área de plantio discriminando: bordaduras; (1) SAR - linhas de repetições para o tratamento de sorgo irrigado com água residuária; (2) SAP - sorgo irrigado com água potável; (3) MAP - de milho irrigado com água potável; (4) MAR - milho irrigado com água residuária

5.4.2 Manejo das culturas: Milho e Sorgo

A adubação de semeadura do milho safrinha foi realizada segundo as recomendações de Duarte & Raij (1997) e do sorgo segundo Cantarella et al. (1997).

Efetuou-se adubação convencional na semeadura, distribuída de maneira mecanizada e homogeneizada para todos os tratamentos, aplicando-se a formulação comercial de NPK 8-28-16, na dose de 300 kg ha^{-1} (24 kg N; 84 kg P_2O_5; 49 kg K_2O).

Um mês após a emergência foi aplicado Sulfato de amônio na dose de 105 $kg.ha^{-1}$ (21 kg N) em cobertura apenas para os tratamentos destinados à irrigação com água potável.

Para os tratamentos de milho e de sorgo que receberam água residuária convencionou-se começar a irrigar juntamente com a aplicação da adubação de cobertura dos demais tratamentos. Esta ação se deu com o objetivo de homogeneizar a aplicação de cobertura, tendo em contrapartida que a adubação de semeadura fora à mesma para todos os tratamentos.

5.5 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado para o desenvolvimento do experimento foi de irrigação localizada por gotejamento.

Para o sistema de irrigação localizada é comum utilizar-se do filtro de areia como mecanismo de retenção de agentes causadores de entupimento, considerados como, físico (areia, silte e argila), biológicos (bactéria e alga) ou químicos (deposição mineral), Bernardo et.al., (2005). Porém, para este experimento convencionou-se a não utilização do filtro de areia. Optou-se pela utilização filtro de disco para retenção de partículas sólidas e remanescentes de algas. Utilizou também, como complemento ao anterior, filtro de tela para retenção de pequenas partículas sólidas, tendo em vista que, o alagado construído nº. 2, foi preenchido com aproximadamente 25m^3 de areia grossa lavada, o qual se pode subjugar que faça em parte a função do filtro de areia e, em segundo, o tanque reservatório hermeticamente fechado impossibilita a formação de algas.

A limpeza dos filtros de disco e de tela foram realizadas com água potável sempre ao termino de cada irrigação, com o auxilio de baldes plásticas com capacidade de 20L, abastecidos com água potável.

Com o objetivo de monitorar o comportamento dos gotejadores, minimizando-se a possibilidade de entupimentos, ininterruptamente ao término de cada irrigação, ficou estabelecida a lavagem, num tempo médio de cinco minutos, das fitas gotejadoras pertinentes à irrigação com água residuária utilizando-se um procedimento empírico de livre circulação de água potável. Para esta circulação, havia um mecanismo de abertura da válvula final de linha qual possibilitava o escoamento livre da água pela fita e, conseqüentemente, a remoção de possíveis partículas sólidas ou de algas e bactérias remanescentes da execução da irrigação.

A mangueira gotejadora utilizada no experimento foi a que possui integrados na mangueira gotejadores espaçados a cada 0,30m, com vazão nominal de 1,0L.h^{-1}, sendo que a vazão estabelecida para cada gotejador foi de 0,7L.h^{-1}. Estes são constituídos de pré-filtro, galeria linear, galeria tortuosa (labirinto) e da saída de gotas. Para cada mangueira gotejadora foi acoplada uma válvula de final de linha. O pré-filtro está presente em toda extensão da mangueira.

As mangueiras foram dispostas em cada tratamento distantes 0,45m para a cultura do sorgo e 0,90m para a cultura do milho, ambas com 35m de comprimento. Toda a linha de distribuição, desde a tubulação de sucção com válvula-de-pé e com crivo, recalque e cabeçal de controle (regulador de pressão, filtros de tela e de disco) foi composta de mangueiras de polietileno de DN 19,05mm.

A pressão de serviço dos gotejadores foi monitorada com o uso de um manômetro metálico (tipo - Bourdon) com glicerina, escala de leitura 0 a 20m.c.a. devidamente calibrado periodicamente, no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da FCA-Unesp Botucatu. O regulador de pressão utilizado foi de 7,0m.c.a. suporte de vazão até 3,6m^3.

O filtro de disco utilizado foi de bocais de entrada e de saída de 1” com redução para ¾” de 120mesch – “Y” – volume recomendado para filtragem eficiente até 5m^3 h^{-1}. O filtro de tela utilizado foi de bocais de entrada e de saída 1” com redução para ¾” de 120mesch.

No sistema de bombeamento para sucção do reservatório e recalque para área de cultivo irrigado foi utilizada uma moto bomba como 110V; 0,5HP, Qmax: 40L.min^{-1} (2400L.h^{-1}).

5.5.1 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi feito com o auxílio de dados obtidos pela utilização de baterias de tensiômetros de mercúrio instalados na área de cultivo a diferentes camadas (0-20 e 20-40cm).

Utilizar o método de monitoramento indicativo de tensão da água no solo pela tensiometria, devido apresentar vantagens significativas a este modelo de experimento, tais como: precisão; sensibilidade às mudanças de umidade no solo; leitura fácil e instantânea da tensão de água no solo; fácil acesso e manuseio; praticidade (não necessita mão-de-obra qualificada); baixo custo e confiabilidade (Pessoa, 1983; Klar, 1984; Azevedo Neto, 1998; Aguiar e Silva et. al., 2002; Saad et. al., 2002; Bernardo et al, 2005) e mecanismo de investigação paralelo aos dados coletados em extratores de solução.

Para o monitoramento do teor de água do solo com os tensiômetros de mercúrio procedia-se a irrigação toda vez que a tensão de água no solo atingia -0,7 atm, conforme recomendado por Resende et al., (1993).

Paralelamente, foram coletados dados do Tanque classe “A”, dos termômetros de máxima e de mínima e do pluviômetro, instalados em uma estação experimental do Departamento de Recursos Naturais (Ciências Ambientais) localizado a 750m do local de pesquisa.

Na Figura 8 pode-se observar os dados obtidos de pluviosidade em mm, temperatura média diária (ºC), umidade relativa do ar (%), evaporação no Tanque Classe A (mm), durante o período experimental.

Na Figura 9 encontra-se o volume de água aplicado, em litros, para cada gotejador por dia em que fora necessário irrigar, os valores obtidos servem tanto para água potável como para água residuária, tendo em vista que foi estipulado irrigar o mesmo volume para ambos tratamentos.

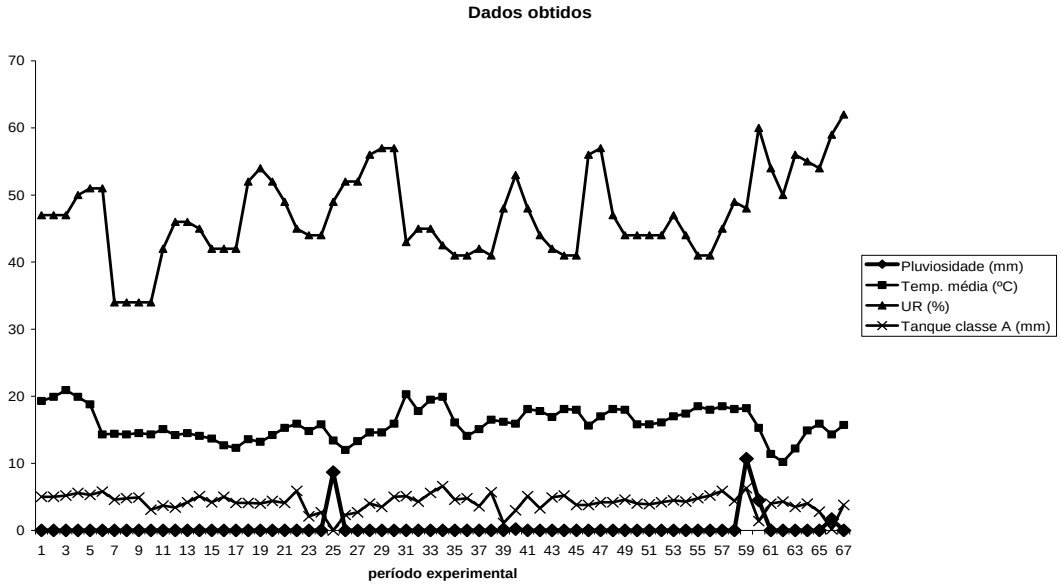

Figura 8. Dados registrados obtidos de pluviosidade em mm, temperatura média diária em ºC, umidade relativa do ar em %, evaporação do Tanque Classe A em mm, durante o período experimental.

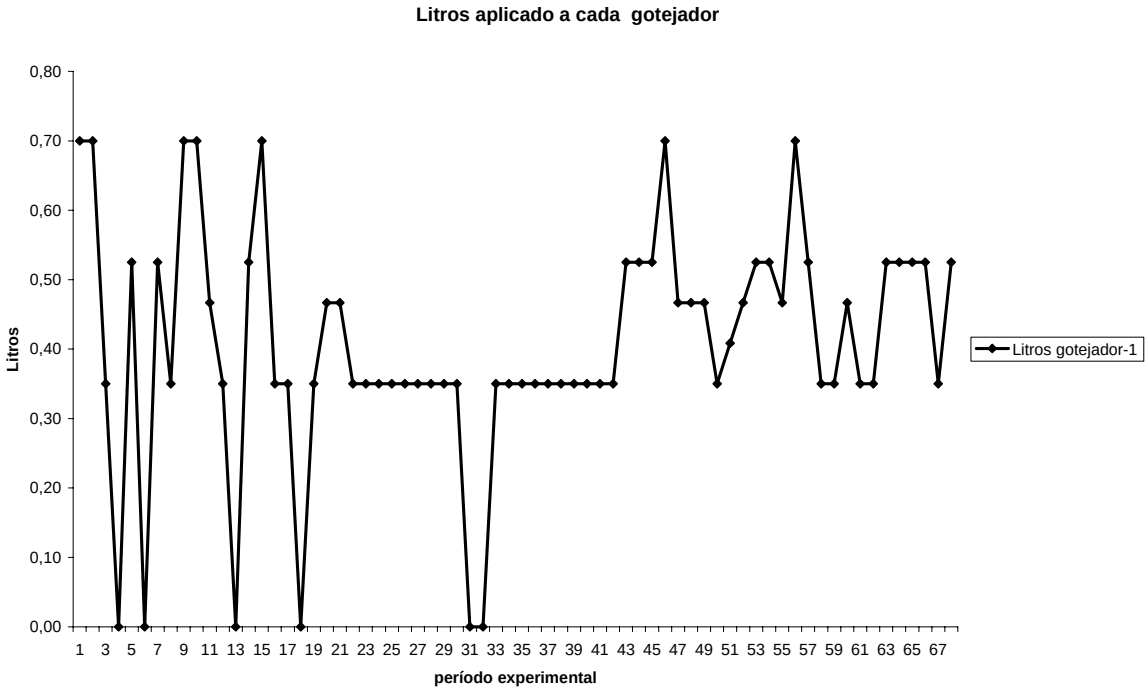

Figura 9: Volume de água em litros aplicado por gotejador por dia.

5.6 Características Monitoradas.

5.6.1 Água residuária

Forma coletadas amostras de água em quatro pontos do sistema e em três datas, a primeira coleta em 28-04-2006, a segunda em 15-05-2006 e a terceira em 29-06-2006.

O primeiro ponto de coleta foi localizado na saída da rede de tubulação que chegava na primeira caixa de fibrocimento com capacidade de $1m^3$, oriunda da caixa de decantação com o objetivo de inspeção do afluente proveniente do mesmo.

O segundo ponto de coleta foi localizado na tubulação de saída destinada ao escoamento da vazão residual maturado no alagado construído nº 1.

O terceiro ponto foi localizado na saída do reservatório, instalado após o alagado construído nº 2.

O quarto e último ponto de coleta de amostragem da água residuária foi localizado em válvulas instaladas no final de linha do sistema de irrigação localizada por gotejamento destinado aos tratamentos de uso de água residuária. Utilizou-se de válvula de descarga com conector, o qual possui sistema adequado para esse fim.

Os valores de temperatura do ar atmosférico, temperatura das amostras, horário da coleta em cada um dos quatro pontos encontram-se nos Quadro 5.

Observa-se que as coletas foram realizadas a mesma temperatura do ar atmosférico durante o período experimental.

Para efetuar as coletas de água seguiu-se instrução do Guia de coleta e preservação de amostras de água, da CETESB – Companhia de Tecnologia de saneamento Ambiental, segundo Agudo (1987). As amostras destinadas a análises químicas foram acondicionadas em recipientes apropriados e submetidas aos procedimentos de conservação, segundo Eaton et al. (1995).

As características analisadas no Laboratório de Recursos Hídricos (LRH) do Departamento de Engenharia Rural FCA/UNESP foram: condutividade elétrica e pH com o auxílio de um condutivímetro e do pHmetro respectivamente; temperatura do ar e da água com termômetro de mercúrio, sólidos sedimentados; coliformes totais e fecais; **d**emanda **b**ioquímica de **o**xigênio (**DBO**); **d**emanda **q**uímica de **o**xigênio (**DQO**) de acordo

com as metodologias do espectrofotômetro HAC – DR/2010 Reactor Digestion Method de Colorimetric Determination (DQO).

Quadro 5. Dados de temperatura do ar atmosférico e da amostra em quatro pontos de coletas (P1, P2, P3 e P4), e diferentes períodos.

Temperatura °C	Horário de coleta P1 09:10	P2 09:15	P3 09:30	P4 09:45
	1ª época de coleta (28/4/2006)			
Ar	24	24	24	24
Amostra	23	23	22	25
	2 ª época de coleta (15/5/2006)			
Ar	24	24	24	24
Amostra	22	23	23	25
	3 ª época de coleta (29/6/2006)			
Ar	24	24	24	24
Amostra	19	19	21	21

No Laboratório de Análise de Águas do Departamento de Agricultura FCA/UNESP, foram analisados os parâmetros de turbidez, sólidos dissolvidos e totais, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, fósforo reativo, fósforo total, fosfato, potássio, cobre, zinco, manganês e ferro. Todas as análises foram realizadas segundo métodos apresentados por Eaton et al. (1995).

Os resultados obtidos foram avaliados por meio de um delineamento estatístico em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições, sendo: quatro pontos de coletas (1- caixa de fibrocimento; 2 - efluente do alagado construído nº 1; 3 - efluente do alagado construído nº 2; 4 - válvulas final de linha da irrigação) e três épocas de coletas (1ª época de coleta (28/4/2006); 2ª época de coleta (15/5/2006); 3ª época de coleta (29/6/2006)). As médias foram submetidas ao teste de Scott Knott (1974) a significância de 5%. Utilizou-se o software SISVAR (1997) da Universidade Federal de Lavras – MG.

5.6.2 Solo e solução do solo.

Foram analisadas características químicas do solo, além de teor de água e monitoramento da lixiviação de nutrientes extratores de solução do solo instalados na área cultivada.

As coletas das amostras de solo foram realizadas com trado em quatro camadas estabelecidas para comparação com amostragens dos líquidos coletados nos extratores de solução.

Para a amostragem de solo procedeu-se a coleta com auxílio do trado de rosca sem fim a 0,10m de distância da linha de gotejadores procurando acompanhar o maior comprimento vertical do bulbo úmido comumente projetado no perfil do solo e, próximo aos extratores de solução. Depois de coletadas cada uma das 16 amostras (4 camadas x 2 pontos de coletas com irrigação: água residuária x 2 pontos de coletas com irrigação: água potável), com três repetições totalizando 48 amostras, foram homogeneizada para obter uma amostra composta para cada um dos dois tratamentos e encaminhadas para análise ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais (Ciência do Solo) (DRN/CS) da FCA/UNESP.

As características avaliadas em cada amostra de solo coletada e enviadas ao laboratório foram: pH, matéria orgânica (MO), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%) e os teores de fósforo (P), de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), seguindo metodologia de Raij et al. (1987).

Foram instalados quatro extratores de solução próximos (0,15m) à linha com gotejadores nos respectivos tratamentos: Milho irrigado com água residuária **(MAR**), Milho irrigado com água potável (**MAP**), Sorgo irrigado com água residuária (**SAR**) e Sorgo irrigado com água potável (**SAP**).

Nas camadas de 0-20cm, 20-40cm, 40-60cm e 60-80cm foram instalados extratores de solução confeccionados com PVC e bulbo em cerâmica na extremidade inferior, em todos os tratamentos, totalizando 16 extratores de solução instalados com a finalidade de monitorar a percolação de elementos químicos presentes na água residuária aplicada via irrigação localizada. Nestas camadas foram coletadas, no mesmo período do dia, as amostras de solo homogeneizadas e da solução obtida nos extratores.

Em cada extrator de solução procedeu-se vácuo com o auxilio de uma bomba-de-vácuo manual, após 24 horas a esse procedimento foi realizada a coleta com auxílio de seringa de plástico comum graduada a 10ml. As amostras foram acondicionadas

e armazenadas, segundo Agudo (1987), e posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do DRN/CS, FCA/UNESP, seguindo metodologia de análise para determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), de acordo com Malavolta et al. (1997).

Foram coletadas três amostras em três datas coincidindo propositalmente com o dia da coleta da segunda (28-04-2006), terceira (15-05-2006) e da quarta (11-07-2006) amostragem do solo.

Os resultados obtidos das análises de solo e de solução do solo foram avaliados, cada qual, por meio de um delineamento estatístico em esquema fatorial 4 x 3 x 2, com três repetições, sendo: quatro camadas de solo (1- camada de 0-20cm; 2 - camada de solo 20-40cm; 3 - camada de solo 40-60cm; 4 - camada de solo 60-80cm), três épocas de coletas (1ª época de coleta (28/4/2006); 2ª época de coleta (15/5/2006); 3ª época de coleta (11/7/2006) e duas águas (1 - água residuária; 2 - água potável). As médias foram submetidas ao teste de Scott Knott (1974) a significância de 5%. Utilizou-se o software SISVAR (1997) da Universidade Federal de Lavras – MG. Dois experimentos foram considerados, um para análises de solo e de solução do solo para a cultura do milho e o outro para a cultura do sorgo.

5.6.3 Concentração de nutrientes na folha

As mesmas observações foram adotadas para todos os tratamentos, tanto para a época de coleta (ex: milho, logo após que as espigas emitiram estilo-estígmas), como para os procedimentos de coleta e de processamento das amostras.

Das mesmas plantas utilizadas para determinação de altura e de diâmetro de colmo, ainda a discutir, foram retiradas folhas para amostragem de folhas de cereais (MALAVOLTA et al., 1997; RAIJ et al. 1997).

Depois de coletadas e devidamente identificadas, as amostras de folhas de milho e de folhas de sorgo foram imediatamente armazenados em sacos de papel e encaminhadas ao laboratório, higienizadas com água destilada e novamente colocada nos sacos e levadas à estufa para secagem a temperatura em torno de 70ºC durante dois dias,

depois moídas com o auxílio de um moinho tipo Willey. Esse material já moído foi encaminhado para análise no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais (Ciência do Solo) (DRN/CS) da FCA/Unesp.

As análises foram determinadas seguindo metodologia de análise proposta por Malavolta et al. (1997) para determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).

Foram realizadas duas amostragens, sendo a amostragem 1 – folhas de milho e a amostragem 2 – folhas de sorgo, com dois tratamentos de irrigação: água residuária (MAR e SAR) e água potável (MAT e SAT) em experimento inteiramente casualizado (EIC), com três repetições. As médias foram submetidas ao teste de Scott Knott (1974) a significância de 5%. Utilizou-se o software SISVAR (1997) da Universidade Federal de Lavras – MG.

5.6.4 Altura das plantas

Para a realização das medições das alturas, utilizou-se de uma régua apropriada para esse fim (Breda, 2003), composta por uma trena de 2,50m de comprimento totalmente esticada e fixada em um sarrafo de madeira.

Foram medidas 27 plantas por tratamento, sendo consideradas duas alturas. Uma medida até a inserção da última folha totalmente lançada e a segunda medida a altura total contando o comprimento do pendão floral.

Na ocasião da avaliação foram medidas três plantas imediatamente lado a lado em cada um dos três pontos amostrados e, em cada uma das três linhas de irrigação de seu correspondente tratamento.

Os pontos considerados foram: primeiro ponto nas plantas localizadas no início de linha útil, o segundo ponto foi localizado nos dez primeiros metros de linha útil e o terceiro e último ponto foi localizado nos vinte metros finais da linha útil.

5.6.5 Diâmetro do colmo

Foram medidos os diâmetros de colmos rente ao solo, logo acima das raízes adventícias (BREDA, 2003), das mesmas plantas avaliadas nas condições de altura da planta, utilizou-se de um paquímetro digital.

5.6.6 Componentes de produção da cultura do milho

Assim que as plantas atingiram o final do ciclo e as espigas já apresentaram teor de umidade adequada, foi realizada a colheita.

Foram colhidas manualmente espigas produzidas nas linhas úteis de cada tratamento. Em cada linha de repetição por tratamento, foram realizadas as coletas em quatro parcelas definidas, sendo cada parcela a cada cinco metros de linha útil.

De posse dos dados referentes à massa dos grãos produzidos, dos seus teores de umidades e conhecendo a área útil da parcela, foram feitos os cálculos para a determinação da produtividade em $kg.ha^{-1}$ a 13% de umidade (BREDA, 2003).

Convencionou para a realização desses cálculos as seguintes operações; o espaçamento entre linhas foi de 0,90m; o espaçamento utilizado entre plantas foi de 0,20m, considerando o número de plantas por metro linear, assim tem-se:

- Área útil de uma planta = 0,90 x 0,20 = 0,18m²
- Área útil da parcela = 0,18m² x 25 plantas = 4,5m²

Com o auxílio de uma regra de três foi possível chegar à produção por 1,0ha (10.000m²).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para interpretação de todos os resultados da avaliação do sistema de alagados construídos apresentados a seguir, torna-se necessário relatar a interrupção do fornecimento de água servida do galpão de reprodução no período de 16 de maio a 07 de junho de 2006, em função de reparos no sistema. No dia 06 de junho ocorreu a limpeza do decantador próximo ao galpão de reprodução, com equipamento denominado "chorumeira". Nesse período o volume em estoque do reservatório final foi suficiente para suprir a necessidade de irrigação.

É necessário salientar que após o reinício do tratamento da água servida no dia 08 de junho, o alagado construído nº. 1 estava sem a presença da cultura da macrófita Taboa (*Typha sp.*). Fora necessário aguardar um período de 20 dias para adequação e estabilização do fluxo da água residuária.

6.1 Experimento 1: Avaliação da eficiência do sistema de alagados construídos

6.1.1 Condutividade Elétrica (CE)

Os resultados de CE estão apresentados na Tabela 5.

Nas épocas de coletas 1 e 2 observa-se a redução estatisticamente significativa da CE amostrada entre o ponto de coleta 1 em comparação ao ponto de coleta 4, indicando assim a sensibilidade que o sistema de alagados construídos possibilita para a redução da presença de sais na água.

Tabela 5. Valores médios de CE (mS cm^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	7,65 B b	6,29 B b	4,69 A a
2	6,40 B a	6,52 B a	4,73 A a
3	7,72 B b	3,70 A a	4,71 A a
4	3,32 A a	3,79 A a	4,61 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Na época de coleta 3 (Tabela 5) nota-se uma sensível diminuição nos valores de CE, sendo não significativa entre os demais pontos de coleta (na coluna) e diferindo do comportamento da época de coletas 1 e 2 (na linha), provavelmente devido a possibilidade da coleta ter ocorrido momentos antes a limpeza da pocilga, indicando diluição maior dos sais presentes no decantador e, conseqüentemente, no ponto de coleta 1 (época de coleta 3).

O manejo racional da água aplicada via irrigação requer um cuidado especial no que diz respeito à qualidade, portanto deve-se levar em conta a presença de íons presentes na água por meio do monitoramento da condutividade da água de interesse. Os três valores finais no ponto de coleta 4 encontram-se na faixa que pode apresentar risco a salinidade do solo nos termos de qualidade de água para irrigação que segundo Reichardt (1990) deve estar abaixo de 3,0 mS cm^{-1}.

6.1.2 pH

Os valores de pH da água residuária estão apresentados na Tabela 6.

O pH de uma solução é medido direto da sua atividade química e relação com a qualidade sanitária. Observa-se nos resultados obtidos que para as condições deste experimento houve uma tendência a elevação do pH da água destinada a irrigação. Segundo Macêdo (2001) o pH na faixa de 8,3 a 9,4 indica a presença de carbonatos e bicarbonatos, causada por íons hidróxidos. O mesmo autor indica que a elevação do pH em água tem grande importância, pois relaciona com o processo de coagulação com agentes

floculantes, ou seja, para prevenção de incrustações e da corrosão de canalizações especialmente as de ferro fundido.

Nota-se na Tabela 6 aumento gradativo de pH a cada ponto de coleta. Conforme Macedo Filho e Branco (1964), quando uma água rica em íons de cálcio e de bicarbonato é retirada de seu ambiente de reações (matéria orgânica + microrganismos) e exposta ao ar atmosférico ocorre uma reação de inversão com a difusão de dióxido de carbono no ar precipitando-se assim o carbonato de cálcio.

Tabela 6 Valores médios de pH da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	7,21 A a	7,48 A a	7,81 A a
2	7,35 A a	7,33 A a	7,93 A b
3	7,96 B a	8,27 B a	7,83 A a
4	9,00 B a	8,41 B a	8,02 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.1.3. Coliformes (totais e fecais)

6.1.3.1 Coliformes Totais

Os valores médios de coliformes totais estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores médios de Coliformes Totais (NMP) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	24192100 B a	24191700 B a	24192100 B a
2	12996500 B a	638000 A a	556000 A a
3	226000 A a	52000 A a	52000 A a
4	197000 A a	10000 A a	31000 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Observou-se que em águas servidas por uma granja de suínos contém matéria orgânica suspensa ou dissolvida, inclusive substâncias minerais, uma

indicativa que nesta água pode também conter inúmeras bactérias inclusive patogênicas. A determinação do número total de bactérias coliformes fornece valiosas informações a respeito da poluição da água.

Para as condições climáticas e de tratamento ocorridas na água servida houve uma redução estatisticamente significativa de coliformes totais nas três épocas de amostragem entre os pontos de coleta (Tabela 7). A eficiência de redução foi de 99,19% para primeira época e 99,87% na terceira época de coleta, utilizando a diferença entre o ponto de coleta 1 e o ponto 4 na época coleta 2, onde o sistema apresentava-se totalmente estável e ativo com as macrófitas bem desenvolvidas.

6.1.3.2 Coliformes Fecais

Valores médios de coliformes fecais estão apresentados na Tabela 8.

A exemplo dos coliformes totais o índice de coliformes fecais determina a presença de bactérias de origem intestinal, indicadores de diferentes doenças de veiculação hídrica.

Tabela 8. Valores médios de Coliformes Fecais (NMP) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	24192100 B b	19862800 B b	2070000 A a
2	7701000 A a	175000 A a	132000 A a
3	93000 A a	10000 A a	41000 A a
4	20000 A a	1 A a	10000 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

A exemplo da eficiência calculada para os coliformes totais, pode-se utilizar a diferença entre o ponto de coleta 1 e o ponto 4 na segunda época de coleta. A eficiência de redução foi de 99,92% para primeira época e 99,51% na terceira época de coleta.

Com relação à redução de coliformes em tratamento de águas servidas, o sistema de alagados construídos, nestas condições de experimentação, e

especificamente, nas condições de estabilidade na qual se encontrara no momento da época de coleta 2 demonstrou ser eficaz.

Pode-se observar na época de coleta 3 (Tabela 8) que estatisticamente houve diferença significativa entre as médias das demais épocas (ponto de coleta 1), este fato está relacionado com a limpeza do decantador, 22 dias antes desta coleta, encontrando-se a água servida diluída, confirmando-se assim a suspeita de diferença significativa entre a coleta de mesma época com as demais na variável condutividade elétrica.

6.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Os valores médios de demanda bioquímica de oxigênio DBO (mg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 9.

A palavra demanda quer dizer, entre outros significados, quantidade consumida ou a consumir; a palavra bioquímica significa, aí; um misto de reações de origem biológica e química. Dessa forma, pode-se resumir que DBO é o consumo de oxigênio, por reações biológicas e químicas. Uma bactéria se alimenta de matéria orgânica, isto é, seu alimento se baseia em substâncias que contêm carbono e hidrogênio.

No caso específico do ponto 1 na época 3, nota-se que a diluição da água servida reduziu significativamente a população de organismos responsáveis na decomposição dos compostos orgânicos e, conseqüentemente, a redução da DBO. Observa-se nessa mesma época de coleta, que nos pontos 3 e 4 não houve diferença estatística significativa entre as demais épocas, constituindo assim a possibilidade de haver resíduo de compostos orgânicos no alagado construído de fluxo horizontal de sub-superfície (ponto 3) e presença ou acúmulo de compostos no reservatório (ponto 4).

Segundo Von Sperling, (1998) se torna satisfatório quando a remoção de DBO ocorre sem o gasto de energia elétrica, e com a utilização de reduzidas áreas de implantação, no caso da época de coleta 1 e na época de coleta 2, a remoção de DBO foi de respectivamente 88,44% e 94,69%, o que demonstra o tratamento eficaz do sistema. No entanto, em situação de diluição da água residuária essa eficiência caiu para 42,07%, este fato ocorreu devido às amostras coletadas nos pontos 1 e 2 estarem muito

diluídas e nos outros pontos esta diluição não havia ocorrido, devido ao tempo de retenção hidráulica do sistema.

Tabela 9. Valores médios de demanda bioquímica de oxigênio - DBO (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	2240 B b	1470 B b	290 A a
2	968 A a	718 A a	159 A a
3	294 A a	82 A a	142 A a
4	259 A a	78 A a	168 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

A determinação dos valores da demanda bioquímica de oxigênio DBO da água residuária constitui uma técnica aceita na medida da poluição, mas não mede diretamente nenhum composto orgânico específico. Foi possível observar como estatisticamente é significativa a influência da limpeza do decantador nos valores entre as épocas de coleta, em particular a 3, especificamente referente ao ponto 1.

6.1.5. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Os valores médios de demanda química de oxigênio -DQO (mg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Valores médios de demanda química de oxigênio - DQO (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	5180 B b	2470 A a	1047 A a
2	2670 A a	1436 A a	761 A a
3	729 A a	378 A a	756 A a
4	561 A a	359 A a	767 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Observando-se os valores médios de demanda química de oxigênio pode-se constatar que a eficiência de redução de DQO, na época de coleta 3, entre os quatro pontos de coletas foi de 26,74% em função da situação de diluição já comentada. Em

contrapartida as reduções da época 1 e 2 foram 89,17 e 85,43%, respectivamente. Os valores encontrados nas épocas 1 e 2, que são consideradas condições normais de tratamento, com a presença de macrófitas, foram superiores aos encontrados por Hussar (2001) que obteve reduções de DQO entre 31,87 e 51,33% .

6.1.6 Turbidez

Os valores médios de turbidez (FTU) estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Valores médios de turbidez (FTU) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	739 B b	969 B b	45 A a
2	104 A a	84 A a	72 A a
3	89 A a	49 A a	54 A a
4	71 A a	38 A a	29 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Segundo Nour, (1996) a turbidez pode ser produzida tanto por materiais em suspensão que depositam-se no fundo do reservatório, quanto por aqueles que não se sedimentam. Muitos poluentes das águas servidas, tais como metais e compostos orgânicos estão associados a estas partículas em suspensão e coloidais (Hussar, 2001).

A matéria orgânica animal solúvel ou suspensa aumenta significativamente a turbidez em água servida. O sistema de alagados construídos nas condições de experimentação das épocas de coletas 1 e 2 proporcionou eficiência de redução de 90,39 e 96,08% respectivamente, demonstrando a superioridade para as condições de estabilidade na fase da época de coleta 2. A perda de eficiência na situação de diluição da época 3 com a eficiência de 35,56% é facilmente entendida, pois a água utilizada para limpeza da granja era proveniente de fonte potável, o que decresce significativamente o teor de turbidez, isto pode ser confirmado, observando-se a redução do teor de turbidez na amostra inicial (ponto 1) desta época de coleta.

6.1.7 Sólidos (totais , dissolvidos e em suspensão)

Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga total de sólidos. Os sólidos podem ser classificados pelo seu tamanho e estado, pelas características químicas e pela decantabilidade (SILVA, 1979; VON SPERLING, 1998; MACÊDO, 2001).

Os dados de Sólidos Totais, Dissolvidos e Suspensos, não se apresentaram de modo decrescente ao longo do sistema. Este fato pode estar relacionado com a quantidade de partículas inertes que são carreadas dos elementos utilizados como substratos (pedras e areias), pois estes elementos não sofreram uma lavagem intensa antes da sua utilização, devido ao grande volume aplicado. Na prática, estes sólidos carreados serão expulsos do sistema após um período de utilização, o qual dependerá da vazão de percolação de cada sistema, baseado nos dados da Tabela 12, pode-se notar que este processo estava em andamento durante o período do experimento.

Tabela 12. Valores médios de sólidos totais (g m^{-3}) em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
		sólidos totais	
1	20,2 B c	8,3 A a	12,8 A b
2	21,2 B b	18,9 B b	15,4 A a
3	13,8 A a	12,7 A a	15,7 A a
4	12,4 A a	12,3 A a	16,1 A a
		sólidos dissolvidos	
1	2,19 A a	3,72 A a	11,19 A b
2	19,99 C a	17,89 B a	14,02 A a
3	12,56 B a	12,47 B a	14,58 A a
4	11,36 B a	11,99 B a	14,48 A a
		sólidos em suspensão	
	18,00 B b	4,60 A a	1,62 A a
	1,23 A a	0,98 A a	1,35 A a
	1,20 A a	0,25 A a	1,07 A a
	1,03 A a	0,28 A a	1,60 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Outro fator importante a ser considerado para a análise deste elemento é a variabilidade no modo de entrada do afluente no sistema, hora em pequenas

quantidades oriundas apenas da atividade dos próprios suínos, como aberturas de bebedouros e excreção de urinas e em outros momentos de intensa utilização de água para lavagem de piso, carreando neste momento grandes quantidades de sólidos.

6.1.8 Nitrogênio (total, amoniacal, nitrito)

É importante salientar que o nitrogênio presente na água servida fresca e está quase todo combinado sob forma de proteína e uréia; as bactérias, no seu trabalho de oxidação biológica, transformam o nitrogênio presente primeiramente em amônia que pode ser oxidada através das bactérias (nitrosomomas) a nitrito e dando continuidade à oxidação as nitrobactérias o transformam em nitrato. A concentração com que o nitrogênio aparece sob essas várias formas indica a idade da água servida e/ou sua estabilização em relação à demanda de oxigênio. Águas com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal caracterizam poluição por descarga de água servida recente. Já os nitratos indicam poluição remota, porque os nitratos são o produto final de oxidação de nitrogênio (MALAVOLTA, 1980; PAGANINI, 1997; MACÊDO, 2001).

6.1.8.1 Nitrogênio Total

Os valores médios de nitrogênio total (mg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Valores médios de nitrogênio total (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	1635 B b	1152 B a	963 A a
2	1201 B a	982 B a	800 A a
3	559 A a	543 A a	869 A a
4	474 A a	544 A a	824 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Houve diferença estatística significativa na redução dos teores de nitrogênio total quando na presença da planta macrófita nas épocas de coletas 1 e 2. Isso se

explica por meio da absorção parcial pelo sistema radicular e principalmente pela ação das bactérias, no seu trabalho de oxidação biológica. A eficiência de redução foi de 71,01% na época 1, 52,78 e 14,43% nas épocas 2 e 3, respectivamente, semelhantes aos teores entre 9,09 e 71,43%, encontrados por (HUSSAR, 2001) naquelas condições.

A desvantagem de suprir o sistema de alagados construídos com águas servidas diluídas puderam ser confirmadas na época de coleta 3, quando nota-se o baixo teor deste elemento no ponto de coleta 1 e o baixo rendimento de remoção deste ponto.

Observa-se também que existe uma tendência de acúmulo deste elemento no ponto de coleta 4, ou seja, indicando a necessidade de monitoramento nos tanques reservatórios de água destinada a irrigação.

6.1.8.2 Nitrogênio Amoniacal

Os valores médios de nitrogênio amoniacal (mg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 14.

A retenção do nitrogênio na forma amoniacal foi de 85,45% na época de coleta 1, de 17,60 e 14,67% nas épocas 2 e 3 respectivamente, o que significa a contribuição do tratamento efetuado no sistema em média de 39,24%, resultados semelhantes a HUSSAR (2001) que variou de 14,29 a 70,59%, encontrando-se valor médio de aproximadamente 36,63%.

Teores altos de nitrogênio nas formas: Amoniacal e Nítrica aumentam a concentração de sais, promovendo um acréscimo de potencial osmótico nos alagados construídos, o que desfavorece a absorção de água, pode-se promover a uma desidratação da planta, pode-se levar a necrose das folhas. Contudo, pode-se observar que a maior eficiência do sistema em reter nitrogênio amoniacal foi no período em que as plantas macrófitas encontravam-se em estágio vegetativo de crescimento (época de coleta 1). Sugere-se novos estudos direcionados a diferentes tipos de podas da parte aérea dessas plantas, induzindo o constante crescimento vegetativo, para observar o resultado dessa remoção.

Tabela 14. Valores médios de nitrogênio amoniacal (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	990 B b	409 A a	825 A b
2	1014 B a	739 A a	655 A a
3	184 A a	526 A b	730 A b
4	144 A a	337 A a	704 A b

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Ao observar as épocas 1 e 2 no ponto de coleta 2 pode-se notar que na presença da planta macrófita houve uma eficiência de mineralização do elemento nitrogênio, acarretando acréscimo de 2,23% na época 1 e de 44,66% na época 2. Fato este não observado na época de coleta 3 onde havia a ausência da referida planta no sistema de alagados 1, acarretando perda de 25,95% de eficiência na mineralização.

6.1.8.3 Nitrito

Os valores médios de nitrito (mg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 15.

Esse é o elemento mineral que mais preocupa no que diz respeito à saúde humana, pois pode causar problemas de ordem fisiológica ao consumidor como a perda da capacidade de oxigenação do sangue (MACÊDO, 2001). Contudo, foi possível observar que o sistema de alagados construídos obteve tendência em reter 89,01% desse elemento na época de coleta 1, 84,11% e 22,65% nas épocas 2 e 3, respectivamente. Confirmando que a ausência da cultura macrófita e a diluição da água servida reduziram significativamente a eficiência de retenção do sistema de alagados construídos.

Tabela 15. Valores médios de nitrito (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	2,275 B b	1,996 B b	0,543 A a
2	0,762 A a	0,335 A a	0,771 A a
3	0,412 A a	0,249 A a	0,975 A a
4	0,250 A a	0,317 A a	0,420 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.1.9 Fósforo (total, fosfato, fósforo reativo)

6.1.9.1 Fósforo Total

Os valores médios de fósforo total (µg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 16.

A tendência da eficiência do sistema de alagados construídos na retenção do fósforo total seguiu da seguinte maneira: 62,17; 84,35 e 69,70% para as épocas de coletas 1, 2 e 3, respectivamente. Teores estes superiores aos de Hussar (2001) que variou de 16,07 a 32,17%, e próximos de Mansor (1998) que foi de 73,24%.

Tabela 16. Valores de fósforo total (µg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	69986,63 A a	48972,07 A a	109705,60 B b
2	45243,52 A a	31861,68 A a	32466,79 A a
3	23320,91 A a	8354,44 A a	36605,37 A a
4	26478,14 A a	7666,88 A a	33238,43 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

O fósforo não tem importância quanto ao aspecto sanitário, mas quando em grandes quantidades, pode levar a um processo de eutrofização dos recursos hídricos.

6.1.9.2 Fosfato

Os valores médios de fosfato (µg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 17.

A tendência da eficiência do sistema de alagados construídos na retenção do fosfato seguiu da seguinte maneira: 65,49; 87,75; 68,08% para as épocas de coletas 1, 2 e 3, respectivamente, estes teores foram superiores aos de HUSSAR (2001) que variou de 9,32 a 31,73%.

Tabela 17. Valores de fosfato (µg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	61059,92 A a	43172,15 A a	99952,04 B b
2	33398,60 A a	29763,08 A a	31776,14 A a
3	21433,22 A a	5544,58 A a	32349,3 A a
4	21070,47 A a	5289,93 A a	31900,95 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.1.9.3 Fósforo Reativo

Os valores médios de fósforo reativo (µg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 18.

A tendência da eficiência do sistema de alagados construídos na retenção do fósforo reativo seguiu às mesmas das formas anteriores de fósforo, sendo da seguinte maneira: 62,17; 89,05; 69,70% para as épocas de coletas 1, 2 e 3, respectivamente. Estes teores foram superiores aos encontrados por HUSSAR (2001) que variou de 9,32 a 31,73%.

Tabela 18. Valores de fósforo reativo (µg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	22837,86 A a	15980,44 A a	35798,84 B b
2	14763,75 A a	10397,02 A a	10594,48 A a
3	7610,02 A a	2726,2 A a	11944,97 A a
4	8640,28 A a	2501,84 A a	10846,28 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.1.10 Potássio

Os valores médios de potássio (mg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19. Valores médios de potássio (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	113,0 B b	104,0 B b	87,0 A a
2	106,0 B a	105,0 B a	98,0 A a
3	83,0 A a	86,0 A a	98,0 A b
4	77,0 A a	87,0 A a	98,0 A b

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

A retenção do Potássio foi de 31,86% na época de coleta 1, de 16,35%, na época 2, o que significa pouca contribuição do tratamento efetuado no sistema em termos de retenção. Nota-se que houve a tendência ao acúmulo deste elemento ao observar em ordem cronológica das épocas de coleta no ponto 4 (reservatório), a qual implicará em uma maior atenção e monitoramento quanto a ser aplicado via irrigação.

6.1.11 Cobre

Os valores médios de cobre (mg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20. Valores médios de cobre (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	0,087 B b	0,082 B b	0,011 A a
2	0,054 A a	0,036 A a	0,030 A a
3	0,039 A a	0,027 A a	0,034 A a
4	0,045 A a	0,026 A a	0,036 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

A retenção do cobre foi de 48,28% na época de coleta 1, de 68,29%, na época 2, expressando uma melhor contribuição do tratamento efetuado no sistema em termos de retenção quando na presença da cultura macrófita em estágio desenvolvido nas condições da época 2, assim, ao contrário do nitrogênio amoniacal onde sugere-se estudos direcionados a diferentes tipos de podas da parte aérea dessas plantas,

observa-se que para o cobre a situação é inversa, onde, na fase de crescimento da cultura é baixa a eficiência na retenção deste elemento pelo sistema de alagados construídos.

6.1.12 Zinco

Os valores médios de zinco (mg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 21.

A retenção do zinco foi de 83,37% na época de coleta 1, de 90,48%, na época 2, expressando alta contribuição do tratamento efetuado no sistema em termos de retenção quando na presença da cultura macrófita em estágio desenvolvido nas condições da época 2, seguindo com a mesma observação com respeito à diluição e ausência de macrófitas na situação da época 3, evidenciando a significância estatística quanto ao acúmulo desse elemento no reservatório final ao observar os resultados do ponto 4 nas 3 épocas de coletas seguindo a ordem cronológica. Observa-se também que o acúmulo ocorreu principalmente pelos motivos citados para a época 3 ao comparar com a média de 0,016 mg L^{-1} do mesmo ponto 4 na época de coleta 2

Tabela 21 Valores médios de zinco (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	0,164 B b	0,168 B b	0,042 A a
2	0,056 A a	0,040 A a	0,075 A a
3	0,044 A a	0,012 A a	0,081 A a
4	0,024 A a	0,016 A a	0,090 A b

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.1.13 Manganês

Os valores médios de manganês (mg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 22.

Diferente de todas as outras análises o manganês foi o que apresentou liberação maior que retenção, ou seja, valores como 40,09% na época de coleta 1, de 61,31%, na época 2 e 39,94% na época 3, indicando aumento na disposição deste

elemento no reservatório, observa-se que o maior momento dessa liberação foi nas condições da época de coleta 2.

Sistemas de tratamento de água da SABESP, que apresentam a macrófita Taboa (*Typha Latifólia*) nos mananciais superficiais de captação, vêm enfrentando o problema de liberação de manganês e ferro para o qual estão sendo direcionados estudos na verificação da influência desta planta nesta liberação.

Tabela 22. Valores médios de manganês (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	0,390 A a	0,325 A a	0,194 A a
2	0,527 A a	0,526 A a	0,326 A a
3	1,295 B b	0,857 A a	0,320 A a
4	0,651 A a	0,840 A a	0,323 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.1.14 Ferro

Os valores médios de ferro (mg L^{-1}) estão apresentados na Tabela 23.

Semelhante ao manganês o ferro apresentou liberação maior que retenção, ou seja, valores como 76,71% na época de coleta 1, de 71,66%, na época 2 e 67,27% na época 3 são de aumento na disposição deste elemento para o reservatório, observa-se que a maior liberação foi nas condições da época de coleta 1, fator este que pode estar relacionado com o tipo da Macrófita utilizada.

Tabela 23. Valores médios de ferro (mg L^{-1}) da água residuária em três épocas de amostragem nos quatro pontos de coletas.

Pontos de Coleta	**Épocas de coleta**		
	1	2	3
1	0,500 A a	0,672 A a	0,411 A a
2	1,580 A a	2,258 B a	1,250 A a
3	3,658 B b	2,374 B a	1,226 A a
4	2,147 A a	2,371 B a	1,256 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Observa-se que o momento de maior disponibilização deste elemento foi no ponto 3 nas condições da época de coleta 2.

6.2 Experimento 2: Análise de Solo em diferentes camadas – Cultura do Milho

6.2.1 pH

Os valores médios de pH ($CaCl_2$) estão apresentados na Tabela 24.

Segundo KIEHL (1985), pode-se atribuir aumento do pH devido à adição de resíduos de fontes orgânicas. Observa-se na Tabela 24 que no caso das amostras coletadas em diferentes camadas quando aplicamos a água residuária de suinocultura proveniente do sistema de alagados construídos, não houve diferença significativa entre as quatro camadas de cada uma das três coletas efetuadas, e que, apenas houve diferença entre os tratamentos realizados com as duas diferentes fontes de água fornecida para irrigação na camada de 0-20 cm da segunda coleta, onde no tratamento com água residuária fora inferior.

Quanto ao tratamento realizado com aplicação de água potável correspondendo ao plantio convencional de milho irrigado, nota-se que para as coletas 1 e 2 houve diferença significativa entre a camada de 0-20cm e as demais pesquisadas. Entende-se que houve uma tendência de ocupação de íons H^+ no solo cultivado com milho, quando enriquecido com esses resíduos.

Analisando cada camada em função da ordem cronológica de coleta (coleta 1, 2 e 3) das amostras de camada Tabela 25, nota-se que estatisticamente a diferença ocorreu apenas na camada de 0-20cm da coleta 1 com relação as demais coletas apenas quando aplicado água potável no sistema convencional de plantio do milho. Contudo, ao observa-se o teor de pH 5,2 da mesma camada na coleta 3, percebe-se que este aumento não pode ser considerado como uma tendência.

Os resultados de pH do tratamento água residuária, em todas as camadas analisadas da coleta 3 foram semelhantes ao resultado apresentado na Tabela (25) referente a primeira análise de solo. Para os valores obtidos no tratamento água potável (MAP) foram 14,0% acima da média.

Tabela 24. Valores médios de pH ($CaCl_2$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

PH	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	5,1 A a	5,4 B a
	20-40	4,4 A a	4,6 A a
	40-60	4,3 A a	4,4 A a
	60-80	4,2 A a	4,4 A a
COLETA 2	00-20	5,1 A a	6,2 B b
	20-40	4,4 A a	4,6 A a
	40-60	4,3 A a	4,4 A a
	60-80	4,3 A a	4,4 A a
COLETA 3	00-20	4,3 A a	5,2 A b
	20-40	4,3 A a	5,1 A a
	40-60	4,2 A a	4,7 A a
	60-80	4,2 A a	4,6 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 25. Valores médios de pH ($CaCl_2$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

pH	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	5,1 A a	5,1 A a	4,3 A a
(00-20cm)	MAP	5,4 A a	6,2 B b	5,2 B a
Camada 2	MAR	4,4 A a	4,4 A a	4,3 A a
(20-40cm)	MAP	4,6 A a	4,6 A a	5,1 A a
Camada 3	MAR	4,3 A a	4,3 A a	4,2 A a
(40-60cm)	MAP	4,4 A a	4,4 A a	4,7 A a
Camada 4	MAR	4,2 A a	4,3 A a	4,2 A a
(60-80cm)	MAP	4,4 A a	4,4 A a	4,6 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.2.2. Matéria orgânica (MO)

Os valores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) no solo estão apresentados na Tabela 26.

Observa-se na Tabela 26 que no caso das amostras coletadas em diferentes camadas quando aplica-se a água residuária, que as diferenças estatísticas existentes em acréscimo de matéria orgânica entre as quatro camadas de cada uma das três

coletas efetuadas, ocorreram nas camadas de 0-20 e 20-40cm da segunda coleta com relação as demais camadas para ambos os tratamentos e nas mesmas camadas na terceira coleta apenas para o tratamento efetuado com a aplicação de água residuária. Todavia não houve diferença entre os tratamentos água residuária (MAR) x água potável (MAP).

Tabela 26. Valores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm , respectivamente.

MATÉRIA ORGÂNICA	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	31,0 A a	33,0 A a
	20-40	31,0 A a	27,0 A a
	40-60	26,0 A a	25,0 A a
	60-80	25,0 A a	20,0 A a
COLETA 2	00-20	35,0 B a	36,0 B a
	20-40	30,0 B a	31,0 B a
	40-60	24,0 A a	26,0 A a
	60-80	24,0 A a	24,0 A a
COLETA 3	00-20	35,0 B a	30,0 A a
	20-40	33,0 B a	37,0 A a
	40-60	19,0 A a	31,0 A b
	60-80	18,0 A a	28,0 A b

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Entre tratamentos realizados com as duas diferentes fontes de água fornecida para irrigação não houve diferença, induzindo a interpretação de que esse acréscimo ocorre normalmente nesta fase de desenvolvimento da cultura no que diz respeito ao sistema radicular.

A diferença observada entre os tratamentos de aplicação de água foi estatisticamente significativa nas camadas de 40-60 e 60-80cm na terceira época de coleta, entende-se que a vantagem ocorreu no tratamento com água potável, pois se observa que nesse tratamento há uma distribuição praticamente homogênea de teor de MO entre as diferentes camadas no solo. Quanto aos teores de MO nas diferentes camadas quando irrigada com água residuária nota-se que existe uma tendência de que o sistema radicular da cultura do milho se concentre na camada de 0-40 cm de solo, subentende-se que existe uma maior concentração de determinados nutrientes para a planta nessa camada, assim o sistema radicular não precisa se desenvolver a maiores camadas em busca de nutriente.

Na Tabela 27 é possível uma melhor visualização da diferença estatística que existe entre o acúmulo de matéria orgânica nas camadas de 40-60 e 60-80cm na terceira época de coleta, entre os dois tratamentos. Segundo CARDOSO et al. (1992) a adição de fontes orgânicas ao solo modifica a dinâmica de nutrientes por aumentar a atividade e a biomassa microbiana. Com esta afirmação pode-se dizer que com toda essa dinâmica ocorrendo na camada de 0-40 cm, os nutrientes encontram-se em maior concentração e disponibilidade para as plantas, não havendo assim, necessidade do sistema radicular se desenvolver a maiores camadas.

Os resultados de MO nas parcelas que receberam água residuária (MAR), em todas as camadas e coletas foram inferiores ao resultado apresentado na Tabela (3) referente à primeira análise de solo.

Tabela 27. Valores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

MATÉRIA ORGÂNICA	Trat.	COLETA 1	COLETA 2	COLETA 3
Camada 1	MAR	31,0 A a	35,0 A a	35,0 A a
(00-20cm)	MAP	33,0 A a	36,0 A a	30,0 A a
Camada 2	MAR	31,0 A a	30,0 A a	33,0 A a
(20-40cm)	MAP.	27,0 A a	31,0 A a	37,0 A a
Camada 3	MAR	26,0 A a	24,0 A a	19,0 A a
(40-60cm)	MAP	25,0 A a	26,0 A a	31,0 B a
Camada 4	MAR	25,0 A a	24,0 A a	18,0 A a
(60-80cm)	MAP	20,0 A a	23,0 A a	28,0 B a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.2.3 Acidez Potencial (H+Al)

Os valores médios de Acidez potencial ($mmol_c$ dm^{-3}) estão apresentados na Tabela 28.

Tabela 28. Valores médios de acidez potencial ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

H + ALUMÍNIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	45,0 A a	35,0 A a
	20-40	67,0 B a	56,0 A a
	40-60	82,0 B a	74,0 B a
	60-80	84,0 B a	80,0 B a
COLETA 2	00-20	41,0 A a	24,0 A a
	20-40	67,0 B a	58,0 B a
	40-60	72,0 B a	68,0 B a
	60-80	78,0 B a	74,0 B a
COLETA 3	00-20	80,0 A b	41,0 A a
	20-40	79,0 A b	48,0 A a
	40-60	73,0 A a	54,0 A a
	60-80	77,0 A a	59,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 29. Valores médios de acidez potencial ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

H + ALUMÍNIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	45,0 A a	41,0 A a	80,0 B b
(00-20cm)	MAP	35,0 A a	24,0 A a	41,0 A a
Camada 2	MAR	67,0 A a	67,0 A a	79,0 B a
(20-40cm)	MAP.	56,0 A a	58,0 A a	48,0 A a
Camada 3	MAR	82,0 A a	72,0 A a	73,0 A a
(40-60cm)	MAP	74,0 A a	68,0 A a	54,0 A a
Camada 4	MAR	84,0 A a	78,0 A a	77,0 A a
(60-80cm)	MAP	80,0 A a	74,0 A a	59,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Ao que se refere em quantidade de íons de hidrogênio e alumínio que o solo é capaz de liberar em um solo com a cultura do milho safrinha nas condições encontradas para este experimento (Tabela 28), o maior destaque pode ser considerado nas camadas de 0-20 e 20-40 cm entre as demais camadas na coleta 3 do tratamento com água residuária, comparando-se esses valores com as demais camadas da mesma coleta e também das demais coletas, observa-se que houve um aumento significativo ao que se refere acidez potencial.

Na Tabela 29 constata-se a diferença estatística que existe entre o aumento na acidez potencial nas camadas de 0-20 e 20-40 na terceira época de coleta, entre

os dois tratamentos e entre as demais épocas demonstrando assim os riscos inerentes ao potencial de acidez que o solo apresentou nessas camadas após um período continuo de deposição de água residuária no solo.

6.2.4 Soma de Bases (SB)

Os valores médios de soma de bases ($mmol_c\ dm^{-3}$) estão apresentados na Tabela 30.

Tabela 30. Valores médios de soma de bases ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

SOMA DE BASES	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	36,0 A a	50,0 B a
	20-40	18,0 A a	23,0 A a
	40-60	11,0 A a	18,0 A a
	60-80	9,0 A a	11,0 A a
COLETA 2	00-20	37,0 A a	75,0 B b
	20-40	17,0 A a	21,0 A a
	40-60	11,0 A a	15,0 A a
	60-80	10,0 A a	13,0 A a
COLETA 3	00-20	34,0 A a	62,0 A a
	20-40	34,0 A a	61,0 A a
	40-60	18,0 A a	38,0 A a
	60-80	18,0 A a	34,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Ao que se refere em a soma dos teores de Ca, Mg e K em um solo cultivado com milho safrinha nas condições encontradas para este experimento, pode-se destacar a diferença significativa na camada de 0-20cm (Tabela 30), na coleta 1 e 2 entre as demais camadas do tratamento com água potável, comparando-se esses valores com os demais camadas da mesma coleta e nas demais coletas observa-se que houve um aumento significativo desses teores. Os resultados de SB do tratamento água potável, em todas as camadas e coleta 3 foram superiores ao resultado apresentado na Tabela (3) referente a primeira análise de solo.

Tabela 31. Valores médios de soma de bases ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

SOMA de BASES	Trat.	COLETA 1	COLETA 2	COLETA 3
Camada 1	MAR	36,0 A a	37,0 A a	34,0 A a
(00-20cm)	MAP	50,0 A a	75,0 B a	62,0 A a
Camada 2	MAR	18,0 A a	17,0 A a	34,0 A a
(20-40cm)	MAP.	23,0 A a	21,0 A a	61,0 A b
Camada 3	MAR	11,0 A a	11,0 A a	18,0 A a
(40-60cm)	MAP	18,0 A a	15,0 A a	38,0 A a
Camada 4	MAR	9,0 A a	10,0 A a	18,0 A a
(60-80cm)	MAP	11,0 A a	13,0 A a	34,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Na Tabela 31 é observa-se diferença estatística que existe entre o aumento na soma de bases na camada de 0-20cm na segunda época de coleta, entre os dois tratamentos. A maior evidência para a camada de 20-40cm da coleta 3, em água potável, com acréscimo significativo do teor de SB em comparação com as duas coletas anteriores.

6.2.5 Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

Os valores médios de capacidade de troca de cátions ($mmol_c\ dm^{-3}$) estão apresentados na Tabela 32.

Na coleta 3 (Tabela 32) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm em água residuária ocorreu acréscimo significativo. Entre as demais camadas, no entanto, não houve diferença entre os dois tratamentos. A única observação com respeito à diferença estatisticamente significativa entre tratamentos refere-se ao acréscimo no valor de CTC do tratamento com água potável na camada de solo de 0-20 cm da segunda coleta.

Na coleta 3 (Tabela 33) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm dos dois tratamentos ocorreu acréscimo significativo entre as demais coletas. Demonstrando a tendência de aumento da CTC nas camadas onde se concentram maior volume de raízes da maioria das culturas. Observa-se que a tendência de acréscimo dos valores foram homogenias para os dois tratamentos nas camadas de 40-60 e 60-80 cm e nas 3 coletas.

Tabela 32. Valores médios capacidade de troca de cátions ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

CTC	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	81,0 A a	86,0 A a
	20-40	84,0 A a	79,0 A a
	40-60	93,0 A a	92,0 A a
	60-80	94,0 A a	92,0 A a
COLETA 2	00-20	78,0 A a	99,0 A b
	20-40	83,0 A a	79,0 A a
	40-60	83,0 A a	83,0 A a
	60-80	87,0 A a	86,0 A a
COLETA 3	00-20	114,0 B a	103,0 A a
	20-40	113,0 B a	109,0 A a
	40-60	91,0 A a	92,0 A a
	60-80	95,0 A a	93,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 33. Valores médios de capacidade de troca de cátions ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

CTC	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	81,0 A a	78,0 A a	114,0 A b
(00-20cm)	MAP	86,0 A a	99,0 B a	103,0 A a
Camada 2	MAR	84,0 A a	83,0 A a	113,0 A b
(20-40cm)	MAP.	79,0 A a	79,0 A a	109,0 A b
Camada 3	MAR	94,0 A a	83,0 A a	91,0 A a
(40-60cm)	MAP	92,0 A a	83,0 A a	92,0 A a
Camada 4	MAR	93,0 A a	87,0 A a	95,0 A a
(60-80cm)	MAP	92,0 A a	86,0 A a	93,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Os resultados de CTC dos tratamentos água potável e água residuária, em todas as camadas da coleta 3 foram superiores ao resultado apresentado na Tabela (3) referente a primeira análise de solo.

6.2.6 Aluminio (Al^{3+})

Os valores médios de alumínio trocável ($mmol_c\ dm^{-3}$) estão apresentados na Tabela 34.

Sendo o alumínio trocável um íon tóxico para as plantas seria ideal que seus teores no solo fossem praticamente nulos, Raij et al. (2001) citam que acima de 5 $mmol_c\ dm^{-3}$ são considerados teores altos desse elemento. Os teores de Al^{+3} apresentados nas Tabelas 34 e 35 não indicaram variações significativas entre os tratamentos.

Tabela 34. Valores médios de alumínio trocável ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

ALUMÍNIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	3,0 A a	1,0 A a
	20-40	12,0 B a	7,0 A a
	40-60	19,0 B a	12,0 B a
	60-80	20,0 B a	15,0 B a
COLETA 2	00-20	2,0 A a	2,0 A a
	20-40	10,0 B a	8,0 A a
	40-60	15,0 B a	12,0 A a
	60-80	17,0 B a	13,0 A a
COLETA 3	00-20	7,0 A a	1,0 A a
	20-40	7,0 A a	1,0 A a
	40-60	9,0 A a	3,0 A a
	60-80	10,0 A a	3,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatísticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 35. Valores médios de alumínio trocável ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

ALUMÍNIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	3,0 A a	2,0 A a	7,0 A a
(00-20cm)	MAP	1,0 A a	2,0 A a	1,0 A a
Camada 2	MAR	12,0 A a	10,0 A a	7,0 A a
(20-40cm)	MAP	7,0 A a	8,0 A a	1,0 A a
Camada 3	MAR	19,0 A a	15,0 A a	9,0 A a
(40-60cm)	MAP	12,0 A a	12,0 A a	3,0 A a
Camada 4	MAR	20,0 A a	17,0 A a	10,0 A a
(60-80cm)	MAP	15,0 A b	13,0 A b	3,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatísticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

No tratamento água potável foi observada diferenças significativas quando comparados as coletas 1, 2 e 3 (Tabela 35). Na coleta 3, o teor encontra-se abaixo de 5 $mmol_c\ dm^{-3}$ que segundo RAIJ et al. (2001) são considerados teores baixos desse elemento no solo.

Os resultados de Al^{+3} dos tratamentos água potável e água

residuária, em todas as camadas da coleta 3 foram inferiores ao resultado apresentado na Tabela (3) referente a primeira análise de solo, sendo o tratamento água potável que apresentou teores inferiores a 5 $mmol_c\ dm^{-3}$.

6.2.7 Saturação por Bases (V%)

Os valores médios de saturação por bases (%) estão apresentados na Tabela 36.

Sendo a saturação por bases um excelente indicativo das condições gerais da fertilidade do solo. TOMÉ JR., (1997) cita que utilizada pode ser também como complemento na nomenclatura do solo, na qual citaremos dois grupos: *solos eutróficos* (férteis): V% ≥ 50%; *solos distróficos* (pouco férteis): V% < 50%. Observa-se que teores de saturação por bases > 50% (eutróficos) são encontrados apenas para o tratamento água potável nas três coletas da camada 1 (Tabela 37) e na terceira coleta da camada 2.

Tabela 36. Valores médios de saturação por bases (%) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

V%	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	45,0 A a	59,0 B a
	20-40	21,0 A a	29,0 A a
	40-60	12,0 A a	20,0 A a
	60-80	10,0 A a	12,0 A a
COLETA 2	00-20	47,0 A a	75,0 B a
	20-40	20,0 A a	26,0 A a
	40-60	14,0 A a	18,0 A a
	60-80	11,0 A a	15,0 A a
COLETA 3	00-20	30,0 A a	60,0 A a
	20-40	30,0 A a	56,0 A a
	40-60	20,0 A a	41,0 A a
	60-80	19,0 A a	37,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Os resultados encontrados nas quatro camadas da terceira coleta são classificados como teor baixo nas camadas 1 e 2 e muito baixo nas camadas 3 e 4 segundo RAIJ et al. (2001), e nas camadas 1 e 2 da coleta 3 para como sendo teor médio, e baixo nas camadas 3 e 4.

Tabela 37. Valores médios de saturação por bases (%) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

V%	Trat.	COLETA 1	COLETA 2	COLETA 3
Camada 1	MAR	45,0 A a	47,0 A a	30,0 A a
(00-20cm)	MAP	59,0 A a	75,0 A a	60,0 A a
Camada 2	MAR	21,0 A a	20,0 A a	30,0 A a
(20-40cm)	MAP.	29,0 A a	26,0 A a	56,0 A a
Camada 3	MAR	12,0 A a	14,0 A a	20,0 A a
(40-60cm)	MAP	20,0 A a	18,0 A a	41,0 A a
Camada 4	MAR	10,0 A a	11,0 A a	19,0 A a
(60-80cm)	MAP	12,0 A a	15,0 A a	37,0 A a

Não houve diferença significativa pelo Teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.2.8 Análise do solo – Macronutrientes

Na coleta nas quatro camadas dos dois tratamentos todos os teores analisados encontram-se superiores ao resultado apresentado na Tabela (36) referente à primeira análise de solo, indicando a tendência à melhoria da fertilidade quando utilizado ambos os tratamentos. Apesar de estatisticamente não haver diferença significativa entre tratamentos, pode-se inferir com base na classificação de RAIJ et al. (2001) tratamento água potável apresentou melhores resultados. Contudo, a se considerar uma deposição contínua de água residuária, esse solo tende a um aumento da fertilidade.

Com relação aos teores de Fósforo (Tabela 38), nota-se um aumento significativo nos valores com o passar do tempo para os dois tratamentos. Sendo assim, com base nos resultados obtidos, pode-se afirµmar que os valores de P no solo da área experimental tiveram um pequeno aumento para tratamento com água residuária, praticamente duplicam para tratamento com água potável quando comparados com seu estado inicial (Tabela 3).

As concentrações de potássio no solo durante a fase experimental estão apresentadas nas Tabelas 40 e 41.

Nota-se que mesmo para os dois tratamentos os teores finais de potássio no solo foram maiores que as inicialmente determinadas (Tabela 3). Os valores significativos encontra-se nas camadas de camada 1 e 2 da coleta 3 do tratamento realizado com água reziduária, teores esses que segundo a classificação de RAIJ et al. (2001) são

considerados altos. É valido salientar que este acréscimo significativo ocorreu após o período de tratamento da água residuária no sistema de alagados construídos sem a presença da planta macrófita.

Com relação aos demais cátions trocáveis, Ca (Tabela 42 e 43) e Mg (Tabela 44 e 45) ocorreram algumas diferenças significativas entre os tratamentos, para o tratamento com água potável (MAP) ocorreram acréscimos significativos, quando comparados com seu estado inicial (Tabela 3).

Para o Ca, de maneira geral, ocorreram em todas as faixas de camada nas três coletas analisadas teores classificados como alto (> 7) em ambos os tratamentos segundo RAIJ et al. (2001). Ainda para esse elemento, pode-se afirmar que os maiores teores foram observados no tratamento com água potável (MAP), e sendo aumentos progressivos nas camadas 3 (40-60cm) e 4 (60-80cm) em ambos os tratamentos, considerando a ordem cronológica de coletas.

Tabela 38. Valores médios de fósforo (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

FÓSFORO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	6,0 A a	13,0 A a
	20-40	3,0 A a	4,0 A a
	40-60	2,0 A a	6,0 A a
	60-80	2,0 A a	4,0 A a
COLETA 2	00-20	16,0 A a	22,0 B a
	20-40	4,0 A a	4,0 A a
	40-60	3,0 A a	4,0 A a
	60-80	5,0 A a	4,0 A a
COLETA 3	00-20	21,0 A a	19,0 A a
	20-40	17,0 A a	20,0 A a
	40-60	15,0 A a	19,0 A a
	60-80	15,0 A a	17,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 39. Valores médios de fósforo (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

FÓSFORO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	6,0 A a	16.0 A b	21,0 A b
(00-20cm)	MAP	13,0 A a	22,0 A a	19,0 A a
Camada 2	MAR	3,0 A a	4,0 A a	17,0 A b
(20-40cm)	MAP	4,0 A a	4,0 A a	20,0 A b
Camada 3	MAR	2,0 A a	3,0 A a	15,0 A b
(40-60cm)	MAP	6,0 A a	4,0 A a	19,0 A b
Camada 4	MAR	2,0 A a	5,0 A a	15,0 A a
(60-80cm)	MAP	4,0 A a	4,0 A a	17,0 A b

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 40. Valores médios de potássio ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

POTÁSSIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	1,1 A a	1,6 A a
	20-40	0,6 A a	1,0 A a
	40-60	0,8 A a	0,8 A a
	60-80	0,7 A a	0,5 A a
COLETA 2	00-20	1,7 A a	1,7 A a
	20-40	1,0 A a	0,8 A a
	40-60	0,6 A a	0,6 A a
	60-80	0,6 A a	0,5 A a
COLETA 3	00-20	9,1 B b	1,3 A a
	20-40	7,7 B b	1,9 A a
	40-60	2,6 A a	1,5 A a
	60-80	2,1 A a	1,3 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 41. Valores médios de potássio ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

POTÁSSIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	1,1 A a	1,9 A a	9,1 B b
(00-20cm)	MAP	1,6 A a	1,7 A a	1,3 A a
Camada 2	MAR	0,6 A a	1,0 A a	7,7 B b
(20-40cm)	MAP	1,0 A a	0,8 A a	1,9 A a
Camada 3	MAR	0,8 A a	0,6 A a	2,1 A a
(40-60cm)	MAP	0,8 A a	0,6 A a	1,5 A a
Camada 4	MAR	0,7 A a	0,6 A a	2,6 A a
(60-80cm)	MAP	0,5 A a	0,5 A a	1,3 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 42. Valores médios de cálcio (mmol dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

CÁLCIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	22,0 A a	31,0 A a
	20-40	12,0 A a	14,0 A a
	40-60	7,0 A a	12,0 A a
	60-80	6,0 A a	7,0 A a
COLETA 2	00-20	20,0 A a	48,0 B a
	20-40	10,0 A a	13,0 A a
	40-60	7,0 A a	10,0 A a
	60-80	6,0 A a	9,0 A a
COLETA 3	00-20	16,0 A a	41,0 B a
	20-40	18,0 A a	41,0 B a
	40-60	11,0 A a	25,0 A a
	60-80	11,0 A a	23,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 43. Valores médios de cálcio (mmol dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

CÁLCIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	22,0 A a	20,0 A a	16,0 A a
(00-20cm)	MAP	31,0 A a	48,0 B a	41,0 B a
Camada 2	MAR	12,0 A a	10,0 A a	18,0 A a
(20-40cm)	MAP	14,0 A a	13,0 A a	41,0 B b
Camada 3	MAR	7,0 A a	7,0 A a	11,0 A a
(40-60cm)	MAP	12,0 A a	10,0 A a	25,0 A a
Camada 4	MAR	6,0 A a	6,0 A a	11,0 A a
(60-80cm)	MAP	7,0 A a	9,0 A a	23,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

O mesmo comportamento do elemento Ca pode ser observado para o Mg, para as camadas 3 e 4 da coleta 3 para ambos os tratamentos, entretanto, os teores encontram-se na faixa de classificação segundo RAIJ et al. (2001), entre baixo a médio para o tratamento com água residuária (MAR) e alto para o tratamento água potável (MAP).

Tabela 44. Valores médios de magnésio (mmol dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

MAGNÉSIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	13,0 A a	18,0 B a
	20-40	5,0 A a	8,0 A a
	40-60	3,0 A a	5,0 A a
	60-80	2,0 A a	3,0 A a
COLETA 2	00-20	15,0 A a	25,0 B a
	20-40	6,0 A a	7,0 A a
	40-60	3,0 A a	4,0 A a
	60-80	3,0 A a	3,0 A a
COLETA 3	00-20	9,0 A a	20,0 A a
	20-40	8,0 A a	18,0 A a
	40-60	5,0 A a	11,0 A a
	60-80	4,0 A a	10,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 45. Valores médios de magnésio (mmol dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

MAGNÉSIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	13,0 A a	15,0 A a	9,0 A a
(00-20cm)	MAP	18,0 A a	25,0 A a	20,0 B a
Camada 2	MAR	5,0 A a	6,0 A a	8,0 A a
(20-40cm)	MAP.	8,0 A a	7,0 A a	18,0 B a
Camada 3	MAR	3,0 A a	3,0 A a	5,0 A a
(40-60cm)	MAP	5,0 A a	4,0 A a	11,0 A a
Camada 4	MAR	2,0 A a	3,0 A a	4,0 A a
(60-80cm)	MAP	3,0 A a	3,0 A a	10,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.2.9 Análise de micronutrientes

Com relação aos micronutrientes, foram realizadas análises para determinação dos teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn. No início do experimento (Tabela 3), o solo apresentava teores elevados de Cu, Fe e Zn, além de baixo para Boro e médio para Mn nas camadas de 0-20cm e 20-40cm, quando comparados com a classificação apresentada por (RAIJ et al. 2001).

Os resultados obtidos para esses elementos estão apresentados nas Tabelas 46 a 53. É pertinente salientar, para os micronutrientes Cu e Zn, que os teores obtidos na coleta 3, observados para o tratamento água residuária foram menores em média quando comparados com aqueles observados na Tabela 3.

A aplicação de água residuária proveniente de suinocultura apresentou tendências a aumento nos teores de B, Fe e Mn, uma vez que a principal fonte desse elemento no solo é a matéria orgânica.

Com relação aos teores de boro no solo (Tabelas 46 e 47), os aumentos foram mais marcantes para o tratamento com água residuária nas coletas 2 e 3 nas faixas de 0-20 e 20-40cm de camada.

Nas Tabelas 48 e 49 estão apresentados os dados relativos aos teores de cobre no solo, podendo-se observar para esse nutriente um comportamento semelhante ao relatado anteriormente para o B, no entanto para as coletas 1 e 2. A semelhança comparativa dessa observação ocorreu também para o tratamento com água potável.

Diante dos dados de Fe no solo (Tabelas 50 e 51), pode-se observar que o tratamento com água potável sofreu aumentos significativos nas camadas 3 e 4 da coleta 1 e nas camadas 1, 2 e 3 da coleta 2. Para tratamento com água residuária, os teores comportaram-se de forma crescente com o passar do tempo.

Nas Tabelas 52 e 53 foram apresentados os resultados das concentrações de Mn, para o qual observa diferenças significativas para os dois tratamentos, os teores comportaram-se de forma crescente com o passar do tempo.

Para os teores de Zn no solo (Tabelas 54 e 55) observa-se no tratamento com água residuária uma diminuição nos valores com o passar do tempo, exceto para a camada 2 da coleta 2. É valido salientar que os valores obtidos para MAR forma inferiores aos teores apresentados na Tabela 3. Fato esse não observado para o tratamento MAP em todas as camadas da coleta 3.

Tabela 46. Valores médios de Boro (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

BORO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	0,24 A a	0,14 A a
	20-40	0,14 A a	0,12 A a
	40-60	0,29 A a	0,20 A a
	60-80	0,34 A a	0,14 A a
COLETA 2	00-20	0,27 A a	0,41 A a
	20-40	0,62 A b	0,25 A a
	40-60	0,38 A a	0,30 A a
	60-80	0,41 A a	0,25 A a
COLETA 3	00-20	0,96 B b	0,50 A a
	20-40	0,70 B a	0,41 A a
	40-60	0,26 A a	0,33 A a
	60-80	0,32 A a	0,26 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 47. Valores médios de Boro ($mmol_c$ dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

BORO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	0,24 A a	0,27 A a	0,96 B b
(00-20cm)	MAP	0,14 A a	0,41 B a	0,50 A a
Camada 2	MAR	0,14 A a	0,62 B b	0,70 B a
(20-40cm)	MAP	0,12 A a	0,25 A a	0,41 A a
Camada 3	MAR	0,29 A a	0,38 A a	0,26 A a
(40-60cm)	MAP	0,20 A a	0,30 A a	0,33 A a
Camada 4	MAR	0,34 A a	0,41 A a	0,32 A a
(60-80cm)	MAP	0,14 A a	0,25 A a	0,26 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 48. Valores médios de Cobre (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

COBRE	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	16,9 B a	17,2 B a
	20-40	14,1 B a	14,3 B a
	40-60	9,9 A a	8,3 A a
	60-80	9,0 A a	7,5 A a
COLETA 2	00-20	18,8 B a	18,0 B a
	20-40	17,4 B b	11,4 A a
	40-60	13,3 A a	9,4 A a
	60-80	10,2 A a	10,4 A a
COLETA 3	00-20	15,1 A a	15,7 A a
	20-40	13,7 A a	15,3 A a
	40-60	10,2 A a	13,5 A a
	60-80	9,8 A a	11,7 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 49. Valores médios de Cobre (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

COBRE	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	16,9 A a	18,0 A a	15,1 A a
(00-20cm)	MAP	17,2 A a	18,0 A a	15,7 A a
Camada 2	MAR	14,1 A a	17,4 B a	13,7 A a
(20-40cm)	MAP	14,3 A a	11,4 A a	15,3 A a
Camada 3	MAR	9,9 A a	13,3 A a	10,2 A a
(40-60cm)	MAP	8,3 A a	9,4 A a	13,5 A a
Camada 4	MAR	9,0 A a	10,2 A a	9,8 A a
(60-80cm)	MAP	7,5 A a	10,4 A a	11,7 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 50. Valores médios de Ferro (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

FERRO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	27,0 A a	27,0 A a
	20-40	23,0 A a	25,0 A a
	40-60	18,0 A a	129,0 B b
	60-80	15,0 A a	109,0 B a
COLETA 2	00-20	31,0 A a	264,0 B b
	20-40	23,0 A a	202,0 B b
	40-60	24,0 A a	135,0 B b
	60-80	18,0 A a	20,0 A a
COLETA 3	00-20	43,0 A a	50,0 A a
	20-40	40,0 A a	43,0 A a
	40-60	28,0 A a	39,0 A a
	60-80	27,0 A a	37,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 51. Valores médios de Ferro (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

FERRO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	27,0 A a	31,0 A a	43,0 A a
(00-20cm)	MAP	27,0 A a	264,0 B b	50,0 A a
Camada 2	MAR	23,0 A a	23,0 A a	40,0 A a
(20-40cm)	MAP	25,0 A a	202,0 B b	43,0 A a
Camada 3	MAR	18,0 A a	24,0 A a	28,0 A a
(40-60cm)	MAP	129,0 B a	135,0 B a	39,0 A a
Camada 4	MAR	15,0 A a	18,0 A a	27,0 A a
(60-80cm)	MAP	109,0 A a	20,0 A a	37,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 52. Valores médios de Manganês (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

MANGANÊS	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	19,0 A a	21,0 A a
	20-40	17,0 A a	18,0 A a
	40-60	13,0 A a	10,0 A a
	60-80	8,0 A a	9,0 A a
COLETA 2	00-20	42,0 B a	34,0 A a
	20-40	30,0 B a	30,0 A a
	40-60	19,0 A a	26,0 A a
	60-80	13,0 A a	13,0 A a
COLETA 3	00-20	50,0 B a	54,0 B a
	20-40	42,0 B a	37,0 A a
	40-60	24,0 A a	27,0 A a
	60-80	16,0 A a	20,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 53. Valores médios de Manganes (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

MANGANÊS	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	19,0 A a	42,0 A b	50,0 A b
(00-20cm)	MAP	21,0 A a	34,0 A a	54,0 A b
Camada 2	MAR	17,0 A a	30,0 A a	42,0 A a
(20-40cm)	MAP	18,0 A a	30,0 A a	37,0 A a
Camada 3	MAR	13,0 A a	19,0 A a	16,0 A a
(40-60cm)	MAP	10,0 A a	26,0 A a	27,0 A a
Camada 4	MAR	8,0 A a	13,0 A a	24,0 A a
(60-80cm)	MAP	9,0 A a	13,0 A a	20,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 54. Valores médios de Zinco (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

ZINCO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	0,6 A a	0,9 A a
	20-40	0,5 A a	0,5 A a
	40-60	0,3 A a	0,2 A a
	60-80	0,2 A a	0,1 A a
COLETA 2	00-20	2,3 A a	2,2 A a
	20-40	4,8 B b	0,4 A a
	40-60	0,5 A a	0,4 A a
	60-80	0,4 A a	0,3 A a
COLETA 3	00-20	1,8 A a	2,0 A a
	20-40	1,2 A a	1,5 A a
	40-60	0,7 A a	1,3 A a
	60-80	0,6 A a	2,7 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 55. Valores médios de Zinco (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

ZINCO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	0,6 A a	2,3 A a	1,8 A a
(00-20cm)	MAP	0,9 A a	2,2 A a	2,0 A a
Camada 2	MAR	0,5 A a	4,8 B b	1,2 A a
(20-40cm)	MAP	0,5 A a	0,4 A a	1,5 A a
Camada 3	MAR	0,3 A a	0,5 A a	0,7 A a
(40-60cm)	MAP	0,2 A a	0,4 A a	1,3 A a
Camada 4	MAR	0,2 A a	0,4 A a	0,6 A a
(60-80cm)	MAP	0,1 A a	0,3 A a	2,7 A b

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.3 Solução do solo – extrator de solução (Milho)

A maioria dos subprodutos gerados pelas diferentes atividades agrícolas e zootécnicas pode causar efeitos prejudiciais ao meio ambiente e principalmente aos recursos hídricos. A avaliação da qualidade da água drenada ao longo do perfil de solos, fertilizados com água residuária proveniente de suinocultura verifica a possibilidade dessa água atingir as águas subterrâneas, rios e lagos.

A importância de se estudar a solução do solo está relacionada com absorção de nutrientes pelas plantas, sabe-se que qualquer substância que estiver presente na solução poderá ser absorvida (TOMÉ Jr, 1997). Comparando os tratamentos pode-se observar diferença significativa para MAR nas camadas 1 e 2 da coleta 3 para o elemento N_{total} 82,76 e 325,0%, respectivamente, maior que os teores obtidos em MAP (Tabela 56).Vale ressaltar que a coleta 3 fora realizada após a colheita e o período de irrigação, isto implica em considerar que existe um risco eminente ao que se refere em contaminação do solo com este elemento.

Os teores de Ca apresentados na Tabela 60, demonstraram diferenças significativas nas coletas 2 e 3 na camada 1, sendo 175,00 e 335,57% maiores para MAR comparados à MAP. Na camada 2 da coleta 3 esse aumento foi de 116,00%

Para o elemento S (Tabela 66 e 67) verificou-se diferença significativa na coleta 3 camada 2, onde a diferença entre os tratamentos foi de 80,00% superior para MAR.

Com relação ao elemento Zn (Tabela 70 e 71) verificou-se diferença significativa na coleta 3 camada 1 e 2, onde a diferença entre os tratamentos foi de 425,00 e 1225,00%, respectivamente, superior para MAR.

Teores médios indicam a possibilidade de percolação dos elementos provenientes da irrigação com água residuária a camadas mais profundas podem ser observados nos elementos N_{total} e Ca (Tabelas 56 e 62).

Tabela 56. Valores médios de nitrogênio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

NITROGÊNIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	13,00 A a	35,00 A a
	20-40	47,00 B a	46,00 A a
	40-60	16,00 A a	48,00 B a
	60-80	18,00 A a	23,00 A a
COLETA 2	00-20	27,00 A a	50,00 A a
	20-40	19,00 A a	41,00 A a
	40-60	26,00 A a	45,00 A a
	60-80	64,00 A a	46,00 A a
COLETA 3	00-20	53,00 B b	29,00 A a
	20-40	51,00 B b	12,00 A a
	40-60	36,00 B a	29,00 A a
	60-80	17,00 A a	17,00 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 57 Valores médios de nitrogênio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

NITROGÊNIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	13,00 A a	27,00 A a	53,00 B b
(00-20cm)	MAP	35,00 A a	50,00 A a	29,00 A a
Camada 2	MAR	47,00 B a	19,00 A a	51,00 B b
(20-40cm)	MAP	46,00 B a	41,00 B a	12,00 A a
Camada 3	MAR	16,00 A a	26,00 A a	36,00 A a
(40-60cm)	MAP	48,00 B a	45,00 A a	29,00 A a
Camada 4	MAR	18,00 A a	64,00 B a	17,00 A a
(60-80cm)	MAP	23,00 A a	46,00 A a	17,00 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 58. Valores médios de fósforo (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

FÓSFORO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	3,00 A a	3,00 A a
	20-40	3,00 A a	3,00 A a
	40-60	3,00 A a	3,00 A a
	60-80	4,00 A a	3,00 A a
COLETA 2	00-20	4,00 A a	3,00 A a
	20-40	3,00 A a	3,00 A a
	40-60	3,00 A a	3,00 A a
	60-80	3,00 A a	3,00 A a
COLETA 3	00-20	2,00 A a	2,00 A a
	20-40	1,00 A a	2,00 A a
	40-60	1,00 A a	2,00 A a
	60-80	1,00 A a	2,00 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 59. Valores médios de fósforo (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

FÓSFORO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	3,00 A b	4,00 A b	2,00 A a
(00-20cm)	MAP	3,00 A a	3,00 A a	2,00 A a
Camada 2	MAR	3,00 A b	3,00 A b	1,00 A a
(20-40cm)	MAP	3,00 A a	3,00 A a	2,00 A a
Camada 3	MAR	3,00 A b	3,00 A b	1,00 A a
(40-60cm)	MAP	3,00 A a	3,00 A a	2,00 A a
Camada 4	MAR	4,00 A b	3,00 A b	1,00 A a
(60-80cm)	MAP	3,00 A a	3,00 A a	2,00 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 60. Valores médios de potássio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

POTÁSSIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	6,00 A a	6,00 A a
	20-40	5,00 A a	5,00 A a
	40-60	5,00 A a	5,00 A a
	60-80	5,00 A a	6,00 A a
COLETA 2	00-20	6,00 A a	5,00 A a
	20-40	5,00 A a	5,00 A a
	40-60	4,00 A a	4,00 A a
	60-80	6,00 A a	4,00 A a
COLETA 3	00-20	8,00 A a	8,00 A a
	20-40	9,00 A a	8,00 A a
	40-60	8,00 A a	9,00 A a
	60-80	8,00 A a	9,00 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 61. Valores médios de potássio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

POTÁSSIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	6,00 A a	6,00 A a	8,00 A a
(00-20cm)	MAP	6,00 A a	5,00 A a	8,00 A a
Camada 2	MAR	5,00 A a	5,00 A a	9,00 B a
(20-40cm)	MAP	5,00 A a	5,00 A a	8,00 B a
Camada 3	MAR	5,00 A a	4,00 A a	8,00 B a
(40-60cm)	MAP	5,00 A a	4,00 A a	9,00 B a
Camada 4	MAR	5,00 A a	6,00 A a	8,00 A a
(60-80cm)	MAP	6,00 A a	4,00 A a	9,00 B a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 62. Valores médios de cálcio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

CÁLCIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	14,00 A a	19,00 A a
	20-40	31,00 A a	28,00 A a
	40-60	25,00 A a	26,00 A a
	60-80	19,00 A a	14,00 A a
COLETA 2	00-20	33,00 A b	12,00 A a
	20-40	36,00 A a	28,00 A a
	40-60	36,00 A a	33,00 A a
	60-80	36,00 A a	20,00 A a
COLETA 3	00-20	61,00 B b	14,00 A a
	20-40	39,00 A b	18,00 A a
	40-60	35,00 A a	32,00 A a
	60-80	21,00 A a	21,00 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 63. Valores médios de cálcio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

CÁLCIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	14,00 A a	33,00 B b	61,00 B c
(00-20cm)	MAP	19,00 A a	12,00 A a	14,00 A a
Camada 2	MAR	31,00 A a	36,00 A a	39,00 B a
(20-40cm)	MAP	28,00 A a	28,00 A a	18,00 A a
Camada 3	MAR	25,00 A a	36,00 A a	35,00 A a
(40-60cm)	MAP	26,00 A a	33,00 A a	32,00 A a
Camada 4	MAR	19,00 A a	36,00 A a	21,00 A a
(60-80cm)	MAP	14,00 A a	20,00 A a	21,00 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 64. Valores médios de magnésio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

MAGNÉSIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	4,00 A a	4,00 A a
	20-40	3,00 A a	5,00 A a
	40-60	3,00 A a	4,00 A a
	60-80	3,00 A a	3,00 A a
COLETA 2	00-20	4,00 A a	3,00 A a
	20-40	4,00 A a	3,00 A a
	40-60	3,00 A a	5,00 A a
	60-80	4,00 A a	4,00 A a
COLETA 3	00-20	15,00 B b	2,00 A a
	20-40	4,00 A a	2,00 A a
	40-60	4,00 A a	4,00 A a
	60-80	3,00 A a	2,00 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 65. Valores médios de magnésio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas

MAGNÉSIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	4,00 A a	4,00 A a	15,00 B b
(00-20cm)	MAP	4,00 A a	3,00 A a	2,00 A a
Camada 2	MAR	3,00 A a	4,00 A a	4,00 A a
(20-40cm)	MAP	5,00 A a	3,00 A a	2,00 A a
Camada 3	MAR	3,00 A a	3,00 A a	4,00 A a
(40-60cm)	MAP	4,00 A a	5,00 A a	4,00 A a
Camada 4	MAR	3,00 A a	4,00 A a	3,00 A a
(60-80cm)	MAP	3,00 A a	4,00 A a	2,00 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 66. Valores médios de enxofre (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

ENXOFRE	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	5,0 A a	4,0 A a
	20-40	4,0 A a	4,0 A a
	40-60	5,0 A a	4,0 A a
	60-80	4,0 A a	3,0 A a
COLETA 2	00-20	4,0 A a	4,0 A a
	20-40	3,0 A a	4,0 A a
	40-60	3,0 A a	3,0 A a
	60-80	4,0 A a	3,0 A a
COLETA 3	00-20	4,0 A a	5,0 A a
	20-40	9,0 B b	5,0 A a
	40-60	4,0 A a	4,0 A a
	60-80	4,0 A a	4,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 67. Valores médios de enxofre (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

ENXOFRE	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	5,00 A a	4,00 A a	4,00 A a
(00-20cm)	MAP	4,00 A a	4,00 A a	5,00 A a
Camada 2	MAR	4,00 A a	3,00 A a	9,00 B b
(20-40cm)	MAP	4,00 A a	4,00 A a	5,00 A a
Camada 3	MAR	5,00 A a	3,00 A a	4,00 A a
(40-60cm)	MAP	4,00 A a	3,00 A a	4,00 A a
Camada 4	MAR	4,00 A a	4,00 A a	4,00 A a
(60-80cm)	MAP	3,00 A a	3,00 A a	4,00 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 68. Valores médios de manganês (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

MANGANÊS	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	0,18 A a	0,23 A a
	20-40	0,32 A a	0,19 A a
	40-60	0,12 A a	1,11 B b
	60-80	0,35 A a	0,05 A a
COLETA 2	00-20	0,10 A a	0,04 A a
	20-40	0,11 A a	0,06 A a
	40-60	0,03 A a	0,12 A a
	60-80	0,11 A a	0,06 A a
COLETA 3	00-20	0,58 B b	0,01 A a
	20-40	0,59 B b	0,01 A a
	40-60	0,18 A a	0,23 A a
	60-80	0,07 A a	0,06 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 69 Valores médios de manganês (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

MANGANÊS	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	0,18 A a	0,10 A a	0,58 B b
(00-20cm)	MAP	0,23 A a	0,04 A a	0,01 A a
Camada 2	MAR	0,32 A a	0,11 A a	0,59 B a
(20-40cm)	MAP	0,19 A a	0,06 A a	0,01 A a
Camada 3	MAR	0,12 A a	0,03 A a	0,18 A a
(40-60cm)	MAP	1,11 B b	0,12 A a	0,23 A a
Camada 4	MAR	0,35 A a	0,11 A a	0,07 A a
(60-80cm)	MAP	0,05 A a	0,06 A a	0,06 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 70 Valores médios de zinco (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

ZINCO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	0,14 A a	0,06 A a
	20-40	0,12 A a	0,05 A a
	40-60	0,04 A a	0,04 A a
	60-80	0,17 A a	0,08 A a
COLETA 2	00-20	0,06 A a	0,08 A a
	20-40	0,04 A a	0,04 A a
	40-60	0,04 A a	0,04 A a
	60-80	0,05 A a	0,04 A a
COLETA 3	00-20	0,21 A b	0,04 A a
	20-40	0,53 B b	0,04 A a
	40-60	0,04 A a	0,07 A a
	60-80	0,10 A a	0,08 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 71. Valores médios de zinco (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (MAR e MAP) em três épocas de coletas.

ZINCO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	MAR	0,14 A a	0,06 A a	0,21 B a
(00-20cm)	MAP	0,06 A a	0,08 A a	0,04 A a
Camada 2	MAR	0,12 A a	0,04 A a	0,53 B b
(20-40cm)	MAP	0,05 A a	0,04 A a	0,04 A a
Camada 3	MAR	0,04 A a	0,04 A a	0,07 A a
(40-60cm)	MAP	0,04 A a	0,04 A a	0,07 A a
Camada 4	MAR	0,17 A a	0,05 A a	0,10 A a
(60-80cm)	MAP	0,08 A a	0,04 A a	0,08 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.4 Experimento 3: Análise de Solo em diferentes camadas – Cultura do Sorgo

6.4.1 pH

Os valores médios de pH ($CaCl_2$) estão apresentados na Tabela 72.

Tabela 72. Valores médios de pH ($CaCl_2$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

pH	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	5,7 B b	4,9 A a
	20-40	4,8 A a	4,5 A a
	40-60	4,4 A a	4,4 A a
	60-80	4,3 A a	4,3 A a
COLETA 2	00-20	5,2 B a	5,2 A a
	20-40	4,5 A a	4,7 A a
	40-60	4,5 A a	4,6 A a
	60-80	4,5 A a	4,7 A a
COLETA 3	00-20	4,8 A a	4,9 A a
	20-40	4,8 A a	4,4 A a
	40-60	4,4 A a	4,3 A a
	60-80	4,3 A a	4,3 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Observa-se na Tabela 72 que no caso das amostras coletadas em diferentes camadas quando aplicamos a água residuária de suinocultura proveniente do sistema de alagados construídos, não houve estatisticamente diferença significativa entre as quatro camadas apenas da coleta 3, e que, houve diferença entre os tratamentos realizados com as duas diferentes fontes de água fornecida para irrigação na camada de 0-20cm da segunda primeira coleta, onde, no tratamento com água residuária fora superior.

Quanto ao tratamento realizado com aplicação de água potável correspondendo ao plantio convencional de milho irrigado, nota-se que para as 3 coletas não houve diferença significativa entre as camadas pesquisadas.

Tabela 73. Valores médios de pH ($CaCl_2$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

pH	Trat.	COLETA 1	COLETA 2	COLETA 3
Camada 1	SAR	5,7 B b	5,2 A a	4,8 A a
(00-20cm)	SAP	4,9 A a	5,2 A a	4,9 A a
Camada 2	SAR	4,8 A a	4,5 A a	4,5 A a
(20-40cm)	SAP	4,5 A a	4,7 A a	4,4 A a
Camada 3	SAR	4,4 A a	4,5 A a	4,3 A a
(40-60cm)	SAP	4,4 A a	4,6 A a	4,3 A a
Camada 4	SAR	4,3 A a	4,5 A a	4,3 A a
(60-80cm)	SAP	4,3 A a	4,7 A a	4,3 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Analisando a cada camada em função da ordem cronológica de coleta (coleta 1, 2 e 3) das amostras de camada Tabela 73, nota-se que estatisticamente a diferença ocorreu apenas na camada de 0-20cm da coleta 1 com relação as demais coletas sendo SAR superior a SAP. Contudo, ao observa-se o teor de pH 4,8 da mesma camada na coleta 3, percebe-se que este aumento não pode ser considerado como uma tendência.

Os resultados de pH dos tratamentos SAR e SAP, em todas as camadas analisadas da coleta 3 foram semelhantes ao resultado apresentado na Tabela 3 referente a primeira análise de solo.

6.4.2 Matéria orgânica (MO)

Os valores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) no solo estão apresentados na Tabela 74.

Observa-se na Tabela 74 que no caso das amostras coletadas em diferentes camadas quando aplicamos a água residuária, que as diferenças estatísticas existentes em acréscimo de matéria orgânica entre as quatro camadas de cada uma das três coletas efetuadas, ocorreram nas camadas de 0-20 e 20-40cm da coleta 1 e 3 com relação as demais camadas.

Tabela 74. Valores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

MATÉRIA ORGÂNICA	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	35,0 B a	28,0 A a
	20-40	35,0 B a	30,0 A a
	40-60	29,0 A a	24,0 A a
	60-80	23,0 A a	23,0 A a
COLETA 2	00-20	31,0 A a	29,0 A a
	20-40	35,0 A a	30,0 A a
	40-60	31,0 A a	25,0 A a
	60-80	25,0 A a	24,0 A a
COLETA 3	00-20	31,0 B a	34,0 B a
	20-40	27,0 B a	24,0 A a
	40-60	21,0 A a	19,0 A a
	60-80	21,0 A a	15,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 75. Valores médios de matéria orgânica (g dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

MATÉRIA ORGÂNICA	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	35,0 A a	31,0 A a	31,0 A a
(00-20cm)	SAP	28,0 A a	29,0 A a	34,0 A a
Camada 2	SAR	35,0 A a	35,0 A a	27,0 A a
(20-40cm)	SAP	30,0 A a	30,0 A a	24,0 A a
Camada 3	SAR	29,0 B a	31,0 B a	21,0 A a
(40-60cm)	SAP	24,0 A a	25,0 A a	19,0 A a
Camada 4	SAR	23,0 A a	25,0 A a	21,0 A a
(60-80cm)	SAP	23,0 A a	24,0 A a	15,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Quando aplicamos a água potável, que as diferenças estatísticas existentes em acréscimo de matéria orgânica entre as quatro camadas de cada uma das três coletas efetuadas, ocorreram nas camadas de 0-20 da coleta 3 com relação as demais camadas.

Para ambos os tratamentos e em todas as camadas de cada coleta não houve diferença entre os tratamentos água SAP e SAR, induzindo a interpretação de que esse acréscimo ocorre normalmente nesta fase de desenvolvimento da cultura no que diz respeito ao sistema radicular desta cultura.

A diferença observada entre os tratamentos de aplicação de água foi estatisticamente significativa na camada de 40-60 (Tabela 75) na época de coleta 1 e 2, entende-se que a vantagem se deu ao tratamento com água residuária.

Na Tabela 75 é possível uma melhor visualização da diferença estatística que existe entre o acumulo de matéria orgânica nas camadas de 40-60 na terceira época de coleta 1e 2, entre os dois tratamentos.

Os resultados de MO dos tratamentos água residuária, em todas as camadas e coletas analisadas foram inferiores ao resultado apresentado na Tabela 3 referente a primeira análise de solo.

6.4.3. Acidez Potencial (H+Al)

Os valores médios de Acidez potencial ($mmol_c\ dm^{-3}$) estão apresentados na Tabela 76.

Ao que se refere em quantidade de íons de hidrogênio e alumínio que o solo é capaz de liberar em um solo com a cultura do sorgo safrinha nas condições encontradas para este experimento, na Tabela 76, o maior destaque pode ser considerado nas camadas de 0-20 e 20-40cm entre as demais camadas na coleta 3 do tratamento com água residuária, comparando-se esses valores com as demais camadas das demais coletas, observa-se que houve um aumento de teor ao que se refere acidez potencial.

Na Tabela 77 é possível uma melhor visualização de que não houve diferença estatística entre os tratamentos SAR e SAP.

Tabela 76. Valores médios de acidez potencial ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

H ALUMÍNIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	31,0 A a	52,0 A a
	20-40	50,0 A a	71,0 A a
	40-60	72,0 B a	72,0 A a
	60-80	90,0 B a	80,0 A a
COLETA 2	00-20	42,0 A a	43,0 A a
	20-40	60,0 A a	52,0 A a
	40-60	69,0 A a	55,0 A a
	60-80	63,0 A a	57,0 A a
COLETA 3	00-20	56,0 A a	53,0 A a
	20-40	64,0 A a	69,0 A a
	40-60	76,0 A a	72,0 A a
	60-80	76,0 A a	78,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 77. Valores médios de acidez potencial ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

H ALUMÍNIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	31,0 A a	42,0 A a	56,0 A a
(00-20cm)	SAP	52,0 A a	43,0 A a	53,0 A a
Camada 2	SAR	50,0 A a	60,0 A a	64,0 A a
(20-40cm)	SAP	71,0 A a	52,0 A a	69,0 A a
Camada 3	SAR	72,0 A a	69,0 A a	76,0 A a
(40-60cm)	SAP	72,0 A a	55,0 A a	72,0 A a
Camada 4	SAR	90,0 A a	63,0 A a	76,0 A a
(60-80cm)	SAP	80,0 A a	57,0 A a	78,0 A a

Não houve diferença estatística pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.4.4 Soma de Bases (SB)

Os valores médios de soma de bases ($mmol_c\ dm^{-3}$) estão apresentados na Tabela 78.

Ao que se refere a soma dos teores de Ca, Mg e K em um solo cultivado com sorgo safrinha nas condições encontradas para este experimento, pode-se destacar a diferença significativa na camada de 0-20cm (Tabela 78), na 3 coletas e 20-40cm na coleta 2 entre as demais camadas do tratamento SAR.

Os resultados de SB dos tratamentos SAR e SAP, em todas as camadas e coletas foram superiores ao resultado apresentado na Tabela 3 referente a

primeira análise de solo, exceto na camada de 60-80 da coleta 1.

Tabela 78. Valores médios de soma de bases ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

SATURAÇÃO DE BASES	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	48,0 B a	32,0 A a
	20-40	28,0 B a	18,0 A a
	40-60	12,0 A a	12,0 A a
	60-80	8,0 A a	10,0 A a
COLETA 2	00-20	38,0 B a	37,0 A a
	20-40	18,0 A a	24,0 A a
	40-60	15,0 A a	17,0 A a
	60-80	12,0 A a	28,0 A a
COLETA 3	00-20	54,0 B a	41,0 B a
	20-40	26,0 A a	21,0 A a
	40-60	17,0 A a	14,0 A a
	60-80	18,0 A a	12,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 79. Valores médios de soma de bases ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

SATURAÇÃO DE BASES	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	48,0 A a	38,0 A a	54,0 A a
(00-20cm)	SAP	32,0 A a	37,0 A a	41,0 A a
Camada 2	SAR	28,0 A a	18,0 A a	26,0 A a
(20-40cm)	SAP	18,0 A a	24,0 A a	21,0 A a
Camada 3	SAR	12,0 A a	15,0 A a	17,0 A a
(40-60cm)	SAP	12,0 A a	17,0 A a	14,0 A a
Camada 4	SAR	8,0 A a	12,0 A a	18,0 A a
(60-80cm)	SAP	10,0 A a	28,0 A a	12,0 A a

Não houve diferença significativa pelo Teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Na Tabela 79 é possível uma melhor visualização de que não houve diferença estatística entre os tratamentos SAR e SAP.

6.4.5 Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

Os valores médios de capacidade de troca de cátions ($mmol_c\ dm^{-3}$) estão apresentados na Tabela 80.

Na coleta 3 (Tabela 80) nas camadas de 0-20cm em água residuária ocorreu acréscimo significativo entre as demais camadas, no entanto, não houve diferença entre os tratamentos SAR e SAP.

Tabela 80. Valores médios capacidade de troca de cátions ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

CTC	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	79,0 A a	84,0 A a
	20-40	78,0 A a	89,0 A a
	40-60	85,0 A a	83,0 A a
	60-80	99,0 B a	91,0 A a
COLETA 2	00-20	80,0 A a	80,0 A a
	20-40	79,0 A a	76,0 A a
	40-60	84,0 A a	72,0 A a
	60-80	75,0 A a	85,0 A a
COLETA 3	00-20	110,0 B b	94,0 A a
	20-40	90,0 A a	90,0 A a
	40-60	94,0 A a	90,0 A a
	60-80	95,0 A a	86,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 81. Valores médios capacidade de troca de cátions ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas

CTC	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	A. R.	79,0 A a	80,0 A a	110,0 B b
(00-20cm)	A. P.	84,0 A a	80,0 A a	94,0 A a
Camada 2	A. R.	78,0 A a	79,0 A a	90,0 A a
(20-40cm)	A. P.	89,0 A a	76,0 A a	90,0 A a
Camada 3	A. R.	85,0 A a	84,0 A a	94,0 A a
(40-60cm)	A. P.	83,0 A a	72,0 A a	86,0 A a
Camada 4	A. R.	99,0 B a	75,0 A a	95,0 B a
(60-80cm)	A. P.	91,0 A a	85,0 A a	90,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Na coleta 3 (Tabela 81) na camada de 0-20 do tratamento SAR ocorreu acréscimo significativo entre as demais coletas. Demonstrando a tendência de aumento da CTC nas camadas de solo onde se concentram maior volume de raízes. Observa-se que a tendência de acréscimo dos valores foram para os dois tratamentos nas camadas de 40-60 e 60-80cm e nas 3 coletas.

Os resultados de CTC dos tratamentos água potável e água residuária, em todas as camadas da coleta 3 foram superiores ao resultado apresentado na Tabela 3 referente a primeira análise de solo.

6.4.6 Aluminio (Al^{3+})

Os valores médios de alumínio trocável ($mmol_c\ dm^{-3}$) estão apresentados na Tabela 82.

Os teores de Al^{+3} apresentados não indicam variações significativas entre os tratamentos.

No tratamento água potável foi observada diferenças significativas quando comparados as coletas 1 com 2 e 3 (Tabela 83). Na coleta 3, o teor na camada 1 encontra-se abaixo de 5 $mmol_c\ dm^{-3}$ que segundo RAIJ et al. (2001) são considerados teores baixos desse elemento no solo.

Tabela 82. Valores médios de alumínio trocável ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

ALUMÍNIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	1,0 A a	5,0 A a
	20-40	5,0 A a	12,0 B a
	40-60	14,0 B a	16,0 B a
	60-80	18,0 B a	16,0 B a
COLETA 2	00-20	2,0 A a	2,0 A a
	20-40	8,0 A a	6,0 A a
	40-60	10,0 A a	8,0 A a
	60-80	10,0 A a	6,0 A a
COLETA 3	00-20	2,0 A a	2,0 A a
	20-40	5,0 A a	7,0 A a
	40-60	9,0 A a	8,0 A a
	60-80	8,0 A a	9,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 83. Valores médios de alumínio trocável ($mmol_c\ dm^{-3}$) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

ALUMÍNIO	Trat.	COLETA 1	COLETA 2	COLETA 3
Camada 1	SAR	1,0 A a	2,0 A a	2,0 A a
(00-20cm)	SAP	5,0 A a	2,0 A a	2,0 A a
Camada 2	SAR	5,0 A a	8,0 A a	5,0 A a
(20-40cm)	SAP	12,0 A a	6,0 A a	7,0 A a
Camada 3	SAR	14,0 A a	10,0 A a	9,0 A a
(40-60cm)	SAP	16,0 A b	8,0 A a	8,0 A a
Camada 4	SAR	18,0 A b	10,0 A a	8,0 A a
(60-80cm)	SAP	16,0 A b	6,0 A a	9,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatísticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Os resultados de Al^{+3} dos tratamentos água potável e água residuária, nas camadas 1, 2, 3 e 4 da coleta 3 foram inferiores ao resultado apresentado na Tabela 3 referente a primeira análise de solo.

6.4.7 Saturação por Bases (V%)

Os valores médios de saturação por bases ($mmol_c\ dm^{-3}$) estão apresentados na Tabela 84.

Observa-se que teores de saturação por bases > 50% (eutróficos) são encontrados apenas para o tratamento água residuária da coleta 1 na camada 1 (Tabela 84).

Os resultados encontrados nas quatro camadas da terceira coleta são classificados como teor baixo nas camadas 1 e 2 e muito baixo nas camadas 3 e 4 segundo RAIJ et al. (2001) nos dois tratamentos.

Na coleta 3 das quatro camadas dos dois tratamentos todos os teores analisados encontram-se superiores ao resultado apresentado na Tabela 3 referente a primeira análise de solo, exceto na camada 4 de SAR, indicando a tendência à melhoria da fertilidade quando utilizado ambos tratamentos.

Tabela 84. Valores médios de saturação por bases (%) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

V%	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	60,0 B a	38,0 A a
	20-40	36,0 B a	20,0 A a
	40-60	14,0 A a	14,0 A a
	60-80	9,0 A a	11,0 A a
COLETA 2	00-20	48,0 B a	46,0 A a
	20-40	23,0 A a	31,0 A a
	40-60	18,0 A a	24,0 A a
	60-80	16,0 A a	33,0 A a
COLETA 3	00-20	49,0 B a	44,0 B a
	20-40	29,0 A a	24,0 A a
	40-60	19,0 A a	17,0 A a
	60-80	19,0 A a	13,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 85. Valores médios de saturação por bases (%) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

V%	Trat.	COLETA 1	COLETA 2	COLETA 3
Camada 1	SAR	60,0 A a	48,0 A a	49,0 A a
(00-20cm)	SAP	38,0 A a	46,0 A a	44,0 A a
Camada 2	SAR	36,0 A a	23,0 A a	29,0 A a
(20-40cm)	SAP	20,0 A a	31,0 A a	24,0 A a
Camada 3	SAR	14,0 A a	18,0 A a	19,0 A a
(40-60cm)	SAP	14,0 A a	24,0 A a	17,0 A a
Camada 4	SAR	9,0 A a	16,0 A a	19,0 A a
(60-80cm)	SAP	11,0 A a	33,0 A a	13,0 A a

Não houve diferença significativa pelo Teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.4.8 Macronutrientes – análise de solo: Sorgo

Com relação aos teores de P (Tabelas 86 e 87), nota-se um aumento significativo nos valores com o passar do tempo para os dois tratamentos (coletas 1, 2 e 3). Sendo assim, com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que os valores de P no solo da área experimental tiveram um pequeno aumento para tratamento com água residuária

(Coleta 3), praticamente duplicam para tratamento com água potável quando comparados com seu estado inicial Tabela 3

As concentrações de potássio no solo durante a fase experimental estão apresentadas nas Tabelas 88 e 89.

Nota-se que mesmo para os dois tratamentos os teores finais de potássio no solo foram maiores que as inicialmente determinadas Tabela 3. Os valores significativos encontram-se nas camadas de camada 1 e 2 da coleta 3 do tratamento realizado com água reziduária, teores esses que segundo a classificação de RAIJ et al. (2001) são considerados muito altos, é valido salientar que este acréscimo significativo ocorreu após o período de tratamento da água residuária no sistema de alagados construídos sem a presença da planta macrófita.

Com relação aos demais cátions trocáveis, Ca (Tabelas 90 e 91) e Mg (Tabelas 92 e 93) não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, para o tratamento com água potável ocorreram acréscimos consideráveis nos teores de ambos os elementos, quando comparados com seu estado inicial Tabela 3.

Para o Ca, de maneira geral, ocorreram em todas as faixas de camada nas três coletas analisadas teores classificados como alto (> 7) em ambos os tratamentos segundo RAIJ et al. (2001). Ainda para esse elemento, pode-se afirmar que os maiores teores foram observados no tratamento com água residuária, e sendo aumentos progressivos nas camadas 3 (40-60cm) e 4 (60-80cm) apenas para esse tratamento, considerando a ordem cronológica de coleta 2 e 3.

O mesmo comportamento pode ser observado para o Mg para as camadas 3 e 4 da coleta 3, entretanto, os teores encontram-se na faixa de classificação segundo RAIJ et al. (2001), entre baixo a médio para o tratamento com água potável e médio para o tratamento água residuária.

Tabela 86. Valores médios de Fósforo (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

FÓSFORO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	8,0 A a	7,0 A a
	20-40	2,0 A a	3,0 A a
	40-60	2,0 A a	4,0 A a
	60-80	1,0 A a	5,0 A a
COLETA 2	00-20	33,0 B b	8,0 A a
	20-40	8,0 A a	3,0 A a
	40-60	5,0 A a	5,0 A a
	60-80	4,0 A a	5,0 A a
COLETA 3	00-20	17,0 A a	12,0 A a
	20-40	8,0 A a	10,0 A a
	40-60	11,0 A a	11,0 A a
	60-80	10,0 A a	15,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 87. Valores médios de fósforo (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

FÓSFORO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	8,0 A a	33,0 B b	17,0 A a
(00-20cm)	SAP	7,0 A a	8,0 A a	12,0 A a
Camada 2	SAR	2,0 A a	8,0 A a	8,0 A a
(20-40cm)	SAP	3,0 A a	3,0 A a	10,0 A a
Camada 3	SAR	1,0 A a	5,0 A a	11,0 A a
(40-60cm)	SAP	4,0 A a	5,0 A a	11,0 A a
Camada 4	SAR	2,0 A a	4,0 A a	10,0 A a
(60-80cm)	SAP	5,0 A a	5,0 A a	15,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 88. Valores médios de Potássio (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

POTÁSSIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	1,4 B a	0,8 A a
	20-40	0,8 A a	0,8 A a
	40-60	0,5 A a	0,5 A a
	60-80	0,4 A a	0,5 A a
COLETA 2	00-20	1,7 B a	0,9 A a
	20-40	1,0 A a	0,8 A a
	40-60	0,6 A a	0,6 A a
	60-80	0,5 A a	0,6 A a
COLETA 3	00-20	2,4 B a	1,0 A a
	20-40	1,3 A a	1,0 A a
	40-60	0,9 A a	0,8 A a
	60-80	0,8 A a	0,6 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 89. Valores médios de potássio (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

POTÁSSIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	1,4 A a	1,7 B a	2,4 B b
(00-20cm)	SAP	0,8 A a	0,9 A a	1,0 A a
Camada 2	SAR	0,8 A a	1,0 A a	1,3 A a
(20-40cm)	SAP	0,8 A a	0,8 A a	1,0 A a
Camada 3	SAR	0,5 A a	0,6 A a	0,9 A a
(40-60cm)	SAP	0,5 A a	0,6 A a	0,8 A a
Camada 4	SAR	0,4 A a	0,5 A a	0,8 A a
(60-80cm)	SAP	0,5 A a	0,6 A a	0,6 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 90. Valores médios de Cálcio (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

CÁLCIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	30,0 B a	19,0 A a
	20-40	18,0 B a	12,0 A a
	40-60	9,0 A a	9,0 A a
	60-80	6,0 A a	7,0 A a
COLETA 2	00-20	22,0 A a	24,0 A a
	20-40	12,0 A a	16,0 A a
	40-60	11,0 A a	12,0 A a
	60-80	9,0 A a	20,0 A a
COLETA 3	00-20	34,0 B a	27,0 B a
	20-40	16,0 A a	14,0 A a
	40-60	13,0 A a	10,0 A a
	60-80	12,0 A a	9,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 91. Valores médios de cálcio (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

CÁLCIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	30,0 A a	22,0 A a	34,0 A a
(00-20cm)	SAP	19,0 A a	24,0 A a	27,0 A a
Camada 2	SAR	18,0 A a	12,0 A a	16,0 A a
(20-40cm)	SAP	12,0 A a	16,0 A a	14,0 A a
Camada 3	SAR	9,0 A a	11,0 A a	12,0 A a
(40-60cm)	SAP	9,0 A a	12,0 A a	10,0 A a
Camada 4	SAR	6,0 A a	9,0 A a	13,0 A a
(60-80cm)	SAP	7,0 A a	20,0 A a	9,0 A a

Não houve diferença significativa pelo Teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 92. Valores médios de Magnésio (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente.

MAGNÉSIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	16,0 B a	12,0 B a
	20-40	9,0 B a	5,0 A a
	40-60	3,0 A a	3,0 A a
	60-80	2,0 A a	2,0 A a
COLETA 2	00-20	14,0 B a	13,0 A a
	20-40	5,0 A a	7,0 A a
	40-60	3,0 A a	7,0 A a
	60-80	3,0 A a	5,0 A a
COLETA 3	00-20	18,0 B a	13,0 B a
	20-40	8,0 A a	6,0 A a
	40-60	5,0 A a	4,0 A a
	60-80	5,0 A a	3,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 93. Valores médios de magnésio (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

MAGNÉSIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	16,0 A a	14,0 A a	18,0 A a
(00-20cm)	SAP	12,0 A a	13,0 A a	13,0 A a
Camada 2	SAR	9,0 A a	5,0 A a	8,0 A a
(20-40cm)	SAP	5,0 A a	7,0 A a	6,0 A a
Camada 3	SAR	3,0 A a	3,0 A a	5,0 A a
(40-60cm)	SAP	3,0 A a	5,0 A a	4,0 A a
Camada 4	SAR	2,0 A a	3,0 A a	5,0 A a
(60-80cm)	SAP	2,0 A a	7,0 A a	3,0 A a

Não houve diferença significativa pelo Teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.4.9 Micronutrientes - análise de solo: Sorgo

Com relação aos micronutrientes, foram realizadas análises para determinação dos teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn. No início do experimento Tabela 3, o solo apresentava teores elevados de Cu, Fe e Zn, além de baixo para B e médio para Mn nas camadas de 0-20cm e 20-40cm, quando comparados com a classificação apresentada por Raij et al. (2001).

É pertinente salientar, para os micronutrientes Cu e Zn, que os teores obtidos na coleta 3, observados para o tratamento água residuária, foram menores, em média, quando comparados com aqueles observados na Tabela 3.

A aplicação de água residuária proveniente de suinocultura apresentou tendências a aumento nos teores de B, Fe e Mn, uma vez que a principal fonte desse elemento no solo é a matéria orgânica.

Com relação aos teores de boro no solo (Tabelas 94 e 95), os aumentos foram mais marcantes para o tratamento com água residuária nas coletas 2 e 3 nas faixas de 0-20 e 20-40cm de camada, apenas houve diferença entre tratamentos na camada 3 da coleta 2 onde, SAP superou 114,38% a SAR, observação esta que não se repetiu na coleta 3.

Nas Tabelas 96 e 97 estão apresentados os dados relativos aos teores de cobre no solo, podendo-se observar para esse nutriente um comportamento semelhante ao relatado anteriormente para o B, no entanto, para as coletas 1 e 2, onde houve diferença significativa entre camadas de solo. A semelhança comparativa dessa observação ocorreu também para o tratamento com água potável.

Diante dos dados de Fe no solo (Tabelas 98 e 99), pode-se observar que o tratamento com água potável sofreu aumentos significativos nas camadas 3 e 4 da coleta 1 e nas camadas 1 e 2 da coleta 2. Para tratamento com água residuária, os teores comportaram-se de forma crescente com o passar do tempo na coleta 1 e 2 reduzindo na coleta 3 indicando a tendência de não haver carreamento no perfil e acumulo desse elemento no solo.

As Tabelas 100 e 101 apresentam os resultados das concentrações de Mn, para o qual não observa diferenças significativas para os dois tratamentos, os teores comportaram-se de forma crescente com o passar do tempo.

Para os teores de Zn no solo (Tabelas 102 e 103) observa-se no tratamento com água residuária uma diminuição nos valores com o passar do tempo, exceto para a camada 2 da coleta 2. É valido salientar que os valores obtidos ambos tratamentos foram inferiores aos teores apresentados na Tabela 3, exceto na camada de 0-20cm de solo.

Tabela 94. Valores médios de Boro (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

BORO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	0,14 A a	0,18 A a
	20-40	0,14 A a	0,15 A a
	40-60	0,17 A a	0,25 A a
	60-80	0,17 A a	0,15 A a
COLETA 2	00-20	0,20 A a	0,26 A a
	20-40	0,34 A a	0,34 A a
	40-60	0,28 A a	0,60 B b
	60-80	0,43 A a	0,28 A a
COLETA 3	00-20	0,30 A a	0,31 A a
	20-40	0,38 A a	0,43 A a
	40-60	0,33 A a	0,28 A a
	60-80	0,29 A a	0,28 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 95. Valores médios de Boro (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

BORO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	0,14 A a	0,20 A a	0,30 A a
(00-20cm)	SAP	0,18 A a	0,26 A a	0,31 A a
Camada 2	SAR	0,14 A a	0,34 B a	0,38 B a
(20-40cm)	SAP	0,15 A a	0,34 B a	0,43 B a
Camada 3	SAR	0,17 A a	0,28 A a	0,33 A a
(40-60cm)	SAP	0,25 A a	0,60 B b	0,28 A a
Camada 4	SAR	0,17 A a	0,43 B a	0,29 A a
(60-80cm)	SAP	0,15 A a	0,28 A a	0,28 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 96. Valores médios de Cobre (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

COBRE	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	17,2 B a	16,0 B a
	20-40	15,3 B a	9,9 A a
	40-60	12,6 B a	7,2 A a
	60-80	7,6 A a	5,9 A a
COLETA 2	00-20	18,8 B a	19,4 B a
	20-40	12,2 A a	19,8 B a
	40-60	10,5 A a	12,3 A a
	60-80	10,4 A a	11,8 A a
COLETA 3	00-20	16,4 A a	14,0 A a
	20-40	12,4 A a	11,9 A a
	40-60	10,1 A a	11,1 A a
	60-80	9,7 A a	9,3 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 97. Valores médios de cobre (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

COBRE	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	17,2 A a	18,8 A a	16,4 A a
(00-20cm)	SAP	16,0 A a	19,4 A a	14,0 A a
Camada 2	SAR	15,3 A a	12,2 A a	12,4 A a
(20-40cm)	SAP	9,9 A a	19,8 B b	11,9 A a
Camada 3	SAR	12,6 A a	10,5 A a	10,1 A a
(40-60cm)	SAP	7,2 A a	12,3 A a	11,1 A a
Camada 4	SAR	7,6 A a	10,4 A a	9,7 A a
(60-80cm)	SAP	5,9 A a	11,8 A a	9,3 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 98. Valores médios de Ferro (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

FERRO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	27,0 A a	29,0 A a
	20-40	28,0 A a	192,0 B a
	40-60	24,0 A a	125,0 A a
	60-80	123,0 A a	91,0 A a
COLETA 2	00-20	230,0 A a	286,0 A a
	20-40	223,0 A a	228,0 A a
	40-60	153,0 A a	150,0 A a
	60-80	139,0 A a	152,0 A a
COLETA 3	00-20	44,0 A a	39,0 A a
	20-40	37,0 A a	36,0 A a
	40-60	30,0 A a	32,0 A a
	60-80	31,0 A a	28,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 99. Valores médios de ferro (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

FERRO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	27,0 A a	230,0 B a	44,0 A a
(00-20cm)	SAP	29,0 A a	286,0 B a	39,0 A a
Camada 2	SAR	28,0 A a	223,0 B a	37,0 A a
(20-40cm)	SAP	192,0 B b	228,0 B a	36,0 A a
Camada 3	SAR	24,0 A a	153,0 A a	30,0 A a
(40-60cm)	SAP	125,0 B a	150,0 A a	32,0 A a
Camada 4	SAR	123,0 A a	139,0 A a	31,0 A a
(60-80cm)	SAP	91,0 A a	152,0 A a	28,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 100. Valores médios de Manganês (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

MANGANÊS	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	21,0 A a	23,0 B a
	20-40	22,0 A a	22,0 B a
	40-60	14,0 A a	8,0 A a
	60-80	8,0 A a	5,0 A a
COLETA 2	00-20	25,0 A a	26,0 A a
	20-40	25,0 A a	30,0 A a
	40-60	21,0 A a	21,0 A a
	60-80	16,0 A a	17,0 A a
COLETA 3	00-20	33,0 B a	27,0 B a
	20-40	29,0 B a	30,0 B a
	40-60	18,0 A a	17,0 A a
	60-80	14,0 A a	9,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 101. Valores médios de manganês (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

MANGANÊS	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	21,0 A a	26,0 A a	33,0 A a
(00-20cm)	SAP	23,0 A a	25,0 A a	27,0 A a
Camada 2	SAR	22,0 A a	30,0 A a	30,0 A a
(20-40cm)	SAP	22,0 A a	25,0 A a	29,0 A a
Camada 3	SAR	14,0 A a	21,0 A a	18,0 A a
(40-60cm)	SAP	8,0 A a	21,0 A a	17,0 A a
Camada 4	SAR	8,0 A a	16,0 A a	14,0 A a
(60-80cm)	SAP	5,0 A a	17,0 A a	9,0 A a

Não houve diferença significativa pelo Teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 102. Valores médios de Zinco (mg dm^{-3}) do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

ZINCO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	0,9 A a	0,6 A a
	20-40	0,4 A a	0,3 A a
	40-60	0,2 A a	0,1 A a
	60-80	0,1 A a	0,1 A a
COLETA 2	00-20	1,2 A a	1,0 A a
	20-40	0,9 A a	1,6 B a
	40-60	0,5 A a	0,7 A a
	60-80	1,0 A a	0,7 A a
COLETA 3	00-20	1,5 B a	1,4 B a
	20-40	0,7 A a	0,7 A a
	40-60	0,4 A a	0,6 A a
	60-80	0,5 A a	0,4 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), 5%.

Tabela 103. Valores médios de zinco (mg dm^{-3}) do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas.

ZINCO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	0,9 A a	1,2 A a	1,5 A a
(00-20cm)	SAP	0,6 A a	1,0 A a	1,4 A a
Camada 2	SAR	0,4 A a	0,9 A a	0,7 A a
(20-40cm)	SAP	0,3 A a	1,6 B a	0,7 A a
Camada 3	SAR	0,2 A a	0,5 A a	0,4 A a
(40-60cm)	SAP	0,1 A a	0,7 A a	0,6 A a
Camada 4	SAR	0,1 A a	1,0 A a	0,5 A a
(60-80cm)	SAP	0,1 A a	0,7 A a	0,4 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.5 Solução do solo – extrator de solução (Sorgo).

Comparando os tratamentos pode-se observar diferença significativa para SAR nas camadas 1 e 2 da coleta 3 para o elemento N_{total} 178,94, 436,36%, respectivamente, maior que os teores obtidos em SAP (Tabela 104) ressaltar que a coleta 3 fora realizada após a colheita e o período de irrigação, isto implica em considerar que existe um risco eminente ao que se refere em contaminação do solo com este elemento.

Os teores de Ca apresentados nas Tabelas 110 e 111, demonstraram diferenças significativas na coleta 3 na camada 1 e 2, sendo 500,00 e 115,78% maiores para SAR comparados a SAP.

Os teores de Mg apresentados nas Tabelas 112 e 113, demonstraram diferenças significativas na coleta 3 na camada 1, sendo 650,00% maiores para SAR.

Para o elemento Mn (Tabela 115) verificou-se diferença significativa na coleta 3 camada 1, onde a diferença entre os tratamentos foi de 2000,00% superior para SAR, na coleta 2 camada 2, onde a diferença entre os tratamentos foi de 2380,00% superior para MAP. Verificou-se também, diferença significativa na coleta 1 camada 3, onde a diferença entre os tratamentos foi de 825,00% superior para SAP

Com relação ao elemento S (Tabela 117) verificou-se diferença significativa na coleta 2 camada 4, onde a diferença entre os tratamentos foi de 100,00% superior para SAP.

Com relação ao elemento Zn verificou-se diferença significativa na coleta 3 camada 1, onde a diferença entre os tratamentos foi de 425,00% superior para SAR, na coleta 1 camada 1 onde a diferença entre os tratamentos foi de 166,67% superior para SAP, na coleta 1 camada 4 onde a diferença entre os tratamentos foi de 350,00% superior para SAR (Tabela 119).

Teores indicativos de percolação dos elementos provenientes da irrigação com água residuária a camadas mais profundas podem ser observados nos elementos N_{total}, K, Ca e Mn, (Tabelas 104, 108, 110 e 112).

Tabela 104. Valores médios de nitrogênio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

NITROGÊNIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	19,0 A a	52,0 A b
	20-40	46,0 A a	59,0 A a
	40-60	17,0 A a	49,0 A b
	60-80	18,0 A a	38,0 A a
COLETA 2	00-20	41,0 A a	20,0 A a
	20-40	18,0 A a	50,0 A b
	40-60	23,0 A a	50,0 A a
	60-80	28,0 A a	35,0 A a
COLETA 3	00-20	53,0 A b	19,0 A a
	20-40	118,0 B b	22,0 A a
	40-60	38,0 A a	26,0 A a
	60-80	17,0 A a	31,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 105. Valores médios de nitrogênio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas

NITROGÊNIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	19,0 A a	41,0 A a	53,0 B a
(00-20cm)	SAP	52,0 B b	20,0 A a	19,0 A a
Camada 2	SAR	46,0 A a	18,0 A a	118,0 B b
(20-40cm)	SAP	59,0 A b	50,0 B b	22,0 A a
Camada 3	SAR	17,0 A a	23,0 A a	38,0 A a
(40-60cm)	SAP	49,0 B a	50,0 A a	26,0 A a
Camada 4	SAR	18,0 A a	28,0 A a	17,0 A a
(60-80cm)	SAP	38,0 A a	35,0 A a	31,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 106. Valores médios de Fóforo (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

FÓSFORO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	4,0 A a	3,0 A a
	20-40	3,0 A a	4,0 A a
	40-60	4,0 A a	3,0 A a
	60-80	4,0 A a	4,0 A a
COLETA 2	00-20	3,0 A a	3,0 A a
	20-40	3,0 A a	3,0 A a
	40-60	3,0 A a	3,0 A a
	60-80	3,0 A a	3,0 A a
COLETA 3	00-20	2,0 A a	2,0 A a
	20-40	2,0 A a	2,0 A a
	40-60	2,0 A a	2,0 A a
	60-80	2,0 A a	2,0 A a

Não houve diferença significativa pelo Teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 107. Valores médios de fósforo (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas

FÓSFORO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	4,0 A b	3,0 A b	2,0 A a
(00-20cm)	SAP	3,0 A a	3,0 A a	2,0 A a
Camada 2	SAR	3,0 A a	3,0 A a	2,0 A a
(20-40cm)	SAP	4,0 A b	3,0 A b	2,0 A a
Camada 3	SAR	4,0 A b	3,0 A b	2,0 A a
(40-60cm)	SAP	3,0 A a	3,0 A a	2,0 A a
Camada 4	SAR	4,0 A b	3,0 A b	2,0 A a
(60-80cm)	SAP	4,0 A b	3,0 A b	2,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 108. Valores médios de Potássio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

POTÁSSIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	4,0 A a	6,0 A a
	20-40	5,0 A a	4,0 A a
	40-60	5,0 A a	5,0 A a
	60-80	5,0 A a	5,0 A a
COLETA 2	00-20	6,0 A a	5,0 A a
	20-40	5,0 A a	7,0 A a
	40-60	4,0 A a	5,0 A a
	60-80	6,0 A a	5,0 A a
COLETA 3	00-20	8,0 A a	8,0 A a
	20-40	9,0 A a	9,0 A a
	40-60	8,0 A a	8,0 A a
	60-80	8,0 A a	8,0 A a

Não houve diferença significativa pelo Teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 109. Valores médios de potássio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas

POTÁSSIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	4,0 A a	6,0 A b	8,0 A b
(00-20cm)	SAP	6,0 A a	5,0 A a	8,0 A a
Camada 2	SAR	5,0 A a	5,0 A a	9,0 A b
(20-40cm)	SAP	4,0 A a	7,0 A b	9,0 A b
Camada 3	SAR	5,0 A a	4,0 A a	8,0 A b
(40-60cm)	SAP	5,0 A a	5,0 A a	8,0 A b
Camada 4	SAR	5,0 A a	6,0 A a	8,0 A a
(60-80cm)	SAP	5,0 A a	5,0 A a	8,0 A b

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 110. Valores médios de Cálcio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

CÁLCIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	14,0 A a	27,0 A a
	20-40	29,0 A a	28,0 A a
	40-60	19,0 A a	26,0 A a
	60-80	16,0 A a	30,0 A a
COLETA 2	00-20	14,0 A a	17,0 A a
	20-40	28,0 A a	23,0 A a
	40-60	19,0 A a	33,0 A a
	60-80	21,0 A a	21,0 A a
COLETA 3	00-20	65,0 C b	13,0 A a
	20-40	41,0 B b	19,0 A a
	40-60	29,0 A a	20,0 A a
	60-80	19,0 A a	21,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 111. Valores médios de cálcio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas

CÁLCIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	14,0 A a	14,0 A a	65,0 B b
(00-20cm)	SAP	27,0 A a	17,0 A a	13,0 A a
Camada 2	SAR	29,0 A a	28,0 A a	41,0 B a
(20-40cm)	SAP	28,0 A a	23,0 A a	19,0 A a
Camada 3	SAR	19,0 A a	19,0 A a	29,0 A a
(40-60cm)	SAP	26,0 A a	33,0 A a	20,0 A a
Camada 4	SAR	16,0 A a	21,0 A a	19,0 A a
(60-80cm)	SAP	30,0 A a	21,0 A a	21,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 112. Valores médios de Magnésio (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

MAGNÉSIO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	3,0 A a	5,0 A a
	20-40	3,0 A a	4,0 A a
	40-60	3,0 A a	3,0 A a
	60-80	3,0 A a	3,0 A a
COLETA 2	00-20	3,0 A a	3,0 A a
	20-40	3,0 A a	4,0 A a
	40-60	3,0 A a	4,0 A a
	60-80	3,0 A a	3,0 A a
COLETA 3	00-20	15,0 B b	2,0 A a
	20-40	3,0 A a	2,0 A a
	40-60	2,0 A a	2,0 A a
	60-80	2,0 A a	2,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 113. Valores médios de magnésio (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas

MAGNÉSIO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	3,0 A a	3,0 A a	15,0 B b
(00-20cm)	SAP	5,0 A a	3,0 A a	2,0 A a
Camada 2	SAR	3,0 A a	3,0 A a	3,0 A a
(20-40cm)	SAP	4,0 A a	4,0 A a	2,0 A a
Camada 3	SAR	3,0 A a	3,0 A a	2,0 A a
(40-60cm)	SAP	3,0 A a	4,0 A a	2,0 A a
Camada 4	SAR	3,0 A a	3,0 A a	2,0 A a
(60-80cm)	SAP	3,0 A a	3,0 A a	2,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 114. Valores médios de Manganês (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

MANGANÊS	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	0,08 A a	0,34 A a
	20-40	0,25 A a	0,66 B a
	40-60	0,12 A a	1,11 B b
	60-80	0,30 A a	0,13 A a
COLETA 2	00-20	0,05 A a	0,08 A a
	20-40	0,05 A a	1,24 B b
	40-60	0,05 A a	0,12 A a
	60-80	0,08 A a	0,08 A a
COLETA 3	00-20	0,63 B b	0,03 A a
	20-40	0,38 B a	0,04 A a
	40-60	0,04 A a	0,01 A a
	60-80	0,05 A a	0,05 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 115. Valores médios de manganes (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas

MANGANÊS	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	0,08 A a	0,05 A a	0,63 B b
(00-20cm)	SAP	0,34 A a	0,08 A a	0,03 A a
Camada 2	SAR	0,25 A a	0,05 A a	0,38 A a
(20-40cm)	SAP	0,66 A b	1,24 B c	0,04 A a
Camada 3	SAR	0,12 A a	0,05 A a	0,04 A a
(40-60cm)	SAP	1,11 B b	0,12 A a	0,01 A a
Camada 4	SAR	0,30 A a	0,08 A a	0,05 A a
(60-80cm)	SAP	0,13 A a	0,08 A a	0,05 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 116. Valores médios de Enxofre (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

ENXOFRE	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	4,0 A a	4,0 A a
	20-40	4,0 A a	5,0 A a
	40-60	4,0 A a	4,0 A a
	60-80	4,0 A a	4,0 A a
COLETA 2	00-20	3,0 A a	4,0 B a
	20-40	4,0 B a	4,0 B a
	40-60	3,0 A a	3,0 B a
	60-80	4,0 B b	2,0 A a
COLETA 3	00-20	4,0 A a	5,0 C a
	20-40	4,0 A a	4,0 B a
	40-60	4,0 A a	4,0 B a
	60-80	4,0 A a	3,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 117. Valores médios de enxofre (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas

ENXOFRE	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	4,0 A b	3,0 A a	4,0 A b
(00-20cm)	SAP	4,0 A a	4,0 A a	5,0 A b
Camada 2	SAR	4,0 A a	4,0 A a	4,0 A a
(20-40cm)	SAP	5,0 A b	4,0 A a	4,0 A a
Camada 3	SAR	4,0 A b	3,0 A a	4,0 A b
(40-60cm)	SAP	4,0 A b	3,0 A a	4,0 A a
Camada 4	SAR	4,0 A a	4,0 B a	4,0 A a
(60-80cm)	SAP	4,0 A b	2,0 A a	3,0 A b

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 118. Valores médios de Zinco (mg L^{-1}) de extrato do solo para os tratamentos de água residuária e de água potável em três épocas de coletas nas quatro camadas amostradas 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80cm respectivamente

ZINCO	Camada (cm)	ÁGUA RESIDUÁRIA	ÁGUA POTÁVEL
COLETA 1	00-20	0,06 A a	0,16 B b
	20-40	0,10 A a	0,07 A a
	40-60	0,04 A a	0,04 A a
	60-80	0,27 B b	0,06 A a
COLETA 2	00-20	0,06 A a	0,05 A a
	20-40	0,04 A a	0,05 A a
	40-60	0,04 A a	0,04 A a
	60-80	0,11 A a	0,16 B a
COLETA 3	00-20	0,21 B b	0,04 A a
	20-40	0,09 A a	0,04 A a
	40-60	0,05 A a	0,04 A a
	60-80	0,14 B a	0,07 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

Tabela 119. Valores médios de zinco (mg L^{-1}) de extrato do solo nas diferentes camadas, em função dos tratamentos (SAR e SAP) em três épocas de coletas

ZINCO	**Trat.**	**COLETA 1**	**COLETA 2**	**COLETA 3**
Camada 1	SAR	0,06 A a	0,06 A a	0,21 B b
(00-20cm)	SAP	0,16 B b	0,05 A a	0,04 A a
Camada 2	SAR	0,10 A a	0,04 A a	0,09 A a
(20-40cm)	SAP	0,07 A a	0,05 A a	0,04 A a
Camada 3	SAR	0,04 A a	0,04 A a	0,05 A a
(40-60cm)	SAP	0,04 A a	0,04 A a	0,04 A a
Camada 4	SAR	0,27 B b	0,11 A a	0,14 A a
(60-80cm)	SAP	0,06 A a	0,16 A b	0,07 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.6 Análise Foliar (Milho e Sorgo)

Os resultados das análises químicas das folhas para a cultura do milho estão expressos nas Tabelas 120 e 121, Para a cultura do milho, exceto para o Ferro, os teores de todos os nutrientes observados nas plantas fertilizadas com ambos os tratamentos apresentaram-se dentro ou muito próximas dos valores definidos como adequados por Raij et al. (1996): N (25-35g kg^{-1}), P (2,0-4,0g kg^{-1}), K (17-35g kg^{-1}), Ca (2,5-6,0g kg^{-1}), Mg (1,5-5,0g kg^{-1}), S (1,5-3,0g kg^{-1}), B (10-25mg kg^{-1}), Cu (6-20mg kg^{-1}), Fe (30-250mg kg^{-1}), Mn (20-200mg kg^{-1}) e Zn (15-100mg kg^{-1}).

Para a cultura do sorgo exceto para fósforo, magnésio (teor inferior), boro e ferro (teor superior), os teores de todos os outros nutrientes observados nas plantas fertilizadas com ambos tratamentos apresentaram-se dentro ou muito próximas dos valores definidos como adequados por Martinez et al. (1999): N (2,31-2,90%), P (0,44%), K (1,30-3,0%), Ca (0,21-0,86%), Mg (0,26-0,38%), S (0,16-0,60%), B (20 mg dm^{-3}), Cu (10-30 mg dm^{-3}), Fe (68-84 mg dm^{-3}), Mn (34-72 mg dm^{-3}) e Zn (12-22 mg dm^{-3}).

6.6.1 Macronutrientes

Para as análises foliares referentes à cultura do milho é importante enfatizar diferenças estatisticamente significativas que ocorreram entre os dois tratamentos, na primeira repetição, onde os valores obtidos foram maiores no tratamento MAR 44,44 e 41,18% para N e P, respectivamente.

Para as análises foliares referentes à cultura do sorgo as diferenças estatisticamente significativas que ocorreram entre os dois tratamentos, onde os valores obtidos foram maiores no tratamento MAP 56,67 e 122,22% para Ca e Mg, respectivamente.

Tabela 120. Resultados médios para o teor foliar de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio (g kg^{-1}), em plantas de milho e sorgo.

Nutrientes	Trat.	SORGO	MILHO
NITROGÊNIO	A. R.	22,0 A	26,0 B
	A. P.	20,3 A	18,0 A
FÓSFORO	A. R.	1,5 A	2,4 B
	A. P.	1,9 A	1,7 A
POTÁSSIO	A. R.	15,7 ns	19,0 ns
	A. P.	13,3 ns	16,7 ns
CALCIO	A. R.	3,0 A	3,7 A
	A. P.	4,7 B	4,0 A
MAGNÉSIO	A. R.	1,8 A	2,4 A
	A. P.	4,0 B	5,5 A

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.6.2 Micronutrientes

Para as análises foliares referentes à cultura do milho as diferenças estatisticamente significativas que ocorreram entre os dois tratamentos na primeira repetição, nos teores obtidos de Zn foram 90% maiores no tratamento MAR em comparação à MAP.

Para as análises foliares referentes à cultura do sorgo as diferenças estatisticamente significativas que ocorreram entre os dois tratamentos na segunda repetição, nos teores obtidos de Fe foram 53,85% maiores no tratamento MAP em comparação à MAR. Para os demais nutrientes não constatou-se diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 121. Resultados médios para o teor foliar de boro, ferro, manganês, cobre, zinco, enxofre (g kg^{-1}) em plantas de milho e sorgo.

Nutrientes	Trat.	SORGO	MILHO
BORO	A. R.	54,0 ns	56,0 ns
	A. P.	53,0 ns	59,3 ns
FERRO	A. R.	362,7 A	537,0 A
	A. P.	558,0 B	446,7 A
MANGANÊS	A. R.	40,0 A	58,7 B
	A. P.	47,0 A	39,0 A
COBRE	A. R.	13,3 A	18,0 B
	A. P.	15,0 A	11,7 A
ZINCO	A. R.	14,7 A	32,3 B
	A. P.	19,0 A	17,0 A
ENXOFRE	A. R.	1,6 A	2,7 B
	A. P.	1,5 A	1,8 A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5%.

6.7 Produção

6.7.1 Altura das Plantas – Milho e Sorgo

No tratamento MAR o valor médio obtido de altura da cultura do milho foi de 1,58m e 1,91m para MAP. Esses valores não apresentaram diferença significativa.

A mesma observação serve para a cultura do sorgo onde no tratamento SAR a altura média foi de 1,43m e 1,67m para SAP.

6.7.2 Diâmetro de Colmo – Milho e Sorgo

No tratamento MAR o valor médio de diâmetro de colmo da cultura do milho observado foi de 16,73mm e 19,53mm para MAP. Esses valores não apresentaram diferença significativa.

A mesma observação serve para a cultura do sorgo onde no SAR o diâmetro médio foi de 11,86mm e 14,78mm para SAP.

6.7.3 Produtividade – Milho

É valido ressaltar que a época de plantio utilizada neste experimento é considerada tardia. A este respeito os resultados obtidos superaram as expectativas, levando-se em consideração as condições climáticas e produtividade média anual de milho safrinha irrigado na casa de 3200,00 kg ha^{-1} para o período. Contudo, o tratamento MAP obteve 8% de produtividade superior a MAR.

O sistema de irrigação utilizado contribuiu para a colheita no limpo, pois proporcionou umidade na área do solo que consiste o sistema radicular e pouca infestação de plantas invasoras.

6.7.3.1 Produtividade – Água Residuária (MAR)

O peso total de produção de grãos de milho calculado considerando a área útil de 54m² e o número de plantas foi de 3487,96 kg ha^{-1}.

6.7.3.2 Produtividade –Água Potável (MAP)

O peso total de produção de grãos de milho calculado considerando a área útil de 54m² e o número de plantas foi de 3758,33 kg ha^{-1}.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Temas como o binômio produção e meio ambiente, que tem sido abordados por profissionais da área de Ciências Agrárias serão o desafio das próximas décadas.

A importância do reuso da água na agricultura e a sua manutenção da qualidade será a contribuição às futuras gerações, como garantia de sobrevivência e um compromisso ético dos profissionais envolvidos no desenvolvimento do país.

Alguns aspectos abordados neste trabalho necessitam de maiores investigações, como aspectos econômicos, a de redução no custo de produção da cultura do milho e do sorgo com adição de resíduos orgânicos e minerais, com a aquisição de menor volume de adubos minerais de aplicação convencional e ou de solúveis (fertirrigação); melhoria no ecossistema solo; economia no custo de produção da suinocultura devido ao milho e ao sorgo serem de grande importância na produção da ração utilizada nesse sistema; redução significativa da carga orgânica e mineral encontrada no efluente despejado diariamente através do prévio tratamento com sistema de alagados construídos e, controle ambiental de resíduos gerados neste sistema de produção animal.

Os alagados construídos demonstraram ser um sistema importante para auxiliar na redução de agentes poluente e passível de adaptações e inovações.

Esta pesquisa aponta para alguns aspectos que merecem novos estudos como:

- A escolha da planta utilizada no alagado levando em consideração os sistemas de produção podendo aliar uma cultura que também sirva à alimentação animal;
- Facilidade de utilização e manutenção;
- Sustentabilidade de produção, onde o resíduo de um setor seja integrado por outro;
- Utilização do sistema de alagados por pequenos produtores, viabilidade econômica;
- Métodos de irrigação que sejam eficientes e não desperdicem água;
- Qualidade de água para reuso no sistema de produção animal;
- Tecnologias que auxiliem na redução da área necessária para instalação do sistema de alagados construídos;
- Culturas agrícolas de interesse econômico quanto à capacidade de assimilação de nutrientes.

8 CONCLUSÕES

O sistema de alagados construídos foi eficiente para a redução de Coliformes totais, Coliformes fecais, DBO e DQO, demonstrando ser um sistema hábil para a redução do potencial poluidor dos dejetos de suínos.

O sistema de alagados construídos proporcionou redução nos teores dos nutrientes N, K, Cu e Zn.

Os resultados obtidos indicam que a macrófita taboa utilizada surtiu um efeito catalisador enquanto presente no alagado construído nº 1.

A água residuária gerada pelo sistema atendeu as necessidades nutricionais para um desenvolvimento satisfatório das duas culturas.

Teores indicativos de percolação dos elementos provenientes da irrigação com água residuária, a camadas mais profundas podem ser observados em N_{total}, K, Ca e Mn,

A água servida de suinocultura tratada em sistema de alagados construídos pode ser utilizada via irrigação sem causar prejuízos à produtividade da cultura do milho safrinha, demonstrando o potencial para a redução da utilização de insumos convencionais.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ADIN, A.; SACKS, M. Dripper clogging factors in wastewater irrigation. Journal of the Irrigation and Drainage Engineering of ASCE, New York, v.117, n.6, 1991. p.813-827.

AGUDO, E. G. (coord.). *Guia de coleta e preservação de amostras de água*. São Paulo: CETESB, 1987. 150p.

AGUIAR e SILVA, M.A., AZEVEDO, L.P., SAAD, J.C.C. Manejo da irrigação com base na umidade do solo. In: SAAD, J.C.C., LANÇAS, K.P. *Uso racional da água e conservação do solo em áreas irrigadas sob plantio direto e convencional*. Botucatu: FCA UNESP, 2002. 49-73.

ANUALPEC 2004 - FNP. *Anuário estatístico da produção animal*. São Paulo. Instituto FNP, 2004. 376p.

AZEVEDO NETTO, J.M.; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M.; ARAUJO, R. de; ITO, A.E. **Manual de hidráulica**. 8.ed. São Paulo: Blücher, 1998. 669p.

BASTOS, R.K.X. Fertirrigação com águas residuárias. In: FOLEGATTI, M.V. ***Fertirrigação***: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.279 - 90.

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L.: **Manual de Fitopatologia** – Pricípios e Conceitos. 3 ed. São Paulo - Ed. Agronômica Ceres, 1995. 919 p. 2v.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** Viçosa, MG: Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 1995. 463 p.

BERNARDO, S., SOARES, A.A., MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação.** 7ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 615p.

BLEY JUNIOR, C. **Dejeto bom, só aquele que não existe**. Disponível em: <http://www.suino.com.br/suino_product.asp?pj%5Fid=6000&dept%Fid=6>. Acesso em: 12 maio 2000.

BREDA, C.C. *Utilização de lodo de efluente doméstico: Efeitos na produtividade agríola e em alguns aspectos ambientais*. Botucatu, 2003. 143p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

BRIX, H. Gas exchange through the soil-atmosphere interphase and through dead culms of *Phragmites australis* in a constructed reed bed receiving domestic sewage. Water Res**.**, v.24, p.259, 1990.

BRIX, H. Macrophyte-mediated oxygen transfer in wetlands: transport mechanisms and rates. In: MOSHIRI, G. A., (Ed) **Constructed wetlands for water quality improvement**. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 1993. p. 391-398.

BRIX, H., SCHIERUP, H.H. The use of aquatic macrophytes in water pollution control. Ambio, v.18, p.100, 1989.

BÜLL, L. T.; Nutrição mineral do milho. In: Bull, L. T., CANTARELLA, H.; Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba. Potafós. 1993. p. 63-131.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B.V.; SAWAZAKI, E. Sorgo-granífero, forrageiro e vassoura In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. *Boletim técnico 100*: Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo, 2. ed revisada e atualizada, Boletim Técnico do Instituto Agronômico - FUNDAG, Campinas, n. 100., p. 66-7,1997.

CARVALHO, W. A.; ESPINDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. **Levantamento de solos da Fazenda Lageado**. Botucatu, 1983, Boletim Científico FCA/UNESP, n. 1, 95 p. (Segunda edição revisada e atualizada, 2001).

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.71, set. 1995. Arquivo do Agronômico, Piracicaba, n.2, p.1-9, set. 1995. Encarte.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAN, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. **Seja o doutor do seu sorgo.** Piracicaba: POTAFOS, 2002. 24 p. (Arquivo do agrônomo, 14).

COELHO, F.C.; RUIZ, H.A.; FERREIRA, P.A.; FRANÇA, G.E. ARAÚJO, C.A.S.; DUARTE, M.A., Transporte do amônio em colunas com agregados de um Latossolo vermelho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4, n.3,p.362-367, 2000.

CUNHA, F.F., MATOS A.T., BATISTA, R.O., LO MÔNACO, P.A. Uniformidade de distribuição em sistemas de irrigação por gotejamento utilizando água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. Acta Sci. Agron. Maringá. v. 28, n. 1. 2006. p. 143-47.

DUARTE, A.P.; RAIJ, B.V. Milho “safrinha” In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. *Boletim técnico 100*: Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo, 2. ed revisada e atualizada, Boletim Técnico do Instituto Agronômico - FUNDAG, Campinas, n. 100., p. 60-1,1997.

EATON, A. D.; CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.E. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19.ed. Maryland: American Public Health Association, 1995. 106p

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos.* Brasília: EMBRAPA SPI; Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Comunicado Técnico 301. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. *Viabilidade econômica do tratamento dos dejetos, em unidades terminadoras de suínos.* Brasília: EMBRAPA SPI; Concórdia: EMBRAPA SUÍNOS E AVES**,** Agosto, 2002. 6p.

FOLEGATTI, M.V. **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999.

FRIBOURG, H.A.; BRYAN, W.E.; LESSMAN, G.M.; MANNING, D.M. Nutrient uptake by corn and grain sorghum silage as affected by soil type, planting date, and moisture regime. **Agronomy Journal**, v.68, p.260-263, 1976.

GERSBERG, R.M., ELKINS, B.V., GOLDMAN, C.R. Nitrogen removal in artificial wetlands. **Water Res.**, v.17, p.1009, 1983.

GILBERT, R.G.; NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Trickle irrigation: Prevention at clogging. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 1979, p.514-519.

HESPANHOL, I. . Potencial de reuso de água no Brasil-Agricultura,Industria, Município e Recarga de aquíferos. In: Mancuso, P.C.S; Santos, H.F. (Org.). Reuso de Água. São Paulo: Manole, 2003, v. , p. 88-102.

HUSSAR, G. J. *Avaliação do desempenho de leitos cultivados no tratamento de águas residuárias de suinocultura*, Campinas: FEAGRI, UNICAMP, 1998, Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas, 2001, 118 p.

JASPER, S.P. *Análise econômica de dois sistemas naturais de tratamento de água residuária na suinocultura*. Botucatu, 2006. 81p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.;CAMARGO, L.E.A.: **Manual de Fitopatologia** – Doenças das Plantas Cultivadas. 4 ed. São Paulo - Ed. Agronômica Ceres, 2005. 663 p. 2v.

KLAR, A.E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera.** São Paulo: Nobel, 1984. 408p.

KONZEN, E. A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1983. 32 p. (EMBRAPA-CNPSA, Circular Técnica, 6).

KONSEN, E.A. *Utilização de esterco líquido de suínos visando saneamento rural e redução de custos para o produtor*. Belo Horizonte: Emp. Brás. Pesq. Agropec. 1990. 7 p.

KUNZ, A. **Tratamento de dejetos: desafios da Suinocultura tecnificada.** Retirado do site <www.suinoculturaindustrial.com.br> Acessado em 22 de Agosto de 2006.

LEITÃO, T.E., BARBOSA, A.E., IKÄVALKO, V., MENEZES, T. E ZAKHAROVA, T., 2002 – *Avaliação e Gestão Ambiental das Águas de Escorrência de Estradas. 2.º Relatório*. Estudo em desenvolvimento para o INAG. Relatório 205/02 GIAS/DH, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2002, 61 p.

LOPES, M.D.C. *Composição Química de Águas Residuárias provenientes de Efluentes Urbanos Destinadas à irrigação.* Botucatu, 2002. 87p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

LOPES, R.L. *Suinocultura no Estado de Goiás: aplicação de um modelo de localização.* Piracicaba, 1997. 95p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MACEDO FILHO, A., BRANCO, Z.C. **Água**: Tratamento e qualidade: Tradutores, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATON, Rio de Janeiro; Ed**.** Ao Livro Técnico S.A , 465 p., 1964.

MACÊDO, J.A.B. **Águas & águas**. São Paulo: Varela, 2001. 505p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. Cap. 6: Os elementos minerais. p. 114-140.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas:** princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 201 p.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. cd. **Reuso de água**. São Paulo: Manole, 2003. 570p.

MANSOR, M.T.C. *Uso de leito de macrófitas no tratamento de águas residuárias.* Campinas: FEAGRI, UNICAMP, 1998, Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1998, p. 106.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5.ª Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais-CFSEMG, 1999. p.143-168.

MAZZOLA, M. *Uso de Leitos Cultivados de Fluxo vertical por Batelada no Pós-Tratamentode Efluentes de Reator Anaeróbio Compartimentado.* Campinas, 2003. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Água e Solo) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

MOORHEAD, K.K., REDDY, K.R. Carbon and nitrogen transformations in wastewater during treatment with *Hydroctyle umbellata* L. **Aquat. Bot.**, v.37, p.153, 1990.

NOUR, E. A. A. **Tratamento de esgoto sanitário empregando-se reator anaeróbio compartimentado.** São Carlos: EESC, USP, 1996. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1996. 148 p.

OLIVEIRA, P.A.V., MARTINS, R.R., PEDROSO, D., LIMA, G.J.M.M., LINDNER, E.A., BELLI FILHO, P. CASTILHO JÚNIOR, A.B., SILVEIRA, V.R., BALDISERA, I., MATTOS, A.C., GOSSMANN, H., CRISTMANN, A., BONETT, E., HESS, A. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Circ. Téc. Cent. Nac. Suínos e Aves, Emp. Brás. De Pesq. Agropec., n.27, 188p, 1993.

PALHARES, J.C.P. *Efeito da Adição de Estrume de Suínos na Qualidade da Água de Tanques para Cultivo de Organismos Aquáticos.* Botucatu, 1998. 129p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

PENZ A. M., COUTINHO, T., Efeito da nutrição na preservação do meio ambiente, in: I Congresso Latinoamericano de Suinocultura, Embrapa Suinos e Aves, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, pp. 101-110. 2002

PERDOMO, C.C., LIMA, G.J.M.M. Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. In: SOBESTIANSKY, J., WENTZ, I., SILVEIRA, P.R.S., SESTI, L.A.C. *Suinocultura intensiva*: produção, manejo e saúde do rebanho. Embrapa, 1998. p.223 - 35.

PESSOA, N.S. *O tensiômetro simplificado na determinação da umidade do solo*. Campinas, Coordenadoria de assistência técnica integral, 1983. 5p. (Boletim técnico, 176).

PITTA, G.V.E.; VASCONCELLOS, C.A.; ALVES, V.M.C. Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. (eds.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2001. cap.9. p.243-262.

PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. Adv. Agron., v.24, p.29, 1972.

PURDY, W. C. Results of algal activity, some familiar, others obscure. Jour. A. W. W. A., 27: 1120. 1935.

RAIJ, B.V., CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B.V., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. ***Boletim 100****:* Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed. Campinas-SP: Instituto Agronômico-Fundag, 1997. 56-9.

RAIJ, B.V., CANTARELLA, H., SAWASAKI, E. Sorgo-granífero, forrageiro e vassoura. In: RAIJ, B.V., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. ***Boletim 100****:* Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed. Campinas-SP: Instituto Agronômico-Fundag, 1997. 66-7.

RAIJ, B.V. et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade.** Campinas: Fundação Cargil, 1987, 170p.

RAMOS, M.M., MANTOVANI E.C. Sistemas de irrigação e seus componentes In: Costa, E.F., Vieira,R.F., Viana, P.A. **Quimigação**: Aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária, Centro nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 41-84.

REDDY, K.R., PATRICK JR., W.H., LINDAU, C.W. Nitrification-denitrification at the plant root-sediment interface in wetlands. Limnol. Oceanogr., v.34, p.1004, 1989.

REICHARDT K. **A água em sistemas agrícolas**, São Paulo: Editora Manole Ltda, 1990. 188p

RESENDE, M., FRANÇA, G.E., ALVES, V.M.C. Cultura do milho irrigado. In: BULL, L. T., CANTARELLA, H.; **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba. Potafós. 1993. p. 237-48.

RITCHEY, K.D., COX, F.R., GALRÃO, E.Z., YOST, R. S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-escuro argiloso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, p.215-225, 1986.

ROPPA, L. A Suinocultura na América Latina. In: Congresso Latino Americano de Suinocultura. **Anais...** Ed: Embrapa – CNPSA, Foz do Iguaçu – PR, 2002.

SAAD, J.C.C., AGUIAR e SILVA, M.A., AZEVEDO, L.P. Manejo da irrigação visando a sustentabilidade hídrica de solos agrícolas. In: LANÇAS, K.P., SAAD, J.C.C., SILVA, R.B. *Sustentabilidade dos solos agrícolas da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, em função da disponibilidade hídrica e do tráfego de máquinas.* Botucatu: FCA UNESP, 2002. 82-89.

SANTOS, C.G. DA F., LIMA, V.L.A., MATOS, J. DE A., HAANDEL, A.C.; AZEVEDO, C.A.V. Efeito de uso de águas residuárias sobre a vazão de microaspersores. Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.7 n.3. Campina Grande, 2003.

SAWAZAKI, E. Sorgo *Sorghum bicolor* Moench. In: FAHL, J.I., CAMARGO, M.B.P., PIZZINATTO, M.A., BETTI, J.A., MELO, A.M.T., DEMARIA, I.C., FURLANI, A.M.C. ***Boletim 200****:* Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 6 ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1998. 44-9.

SCHERER, E.E., EVANIR, E.G., JUCKSCH, I., NADAL, R. Efeito da adubação com esterco de suínos, nitrogênio e fósforo em milho. Bol. Téc. Emp. de Pesq. Agropec. de Santa Catarina, n. 24, 1984.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, v. 30, n. 2, p. 507-512, 1974.

SETI - Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, Eng. Agr., D. Sc. Carlos Cláudio Perdomo, Embrapa Suínos e Aves, Eng. Agr., Ph. D. Gustavo J.M.M. de Lima, Embrapa Suínos e Aves, Jornalista Tânia Maria Giacomelli Scolari, Embrapa Suínos e Aves, http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agropecuario/index.html&conteudo=./agropecuario/dejetos_suinos.html#introducao, 2004.

SFREDO, G.J; CAMPO, R.J.; SARRUGE, J.R. **Girasso**l: nutrição mineral e adubação. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1984. 36p. (Embrapa-CNPSo. Circular técnica, 8).

SILVA, S. A. **Tratamento biológico de águas residuárias,** São Paulo: Edição CETESB e ABES, 1979, 50 p.

SISVAR. 1997. Ferreira D.F. **SISVAR** (Sistema para análise de variância para dados balanceados). Lavras: UFLA, 1992, 79 p.

SOBESTIANSKY, J. et al. **Suinocultura intensiva**: produção, manejo e saúde do rebanho. Brasília-DF: EMBRAPA-SPI, 1998. 388 p

SOUZA, A.L.de, *Estudo experimental e numérico do processo de remoção de poluentes nos leitos cultivados*. Campinas: FEAGRI, UNICAMP, 1998, Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas, 2003, 141 p.

TAKITANE, I.C. *Produção de dejetos e caracterização de possibilidades de aproveitamento em sistemas de produção de suínos com alta tecnologia no estado de São Paulo.* Botucatu, 2001. 137p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

TAUK-TORNISIELO, S.M. (ed.) **Proceedings of 6th International Conference of Wetlands Systems for water Pollution Control**, Águas de São Pedro, SP Brazil, 1998.

TAYLOR, H.D. *et al.* Drip irrigation with waste stabilisation pond effluents: Solving the problem of emitter fouling. *Water Sci. Technol.*, London, v. 31, n. 12, p. 417-24, 1995.

VILLAS BÔAS, R.L., BÜLL, L.T., FERNANDES, D.M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M.V. ***Fertirrigação***: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.293 - 320.

VON SPERLIG, M. **Tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria.** Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1998. 88 p.

VYMAZAL, J., BRIX, H., COOPER, P.F., GREEN, M.B., HABERL, R.,. Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe. Backhuys Publishers, Leiden. Eds. 1998.

WESTERHOFF, P.; JAMES, J.. *Nitrate removal in zero-valent iron packed columns.* Water Research, v. 37, p. 1818-1830, 2003.

ZANINI, J.R., PAVANI, L.C., SILVA, J.A.A. Boletim Citrícola: Irrigação em Citros. n. 7 Jaboticabal: Funep. 1998. 35p.

10 A P Ê N D I C E

Foto 1. Setor de Suinocultura da FMVZ- UNESP- Botucatu.

Foto 2. Galpão de Reprodução – Setor de Suinocultura.

Foto 3. Gaiolas Individuais para fêmeas em gestação e para realização de inseminação artificial.

Foto 4. Baias coletivas.

Foto 5. Baia Individual de reprodutor.

Foto 6. Foto da área experimental – Caixas de contenção e Alagado 1 com Macrofita.

Foto 7. Alagado 1 – Sem Macrófita.

Foto 8. Alagado 2

Foto 9. Reservatório de área residuária.

Foto 10. Área de cultivo.

Foto 10.1. Área de Cultivo – Milho e Sorgo

Foto11. Sistema de irrigação por gotejamento

Foto 12. Período de Coletas

Foto13. Extratores de solução do solo.