



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CAMPUS II - CAMPINA GRANDE**

**REÚSO CONTROLADO DE ÁGUA NA IRRIGAÇÃO DE ALFACE**

*(Lactuca sativa L.)*

**TATIANA DE LIMA TAVARES**

**CAMPINA GRANDE**

**AGOSTO 2005**

Reúso controlado de água na irrigação de alface (*Lactuca sativa* L.).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

Reúso controlado de água na irrigação de alface (*Lactuca sativa L.*).

**TATIANA DE LIMA TAVARES**

**ORIENTADORES**  
**Dra. ANNEMARIE KÖNIG**  
**Dra. BEATRIZ SUZANA OVRUSKI DE CEBALLOS**

CAMPINA GRANDE - PB  
AGOSTO 2005

**TATIANA DE LIMA TAVARES**

**REÚSO CONTROLADO DE ÁGUA NA IRRIGAÇÃO DE ALFACE  
(*LACTUCA SATIVA L.*).**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em  
Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal  
de Campina Grande, em cumprimento às exigências para  
obtenção do grau de Mestre.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS  
SUB-ÁREA: ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**CAMPINA GRANDE - PB  
2005**



T231r Tavares, Tatiana de Lima  
Reuso controlado de agua na irrigacao de alface (Lactuca Sativa L.) / Tatiana de Lima Tavares. - Campina Grande, 2005.  
130 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) -  
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciencias e Tecnologia.

1. Reuso de Efluente 2. Lagoas de Estabilizacao 3. Alface 4. Semi-Arido 5. Dissertacao I. Konig, Annemarie II. Ceballos, Beatriz Suzana Ovruski III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB) IV. Título

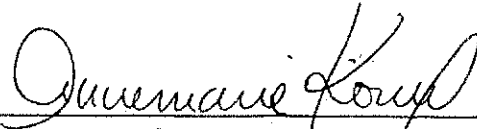
CDU 628.357.2:635.52(043)

Reíso controlado de água na irrigação de alface (*Lactuca sativa L.*).

TATIANA DE LIMA TAVARES

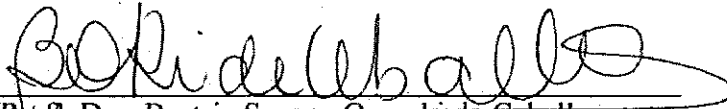
Dissertação aprovada em: 02 de agosto de 2005.

BANCA EXAMINADORA



Prof.<sup>a</sup> Dra. Annemarie König  
Orientadora

Departamento de Engenharia Civil - DEC  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



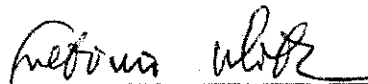
Prof.<sup>a</sup> Dra. Beatriz Suzana Övruski de Ceballos  
Co - Orientadora

Departamento de Engenharia Civil - DEC  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Prof.<sup>a</sup> Dra. Paula Frassinetti Feitosa Cavalcanti  
Examinadora interna

Departamento de Engenharia Civil - DEC  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota  
Examinador externo

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - DEHA  
Universidade Federal do Ceará - UFC

CAMPINA GRANDE – PB  
AGOSTO DE 2005

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes de minha vida.  
A meus pais, Eduardo e Fátima; a meus irmãos  
Eduardo e Edmo, e a Jacy e Fernando  
por terem sido sempre  
um suporte para minha vida

Agradeço a Deus por ter me dado força, perseverança e capacidade para vencer todos os obstáculos desta etapa tão importante de minha vida.

Às Profas. Dras. Annemarie König e Beatriz S.O. Ceballos, pela oportunidade, orientação e confiança depositada em mim, e aos demais professores que me ajudaram na realização completa deste trabalho.

À Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) pelo apoio financeiro.

A meus pais, Eduardo e Fátima, e a meus irmãos, Eduardo e Edmo, por todo apoio, incentivo, compreensão, ajuda nos momentos de tribulação, conselhos e confiança depositada em mim, ao longo de toda minha vida.

Aos funcionários da AESA: Alves, Cristina e Valmária, pelo carinho e amizade; aos bolsistas Andréia, Eddy, Carla, Rosângela e Roberta, pela ajuda durante as análises laboratoriais, em especial a Thaís.

Aos colegas de curso Kátia, Blake, Adriana, Eudes e Zé Cláudio, pela amizade, companheirismo e união, durante todo o curso.

A Márcia Azevedo, pela amizade de mestrado e apoio nos momentos mais difíceis, com conselhos valiosos e me ajudando nos trabalhos de campo e laboratório.

À Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA - Regional da Borborema, por ter cedido a área para a realização do experimento; aos funcionários da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE - Campina Grande, PB), Sr. Silva e Orlando, pela tão valiosa ajuda.

A Frederico Antonio (Fred) pela ajuda valiosa nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Adailson Pereira de Souza, chefe do Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da UFPB - campus I, Areia; aos funcionários Monte, Naldo, Fabiano, Patrocínio e Castor, pela ajuda durante as análises laboratoriais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Enfim, a todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.



As águas residuárias tratadas vêm sendo cada vez mais utilizadas em todo o mundo, como fontes alternativas de água para diversos usos, principalmente para usos menos exigentes. Para que a prática do reúso seja sanitária e ambientalmente segura, não aumentando o risco de transmissão de doenças nos agricultores e consumidores finais recomendam-se, como padrões microbiológicos, até 1000 coliformes fecais /100 mL, e parasitológicos <1 ovo de helminto / litro de efluente, para águas residuárias utilizadas na irrigação de vegetais consumidos crus (WHO, 1989). Destaca-se, neste trabalho, uma experiência de reúso direto de esgoto tratado em uma lagoa de estabilização no cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), avaliando a influência da irrigação na qualidade microbiológica e parasitológica da hortaliça, além das modificações físicas e químicas que ocorrem no solo com a aplicação de água residuária e da adição da adubação orgânica. O experimento foi conduzido nas dependências da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município de Campina Grande, PB, pertencente à Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), em delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro repetições, cujos fatores são dois tipos de água (abastecimento e residuária, tratada por sistema de lagoas de estabilização) e presença ou não de estrume bovino. Realizaram-se dois ciclos de cultivo de alface e os resultados foram analisados estatisticamente, o primeiro de julho a agosto/2003 e o segundo de outubro a novembro/2003. Nas águas de irrigação foram realizadas análises físico-químicas, microbiológicas e parasitológicas, sendo esta última apenas para água residuária. Nas amostras de solo, retiradas no final de cada ciclo, variáveis químicas foram analisadas (fertilidade, salinidade, micronutrientes, metais pesados) e físicas e também análises de macronutrientes, micronutrientes e metais pesados na raiz e nas folhas da alface, bem como suas medições e produtividade; os resultados mostraram que a alface irrigada com o efluente da lagoa apresentou qualidade inferior àquela estabelecida pela Resolução 12/2001 da ANVISA. Em contrapartida, a maior produtividade e valores das variáveis não destrutivas foram encontrados nas alfaces produzidas sob irrigação com água residuária e adubação orgânica. A adição da matéria orgânica via estrume bovino, promoveu maiores alterações nas características químicas e físicas do solo e da alface. O reúso das águas residuárias torna-se bem mais seguro, desde que haja acompanhamento técnico-sanitário da qualidade química, física e microbiológica do sistema água – solo – planta, com ênfase na cultura, particularmente se esta for ingerida crua.

Palavras – chave: reúso de efluentes, lagoas de estabilização, alface, semi-árido

Treated wastewater has been used all over the world as an alternative water source for several uses, mainly those less stringent in quality. The practice of reuse is sanitary and environmental safe when does not increase the risk of disease transmission in farmers and final consumers. Therefore the World Health Organization (1989) recommends as microbiological and parasitological guidelines values up to 1000FC/100 mL and less than 1 helminth egg/liter in the effluent used in unrestricted irrigation. The present work reports an experience of direct controlled reuse of domestic wastewater treated in stabilization ponds in lettuce (*Lactuca sativa L.*) cultivation and its influence over the vegetable microbiological and parasitological quality. The physical and chemical modifications occurred in the soil with wastewater and addition of organic manuring were also investigated. The experiment was conducted in the Campina Grande Sewage Treatment Plant – Paraíba State – Brazil, in a randomized experiment with four repetitions, being the factors two types of irrigation water (supply and wastewater treated by stabilization ponds) and presence or absence bovine manure. Two cycles of lettuce cultivation were carried out and statistically analyzed: the first July to August/2003 and the second October to November/2003. Irrigation water were analysed for physico-chemical and microbiological variables; parasitological analyses was performed only in wastewater irrigation water. Soil was sampled at the end of each cultivation cycle and analyzed for chemical (fertility, salinity, micronutrients, and heavy metals) and physical variables. Macro and micronutrients and heavy metals analyses were accomplished in lettuce root and leaves as well as non-destructive measurements and productivity. Results showed that lettuce irrigated with pond effluent presented lower microbiological quality to that established by ANVISA Resolution 12/2001. In other hand higher productivities and values of non-destructive variables were found in lettuces produced under wastewater irrigation together with organic manure. Addition of matter organic via bovine manure promoted larger alterations in soil and lettuce chemical and physics characteristics. Wastewater reuse in agricultural activities becomes safer when chemical, physics and microbiological aspects of “water - soil – plant” system are attended particularly for cultures to be ingested raw.

Key words: effluent reuse, stabilization ponds, lettuce, semi-arid

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE SIGLAS	xxviii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xxix
1.0 – INTRODUÇÃO	1
2.0 – OBJETIVOS	4
3.0 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 – Conceitos gerais sobre a água	5
3.2 – Usos da água	6
3.3 – Água e saneamento básico	7
3.4 – Composição e características das águas residuárias	8
3.5 – Tratamento dos esgotos	10
3.6 – Reúso de água	12
3.7 – Tipos e formas de reúso	16
3.8 – Necessidade de reúso	17
3.9 – Formas potenciais de reúso	18
3.10 – Medidas de proteção no reúso	19
3.11 – Microrganismos indicadores de contaminação fecal	20
3.12 – Potencial da utilização de águas residuárias na agricultura	22
3.13 – Usos de água residuárias na agricultura	23
3.14 – Disposição de esgotos no solo	24
3.15 – Métodos de disposição de esgotos no solo	25
3.16 – Qualidade de água para reúso agrícola	26
3.17 – Problemas relacionados à qualidade da água	27
3.18 – Alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> )	29
4.0 – MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1 – Localização do experimento	31
4.2 – Descrição da estação de tratamento de esgoto	31
4.3 – Descrição do sistema experimental	33
4.3.1 – Parcelas experimentais	33
4.3.2 – Preparo do solo	35
4.3.3 – Plantio e tratos culturais	35
4.3.4 – Irrigação	36
4.4 – Descrição dos trabalhos de campo	37
4.4.1 – Coleta de amostras de esgoto	37
4.4.2 – Coleta de amostras de solo	38
4.4.3 – Coleta de amostras da alface	38
4.5 – Análises físico-químicas para caracterização da qualidade da água de abastecimento e água residuária tratada da ETE	39
4.6 – Análises microbiológicas	40
4.6.1 – Nas amostras de água	41
4.6.2 – Nas amostras de alface e do solo	41
4.7 – Análise parasitológica	41
4.7.1 – Na água	42
4.7.2 – Na alface	42
4.7.3 – No solo	42

4.8 –	Parâmetros físicos da alface	43
4.8.1 –	Produtividade	43
4.8.2 –	Matéria seca e material orgânico	44
4.9 –	Análises químicas do material vegetal	45
4.10 –	Análises químicas e físicas do solo	45
4.11 –	Análises estatísticas	47
5.0 –	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	48
5.1 –	Variáveis climatológicas	48
5.2 –	Características da água de abastecimento na irrigação da alface	49
5.3 –	Características físicas e químicas do efluente final da ETE, utilizado na irrigação da alface	51
5.4 –	Características físicas e químicas do solo utilizado nos experimentos	53
5.4.1 –	Fertilidade	55
5.4.2 –	Salinidade	61
5.4.3 –	Micronutrientes	66
5.4.4 –	Metais pesados	69
5.4.5 –	Física	71
5.5 –	Análises da parte aérea da alface	72
5.5.1 –	Macronutrientes	73
5.5.2 –	Micronutrientes	78
5.5.3 –	Metais pesados	84
5.6 –	Análise da raiz da alface	87
5.6.1 –	Macronutrientes	87
5.6.2 –	Micronutrientes	90
5.6.3 –	Metais pesados	92
5.7 –	Avaliação agronômica	93
5.7.1 –	Análise de crescimento não destrutiva	93
5.7.2 –	Produtividade	97
5.8 –	Exames microbiológicos na alface	100
5.8.1 –	Coliformes termotolerantes	100
5.8.2 –	<i>E. coli</i> na alface	102
5.9 –	Exames parasitológicos na alface	105
5.9.1 –	Helmintos	105
5.10 –	Exames microbiológicos no solo	109
5.10.1 –	Coliformes termotolerantes no solo	109
5.10.2 –	<i>E. coli</i> no solo	111
5.11 –	Exames parasitológicos no solo	114
5.11.1 –	Helmintos	114
6.0 –	<b>CONCLUSÕES</b>	117
7.0 –	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	120
8.0 –	<b>ANEXO</b>	129

	Página
Figura 4.1 – Localização geográfica do município de Campina Grande, PB	31
Figura 4.2 – Vista da lagoa da ETE de Campina Grande, PB	32
Figura 4.3 – Vertedouro de saída do efluente final da ETE de Campina Grande, PB	33
Figura 4.4 – Diagrama da disposição das parcelas experimentais	34
Figura 4.5 – Disposição das covas para o plantio da alface e a delimitação da área útil das parcelas	34
Figura 4.6 – Horta situada no município de Lagoa Seca, PB	36
Figura 4.7 – Transplante das mudas de alface para a área experimental - Campina Grande, PB	36
Figura 4.8 – Medições da alface e diâmetro da alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.) após cada ciclo de cultivo - Campina Grande, PB	44
Figura 4.9 – Pesagem da parte aérea da alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.) após cada ciclo de cultivo – Campina Grande, PB	44
Figura 4.10 – Medição do diâmetro da raiz da alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.) após cada ciclo de cultivo – Campina Grande, PB	44
Figura 5.1 – Variação da precipitação pluvial (mm), nos dois ciclos de cultivo da alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.) em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003	48
Figura 5.2 – Variação da temperatura (°C), nos dois ciclos de cultivo da alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.) em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003	49
Figura 5.3 – Valores médios da produtividade da alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.), nas parcelas experimentais adubadas (C/E) ou não (S/E) com estrume bovino e irrigadas com águas residuárias tratada (AR) e de abastecimento (AB), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003	98
Figura 5.4 – Valores médios de coliformes termotolerantes em folhas de alfaces ( <i>Lactuca sativa</i> L.), nos tratamentos experimentais AB S/E ( $5,28 \times 10^1$ e $9,64 \times 10^1$ NMP/g), AB C/E (8,49 e $1,54 \times 10^1$ NMP/g) AR S/E ( $7,31 \times 10^1$ e $1,48 \times 10^4$ NMP/g) e AR C/E ( $7,18 \times 10^2$ e $1,67 \times 10^4$ NMP/g), em experimento localizado em Campina Grande,	101

- PB, no período de julho-novembro/2003
- Figura 5.5 – Valores médios de *E. coli* em folhas de alface (*Lactuca sativa L.*), nas parcelas experimentais adubadas (C/E) ou não (S/E) e irrigadas com água residuária tratada (AR) e de abastecimento (AB), em experimento localizado em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 104
- Figura 5.6 – Valores médios de ovos de helmintos em folhas de alfaces (*Lactuca sativa L.*), nas parcelas experimentais adubadas (C/E) ou não (S/E) com estrume bovino e irrigadas com água residuária tratada (AR) e de abastecimento (AB), em experimento localizado em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 106
- Figura 5.7 – Valores médios de coliformes termotolerantes no solo de parcelas experimentais cultivadas com alface (*Lactuca sativa L.*), adubadas (C/E) ou não (S/E) com estrume bovino e irrigadas com água residuária tratada (AR) e de abastecimento (AB), em experimento localizado em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 110
- Figura 5.8 – Valores médios de *E. coli* no solo de parcelas experimentais cultivadas com alface (*Lactuca sativa*), adubadas (C/E) ou não (S/E) com estrume bovino e irrigadas com água residuária tratada (AR) e de abastecimento (AB), em experimento localizado em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 112
- Figura 5.9 – Valores médios de ovos de helmintos no solo de parcelas experimentais cultivadas com alface (*Lactuca sativa L.*), adubadas (C/E) ou não (S/E) com estrume bovino e irrigadas com água residuária tratada (AR) e de abastecimento (AB), em experimento localizado em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 115

	Página
Tabela 3.1 – Classificação dos esgotos sanitários em relação à concentração de sólidos e matéria orgânica	10
Tabela 3.2 – Diretrizes adotadas na interpretação da qualidade das águas de irrigação	15
Tabela 3.3 – Vírus e bactérias enteropatogênicas associadas às excretas	21
Tabela 3.4 – Períodos de sobrevivência de alguns agentes patogênicos a 20-30°C, no solo e nas culturas	22
Tabela 3.5 – Diretrizes adotadas na interpretação da qualidade das águas de irrigação	27
Tabela 4.1 – Características físicas e operacionais das lagoas de estabilização da ETE de Campina Grande, PB	32
Tabela 4.2 – Experimentos realizados com respectivos períodos de duração	35
Tabela 4.3 – Variáveis físico-químicas para caracterização das águas de irrigação (abastecimento e residuária) utilizadas em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	40
Tabela 4.4 – Variáveis microbiológicos para caracterização das águas de irrigação do solo e da cultura	40
Tabela 4.5 – Variáveis químicas (macronutrientes, micronutrientes e metais pesados) em folhas de alface e na raiz em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003	45
Tabela 4.6 – Variáveis químicas do solo (fertilidade) em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003	46
Tabela 4.7 – Variáveis químicas do solo (salinidade) em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003	46
Tabela 4.8 – Variáveis químicas do solo (metais pesados) em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003	46
Tabela 4.9 – Variáveis físicas do solo em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003	47
Tabela 5.1 – Valores das variáveis físico-químicas e microbiológicas da água de abastecimento usada na irrigação de alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) no período de jul-nov/03 em experimento realizado em Campina Grande, PB	51

Tabela 5.2 –	Valores das variáveis físico-químicas, microbiológicas e parasitológicas da água residuária usada na irrigação de alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) no período de jul-nov/03, em experimento realizado em Campina Grande, PB	53
Tabela 5.3 –	Valores médios das variáveis químicas e físicas do solo, após os 1º e 2º ciclos de cultivo da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período jul – nov/03	54
Tabela 5.4 –	Resumo da análise de variância para as variáveis que compõem a fertilidade do solo fósforo, potássio, sódio, hidrogênio e alumínio trocáveis, cálcio, magnésio, soma de base (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e matéria orgânica (M.O.) em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclo de cultivo (T) da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	58
Tabela 5.5 –	Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclo de cultivo (T) para as variáveis que compõem a fertilidade do solo fósforo assimilável, potássio, sódio, hidrogênio e alumínio trocáveis, cálcio, magnésio, soma de bases (SB), capacidade de troca iônica (CTC) e matéria orgânica (M.O.) do solo em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclo de cultivo (T) da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	58
Tabela 5.6 –	Desdobramento da interação entre tipo de água (TA) e ciclo de cultivo (T) para as variáveis que compõem fertilidade do solo sódio e magnésio em função dos fatores tipo de água (TA) e ciclos de cultivo (T) no cultivo da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	59
Tabela 5.7 –	Média do desdobramento da interação entre tipo de água (TA) e ciclo de cultivo (T) para as variáveis que compõem a fertilidade do solo sódio e magnésio em função dos fatores tipo de água (TA) e ciclos de cultivo (T) no cultivo da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-	59



novembro/2003

- Tabela 5.8 – Desdobramento da interação entre adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem a fertilidade do solo fósforo, hidrogênio e alumínio trocáveis em função dos fatores adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) no cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 60
- Tabela 5.9 – Médias dos desdobramentos das interações entre adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem a fertilidade do solo fósforo, hidrogênio e alumínio trocáveis em função dos fatores adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) no cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 60
- Tabela 5.10 – Resumo da análise de variância para as variáveis que compõem a salinidade do solo cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, condutividade elétrica (CE), relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PSI) em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*) em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 63
- Tabela 5.11 – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem a salinidade do solo cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, condutividade elétrica (CE), relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PSI) em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 63
- Tabela 5.12 – Desdobramento da interação “tipo de água x ciclos de cultivo” para as variáveis que compõem a salinidade do solo sódio, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PSI) em

função dos fatores tipo de água (TA) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

- Tabela 5.13 – Médias do desdobramento da interação tipo de água (TA) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem a salinidade do solo sódio, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PSI) no solo em função dos fatores tipo de água (TA) ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 64
- Tabela 5.14 – Desdobramento da interação adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem a salinidade do solo magnésio, potássio, carbonato, bicarbonato, cloreto, condutividade elétrica (CE), sódio, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PSI) em função dos fatores adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 65
- Tabela 5.15 – Médias do desdobramento da interação adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem a salinidade do solo magnésio, potássio, carbonato, bicarbonato, cloreto, potencial hidrogênico e condutividade elétrica (CE) no solo em função dos fatores adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 65
- Tabela 5.16 – Resumo da análise de variância para as variáveis que compõem os micronutrientes do solo boro, ferro, cobre, manganês e zinco em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*) em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 67
- Tabela 5.17 – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os 67

micronutrientes do solo: boro, ferro, cobre, manganês e zinco em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

- Tabela 5.18 – Desdobramento da interação adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os micronutrientes do solo: manganês e zinco em função dos fatores adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 68
- Tabela 5.19 – Médias do desdobramento da interação adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os micronutrientes do solo manganês e zinco em função dos fatores da adubação orgânica e ciclo de cultivo na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 68
- Tabela 5.20 – Resumo da análise de variância referente as variáveis que compõem os metais pesados no solo cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 70
- Tabela 5.21 – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os metais pesados no solo cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 70
- Tabela 5.22 – Desdobramento da interação adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os metais pesados no solo cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de 71

julho-novembro/2003

- Tabela 5.23 – Médias do desdobramento da interação adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os metais pesados no solo cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores adubação (E) e ciclos (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 71
- Tabela 5.24 – Valores médios das variáveis macronutrientes, micronutrientes e metais pesados, na parte aérea da alface (*Lactuca sativa L.*), após o 1º e o 2º ciclos de cultivo em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período julho-novembro/2003 73
- Tabela 5.25 – Resumo da análise de variância referente à variável de macronutrientes nas folhas da alface; nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 76
- Tabela 5.26 – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis macronutrientes nas folhas da alface; nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 76
- Tabela 5.27 – Desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” para as variáveis micronutrientes nas folhas de alface fósforo e magnésio em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 77
- Tabela 5.28 – Média do desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” para as variáveis micronutrientes nas folhas da alface fósforo e magnésio em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 77
- Tabela 5.29 – Desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” 78

	para as variáveis micronutrientes nas folhas da alface fósforo e potássio em função dos fatores estudados na cultura da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	
Tabela 5.30 –	Média do desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” para as variáveis micronutrientes nas folhas da alface fósforo e magnésio em função dos fatores estudados na cultura da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	78
Tabela 5.31 –	Resumo da análise de variância referente à variável de micronutrientes nas folhas da alface; sódio, boro, ferro, cobre, manganês e zinco em função dos fatores estudados na cultura da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	80
Tabela 5.32 –	Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis micronutrientes nas folhas das alfaces sódio, boro, ferro, cobre, manganês e zinco, em função dos fatores estudados na cultura da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	80
Tabela 5.33 –	Desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” para a variável micronutriente nas folhas da alface manganês, em função dos fatores estudados na cultura da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	81
Tabela 5.34 –	Média do desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” para a variável micronutrientes nas folhas da alface magnésio, em função dos fatores estudados na cultura da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	81
Tabela 5.35 –	Desdobramento da interação “tipo de água x ciclos de cultivo” para a variável micronutrientes nas folhas de alface sódio, em função dos fatores estudados cultura da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em	82

experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

- Tabela 5.36 – Média do desdobramento da interação “tipo de água x ciclos de cultivo” para a variável micronutrientes nas folhas da alface sódio em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 82
- Tabela 5.37 – Desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” para a variável micronutriente nas folhas da alface ferro, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 83
- Tabela 5.38 – Média do desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” para a variável micronutriente nas folhas da alface ferro, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 83
- Tabela 5.39 – Resumo da análise de variância referente às variáveis de metais pesados nas folhas de alface cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 85
- Tabela 5.40 – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis metais pesados nas folhas de alface cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003. 85
- Tabela 5.41 – Desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” à variável metais pesados nas folhas das alfaves cádmio, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 86
- Tabela 5.42 – Média do desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos 86

de cultivo” para a variável metais pesados nas folhas das alfaces cádmio, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

- Tabela 5.43 – Valores médios das variáveis macronutrientes, micronutrientes e metais pesados, na raiz da alface (*Lactuca sativa L.*), após os 1º e 2º ciclos de cultivo em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período julho-novembro/2003 87
- Tabela 5.44 – Resumo da análise de variância referente às variáveis de macronutrientes na raiz da alface: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, em função dos fatores estudados tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 88
- Tabela 5.45 – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para macronutrientes na raiz da alface; nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 89
- Tabela 5.46 – Desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” para a variável de micronutrientes na raiz das alfaces; cálcio em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 89
- Tabela 5.47 – Média do desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” para a variável de micronutrientes na raiz das alfaces cálcio em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 90
- Tabela 5.48 – Resumo da análise de variância referente às variáveis de micronutrientes na raiz da alface sódio, boro, ferro, cobre, manganês e zinco, em função dos fatores estudados: tipo de água (TA), 91

- adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003
- Tabela 5.49 – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis de micronutrientes na raiz da alface sódio, boro, ferro, cobre, manganês e zinco em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 91
- Tabela 5.50 – Resumo da análise de variância referente às variáveis que compõem os metais pesados na raiz da alface cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 92
- Tabela 5.51 – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os metais pesados na raiz da alface cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 93
- Tabela 5.52 – Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (AP), circunferência da planta (CP), número de folhas (NF) peso das folhas (PF), peso da raiz (PR), peso total (PT) e diâmetro da raiz no final do 1º ciclo de cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*) em função do tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface, em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 94
- Tabela 5.53 – Valores médios dos fatores tipo de água (TA) e adubação (E) para as variáveis altura de planta (AP), circunferência da planta (CP), número de folhas (NF) peso das folhas (PF), peso da raiz (PR), peso total (PT) e diâmetro da raiz no final do 1º ciclo da alface (*Lactuca sativa L.*) em função do tipo de água (TA) e adubação (E), em 95



experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

- Tabela 5.54 – Desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” (TA X E) referente às variáveis altura de planta (AP), circunferência da planta (CP) e número de folhas (NF) no final do 1º ciclo de cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em função do tipo de água (TA) e adubação (E), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 95
- Tabela 5.55 – Média do desdobramento da interação “tipo de água x adubação” (TA X E) referente às variáveis altura de planta (AP), circunferência da planta (CP) e número de folhas (NF) no final do 1º ciclo de cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em função do tipo de água (TA) e adubação (E), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 96
- Tabela 5.56 – Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (AP), circunferência (CP), número de folhas (NF) peso das folhas (PF), peso da raiz (PR), peso total (PT) e diâmetro da raiz (DR) em função do tipo de água (TA) e adubação (E) no final do 2º ciclo de cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 96
- Tabela 5.57 – Valor médio dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) para as variáveis altura de planta (AP), circunferência da planta (CP), número de folha (NF) peso das folhas (PF), peso da raiz (PR), peso total (PT) e diâmetro da raiz (DR) em função do tipo de água (TA) e adubação (E) no final do 2º ciclo de cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 97
- Tabela 5.58 – Resumo da análise de variância referente à variável produtividade (PROD) no final de cada ciclo de cultivo da alface em função dos fatores estudados tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 99

Tabela 5.59 – Valor médio dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para a variável produtividade (PROD) em função dos fatores estudados na cultura da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	99
Tabela 5.60 – Resumo da análise de variância referente à variável microbiológica da alface coliformes termotolerantes (CT) no final de cada ciclo do plantio da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	102
Tabela 5.61 – Valor médio da variável microbiológica da alface coliformes termotolerantes (CT) no final de cada ciclo do plantio em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	102
Tabela 5.62 – Resumo da análise de variância referente à variável microbiológica da alface <i>Escherichia coli</i> (EC) no final de cada ciclo do plantio da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	104
Tabela 5.63 – Valor médio do fator tipo de água (TA) e adubação (E) para as variáveis microbiológicas da alface <i>Escherichia coli</i> (EC) no final de cada ciclo do plantio da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) em função dos fatores estudados tipo de água e adubação, em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	105
Tabela 5.64 – Resumo da análise de variância referente à variável parasitológica helminto (HEL) na alface no final de cada ciclo do plantio em função tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003	107
Tabela 5.65 – Valor médio dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) para a variável parasitológica helmintos (HEL) na alface no final de	107

cada ciclo do plantio em função dos fatores tipo de água e adubação na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

- Tabela 5.66 – Desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” referente a variável parasitológica helmintos (HEL) na alface no final do 2º ciclo do plantio em função dos fatores estudados tipo de água (TA) e adubação (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 108
- Tabela 5.67 – Média do desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” referente à variável parasitológica helmintos (HEL) na alface no final do 2º ciclo do plantio, em função dos fatores estudados tipo de água (TA) e adubação (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 108
- Tabela 5.68 – Resumo da análise de variância referente à variável microbiológica coliformes termotolerantes (CT) no solo no final de cada ciclo do plantio em função tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 110
- Tabela 5.69 – Valor médio dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) para a variável microbiológica coliformes termotolerantes (CT) no solo no final de cada ciclo do plantio em função do tipo de água (TA) e adubação (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 111
- Tabela 5.70 – Resumo da análise de variância referente à variável microbiológica *Escherichia coli* (EC) no solo no final de cada ciclo do plantio em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 112
- Tabela 5.71 – Valor médio do fator tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) para a variável microbiológica *Escherichia coli* (EC) no solo no final de 113

cada ciclo em função dos fatores tipo de água e adubação na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

- Tabela 5.72 – Desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” referente à variável microbiológica *Escherichia coli* (EC) no solo no final do 2º ciclo do plantio em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 113
- Tabela 5.73 – Média do desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” referente à variável microbiológica *Escherichia coli* (EC) no solo no final do 2º ciclo do plantio em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 114
- Tabela 5.74 – Resumo da análise de variância referente à variável parasitológica helmintos (HEL) no solo no final de cada ciclo de plantio em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 115
- Tabela 5.75 – Valor médio do fator tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) para a variável parasitológica helmintos (HEL) no solo no final de cada ciclo de plantio em função dos fatores tipo de água e adubação na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003 116

## Lista de equações

---

	Página
Equação 1 – Número de <i>Escherichia coli</i> em 100mL da amostra	41
Equação 2 – Números de ovos de helmintos por grama de solo seco	42
Equação 3 – Produtividade por ciclo	43

## Lista de siglas e abreviaturas

---

AB	Água de abastecimento
ANA	Agencia Nacional das Águas
ANVISA	Agencia Nacional de Vigilância Sanitária
AR	Água residuária
APHA	American Health Association
Ca	Cálcio
CAGEPA	Companhia de Água e Esgoto da Paraíba
C.E.	Condutividade elétrica
CETESB	Campanha de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
cm	Centímetros
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CEPIS	Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente
CTC	Capacidade de troca catiônica
CTerm	Coliformes termotolerantes
DBO <sub>5</sub>	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
E.C.	<i>Escherichia coli</i>
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Environmental Protection Agency
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
FAO	Food and Agriculture Organization
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
K	Potássio
Kg	Quilo
L	Litro
LMRS	Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto
meq/L	Miliequivalente por litro
mg/L	Miligramas por litro
Mg	Magnésio
M.O.	Matéria orgânica
N	Nitrogênio
NMP/100g	Número mais provável por 100g de peso úmido
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Panamericana da Saúde
P	Fósforo
PB	Paraíba
pH	Potencial hidrogeniônico
PROSAB	Programa de Saneamento Básico
RAS	Relação de adsorção de sódio
S	Enxofre
ST	Sólidos totais
T	Temperatura
UASB	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
UFC/100mL	Unidade formadora de colônias por 100mL
USEPA	Agência de Proteção dos Estados Unidos

### 1.0 – INTRODUÇÃO

A água é reconhecida como um recurso natural utilizado pelo homem, para sua sobrevivência e melhoria das condições econômicas e sociais. Vários problemas estão relacionados à disponibilidade de água em algumas regiões do planeta. Segundo Rebouças e Col. (2002), na região semi-árida do Brasil, a falta de recursos hídricos de boa qualidade sanitária tem levado ao emprego indiscriminado, para diversos usos, de águas de córregos, açudes e rios que, na maioria das vezes, estão contaminados por águas residuárias de origem doméstica e industrial; esta utilização resulta da carência do saneamento básico na maioria das áreas urbanas brasileiras onde a expansão urbana e industrial elevam o consumo de água, resultando em um aumento das vazões de esgotos, principal contribuinte da degradação dos corpos aquáticos. O lançamento descontrolado dos esgotos com elevado conteúdo em matéria orgânica e compostos nitrogenados e fosfatados, provoca o fenômeno da eutrofização do corpo receptor (BRANCO, 1986), cuja maior evidência é a proliferação excessiva de macrófitas diversas, algas e cianobactérias, que dificultam a captação e elevam os custos do tratamento convencional da água para o abastecimento humano, até os padrões exigidos pela legislação para potabilidade (TUNDISI, 2003).

A redução do déficit de redes coletoras e de tratamento dos esgotos nas áreas urbanas brasileiras exige um esforço planejado do poder público, com vistas a superar esse quadro de danos ambientais e riscos à saúde aos quais a população brasileira está submetida. Para atingir tal objetivo, existem tecnologias simples e de baixo custo para o tratamento de esgoto de diversas origens e, dentre elas, se ressaltam as lagoas de estabilização. O Brasil oferece, além das condições climáticas favoráveis para sua utilização, disponibilidade de área para construção na periferia da maioria das cidades (CAMPOS *et al.*, 2003). Este sistema de tratamento, quando bem dimensionado, mantido e monitorado, produz um efluente cuja qualidade se adequa para atividades menos exigentes, como irrigação em agricultura e na aquicultura. Para que o reúso planejado faça parte da gestão de recursos hídricos é necessário à participação da sociedade, porém a sua implantação, uso e monitoramento, são decisão dos gestores públicos e técnicos; atualmente, é uma prática ilegal, sem acompanhamento técnico-sanitário, muito utilizada principalmente por pequenos agricultores nas periferias das grandes cidades era que proliferam pequenas hortas comerciais, os chamados “cinturões verdes”.

Ante as necessidades urgentes de água para aumentar a produção agrícola mundial destinada ao consumo humano e animal e para incentivar a irrigação em regiões semi-áridas

frente a cada vez maior escassez de recursos hídricos, a utilização de águas residuárias é um dos meios eficazes para suprir o déficit hídrico com aumento da produção de alimento. Esta, por outro lado, se mostra benéfica do ponto de vista da proteção ambiental e da cultura a ser cultivada, pois a água residuária disponibiliza, para a planta, água necessária para o seu desenvolvimento além de suprir a maioria dos nutrientes essenciais (MANCUSO & SANTOS *et al*, 2003).

A grande maioria das vazões das águas residuárias domésticas produzidas nas áreas urbanas brasileira e de outros países do terceiro mundo, não é submetida a tratamento adequado mas lançada sobre o solo ou em corpos aquáticos receptores, contribuindo para danos ambientais e de saúde pública. Mesmo quando o tratamento existe, o controle rígido dos padrões vigentes para o lançamento e utilização dos efluentes ainda é restrito a poucos países; existe, também, um grande desconhecimento da população quanto a práticas corretas de utilização de águas residuárias tratadas na irrigação de culturas diversas. De fato, há certo conhecimento quanto ao valor nutritivo dos esgotos mas a falta de informações quanto aos padrões sanitários, leva a um uso incorreto das águas residuárias (SILVA *et al*, 1998).

A preocupação que deve haver quando da utilização das águas residuárias em atividade agrícola, é aquela que diz respeito à presença nos esgotos de microrganismos patogênicos e de metais pesados; no entanto, os microrganismos podem ser eficientemente removidos através de tratamento adequado (biológico ou físico-químico), tornando essa água adequada para irrigar até culturas a serem ingeridas cruas. O reúso é, portanto, uma das soluções para contornar a escassez mundial de água para a atividade agrícola, para o uso excessivo de fertilizantes artificiais e para a disposição inadequada no ambiente edáfico e hídrico dos esgotos brutos ou mal tratados que causam desequilíbrios nos ecossistemas. A utilização de águas residuárias tratadas nas atividades agrícolas no nordeste brasileiro, propicia aumento da produção de alimentos, ficando esta desvinculada das precipitações pluviométricas, além de prevenir a poluição e o desequilíbrio dos já escassos recursos aquáticos.

O reúso de águas residuárias na irrigação de culturas diversas é uma alternativa atraente para países como o Brasil e já é utilizada com sucesso em países como o México, China, Israel, Estados Unidos, Jordânia e Austrália, citando os mais importantes (LEON & CAVALLINI, 1996).

Atualmente, é notória a tendência mundial da utilização dos esgotos como fonte suplementar de água, particularmente na agricultura, sentindo-se a preocupação dos órgãos



oficiais em relação a uma utilização correta. Dentre esses órgãos cita-se a Organização Mundial da Saúde (WHO, 1989) que, inclusive, tem promovido discussão sobre os padrões de qualidade de efluentes de sistemas de tratamento para condições de reúso, com destaque para a recomendação de limites mínimos aceitáveis de bactérias fecais e ovos de nematóides intestinais. Para atingir esses padrões mínimos, a OMS destaca as lagoas de estabilização como uma das melhores alternativas de tratamento dos esgotos para que o efluente possa ser utilizado para a irrigação de culturas diversas, devido ao seu conteúdo de nutrientes minerais como fósforo, nitrogênio e potássio, além da remoção de microrganismos patogênicos.

Neste contexto buscou-se, através do presente trabalho, contribuir na investigação das transformações que ocorrem no solo e na cultura quando da aplicação do esgoto como fonte hídrica e de nutrientes, na tentativa de se contribuir com informações para a regulamentação do reúso planejado dos esgotos visando do aumento da produção agrícola. A escolha da alface, entre outras hortaliças, foi motivada pela grande difusão de seu consumo na forma crua, pela facilidade de produção, grande consumo pela população e possibilidade de contaminação por água de irrigação inadequada.

### 2.0 – OBJETIVOS

#### 2.1. – OBJETIVO GERAL

Estudar a viabilidade do uso controlado de águas residuárias domésticas, tratadas por lagoas de estabilização, na irrigação da alface (*Lactuca sativa L.*), considerando-se a influência da água de irrigação na qualidade microbiológica da hortaliça e, ainda verificar as modificações físicas e químicas que ocorrem no solo.

#### 2.2. – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. caracterizar e monitorar a qualidade físico-química e microbiológica das águas de irrigação (abastecimento e residuária) utilizadas no cultivo da alface (*Lactuca sativa, L*) para avaliar eventuais modificações temporais;
2. avaliar as características físicas, químicas, microbiológicas e parasitológicas do solo, com e sem adição de adubo orgânico (estrume bovino) e irrigado com dois tipos de água (água tratada pela Companhia de Água e Esgotos e efluente da lagoa de estabilização) após o cultivo da hortaliça;
3. analisar a contaminação microbiológica e parasitológica da alface quando submetida aos dois tipos de água de irrigação;
4. verificar a influência do uso dos dois tipos de água (abastecimento e residuária) e da presença/ausência de adubação orgânica no desenvolvimento, produtividade e do conteúdo em micro e macronutrientes do vegetal cultivado.

### 3.0 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 – Conceitos gerais sobre a água

A água doce, além de elemento vital para a sobrevivência humana e para o desenvolvimento de suas atividades, é também de grande importância aos ecossistemas, razão pela qual é interessante se conhecer saber como ela se distribui e circula no Planeta.

A água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva: no homem, mais de 60% do seu peso são constituídos de água e, em certos animais aquáticos, esta porcentagem sobe a 98%. A quantidade de água livre na biosfera atinge 1.370 milhões de  $\text{km}^3$ ; desta quantidade, apenas 0,6% são de água doce, que correspondem a um volume de 8,2 milhões, enquanto deste valor somente 1,2% se apresenta sob a forma líquida, nos rios e lagos, sendo o restante (98,8%) constituído de água subterrânea, da qual apenas a metade é utilizável, uma vez que a outra parte está situada abaixo de uma profundidade de 800m. Assim, restam, como volume aproveitável, 98.400  $\text{km}^3$  nos rios e lagos e 4.050.800  $\text{km}^3$  nos mananciais subterrâneos (cerca de 0,3% do total de água livre do planeta) (SETTI, 1994 *apud* MOTA, 2003). Pode-se dizer que o Brasil é um país rico em recursos hídricos superficiais e subterrâneos, possuindo grande descarga de água doce dos seus rios, cerca de 53% da produção do continente sul americano e 12% do total mundial. Esta produção hídrica de 177.900  $\text{m}^3$  não possui uma distribuição homogênea ao longo de todo o território e não atende às necessidades da população (REBOUÇAS e col., 2002).

A necessidade de água para diferentes atividades humanas, o aumento populacional e suas conseqüências, têm acelerado o acréscimo da demanda, conduzindo a uma situação de risco das disponibilidades naturais, que não se mostram suficientes para o suprimento da carência de diversas regiões (CAMPOS, 2003); além disso, grande parte das águas utilizadas nas atividades humanas retorna ao ambiente sem o devido tratamento, dificultando sua utilização posterior.

Devido às limitações relacionadas à qualidade e quantidade, a água tem sido reconhecida como um recurso natural escasso, em escala mundial. Segundo Petrella (2002), atualmente cerca de 1,4 bilhões de pessoas no planeta não tem água potável em quantidade suficiente e um terço da população mundial não tem acesso à água de boa qualidade. Dados de Gleick (1999), demonstram que em 1990 a disponibilidade de água nos rios em 18 países

do mundo, já era inferior a 1.000 m<sup>3</sup> per capita/ano e esta situação de “estresse de água” dos rios deverá atingir 30 países, no ano 2025. A guerra pela água é um problema muito antigo que tende a se expandir para além das suas áreas tradicionais, como o Oriente Médio e Norte da África (REBOUÇAS e col., 2002).

Apesar de deter uma das maiores reservas hídricas do mundo, cerca de 12% da água doce superficial do planeta, o Brasil tem, também, como característica, um enorme contraste na sua distribuição. Na região nordeste a predominância do clima semi-árido se caracteriza pelas chuvas irregulares e concentradas em poucos meses do ano, dificultando o desenvolvimento econômico e social. A falta de gestão dos recursos hídricos disponíveis ocasiona o êxodo rural, aumentando a aglomeração humana nas periferias dos grandes centros urbanos, causando e/ou agravando os problemas sociais e ambientais já existentes. A favelização sem estrutura de saneamento traz, como resultado, a deterioração da qualidade de vida e das águas superficiais e subterrâneas. No sul e sudeste, a escassez de água está relacionada à poluição dos corpos hídricos devido ao desenvolvimento industrial e agrícola da região, evidenciando uma escassez qualitativa e, no nordeste semi-árido, onde o foco principal está relacionado à alta variabilidade temporal (intra e interanual) e espacial das precipitações, com as altas taxas de evaporação e dos tipos de solo e a geologia dos terrenos predominantemente cristalinos, condições estas que agravam a escassez quantitativa (CAMPOS, 2003).

Segundo Mota (2003), os principais grupos de compostos causadores de poluição aquática são os compostos biodegradáveis provenientes dos esgotos domésticos, sendo esta uma poluição indireta. Os compostos recalcitrantes são os subprodutos de vários processos industriais, tais como pesticidas e detergentes sintéticos, estáveis e resistentes ao ataque microbiológico, persistindo durante longos períodos.

### 3.2 – Usos da água

A água sempre foi e será utilizada para saciar a sede, preparar alimentos e assear o corpo. Com o surgimento dos sistemas de abastecimento de água nos centros urbanos, ela passou a ser fornecida para atender não apenas às necessidades domésticas mas, também, ao comércio e à indústria. Devido à utilização da água para vários fins, estes são classificados, quanto à natureza do uso, (MOTA, 2003; REBOUÇAS e col., 2002)

- consuntivos – quando há perdas entre a quantidade retirada e a que retorna ao sistema natural, como abastecimento urbano e industrial, irrigação e dessedentação de animais;
- não consuntivos – usos em que ocorre um retorno quantitativo quase que total, à fonte de suprimento, como navegação, piscicultura, hidroeletricidade, recreação etc.

Segundo Sousa *et al.* (2003) no Brasil, cerca de 80% das águas de abastecimento utilizadas nas atividades humanas se transformam em esgotos e são lançados em corpos receptores, sem o devido tratamento. Uma forma de aproveitamento racional das águas residuárias seria seu tratamento e sua utilização em atividades que permitam qualidade inferior, como a agricultura, pois além de fornecer água e nutrientes evitaria seu lançamento nos corpos hídricos liberando, assim, as águas de melhor qualidade para uso mais nobre, isto é o abastecimento humano.

O grande desafio dos gestores públicos é associar o desenvolvimento do País com a utilização dos recursos naturais, de maneira sustentável. Devido à elevada demanda de água pela atividade agrícola, cerca de 70% em nível mundial, podendo chegar a 80% no Brasil (HESPANHOL, 2003a), a prática do reúso de águas provenientes de esgotos tratados deve ser implantada como uma ação efetiva para preservação dos recursos hídricos existentes, incentivando sua utilização para o aumento da produção agrícola.

### 3.3 – Água e saneamento básico

As águas residuárias ou esgotos produzidos por uma população, necessitam de tratamento antes de serem lançadas aos corpos receptores, para proteger as características originais do meio aquático e as comunidades humanas, das doenças de veiculação hídrica. Um levantamento feito pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 1989) mostrou que na América Latina, no final de 1985 somente 10% das águas servidas coletadas recebiam tratamento antes de serem descarregadas em corpos d'água; isto significa que mais de 400 m<sup>3</sup>/s de águas servidas vêm poluindo o meio ambiente (LÉON e CAVALLINI, 1996).

Cerca de 80% da população brasileira vivem nos grandes centros urbanos, nos quais 98% dos municípios brasileiros dispõem de rede de abastecimento de água e, ainda assim, 40,6 milhões de pessoas não têm acesso a água encanada (IBGE, 2000), além de conviverem com problemas de ordem sanitária devido à ausência de redes coletoras de esgoto e dos benefícios do seu tratamento. Neste cenário, os despejos industriais e domésticos são

encaminhados até as águas superficiais, que se encarregam da diluição da poluição. Em decorrência do desmatamento acelerado, da expansão urbana e da ocupação desordenada do espaço urbano, a Agência Nacional das Águas (ANA, 2002) reconhece que a poluição hídrica e seu controle são grandes desafios a serem superados.

A disponibilidade de água depende não só da quantidade mas, também, da sua qualidade. Na antiguidade, a qualidade da água se classificava só por seu aspecto (sabor, cor e odor); atualmente, dispõe-se de várias técnicas analíticas e processos capazes de identificar e remover uma ampla lista de compostos, de forma a conseguir água de boa qualidade (tanto da água de abastecimento como da água residuária) mediante um tratamento eficiente. Considera-se que a poluição física dos corpos aquáticos ocorre principalmente quando se manifestam alterações nas características físicas da água, como temperatura, densidade, cor, turbidez etc; já a poluição química é consequência da entrada de compostos químicos orgânicos e inorgânicos, naturais e sintéticos (matéria orgânica, sais, metais, pesticidas, fertilizantes etc) enquanto a poluição biológica ocorre pela introdução de organismos vivos exógenos ao meio aquático, de modo a interferir na qualidade da água (CAMPOS, 2003).

As consequências negativas da poluição da água podem ser de caráter sanitário, ecológico, social e econômico. Prejudica o abastecimento humano, pois se torna um veículo de transmissão de doenças e eleva os custos do tratamento de água; prejudica as indústrias, pela formação de incrustações devido à presença de cálcio e magnésio; a irrigação, pela presença de metais pesados e elevados teores de sais dissolvidos podendo provocar a salinização do solo; na pesca, pela desoxigenação das águas; na recreação, pela presença de organismos patogênicos etc. O prejuízo aos peixes deriva da introdução de compostos, como a amônia, pela proliferação excessiva de algas e vegetação aquática, além de impactos negativos sobre a qualidade de vida da população, citando-se a transmissão de doenças de veiculação hídrica, aparecimento de insetos, produção de maus odores e desvalorização das propriedades próximas.

### 3.4 – Composição e características das águas residuárias

A palavra esgoto costumava ser usada para definir não só a tubulação de águas servidas como, também, o próprio líquido. Devido à aversão pelo termo “esgoto”, alguns

autores passaram a empregar o nome “águas residuárias”, que é uma tradução do inglês de “wastewater” (JORDÃO e PESSOA, 1995).

A origem dos esgotos pode ser doméstica ou industrial ou uma mistura de ambos, comerciais, de atividades públicas e agrícolas ou de drenagem pluvial urbana (SILVA e MARA, 1979). Os esgotos são classificados, segundo Jordão e Pessoa (1995), como: esgotos sanitários, aqueles dos despejos domésticos, uma parcela de águas pluviais e águas de infiltração, sendo os domésticos provenientes principalmente de residências, edifícios comerciais, instituições diversas ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiro, lavanderias, cozinhas, ou outro dispositivo de utilização da água para fins domésticos. São considerados esgotos industriais aquelas águas utilizadas para fins industriais, que adquirem características próprias em função do processo industrial empregado. Assim sendo, cada indústria deverá ser considerada separadamente, uma vez que a qualidade de seus efluentes difere até mesmo em processos industriais similares.

Nos esgotos domésticos, somente 0,1% dos componentes é considerado resíduo, os outros 99,9% são água; no entanto, esta percentagem de resíduos, que à primeira vista parece ser insignificante, representa um sério perigo para a saúde pública por apresentar alto potencial de poluição e contaminação dos corpos aquáticos receptores e dos solos (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994). Dos resíduos, 70% são compostos orgânicos, proteínas, carboidratos, lignina, sabões, detergentes sintéticos, gorduras e produtos de decomposição; os 30% restantes são de compostos inorgânicos: areia, sais e metais.

Segundo Metcalf e Eddy (2003) os esgotos domésticos podem ser classificados de acordo com a sua concentração de sólidos e matéria orgânica (Tabela 3.1), podendo ser fortes, médios ou fracos.

Tabela 3.1 – Classificação dos esgotos sanitários em relação à concentração de sólidos e matéria orgânica

Componentes	Concentração		
	Forte	Médio	Fraco
Sólidos totais (mg/L)	1200	720	350
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	850	500	250
Fixos (mg/L)	525	300	145
Voláteis (mg/L)	325	200	105
Sólidos suspensos totais(mg/L)	350	220	100
Fixos (mg/L)	75	55	20
Voláteis (mg/L)	275	165	80
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	20	10	5
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	400	220	110
DQO (mg/L)	1000	500	250

Fonte: Metcalf e Eddy (2003)

### 3.5 – Tratamento dos esgotos

Existem diferentes métodos de tratamento das águas residuárias e todos têm, como objetivo, reduzir/eliminar compostos indesejáveis, dentre eles a matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, sólidos e patógenos. Na escolha de determinado tipo de tratamento, devem ser levados em consideração o potencial poluidor dos esgotos, quantificado em termos de DBO<sub>5</sub> e DQO, as condições climáticas da região, economia e existência de pessoal especializado (MENDONÇA, 2000). Um efluente, para atender às exigências de lançamento em corpos de água exigidas pelo CONAMA nº 357/05, deve apresentar características aceitáveis, que só são obtidas através do tratamento adequado.

Os sistemas de tratamento de esgoto consistem na combinação de várias operações unitárias, como gradeamento, aeração, sedimentação, flotação, coagulação, precipitação química, filtração, oxidação biológica e desinfecção (VON SPERLING, 1996).

Dentre os sistemas de tratamento biológico, citam-se as lagoas de estabilização que, segundo Silva e Mara (1996), são grandes reservatórios de pequenas profundidades, definidas por dique de terra ou não, nas quais as águas brutas são tratadas inteiramente por processos naturais. O tratamento é feito através dos processos: físicos, biológicos e bioquímicos, denominados autodepuração ou estabilização que, sob condições parcialmente controladas,



são os responsáveis pela transformação de compostos orgânicos putrescíveis em compostos minerais ou orgânicos mais estáveis.

Lagoas naturais ou artificiais destinadas ao tratamento de despejos de animais, esgotos domésticos e de pequenas comunidades, existem há anos (JORDÃO e PESSOA, 1995) como, por exemplo, os vários usos dados ao Lago Mitchell, na cidade de San Antonio – Texas (EUA), uma das primeiras comunidades a utilizar lagoas para receber águas residuárias (SILVA e MARA, 1979). A primeira lagoa a ser construída com critérios técnicos foi a de Maddock, em Dakota do Norte (EUA), em 1948. As lagoas em série ou “lagoas australianas”, foram pioneiras na Austrália (JORDÃO e PESSOA, 1995; SILVA e MARA, 1979). No Brasil, a primeira lagoa construída dentro dos critérios técnicos, foi a de São José dos Campos, São Paulo (AZEVEDO NETTO *et al.*, 1985).

O método de tratamento biológico de água residuária por lagoas de estabilização é considerado mais simples e mais adequado para regiões tropicais e em desenvolvimento (SILVA & MARA, 1979; SILVA, 1982; VON SPERLING, 1996; MENDONÇA, 2000; PAGANINI, 1997), por requerer apenas 20% dos investimentos e 10% dos custos de operação que outras tecnologias demandam (CAVALLINI, 2002). Como em outros processos de tratamento os sólidos e os sais dissolvidos praticamente não são removidos (METCALF & EDDY, 2003), podem, entretanto, alcançar alta eficiência na remoção de microrganismos patogênicos e ovos de nematóides, quando bem dimensionados e operados (MENDONÇA, 2000), possibilitando o uso de seu efluente em atividades agrícolas (LÉON & CAVALLINI, 1996). O uso do seu efluente em atividades menos exigentes (reúso), permite uma diminuição ou suspensão da aplicação de fertilizantes inorgânicos na irrigação pois os efluentes desses sistemas de tratamento são ricos em nutrientes (principalmente N e P); portanto, tornam-se menos onerosos na agricultura (MOTA *et al.*, 1997; KÖNIG *et al.*, 1997). Segundo Pearson (1986), as lagoas de estabilização são rejeitadas algumas vezes visto que requerem grandes áreas de terras e podem liberar odores desagradáveis, particularmente as lagoas anaeróbias.

A combinação das lagoas de estabilização em diferentes configurações pode permitir a obtenção de efluentes com a qualidade microbiológica desejada para ser aplicada na irrigação de culturas a serem consumidas cruas ou não, irrigação de áreas verdes em contato com o público e com os agricultores (WHO, 1989) ou, ainda, para culturas de cereais etc (BASTOS 2002), que permitem a aplicação de águas de pior qualidade, embora limitem o contato humano.

### 3.6 – Reúso de água

As projeções que antecipam a escassez progressiva de água em diversos países apontam, entre outros fatores, o crescimento populacional desordenado com 80% da população se concentrando nas áreas urbanas, por volta do ano de 2025. Espera-se, para esta população, que a escassez hídrica seja dez vezes maior que a atual. O reúso e a recirculação da água são métodos para aumentar o suprimento, reduzindo o uso da água superficial e dos aquíferos (MANCUSO, 2003).

O reúso, segundo Mancuso (2003), é o reaproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos.

Segundo Asano & Levine (1998) *apud* Mancuso (2003), o conhecimento humano sobre o reúso de água divide-se em três segmentos. O primeiro, relacionado com as primeiras notícias que se tem sobre o reaproveitamento dos esgotos, compreendido entre 3000 a.C. e 1850; o segundo foi marcado pelos trabalhos epidemiológicos em Londres, Inglaterra, do Dr. John Snow, que associou a disseminação de doenças, como a febre tifóide e a cólera, com a água contaminada do rio Tâmis e foi encerrado pela regulamentação do uso de esgoto na agricultura, em 1950, no Reino Unido; a época seguinte, denominada “era da recuperação, reciclagem e reúso”, é a hoje vivenciada. Há necessidade de que o homem reaproveite os recursos escassos, em particular a água, e sua proteção, recuperação e reúso. A utilização de águas residuárias apresenta diversos atrativos e constitui, além de uma realidade nos mais variados países, em muitos casos, uma necessidade imposta pela escassez e usos conflitantes de água.

A disposição de esgotos no solo é uma prática bastante antiga e data dos séculos XVI e XVII, na Alemanha e na Inglaterra, e também existem referências mais antigas, como é o caso da irrigação com esgotos em Atenas, antes mesmo da era Cristã (PAGANINI, 1997).

Há casos de sucesso com uso controlado de efluentes na irrigação agrícola, com planos e programas governamentais, o caso de Israel, em que cerca de 70% do volume das águas residuárias tratadas são utilizadas na agricultura, através de sistemas modernos de irrigação (EPA, 1992). Um dos exemplos mais antigos e significativos do reúso é o das “fazendas de esgotos” da cidade de Melbourne, Austrália, cujo sistema em operação remonta a 1897 (Werribee Farm) ocupando, atualmente, uma área de 10.850 ha e recebendo 510 milhões de

litros de esgoto por dia, servindo para irrigar pastagens para um rebanho de 13.000 bovinos e 3.000 ovinos (MANCUSO, 2003).

Apesar de várias experiências de reúso no mundo, os avanços das tecnologias de tratamento de águas residuárias e da microbiologia sanitária, fizeram com que aumentasse a preocupação com a saúde pública e que a prática de reúso se tornasse desaconselhada em meados do século XX (MARA & CAIRNCROSS, 1989, *apud* BASTOS, 2003).

A crescente atenção que o reúso de águas residuárias teve nos últimos 20 anos, se deve à rápida redução das disponibilidades hídricas e ao elevado custo da água para irrigação. Esses problemas têm recebido atenção dos planejadores, agências internacionais e governamentais, levando a OMS, PNUD, Banco Mundial, PNUMA, FAO e outras, a desenvolverem uma base racional para a formulação de um guia sanitário para o uso de esgoto que pudesse ser aplicada tanto para países industrializados como para países em desenvolvimento. Esta, denominada “Recomendações sanitárias para o uso de água residuária na agricultura e aquicultura (Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture) foi publicada em 1989 (WHO, 1989)”, com a finalidade de alertar para o uso seguro das águas residuárias na agricultura, de forma a proteger a saúde dos produtores e dos consumidores.

Em 1982, o Banco Mundial e a OMS, baseados em novas evidências epidemiológicas e tecnologias, iniciaram um estudo que resultou em “Diretrizes de Saúde para o Uso de Águas Residuárias para a Agricultura e Aquicultura”. Em 1989, em Genebra, Suíça, foram publicadas essas diretrizes, que ditam os critérios básicos para a proteção dos grupos de riscos e a definição de recomendações microbiológicas (até 1000 coliformes fecais /100 mL) e parasitológicos (<1 ovo de helminto/litro de efluente) para águas residuárias utilizadas na irrigação de vegetais consumidos crus (WHO, 1989).

O propósito das diretrizes da OMS divulgadas em 1989 foi guiar os engenheiros projetistas e os planejadores, na escolha de tecnologias de tratamento de águas servidas e de gerenciamento dos recursos hídricos. Desde sua publicação, vários estudos de avaliações epidemiológicas, microbiológicas e de risco, foram conduzidos em países do mundo em que o reúso planejado é uma realidade.

Com propostas de revisão dos critérios existentes (BLUMENTHAL et al, 2000), sugerindo padrões (Tabela 3.2) mais exigentes na qualidade parasitológica de  $\leq 0,1$  ovo de helminto/L, para irrigação irrestrita (categoria A), vegetais consumidos usualmente crus; campos de esportes; parques públicos.

Os níveis aceitáveis de contaminação microbiológica, incluídos nessas diretrizes, derivaram dos resultados obtidos nos estudos epidemiológicos disponíveis relacionados à exposição de águas servidas, seu uso e tratamento; além disso, medidas de proteção da saúde (principalmente de gerenciamento de riscos) também foram consideradas, especialmente os critérios de seleção de cultivos, as técnicas de irrigação mais apropriadas às águas servidas (por exemplo, o gotejamento) e o controle da exposição humana, sobretudo por meio de roupas de proteção. A integração dessas medidas e a adoção de uma combinação de medidas de proteção foram encorajadas (Blumenthal *et al*, 1989; WHO, 1989).

Tabela 3.2 – Pautas microbiológicas revistas e recomendadas para o uso de águas residuárias tratadas na agricultura<sup>a</sup> (Blumenthal et al. 1989; WHO, 1989)

Categoria	Condições de reúso	Grupo Exposto	Técnica de irrigação	Namatemintos intestinais <sup>b</sup> – média aritmética dos n° de ovos <sup>c</sup>	Coliformes fecais – média geométrica do NMP/100ml <sup>d</sup>	Tratamento necessário para atingir a qualidade microbiológica requerida
A	Irrigação sem restrições A1- Vegetais consumidos usualmente crus; campos de esportes; parques públicos <sup>e</sup>	Trabalhadores agrícolas; consumidores; público em geral	Qualquer	$\leq 0,1$ <sup>f</sup>	$\leq 10^3$	H
B	Irrigação com restrições: Cercais: de cultivos industriais; B2 como B1 de cultivos para produção de rações; de pastos; de árvores <sup>g</sup>	B1 Trabalhadores (exceto crianças menores de 15 anos), comunidades próximas	Aspersão	$\leq 1$	$\leq 10^5$	I
		B2 como B1	Inundação/sulcos	$\leq 1$	$\leq 10^3$	O mesmo da Categoria A
		B3 Trabalhadores, (incluindo crianças menores de 15 anos), comunidades próximas	Qualquer um	$\leq 0.1$	$\leq 10^3$	O mesmo da Categoria A
C	Irrigação localizada de cultivos incluídos no nível B, se não houver a exposição de trabalhadores agrícolas nem do público	Nenhum	Gotejamento	Não aplicável	Não aplicável	Pré-tratamento como o requerido pela tecnologia de irrigação mas nunca menos que uma fase de sedimentação primária

<sup>a</sup> Os fatores epidemiológicos, sociais e ambientais locais, devem ser levados em consideração e, por conseguinte, as pautas modificadas

<sup>b</sup> Espécies *Ascaris* e *Trichuris* e *anquilostomas*, a pauta também tem o propósito de proteger contra os riscos representados pelos protozoários parasitas

<sup>c</sup> Durante a época de irrigação; se as águas residuais forem tratadas em LED ou TTAARC projetados para alcançar essas quantidades de ovos, então não será necessário o monitoramento rotineiro de qualidade do efluente

<sup>d</sup> Durante a época de irrigação; as contagens de coliformes fecais deveriam ser feitas de preferência, semanalmente ou pelo menos mensalmente

<sup>e</sup> Uma pauta mais rigorosa ( $\leq 200$  coliformes fecais por 100 ml) é apropriada para gramados públicos, como os existentes em parques, hotéis etc, com os quais o público pode ter contato direto

<sup>f</sup> Esta pauta pode ser aumentada para  $\leq 1$  ovo por litro se (i) as condições forem de calor e baixa umidade e a superfície de irrigação não estiver sendo utilizada, ou (ii) se o tratamento de águas residuais for complementado com campanhas de quimioterapia anti-helmíntica em áreas de reutilização de águas residuais

<sup>g</sup> No caso de árvores frutíferas a irrigação deveria cessar duas semanas antes da colheita das frutas e nenhuma fruta deveria ser recolhida do solo. Não se deveria usar irrigação com aspersores

**H** - Série de "lagoas de estabilização de dejetos" (LED) bem projetadas, "tanques de tratamento e armazenamento de águas residuais consecutivos" (TTAARC), ou tratamento equivalente (ex. tratamento secundário convencional complementado por lagoas de polimento ou filtração e desinfecção)

**I** - Retenção em séries de LED incluindo lagoa de maturação; ou em TTAARC, ou tratamento equivalente (ex. tratamento secundário convencional complementado por lagoas de polimento ou filtração)

### 3.7 – Tipos e formas de reúso

Segundo Mancuso (2003), existem tecnologias desenvolvidas, mais simples ou mais complexas, para o reúso de água, dependendo de como ela foi usada antes e dos fins a que se destina. Segundo Blumenthal *et al.* (1989), cada tipo de reúso tem sua própria característica, em termos de qualidade e de riscos potenciais à saúde pública. De acordo com o tipo de reúso escolhido será necessário o cumprimento de padrões de qualidade microbiológicos, físicos e químicos. Outro fator para a escolha do tipo de reúso é a interação entre sua aplicação e o meio ambiente e deste com a comunidade.

Dependendo da finalidade de uso, as águas residuárias podem ser utilizadas de forma direta e indireta. É possível dar uma orientação quanto à finalidade de sua utilização que pode ser destinada a fins potáveis e não potáveis (ESCALERA, 1995).

Os tipos de reúso, segundo a classificação da Organização Mundial da Saúde (1973) são:

- reúso indireto – ocorre quando a água já utilizada em várias atividades é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente de forma diluída;
- reúso direto – ocorre de forma planejada pela utilização direta do efluente tratado para irrigação, uso industrial, recarga de aquíferos e água potável;
- reciclagem interna – dá-se quando a água é reutilizada através do reúso interno da água visando ao seu uso original.

Segundo Westerhoff (1984), o reúso potável se define como direto e indireto. O reúso potável direto ocorre quando a água residuária é recuperada por meio de tratamento avançado e, em seguida, utilizada no sistema de água potável. O reúso potável indireto se dá quando, após o tratamento, o efluente é lançado no lençol freático visando diluição e purificação natural para depois ser captado e usado como água potável.

O reúso não potável é classificado, de acordo com a sua finalidade, em:

- para fins agrícolas: irrigação de plantas alimentícias ou não, como frutíferas, cereais, pastagens e forrageiras, além de ser aplicável para dessedentação de animais;
- para fins industriais: em refrigeração, águas de processos, para utilização em caldeiras etc;
- para fins domésticos: irrigação de jardins residenciais, descargas sanitárias e utilização em grandes edifícios;

- para fins recreacionais: irrigação de plantas ornamentais, campos de esporte e parques urbanos;
- para manutenção de vazões: regularizar a vazão de cursos d'água visando à diluição de cargas potencialmente poluidoras;
- para aquicultura: produção de peixes e plantas aquáticas;
- para recarga de aquíferos: pode ser de forma direta, pela injeção sob pressão ou de forma indireta, utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descarga de efluentes tratados.

### 3.8 – Necessidade de reúso

Os conflitos de usos da água existem em muitas regiões do mundo; apesar de possuírem abundantes recursos hídricos, as elevadas demandas provocam sua escassez, sofrendo restrições de uso; afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

No polígono das secas, no nordeste do Brasil, onde a falta de água é devido aos longos períodos de estiagens, oferecendo paisagens desérticas, com rios secos e cidades desabitadas, baixa qualidade das águas de consumo, a maioria das águas é salobra e imprestável para o cultivo de diversas culturas. A maior dificuldade é a falta de um gerenciamento por parte dos governantes e a deficiência de forma planejada e correta de se aproveitar e armazenar a água disponível.

A partir de 1992, com a publicação da Agenda 21, a água é considerada um bem econômico, de vez que a preocupação com a escassez mundial está aumentando, visto que as reservas hídricas não estão sendo suficientes para suprir as necessidades decorrentes do crescimento populacional.

O uso de tecnologias apropriadas para o tratamento e uso de efluentes se constitui, hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda de água, na estratégia básica para a minimização dos problemas da falta universal de água.

### 3.9 – Formas potenciais de reúso

As possibilidades e formas potenciais de reúso dependem das características, condições e fatores locais, como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 2003a). A qualidade de água para reúso estabelece a necessidade de se adequar os níveis de tratamento aos critérios de segurança para cada tipo de reúso desejado. Na República da Namíbia, por exemplo, que vem tratando esgotos exclusivamente domésticos para fins potáveis, os esgotos industriais são coletados em rede separada e tratados independentemente; além disso, um controle intensivo é efetuado pela municipalidade, para evitar a descarga, mesmo acidental, de efluentes industriais ou compostos químicos de qualquer espécie, no sistema de coleta de esgotos domésticos (MANCUSO, 2003).

Serão necessários mais que recursos financeiros e tecnologias avançadas para atender e satisfazer às exigências de alimentos e outros produtos agrícolas da população em crescimento acelerado. Segundo Rebouças e col, (2002) no ano 2025 cerca de 8,5 bilhões de habitantes (83% da população mundial), estarão vivendo nos países em desenvolvimento. A agricultura se vê diante deste desafio, principalmente para aumentar a produção das terras atualmente exploradas, evitando a sua exaustão ainda maior de terras que só marginalmente são apropriadas para o cultivo e incorporar áreas atualmente não adequadas para a atividade agrícola.

A sustentabilidade da produção de alimentos depende cada vez mais de práticas corretas e eficazes de uso e conservação da água, entre as quais se destacam o desenvolvimento e o manejo da irrigação, inclusive o manejo das águas em zonas de agricultura pluvial, o suprimento de água para a criação de animais e de atividades pesqueiras.

Em 1991, o Ministério da Agricultura do Peru iniciou o Programa Nacional de Irrigação com águas residuárias domésticas tratadas, com o objetivo de ampliar a fronteira agrícola em 18.000 ha irrigados, usando  $20\text{m}^3\text{s}^{-1}$  do esgoto produzido nas principais cidades da costa peruana.

Os sistemas de reúso estabelecidos em nível nacional, envolvem a responsabilidade de diversos ministérios. Para uma operação adequada e minimização de conflitos administrativos, os seguintes ministérios devem ser integrados, desde a fase de planejamento:

- Fazenda e Planejamento - avaliação econômico-financeira dos projetos, análises de custo/benefício, financiamento, estabelecimento de critérios para subsídios etc.



- Recursos Hídricos - integração dos projetos de reúso no planejamento e gestão de recursos hídricos, em nível nacional;
- Agricultura - planejamento e coordenação geral do projeto; gestão das terras pertencentes ao governo; instalação e operação da infra-estrutura de irrigação; controle do mercado;
- Saúde - vigilância da qualidade do efluente tratado, de acordo com os padrões estabelecidos; proteção da saúde dos grupos de risco e vigilância da ocorrência de doenças.
- Obras Públicas e Companhias de Água e Saneamento - coleta e tratamento de esgotos.

De acordo com condições nacionais específicas, outros ministérios e entidades, públicas ou privadas, tais como os do meio ambiente, de desenvolvimento rural, cooperativas rurais etc., poderão ser envolvidos nas fases de projeto e operação de esquemas de reúso agrícola (HESPANHOL, 2003b).

No Brasil, várias são as formas de reúso de águas para atender a grande variedade de usos benéficos e os mais significativos são as formas de reúso na área urbana, o reúso industrial, o reúso agrícola e o reúso associado à recarga de aquíferos (MANCUSO, 2003), mesmo o Brasil não dispondo de normas nem diretrizes para a reutilização de suas águas residuárias domésticas; no entanto, baseia-se em diretrizes da OMS.

### 3.10 – Medidas de proteção no reúso

Os grupos de risco associados a sistemas de reúso agrícola, são os seguintes: consumidores (das culturas, da carne e do leite originários de campos irrigados com esgotos), trabalhadores (manuseadores e transportadores de colheita e suas famílias), e populações localizadas nas proximidades de campos irrigados, particularmente se a irrigação for feita por aspersão, devido à produção de aerossóis que, através do vento, podem carrear microrganismos patogênicos a grandes distâncias.

Para o uso seguro de águas residuárias em atividades agrícolas, é oportuno diferenciar o risco real do potencial. A presença do agente infeccioso nos efluentes não implica na imediata transmissão de doenças mas, sim, um risco potencial. Para Léon e Cavallini (1996) e Bastos (1999), o risco real de infecção de um indivíduo depende da combinação de diversos fatores, como o grau de exposição humana aos focos de contaminação, à dosagem infectiva, à

susceptibilidade e ao grau de imunidade do hospedeiro, à resistência dos organismos patogênicos ao tratamento de esgoto e às condições ambientais.

O risco real à saúde pode ser bastante elevado. No particular, a cidade do México aproveita, para irrigação agrícola, cerca de 108m<sup>3</sup>/s de água residuária, o equivalente a 3,4 km<sup>3</sup>/ano, sendo que apenas 8,2% têm algum processo de tratamento e os outros 91,8% são distribuídos, sem nenhum tratamento, em 254.597ha, em 26 distritos de irrigação (JIMÉNES, 2002). Na América Latina são mais de 500.000ha de cultivos irrigados com águas residuárias, em sua maior parte sem tratamento (CAVALLINI, 2002).

Segundo Metcalf & Eddy (2003), os riscos potenciais associados à utilização de águas residuárias devem ser reduzidos a níveis aceitáveis, através de tratamentos de esgotos com tecnologias de processos com diversas combinações que produzem efluentes com qualidade para o reúso. Bastos (2003) avalia que a irrigação com águas residuárias é um perigo ou fator de risco, embora a simples presença do agente infeccioso nos efluentes utilizados para a irrigação não implica que, necessariamente, na certeza da transmissão de doenças, classificando-o, então, como um risco potencial.

### 3.11 – Microrganismos indicadores de contaminação fecal

A eliminação de microrganismos patogênicos é um dos principais objetivos do tratamento de águas residuárias para o seu aproveitamento posterior como, por exemplo, na irrigação. A detecção da presença de coliformes termotolerantes é importante na avaliação sanitária dos efluentes, como indicadora de risco para a saúde humana (CEBALLOS, 2000).

O grupo dos coliformes termotolerantes inclui bactérias na forma de bastonetes Gram negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 horas, a 44,5 – 45,0°C. Atualmente, o grupo dos coliformes fecais inclui pelo menos quatro gêneros, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter*, dos quais dois (*Enterobacter* e *Klebsiella*) incluem cepas de origem não fecal, motivo pelo qual a presença de coliformes termotolerantes em alimentos é menos representativa, como indicação de contaminação fecal, que a enumeração direta de *E. coli*.

Como apenas a *Escherichia coli* é de origem exclusivamente fecal, sua detecção indica que houve, com certeza, poluição por esgotos ou fezes de animais homeotérmicos. Uma característica bioquímica que diferencia a *E. coli* de outros coliformes, é a sua capacidade de

produzir a enzima  $\beta$  - glucuronidase, que cliva o composto  $\beta$ -D-glucoronido-4-metil umbeliferona (MUG), liberando o 4- metil-umbeliferona, que apresenta fluorescência azul intensa, quando exposta à luz ultravioleta, de comprimento de onda de 365 nm. É a única bactéria do grupo dos coliformes que satisfaz todas as condições que deve apresentar um indicador de contaminação fecal (CEBALLOS, 2000). A *Escherichia coli* é abundante em fezes humanas e de animais tendo sido encontrada somente em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente.

Entre as principais doenças de origem bacteriana está a febre tifóide, causada pela *Salmonell typhi* (Tabela 3.3). Apesar de ser componente característica da biota intestinal humana e de homeotérmicos, algumas cepas de *Escherichia coli* podem causar diarreias sérias, gastroenterites e infecções urinárias em adultos.

Tabela 3.3 – Vírus e bactérias enteropatogênicas associadas às excretas

Patógenos		Doenças e Sintomas
Vírus		
Enterovírus	Polio-	Poliomielites, paralisia, meningite e febre
	Echo-	Diarréia, febre, meningite e outros
Hepatite		Hepatite infecciosa
Bactérias		
<i>Campylobacter fetus spp</i>		Diarréia, vômitos
<i>Escherichia coli</i> patogênica		Gastroenterites (diarréia)
<i>Salmonella</i>	<i>S</i>	Febre Tifóide
	<i>S. paratyphi</i>	Febre paratifóide
	Outras salmonellas	Intoxicação alimentar e outras salmoneloses
<i>Shigella spp</i>		Shigellose (desintéria bacilar)
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholerae</i>	Cólera
	Outros vibrios	Diarréia

Os guias e os padrões de qualidade das águas residuárias destinadas à irrigação irrestrita das culturas, incluindo verduras que são consumidas cruas, são explícitos indicando o máximo número de coliformes ou NMP (valor máximo permissível e requisitos mínimos) para o tratamento dos esgotos, segundo a classe de cultura que se deseja irrigar (OMS, 1989).

Segundo Shuval *et al.*(1986), o tempo de sobrevivência dos patógenos nas culturas varia, dependendo da existência de áreas mais úmidas no vegetal e da proteção ou não das

folhas e frutas aos efeitos bactericidas dos raios solares. No solo, a sobrevivência dos coliformes termotolerantes é, em média, de 10 semanas, sendo que 90% são eliminados entre duas a três semanas. Dependendo das condições de umidade e baixa temperatura, os coliformes podem sobreviver vários meses (PAGANINI, 2003). Segundo Feachem *et al.* (1983), os ovos de *Ascaris lumbricoides* podem sobreviver em solo úmido, cerca 1 a 2 anos, e contaminar os produtos irrigados que crescem próximos do solo, como alface, repolho, coentro, que são consumidos crus. Na Tabela 3.4 observa-se que os microrganismos patogênicos sobrevivem durante períodos mais curtos, nas superfícies das culturas que no solo, fator relacionado à sua maior exposição aos raios.

Tabela 3.4 - Períodos de sobrevivência de alguns agentes patogênicos a 20-30°C, no solo e nas culturas

Agente patogênico	Período de sobrevivência	
	No solo	Nas culturas
VÍRUS		
Enterovirus*	< 100, comumente < 20 dias	< 60, comumente < 15 dias
BACTÉRIAS		
CF	< 70, comumente < 20 dias	< 30, comumente < 15 dias
<i>Salmonella spp</i>	< 70, comumente < 20 dias	< 30, comumente < 15 dias
<i>Vibrio cholerae</i>	< 20, comumente < 10 dias	< 5, comumente < 2 dias
PROTOZOÁRIOS		
Cistos de <i>Entamoeba histolytica</i>	< 20, comumente < 10 dias	< 10, comumente < 2 dias
HELMINTOS		
Ovos de <i>Ascaris lumbricoides</i>	Muitos meses	< 60, comumente < 30 dias
Larvas de <i>Ancilostoma</i>	< 90, comumente < 30 dias	< 30, comumente < 10 dias
Ovos de <i>Taenia saginata</i>	Muitos meses	< 60, comumente < 30 dias
Ovos de <i>Trichuris trichiura</i>	Muitos meses	< 60, comumente < 30 dias

Fonte: Adaptado de Shuval *et al.*, 1986

(\*) Inclui poliovírus, echovírus e coxsackievírus

### 3.12 – Potencial de utilização de águas residuárias na agricultura

O setor agrícola é o maior usuário de água em nível mundial, consumindo cerca de 70% de toda a água usada. No Brasil, por exemplo, esta atividade consome cerca de 68% mas, com o crescimento das áreas irrigadas, este valor pode chegar a 80% nos próximos dez anos aumentando, desta forma, os conflitos de uso das águas nas bacias hidrográficas brasileiras (HESPANHOL, 2003 a).

A utilização controlada de esgotos sanitários apresenta diversas vantagens, dentre as quais:

- prática de reciclagem de água, proporcionando alívio na demanda e preservação de oferta de água;
- prática de reciclagem de nutrientes (poder fertilizante), proporcionando economia de insumos. Os esgotos são ricos em matéria orgânica e em macro (NPK) e micronutrientes;
- contribui para o aumento da produção de alimentos e áreas irrigadas;
- contribui para a preservação e proteção do meio ambiente, prevenindo a poluição de corpos aquáticos.

### 3.13 – Usos de águas residuárias na agricultura

Para a implantação de sistemas de irrigação com esgotos, sem que haja risco para a saúde pública, para as culturas e para o solo, é conveniente adotar uma série de medidas adequadas, como: escolha da cultura a ser plantada, método de irrigação utilizado (visando ao controle da exposição humana), tipo de solo, tipo de cultura e, sobretudo, o tratamento do esgoto, para que sejam atendidos os padrões recomendados (MARA, 1976; ARTHUR, 1983).

Para o uso agrícola de efluentes tratados utilizam-se as diretrizes da Organização Mundial da Saúde – OMS (WHO), embora existam também os padrões de qualidade do Estado da Califórnia (EUA) e as diretrizes recomendadas pela Agência de Meio Ambiente dos Estados Unidos (EPA – Environmental Protection Agency) que servem de referência, com algumas adaptações às particularidades locais (TSUTIYA, 2001) em diferentes países; entre eles, os mais usados são os guias da OMS (1989).

Com o aumento das vazões de esgotos ocorre tendência internacional à valorização das terras ao redor dos grandes centros urbanos. Os contínuos avanços tecnológicos para melhorar os tratamentos dos esgotos, contribuindo para a utilização de unidades de tratamento cada vez mais eficientes e compactas, produzindo efluentes bastante depurados e adequados para o reúso. A disposição de efluentes de unidades de tratamento no solo se apresenta como alternativa atraente e de baixo custo para a obtenção de produtos vegetais cuja comercialização pode dar retorno financeiro dos próprios custos do tratamento ou para uma adequação dos efluentes, antes que estes atinjam os corpos receptores (SILVA, 2001).

Nos esgotos, os teores de macro e micronutrientes são capazes de atender às necessidades da maioria das culturas, de acordo com Evans *et al.* (1991). Utilizando-se

effluentes domésticos, pode haver um acréscimo de 200 a 400 mg/L de sais e de 300 mg/L de sólidos inorgânicos dissolvidos no solo, diminuindo os custos com fertilizantes naturais.

### 3.14 – Disposição de esgotos no solo

A disposição de esgoto no solo, como na autodepuração dos corpos de água e nos demais tipos de tratamento natural, compreende processos físicos, químicos e biológicos de remoção da carga poluidora. O solo é um meio físico formado por substâncias minerais e orgânicas cujas formas predominantemente granulares lhe conferem propriedades características, como a porosidade, a permeabilidade, a textura e outras, que o tornam o habitat natural de um grande número de microrganismos, de vegetais e de animais (PAGANINI, 1997).

As substâncias mais simples, resultantes da decomposição da matéria orgânica no solo, repõem o estoque de sais minerais que contêm os macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e outros) e os micronutrientes (ferro, manganês, zinco, cromo e outros) utilizados pelas plantas os quais, juntamente com a água e o gás carbono, permitem a síntese da matéria orgânica pela vegetação, através da fotossíntese (KIEHL, 1985).

Segundo Paganini (1997), existem pelo menos quatro propriedades do solo, extremamente importantes para sua utilização na disposição de esgotos:

1. na capacidade de troca catiônica, é importante saber que o solo tem a capacidade de reter os íons metálicos trazidos pelos esgotos e impedi-los de atingir as águas superficiais e/ou subterrâneas e, também, dos tecidos vegetais;
2. a capacidade tampão, que provém de diversos fatores; solos carbonatados, tamponados para um pH igual ou menor que 7,0, inibem a solubilidade dos metais pesados;
3. a textura do solo, que se refere à sua eficiência como um filtro físico para reter as partículas em suspensão;
4. a microbiologia do solo, que envolve as transformações microbiológicas que ocorrem após a disposição de esgotos no solo, transformando alguns compostos e liberando elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas.

A irrigação é uma forma de disponibilizar, à planta, a quantidade requerida de água, de forma compatível com o tipo de solo, a declividade do terreno, a capacidade de retenção do

solo e as culturas irrigadas, tendo por objetivo aumentar a produtividade e a qualidade do produto ou, então, obter colheitas fora das épocas normais (BASTOS, 2003).

### 3.15 – Métodos de disposição de esgotos no solo

Segundo Paganini (1997), a irrigação com esgotos pode ser definida como a descarga controlada do efluente sobre solos cobertos por vegetação, com a finalidade de suportar o crescimento de plantações. Os métodos de irrigação podem ser classificados em dois grandes grupos (FEIGIN *et al.*, 1991 *apud* BASTOS, 2003) a saber:

- irrigação superficial ou por gravidade: sulcos e faixas
- irrigação pressurizada: aspersão e localizada

A escolha do método de irrigação deve obedecer a critérios relacionados com a economia de água, topografia e características físicas do solo, tipos de culturas agrícolas, disponibilidade de mão-de-obra, qualidade da água e tradição de cultivo nas propriedades rurais locais.

A irrigação por aspersão com águas residuárias resulta perigosa, pela ocorrência de aerossóis (gotículas de tamanho de 0,01 a 50  $\mu$  m) transportados pelo ar, que podem carregar sais e microrganismos. Os aerossóis resultantes da aspersão de esgotos ou efluentes possibilitam o transporte de bactérias e vírus patogênicos mas, aparentemente, não de protozoários e ovos de helmintos e, caso ocorra sua inalação, podem provocar doenças diversas (PAGANINI, 1997). Em pesquisa realizada em Jerusalém – Israel, encontraram-se bactérias entéricas, incluindo *Salmonella sp.*, a uma distância entre 100 a 350 m de um campo irrigado com esgoto bruto. Os resultados indicam que as bactérias encontradas foram transportadas por partículas com diâmetros entre 1–4  $\mu$  m, as quais podem ser inaladas e, por isso, consideradas potencialmente infecciosas. As concentrações de microrganismos patogênicos encontrados nos aerossóis e as distâncias que os mesmos podem atingir, se relacionam com a velocidade dos ventos, a temperatura, a umidade relativa do ar e as condições topográficas (JIMÉNEZ, 2001).

### 3.16 – Qualidade de água para reúso agrícola

Os primeiros padrões adotados para irrigação com águas residuárias, foram estabelecidos na Califórnia (Estados Unidos) em 1918, que proibia a utilização de efluentes brutos e de tanques sépticos para a irrigação de vegetais ingeridos crus (BASTOS & MARA, 1993). De fato, exigia uma água praticamente igual à água potável para aplicação na irrigação.

Na irrigação, a qualidade da água é de grande importância para as plantas pois dela dependem aspectos qualitativos e quantitativos da produção agrícola (LARAQUE, 1991). A qualidade da água também influencia nas propriedades do solo, podendo melhorar sua fertilidade ou até mesmo contribuir para sua salinização e sodificação (MOLLE & CADIER, 1992). Desta maneira, é imprescindível um controle sobre a qualidade da água e de seu manejo para que não ocorra acúmulo gradativo dos sais no solo. Em regiões áridas e semi-áridas como o nordeste brasileiro, o manejo inadequado da água de irrigação, associado aos baixos índices pluviométricos e à intensa evaporação, pode resultar em perda de áreas agrícolas extensas que se tornam improdutivas devido à salinização e/ou sodificação do solo (COSTA *et al.*, 1982; MEDEIROS, 1992; GHEYI *et al.*, 1999).

Apresentam-se, na Tabela 3.5, critérios usualmente empregados para avaliar a qualidade da água para fins de irrigação. Dentre os parâmetros, destacam-se: a condutividade elétrica, os sólidos dissolvidos, a concentração de sais, o pH, e as concentrações de nitrato e cloretos e as formas de irrigação.



Tabela 3.5 – Diretrizes adotadas na interpretação da qualidade das águas de irrigação

Parâmetro	Unidade	Restrição de uso		
		Nenhuma	Moderada	Severa
<b>Salinidade (fator limitante da disponibilidade de água para a cultura)</b>				
CEa	dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
SD	mg/L	<450	450 – 2.000	> 2.000
<b>Infiltração (avaliada usando-se CEa e RAS, simultaneamente)</b>				
RAS		CEa		
0 – 3		> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
3 – 6		> 1,2	1,2- 0,3	< 0,3
6 – 12		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
12 – 20		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
20 - 40		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
<b>Toxicidade de elementos químicos específicos (afeta culturas sensíveis)</b>				
Sódio (Na <sup>+</sup> )				
Irrigação superficial	RAS	< 3	3 - 9	> 9
Irrigação por aspersão	meq/L	< 3	>3	
Cloretos (Cl <sup>-</sup> )				
Irrigação superficial	meq/L	< 4	4 - 10	> 10
Irrigação por aspersão	meq/L	< 3	>3	
Outros (culturas sensíveis)				
Nitrogênio (NO <sub>3</sub> )	mg/L	< 5,0	5 - 30	> 30
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )				
Aspersão convencional	meq/L	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH		Faixa normal: 6,5 – 8,5		

Fonte: Ayres e Wescot. (1999)

### 3.17 – Problemas relacionados com a qualidade da água de irrigação

Os problemas mais comuns causados no solo pela irrigação com águas residuárias domésticas, estão relacionados com a salinidade, infiltração da água, toxicidade de íons específicos, excesso de nutrientes, oligoelementos e contaminação microbiológica.

A importância da salinidade é sua influência sobre o potencial osmótico do solo, à toxicidade iônica específica e à degradação das condições físicas que podem ocorrer no solo. Essas condições podem resultar na redução das taxas de crescimento da planta, na redução da produtividade e, em casos severos, na perda total da plantação (PAGANINI, 1997). A salinidade pode afetar o desenvolvimento de plantas irrigadas sendo que os teores limites variam conforme o tipo de planta irrigada. Os íons mais importantes para a utilização de águas residuárias tratadas são o sódio, o boro e os cloretos.

A principal propriedade do solo afetada pela sodicidade é a velocidade de infiltração da água no solo, ou seja, sua permeabilidade. De maneira geral, a alta salinidade aumenta a velocidade de infiltração da água; inversamente, a baixa salinidade e a elevada proporção de sódio em relação ao cálcio (Razão de Adsorção de Sódio – RAS) provocam redução da condutividade hidráulica do solo (BASTOS, 2003).

A presença de compostos tóxicos na água de irrigação pode afetar, de forma severa as plantas, pela absorção desses compostos através da raiz. Águas residuárias tratadas de origem doméstica geralmente apresentam teores de metais pesados e de compostos orgânicos abaixo daqueles considerados fitotóxicos (MANCUSO, 2003); por isto, é importante não misturar esgotos industriais com os domésticos.

Os nutrientes de maior interesse são o fósforo, o nitrogênio, o potássio, o zinco, o boro e o enxofre. Concentrações elevadas de nitrogênio na água, apesar de aumentar a velocidade de crescimento das plantas, podem prejudicar sua qualidade e reduzir a biomassa (ibid, 2003).

A primeira consideração a ser feita com relação à contaminação microbiológica das culturas irrigadas com água residuária, é a presença de microrganismos patogênicos. Deve-se garantir que estes não estejam presentes na água de irrigação em densidades que representem risco significativo para a saúde dos usuários (trabalhadores e consumidores finais). Os coliformes termotolerantes são indicadores de contaminação fecal, significando que servem de alerta sobre a presença de fezes de animais homeotérmicos ou de esgotos. A existência de fezes e esgotos “alerta” para a provável presença de microrganismos enteropatogênicos, ou seja, aqueles que infectam o trato intestinal, provocando diarreias, bacteremias, desidratação e morte, se não houver reposição de sais de águas.

### 3.18 – Alface (*Lactuca sativa* L.)

Planta herbácea do grupo das Lactuceas, a alface (*Lactuca sativa*, L.) se caracteriza por suas folhas comestíveis e frágeis; é uma planta composta, de ciclo anual, presa a um pequeno caule carnoso e esverdeado, com folhas simples lisas ou crespas, de coloração verde, arroxeada ou amarela; seu sistema radicular é do tipo pivotante, com ramificações finas e curtas, explorando apenas os primeiros 25 centímetros do solo; pode ou não formar “cabeça”, dependendo da variedade; na fase reprodutiva, emite uma haste com flores amarelas agrupadas em capitulo; suas sementes podem ser aproveitadas para novos plantios. Da planta florescente se extrai, em quantidade, uma substância leitosa e amarga, chamada lactoarina, muito usada em cosméticos para rejuvenescer a pele. As partes de uso comercial são as folhas, que são levemente laxantes, diuréticas, antiácidas e recomendadas contra reumatismo e usadas em saladas, para serem consumidas cruas. O suco cru e o chá das folhas, talos e raízes da alface, são soníferos, calmantes do estomago, do sistema nervoso, contra a tosse e a icterícia. A alface apresenta aproximadamente 95,80% de água, 2,3% de hidratos de carbono, 1,20% de proteínas, 0,20% de gorduras, 0,50% de sais minerais (13,30 mg de potássio, 147 mg de fósforo, 133 mg de cálcio e 3,85 mg de sódio, magnésio de ferro), 245 UI de vitamina A, 0,31 mg de vitamina B1, 0,66mg de vitamina B2 e 35 mg de vitamina C. Segundo Gomes (2001), depois de colhidas o peso médio das cabeças de alface entre os produtores do sul de Minas está entre 500 e 600g. As cultivares podem ser divididas em crespa, americana, manteiga, mimosa e de folha roxa. A alface é originária da Ásia e por volta de 4.500 a.C. já era conhecida no antigo Egito; chegou ao Brasil no século XVI, trazido pelos conquistadores portugueses.

A melhor produção é alcançada sob temperaturas amenas; com temperaturas mais elevadas o ciclo diminui, as plantas são menores e podem apresentar sabor amargo (FILGUEIRA, 1982).

Todas as alfases se multiplicam por sementes que, postas a germinar à parte, são transplantadas para os canteiros definitivos quando as mudas estão com cerca de dez centímetros de altura. Em geral, o solo deve ser adubado com esterco e mantido úmido; as condições ideais, é possível colher os primeiros pés de alface sessenta dias após o transplante das mudas.

Em geral, as hortaliças são ingeridas cruas e se apresentam como um dos mais importantes grupos de vegetais fornecedoras de sais minerais e vitaminas mas também podem transmitir doenças entéricas, se mal lavadas.

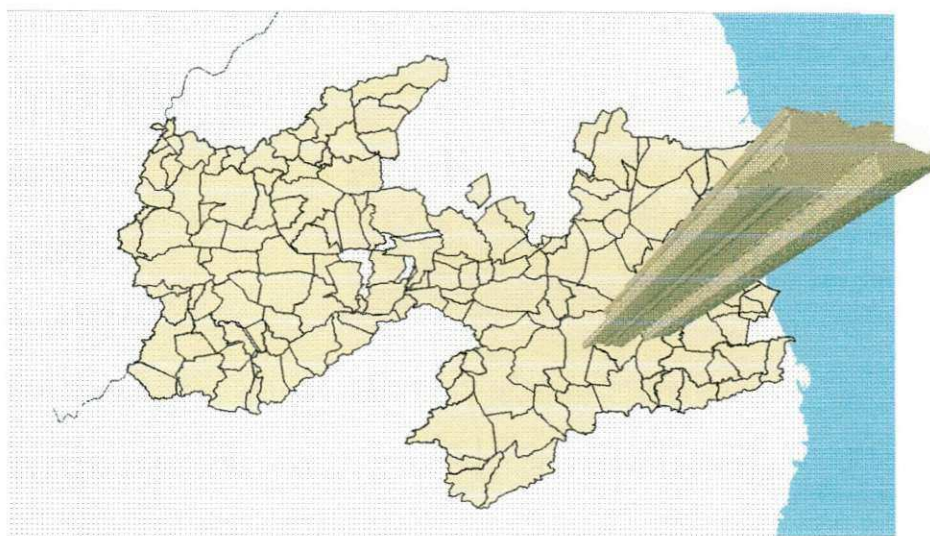
No Nordeste do Brasil as verduras são adubadas, geralmente com fertilizantes orgânicos de dejetos animais. A contaminação do solo e das culturas pode ocorrer pela utilização de adubos mal preparados ou curtidos, pondo a população exposta a diversas infecções (OLIVEIRA & GERMANO, 1992).

Dentre as hortaliças que se apresentam como os melhores veículos na disseminação de infecções entéricas, estão aquelas que crescem rente ao solo e com inúmeras folhas de superfície irregular, proporcionando condições favoráveis à retenção e sobrevivência dos microrganismos (BONILHA, 1986). Entre essas hortaliças, a alface (*Lactuca sativa L.*) tem importante papel, de vez que suas folhas são consumidas cruas (FRANCO & HOEFEL, 1983).

### 4.0 – MATERIAIS E MÉTODOS

#### 4.1 – Localização do experimento

A pesquisa foi desenvolvida nas dependências da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Companhia da Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), localizada no bairro da Caatingueira, distante 10km do centro da cidade de Campina Grande, PB ( $7^{\circ} 13' 11''$  S;  $35^{\circ} 52' 31''$  W; 550m acima do nível do mar) (Figura 4.1).



**Figura 4.1** – Localização geográfica do município de Campina Grande, PB  
Fonte: LMRS – PB (2000)

#### 4.2 – Descrição da Estação de Tratamento de Esgoto

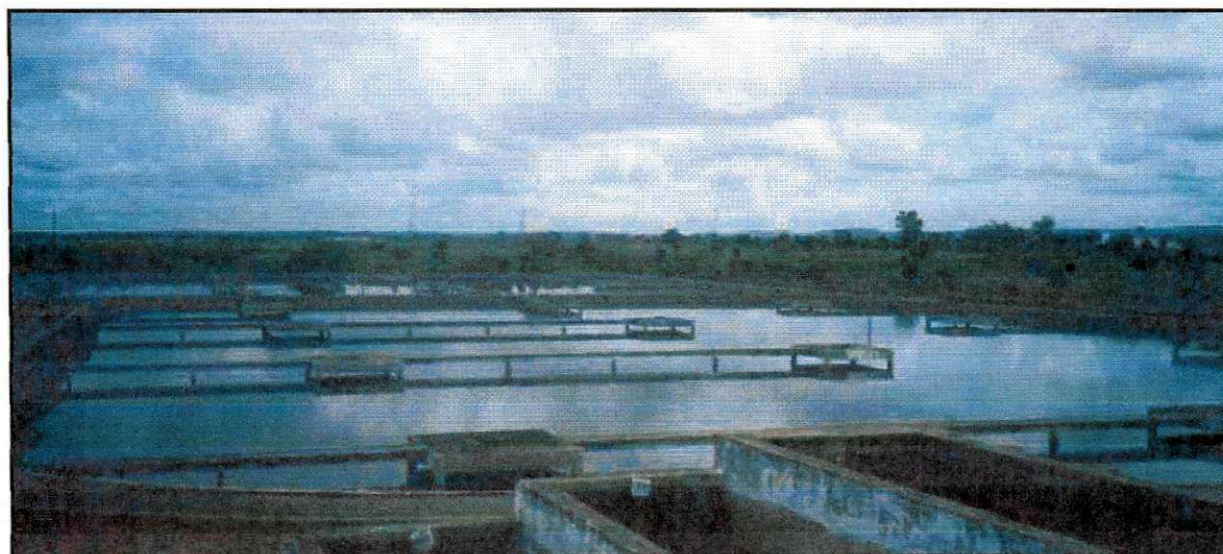
Campina Grande possui rede coletora de esgotos, desde 1940. Os esgotos eram conduzidos até uma estação de tratamento convencional onde recebiam um tratamento físico e químico. Em 1969, para atender ao crescimento urbano e à implantação de indústrias foi instalada, no bairro da Catingueira, a atual estação de tratamento, projetada para funcionar em duas etapas: uma com capacidade para depurar os esgotos produzidos pela cidade, até 1980, com uma população estimada de 260.000 habitantes; na segunda haveria a duplicação da capacidade da primeira, com o sistema funcionando com grade, caixa de areia, calha Parshall e tratamento biológico por lagoas em série com aeração mecânica.

Atualmente, o sistema de aeração se encontra desativado (OLIVEIRA, 2002). Apesar dos problemas operacionais dos aeradores, a ETE está em funcionamento com o tratamento preliminar (caixa de areia, grade, calha Parshall), para a remoção de materiais sólidos grosseiros e areia, e duas lagoas em série com profundidades de 3,5m (Figura 4.2). A Tabela 4.1 mostra as características físicas e operacionais da ETE.

**Tabela 4.1** – Características físicas e operacionais das lagoas de estabilização da ETE de Campina Grande, PB

Componentes	Primeira Lagoa		Segunda Lagoa	
	Projeto	Real	Projeto	Real
Comprimento (m)	140	-	140	-
Largura (m)	110	-	110	-
Profundidade (m)	3,5	-	3,5	-
Área (m <sup>2</sup> )	15.400	-	15.400	-
Volume (m <sup>3</sup> )	53.900	-	53.900	-
Vazão (l/s)	-	350	-	-
TDH (dias)	3,5	1,6	-	-
<i>Per capita</i> (l/hab.dia)	250	-	250	-

Fontes: SANESA (1969); Mendonça (1986), citado por Oliveira (2002)



**Figura 4.2** – Vista da primeira lagoa da ETE de Campina Grande, PB

O efluente final (Figura 4.3) é lançado em um córrego nas proximidades da estação e utilizado para irrigação de várias plantações de pequenos produtores de milho, capim, verduras e frutas.



Figura 4.3 - Vertedouro de saída do efluente final da ETE de Campina Grande, PB

#### 4.3 – Descrição do sistema experimental

##### 4.3.1 – Parcelas experimentais

Utilizou-se, para a instalação do experimento, uma área adjacente às lagoas, de aproximadamente 79m<sup>2</sup>. Antes da delimitação das parcelas experimentais o solo foi arado. A área experimental era constituída de 16 parcelas de 3x1,5m, totalizando uma área de 4,5 m<sup>2</sup> cada uma, separadas 0,5m entre si; cada parcela se compunha de 4 linhas de plantio com 9 covas por linha; o espaçamento entre as linhas e entre as covas era de 0,3m.

O experimento consistiu na irrigação da alface (*Lactuca sativa L.*) com a aplicação de dois tipos de água (residuária e abastecimento) e da utilização ou não do estrume bovino utilizando-se um delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro repetições para cada tratamento (Figura 4.4):

- Tratamento 1: parcelas sem estrume e irrigadas com água de abastecimento, sem cloro (AB S/E)
- Tratamento 2: parcelas com estrume e irrigadas com água de abastecimento, sem cloro (AB C/E)
- Tratamento 3: parcelas sem estrume e irrigadas com água residuária (AR S/E)
- Tratamento 4: parcelas com estrume e irrigadas com água residuária (AR C/E).

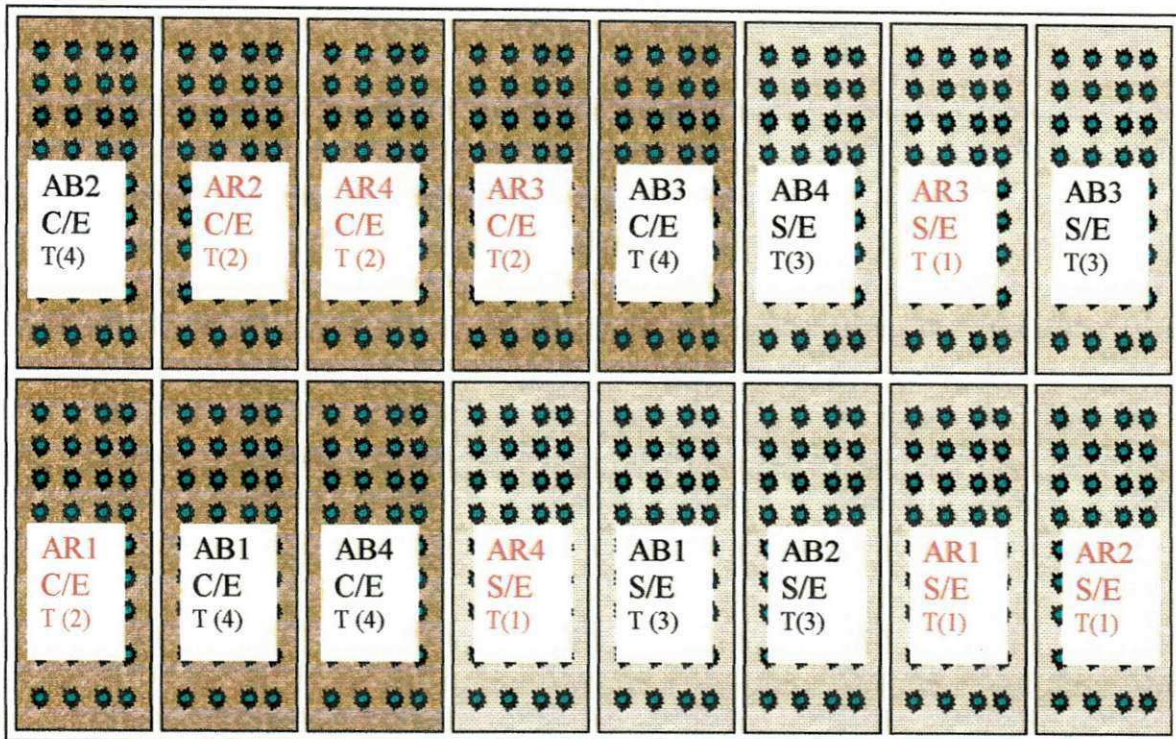


Figura 4.4 – Diagrama da disposição das parcelas experimentais

- T1: AB S/E (água de abastecimento sem estrume bovino)
- T2: AB C/E (água de abastecimento com estrume bovino)
- T3: AR S/E (água residuária tratada da ETE sem estrume)
- T4: AR C/E (água residuária tratada da ETE com estrume)

Para efeito de bordadura foram dispensada nas coletas, uma cova de cada extremo das linhas de plantio e as covas das linhas laterais das parcelas, resultando em uma área útil de 2,25m<sup>2</sup> (Figura 4.5).

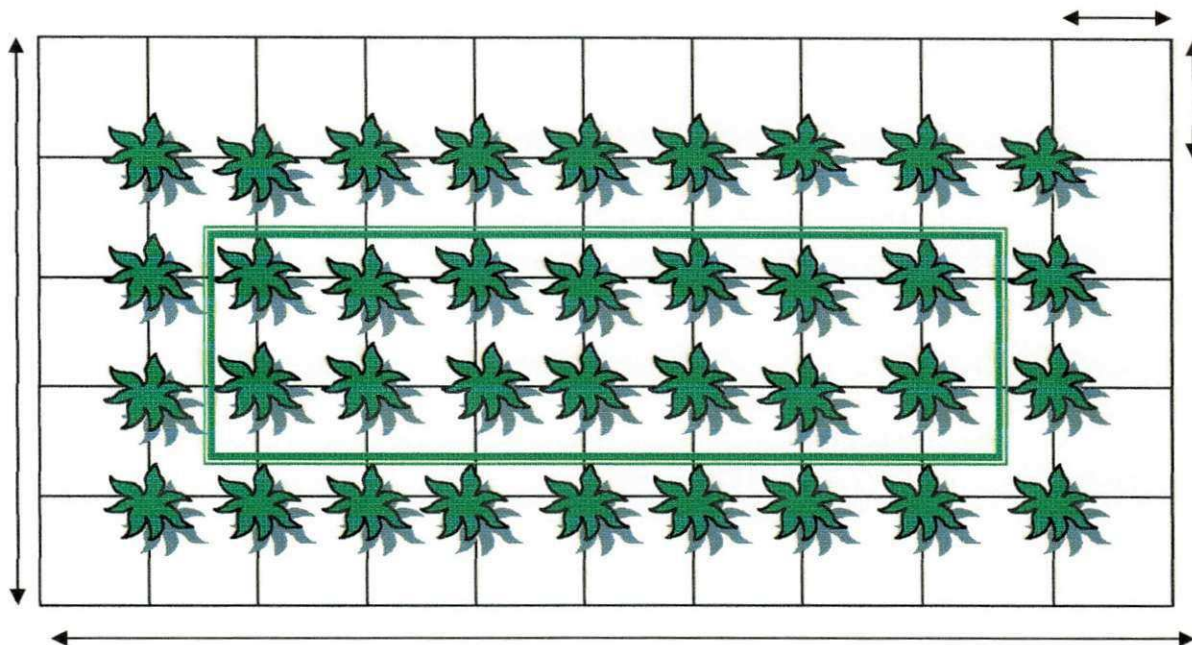


Figura 4.5 – Disposição das covas para o plantio da alface delimitação da área útil das parcelas



## 4.3.2 – Preparo do solo

A análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, classificou o solo como franco-argilo-arenoso (ANEXO 1), apesar do solo ideal para o cultivo da alface ser o argilo-arenoso, rico em matéria orgânica e com boa disponibilidade de nutrientes; para maior produtividade faz-se oportuno o uso de insumos que melhorem as condições físicas, químicas e biológicas do solo (Vidigal *et al*, 1995). Antes do plantio das alfaces a área experimental foi demarcada e as parcelas identificadas. Os tratamentos experimentais 2 e 4 receberam 15 kg/parcela de adubação orgânica (estrupe bovino) no início de cada ciclo de cultivo. Este estrupe curtido foi obtido em uma propriedade situada nas imediações da ETE e foi incorporado manualmente ao solo, de forma homogênea, 20 dias antes do plantio da alface.

O experimento consistiu em dois ciclos de cultivo (Tabela 4.2), no período de julho a novembro de 2003.

**Tabela 4.2** - Experimentos realizados e respectivos períodos de duração

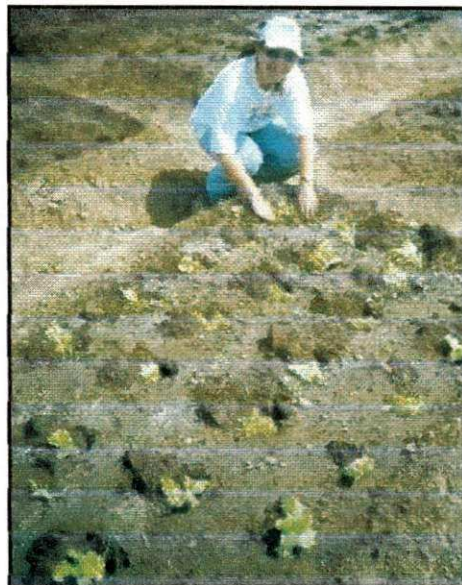
Experimento	Período
1º ciclo (41 dias)	22/Julho/03 – 31/Agosto/03
2º ciclo (38 dias)	01/Outubro/03 – 07/Novembro/03

## 4.3.3 – Plantio e tratos culturais

As mudas da alface (*Lactuca sativa L.*), variedade Elba, com quatro semanas de idade, eram provenientes de uma horta comercial situada no município de Lagoa Seca, PB (Figura 4.6) as quais foram retiradas de forma manual, sempre no período da manhã e transportadas até a área experimental na ETE, para serem transplantadas, também no período da manhã. Cada parcela recebia 36 mudas, sendo uma muda colocada em cada cova e distanciadas 30cm entre si (Figura 4.7); após o transplante, as parcelas foram irrigadas com água de abastecimento sem cloro, para garantir a umidade do solo e, desta forma, evitar a murcha das mudas. O ciclo da alface (*Lactuca sativa, L.*), após o transplante das mudas, tem duração de 41 a 38 dias.



**Figura 4.6** – Horta situada no município de Lagoa Seca, fornecedora das mudas, PB



**Figura 4.7** – Transplântio das mudas de alface para a área experimental, Campina Grande, PB

#### 4.3.4 – Irrigação

Para irrigação das parcelas, instalaram-se duas caixas de cimento amianto, marca Brasilit, de 250L de capacidade cada uma. A alimentação do tanque de água de abastecimento era feita usando-se a pressão da rede de abastecimento, enquanto a caixa era cheia no dia anterior à irrigação, para facilitar a eliminação do cloro; a caixa destinada ao armazenamento de água residuária tratada (efluente final da ETE) era cheia momentos antes de se iniciar a irrigação, para se evitar o acúmulo de lodo e a septicidade dessa água, a qual era bombeada até a caixa, por uma motobomba (1CV) localizada junto ao vertedouro do efluente final da última lagoa.

A irrigação das parcelas era realizada diariamente, pela manhã (7:00h) e à tarde (17:00h), com a aplicação de aproximadamente 25L de água (abastecimento sem cloro e residuária tratada) por parcela, de maneira manual, com o auxílio de um regador plástico com capacidade de 10L; com este procedimento procurou-se reproduzir o método de irrigação usado nas hortas comerciais da região; enfim, cada tipo de água tinha seu próprio regador para evitar eventuais contaminações.

#### 4.4 – Descrição dos trabalhos de campo

O trabalho de campo teve início em julho de 2003 e se estendeu até novembro do mesmo ano. A caracterização das águas de irrigação era mensal, ao longo do período experimental; as análises de solo e alface ocorreram no final de cada ciclo.

##### 4.4.1 – Coleta de amostras de esgoto

Para monitorar a qualidade das águas de irrigação durante cada ciclo de cultivo, amostras foram coletadas mensalmente, às 7:00 e 17:00 horas (água residuária) e 17:00h (água de abastecimento), para análises físico-químicas, microbiológicas e parasitológicas (somente para a água residuária). Para cada tipo de água de irrigação e para as análises físico-químicas, foram coletados 2L de amostras, depois foram acondicionadas em garrafas plásticas tipo PET, devidamente limpas; para as análises microbiológicas, coletadas 0,5L de amostras em frascos de vidro âmbar, atóxicos, de boca larga, esterilizados por calor seco a 170°C durante duas horas e com o gargalo protegido com papel alumínio, até o momento da coleta. Para análise de oxigênio dissolvido as amostras das águas de irrigação eram coletadas em frascos de DBO, devidamente identificadas, às quais se adicionavam os reagentes fixadores. Todas as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo e encaminhadas ao Laboratório de Saneamento da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental (AES/A) do Departamento de Engenharia Civil (DEC) da UFCG. Para a análise parasitológica coletavam-se 10L de água residuária, que eram armazenados em baldes de 14 litros; após a adição de 10ml de formaldeído, as amostras eram deixadas em repouso 24 horas (Konig *et al.*, 2001) para posterior retirada por sifonamento do sobrenadante e análise laboratorial.

As amostras de água de abastecimento foram coletadas na torneira da caixa de armazenamento e o efluente da ETE foi diretamente no tubo de alimentação do tanque de armazenamento. Para coleta das amostras para análise microbiológica da água de abastecimento, era necessário eliminar a água retida na tubulação; em seguida, fazia-se a sanitização da torneira com um algodão embebido em álcool e fogo (flambar); a seguir, a torneira era aberta para a saída de um pouco da água e a amostra era coletada 2cm abaixo da torneira.

#### 4.4.2 – Coleta de amostras de solo

A coleta do solo era realizada no término de cada ciclo de cultivo. De cada uma das 16 parcelas retiram-se amostras com o auxílio de um trado, nos primeiros 20 cm de profundidade, para as análises químicas e físicas. Previamente fez-se, manualmente, a retirada do material vegetal que, porventura, houvesse na superfície de cada parcela. As amostras das parcelas eram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados. As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, Areia, PB. As amostras de solo para as análises microbiológicas e parasitológicas foram coletadas também nas 16 parcelas com o auxílio de um tubo de aço galvanizado (5cm de diâmetro e 20cm de altura) embrulhado em papel vegetal e esterilizado por calor seco em estufa a 170°C, durante duas horas. O tubo de coleta era introduzido no solo, através de marreta, até aproximadamente 10cm de profundidade; o material que ficava no seu interior era cuidadosamente transferido para um saco plástico estéril, identificado por parcela; as amostras eram armazenadas em caixa de isopor, a temperatura de 10°C e encaminhadas ao Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande e processadas no mesmo dia, em tempo inferior às 8 horas posteriores à coleta.

#### 4.4.3 – Coleta de amostra da alface

No término de cada ciclo de cultivo e para análises microbiológicas (coliformes fecais ou termotolerantes e *E. coli*) selecionaram-se, aleatoriamente, 08 folhas de alface da área útil de cada parcela, totalizando cerca de 25g. No momento do corte das folhas, as mãos eram

higienizadas com álcool 70% e protegidas com luvas estéreis; o corte se dava com o auxílio de uma tesoura esterilizada em álcool 90% e flambada. O material era acondicionado em sacos plásticos estéreis, devidamente etiquetados com data/hora da coleta e conservados em um isopor com gelo, a uma temperatura inferior a 10°C. Para a análise parasitológica coletaram-se aproximadamente 500g de alface de cada parcela, que foram conservadas em sacos plásticos devidamente identificados. Todas as amostras foram transportadas para o Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande.

A influência da suspensão da irrigação com a água residuária (efluente final) sobre a contaminação da cultura foi investigada nos dois ciclos de cultivo: no primeiro, ocorreu suspensão da irrigação com o efluente final, 5 dias antes da última coleta da hortaliça, passando a ser irrigada com água de abastecimento até o momento da coleta; as análises microbiológicas foram feitas em amostras coletadas no dia da suspensão da irrigação com o efluente final e depois de 5 dias com irrigação com água de abastecimento; no segundo, a irrigação com água residuária foi contínua até o término do ciclo de cultivo.

#### 4.5 – Análises físico-químicas na caracterização da qualidade da água de abastecimento e água residuária tratada da ETE

As variáveis físicas e químicas avaliadas nas águas de irrigação e as metodologias empregadas, são apresentadas na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3** – Variáveis físicas e químicas usadas na caracterização das águas de irrigação (abastecimento e residuária) utilizadas em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Parâmetros	Método analítico
Temperatura (°C)	Termômetro de filamento de mercúrio
pH	Potenciométrico
Condutividade elétrica ( $\mu\text{mho/cm}$ )	Eletrométrico
Turbidez (NTU)	Turbidimétrico
OD (mg/L)	Titulométrico de Winkler - modificação azida
DBO (mg/L)	Titulométrico de Winkler
DQO (mg/L)	Refluxação fechada do Dicromato de Potássio
Amônia ( $\text{mgN-NH}_3^+/\text{L}$ )	Nesslerização direta e leitura espectrofotométrica
Fósforo total ( $\text{mgP-PO}_4^-/\text{L}$ )	Digestão com persulfato de amônio e leitura espectrofotométrica do ácido ascórbico
Ortofosfato solúvel ( $\text{mgP-PO}_4^-/\text{L}$ )	Espectrofotométrico do ácido ascórbico
Sólidos totais e frações (mg/L)	Gravimétrico
Cálcio ( $\text{mgCa}^{+2}/\text{L}$ )	Titulométrico
Magnésio ( $\text{mgMg}^{+2}/\text{L}$ )	Titulométrico
Sódio ( $\text{mgNa}^+/\text{L}$ )	Fotometria de chama
Potássio ( $\text{mgK}^+/\text{L}$ )	Fotometria de chama
Cloretos ( $\text{mgCl}^-/\text{L}$ )	Titulométricos
Carbonatos ( $\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ )	Titulométricos
Bicarbonatos ( $\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ )	Titulométrico
Nitrato ( $\text{mgN-NO}_3^-/\text{L}$ )	Espectrofotométrico do salicilato de sódio
Clorofila "a" ( $\mu\text{g/L}$ )	Espectrofotométrico, extração à quente com metanol 100%

Todos os métodos seguiram as recomendações de APHA *et al.* (1995), com exceção do nitrato (Rodier, 1975) e da clorofila "a" (Jones, 1979)

#### 4.6 – Análises microbiológicas

As variáveis microbiológicas foram analisadas nas águas de irrigação, no solo e na alface (Tabela 4.4).

**Tabela 4.4-** Variáveis microbiológicas usadas na caracterização das águas de irrigação do solo e da cultura - Campina Grande, PB

Parâmetros	Método
<b>Água de irrigação</b>	
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL) <i>Escherichia coli</i>	Membrana filtrante Confirmação com MUG
<b>Solo</b>	
Coliformes Termotolerantes (NMP/g de solo) <i>Escherichia coli</i> (NMP/g de solo)	Tubos múltiplos Confirmação com MUG
<b>Cultura</b>	
Coliformes Termotolerantes (NMP/g de alface) <i>Escherichia coli</i> (NMP/g de alface)	Tubos múltiplos Confirmação com MUG

As análises seguiram as recomendações de APHA *et al.*, 1995

#### 4.6.1 – Nas amostras de água

A quantificação dos coliformes termotolerantes foi realizada nas amostras de água pela técnica da membrana filtrante (APHA *et al.*, 1998), com incubação a  $44,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , durante 24 horas. O meio de cultura utilizado foi m-FC (Difco). Quantificaram-se as colônias azuis e os resultados expressos em UFC/100 mL de amostra; em seguida, uma alça de cada colônia foi transferida das placas para o meio de cultura EC-MUG, para a confirmação da *E. coli*; após 24 horas de incubação as colônias de *E. coli* apresentam uma fluorescência azul intensa quando iluminados sob luz ultravioleta de 365nm. O cálculo do número de *E. coli* foi feito utilizando-se o seguinte cálculo:

$$\text{N}^\circ \text{ de } E. coli \text{ em } 100\text{ml da amostra} = \frac{n \times 100}{\text{diluição}} \quad (1)$$

onde: n – número de colônias de coliformes termotolerantes testados no meio MUG

#### 4.6.2 – Nas amostras de alface e do solo

Nas amostras de alface e do solo utilizou-se a técnica de tubos múltiplos (APHA *et al.*, 1995), que utiliza o caldo lactosado na fase presuntiva, e meio EC-MUG, na fase confirmativa. Dos tubos positivos na fase presuntiva, foram feitas transferências com alça bacteriológica para tubos com o meio EC-MUG, para determinar a possível presença de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. Para coliformes fecais consideraram-se positivos os tubos que apresentaram fermentação da lactose no caldo EC-MUG com produção de gás e turbidez e, para *E. coli*, os tubos de EC-MUG que apresentaram fluorescência quando iluminados com luz ultravioleta de 365nm (APHA *et al.*, 1995). O cálculo do NMP foi feito utilizando-se tabelas estatísticas apropriadas (SILVA *et al.*, 1997).

#### 4.7 – Análise parasitológica

A presença de ovos de helmintos foi analisada na água residuária, no solo e na alface.

#### 4.7.1 – Na água

Os 10 litros de amostras eram transferidos para baldes de 14 litros; após a adição de 10ml de formaldeído, as amostras eram deixadas 24 horas em repouso (Konig *et al.*, 2001) para posterior retirada do sobrenadante por sifonamento. O material decantado era submetido a análise laboratorial, seguindo-se as recomendações do método de Bailinger modificado (WHO, 1989). A análise foi feita em triplicata e contados todos os ovos existentes no retículo da câmara de McMaster.

#### 4.7.2 – Na alface

As folhas de alface foram lavadas com água da torneira com Tween 80%; essa água foi colocada em repouso durante 24 horas (Konig *et al.*, 2001); em seguida, o sobrenadante foi cuidadosamente sifonado e o material decantado foi analisado pelo método de Bailinger modificado (WHO, 1989). A análise se deu em triplicata e se contaram todos os ovos existentes no retículo quadriculado da câmara de McMaster.

#### 4.7.3 – No solo

As amostras de solo das 16 parcelas foram homogeneizadas nos sacos plásticos de coleta e de cada uma delas se retirou uma alíquota, para determinação dos sólidos totais (secagem a 105°C) e 25g para a análise parasitológica. A esta quantidade de solo foram adicionados 225mL de uma solução Tween 80%; cada amostra foi submetida ao método descrito por Yanko (1987) citado por Soccol *et al.* (2000). Para quantificação de ovos de helmintos no solo, utilizou-se a equação 4.2:

$$Z = X \frac{V_f}{0,3ml.ST} \quad (2)$$

Em que:

Z - número de ovos por grama de solo seco

V<sub>f</sub> - volume final em mL



X - número de ovos contados nos dois retículos (0,3mL) da câmara de MacMaster

ST – quantidade, em grama, de sólidos presentes na amostra de solo

#### 4.8 – Parâmetros físicos da alface

As variáveis de crescimento da hortaliça foram quantificadas no final de cada ciclo de cultivo, após 41 e 38 dias, para os 1º e 2º ciclos, respectivamente. Antes da retirada dos pés de alface, foram medidas a altura e o diâmetro de cada planta, com régua (Figura 4.8); em seguida e com auxílio de uma pá, retiraram-se todos os 14 pés de alface da área útil de todas as parcelas experimentais. Após a retirada das plantas fez-se uma lavagem para remover o solo e só então se procedeu à contagem do número de folhas, medição do comprimento e diâmetro da raiz (com paquímetro plástico, Figura 4.10) e a pesagem (Figura 4.9), em balança digital Fillizola, da parte aérea e da raiz, separadamente. As folhas e as raízes foram encaminhadas ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, Areia, PB, para análises do material vegetal.

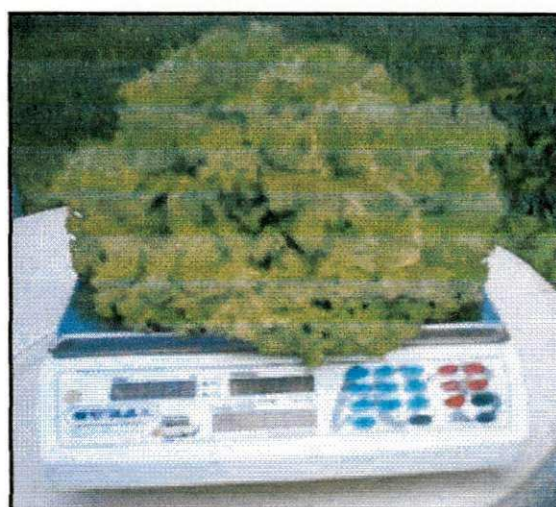
##### 4.8.1 – Produtividade

A produtividade é um parâmetro utilizado na agricultura para determinar a produção por área útil por tempo. A pesagem da biomassa de parte aérea (folhas) para a estimativa da produtividade das quatro repetições de cada um dos tratamentos experimentais, foi realizada com auxílio de uma balança Fillizola, no final dos dois ciclos de cultivo, e expressa em  $\text{kg/m}^2$  com base na área útil de cada parcela ( $2,25\text{m}^2$ ), de acordo com a equação 4.3.

$$\text{produtividade por ciclo (Kg/m}^2\text{)} = \frac{\text{pesodasfolhas(g)}}{\text{áreautil(m}^2\text{)}} \quad (3)$$



**Figura 4.8** – Medições da altura e diâmetro da alface (*Lactuca sativa L.*) após cada ciclo de cultivo Campina Grande, PB



**Figura 4.9** – Pesagem da parte aérea da alface (*Lactuca sativa L.*) após cada ciclo de cultivo Campina Grande, PB



**Figura 4.10** – Medição do diâmetro da raiz da alface (*Lactuca sativa L.*) após cada ciclo de cultivo Campina Grande, PB

#### 4.8.2 – Matéria seca e material orgânico

No final de cada ciclo de cultivo coletava-se cerca de 1 kg da parte aérea da hortaliça para determinação de matéria seca. O material era pesado e colocado em sacos de papel perfurados e pré-pesados; em seguida, eram encaminhados para secagem em estufa marca BLUE M Electric Company, de ventilação forçada, a 60°C, durante 24 horas; após o período de secagem, o material permanecia na estufa cerca de 12 horas, para então se proceder à determinação do peso seco. O material orgânico foi determinado em amostras secas e moído, encaminhado ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, Areia, PB.

#### 4.9 – Análises químicas do material vegetal

As análises foram realizadas no término de cada ciclo de crescimento da hortaliça. As variáveis avaliadas e as metodologias empregadas, estão apresentadas na Tabela 4.5.

**Tabela 4.5** – Variáveis químicas (macronutrientes, micronutrientes e metais pesados) em folhas de alface e na raiz em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003

Parâmetros	Métodos <sup>(1)</sup>
Nitrogênio (g/kg)	Digestão por H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> com mistura de digestão
Fósforo (g/kg)	Espectrofotometria de chama
Potássio (g/kg)	Fotometria de chama
Cálcio (g/kg)	Espectrofotometria de absorção
Magnésio (g/kg)	Espectrofotometria de absorção
Enxofre (g/kg)	Fotômetro de absorção
Boro (mg/kg)	Espectrofotometria de absorção
Ferro (mg/kg)	Fotômetro de absorção
Cobre (mg/kg)	Fotômetro de absorção
Manganês (mg/kg)	Fotômetro de absorção
Zinco (mg/kg)	Fotômetro de absorção
Sódio (mg/kg)	Fotômetro de absorção
Cádmio (mg/l)	Espectrofotometria de absorção
Níquel (mg/l)	Espectrofotometria de absorção
Chumbo (mg/l)	Espectrofotometria de absorção

<sup>(1)</sup> As análises seguiram as recomendações de Tedesco (1995)

#### 4.10 – Análises químicas e físicas do solo

No término de cada ciclo de cultivo realizaram-se análises de solo para fertilidade (Tabela 4.6), salinidade (Tabela 4.7), metais pesados (Tabela 4.8) e características físicas (Tabela 4.9).

**Tabela 4.6** – Variáveis químicas do solo (fertilidade) em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003

Parâmetros	Métodos <sup>(1)</sup>
Cálcio (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Titulometria
Magnésio (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Titulometria
Sódio (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Espectrofotometria de chama
Potássio (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Espectrofotometria de chama
Soma de bases (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	-
Hidrogênio (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Titulometria
Alumínio (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Titulometria
CTC (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	-
Matéria orgânica (g/kg)	Oxidação com Dicromato de Potássio
Fósforo assimilável (mg de P/dm <sup>3</sup> )	Espectrofotometria
pH H <sub>2</sub> O (1:2.5)	Potenciometria

<sup>(1)</sup> As análises seguiram as recomendações da EMBRAPA (1979)

**Tabela 4.7** – Variáveis químicas do solo (salinidade) em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003

Parâmetros	Métodos <sup>(1)</sup>
pH (extrato de saturação)	Potenciometria
Condutividade Elétrica (dS/m)	Resistência elétrica
Cloretos (mmol <sub>c</sub> /l)	Titulometria
Carbonato (mmol <sub>c</sub> /l)	Acidimetria com H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Bicarbonato (mmol <sub>c</sub> /l)	Acidimetria com H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Sulfato (mmol <sub>c</sub> /l)	Espectrofotometria
Cálcio (mmol <sub>c</sub> /l)	Titulometria
Magnésio (mmol <sub>c</sub> /l)	Titulometria
Potássio (mmol <sub>c</sub> /l)	Espectrofotometria de chama
Sódio (mmol <sub>c</sub> /l)	Espectrofotometria de chama
Percentagem de saturação	-
Relação de adsorção de Sódio - RAS	-
PSI	-

<sup>(1)</sup> As análises seguiram as recomendações da EMBRAPA (1979)

**Tabela 4.8** – Variáveis químicas do solo (metais pesados) em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003

Parâmetros	Método <sup>(1)</sup>
Boro (mg/kg)	Espectrofotometria UV-VIS com curcumina
Ferro (mg/kg)	Espectrofotometria de absorção atômica
Cobre (mg/kg)	Espectrofotometria de absorção atômica
Manganês (mg/kg)	Espectrofotometria de absorção atômica
Zinco (mg/kg)	Espectrofotometria de absorção atômica
Cádmio (mg/l)	Espectrofotometria de absorção atômica
Níquel (mg/l)	Espectrofotometria de absorção atômica
Chumbo (mg/l)	Espectrofotometria de absorção atômica

<sup>(1)</sup> As análises seguiram as recomendações da EMBRAPA (1979)

**Tabela 4.9** – Variáveis físicas do solo em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período de julho – novembro/2003

Parâmetros	Métodos <sup>(1)</sup>
Granulometria (g/kg) - areia fina, areia grossa, silte e argila	Hidrômetro
Argila dispersa (g/kg)	Densimetria
Grau de floculação (g/kg)	Estimada com base nos valores de argila total e natural
Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	Torrão parafinado
Densidade de partícula (g/cm <sup>3</sup> )	Água destilada para medir o volume deslocado por massa conhecida de solo num balão volumétrico de 250mL
Porosidade total (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Estimada a partir dos valores das densidades do solo e de partículas
Umidade MPA (g/kg)	Tensões de 0,033 e 1,5 MPa usando-se placas porosas e câmara de pressão
Água disponível (g/kg)	Diferença dos teores de água retida nas amostras nas tensões de 0,033 e 1,5 MPa

<sup>(1)</sup> As análises seguiram as recomendações da EMBRAPA (1979)

#### 4.11 – Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos a análises estatísticas, utilizando-se o programa ESTAT – Sistemas de Análises Estatísticas, versão 2.0, UNESP, e o SISVAR, versão 4.6 (Build 6,0) da Universidade Federal de Lavras, MG.

Para saber se os tratamentos causaram ou não diferenças significativas na produção da alface, aplicaram-se análises de variância e testes de significância (teste de Tukey e teste F).

5.0 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Variáveis Climatológicas

Apresentam-se, na Figura 5.1, os dados pluviométricos diários do município de Campina Grande, PB (EMBRAPA, 2003), observados durante os dois ciclos de cultivo da alface (*Lactuca sativa*, L); no primeiro ciclo (22/07 – 01/09/03), com 41 dias de duração, a precipitação acumulada foi de 68,4mm e, no segundo (01/10 – 07/11/03) com 38 dias, o total da precipitação foi de 8,8mm. Cada cultura tem suas necessidades hídricas particulares a serem satisfeitas para proporcionar o crescimento e a produtividade máxima. As precipitações ocorridas no 1º ciclo foram as mais adequadas para o desenvolvimento da hortaliça, diminuindo a necessidade da irrigação além de garantir maior umidade relativa do ar e menor evaporação, fatores adequados para o bom desenvolvimento da alface (AZEVEDO *et al.*, 1997).

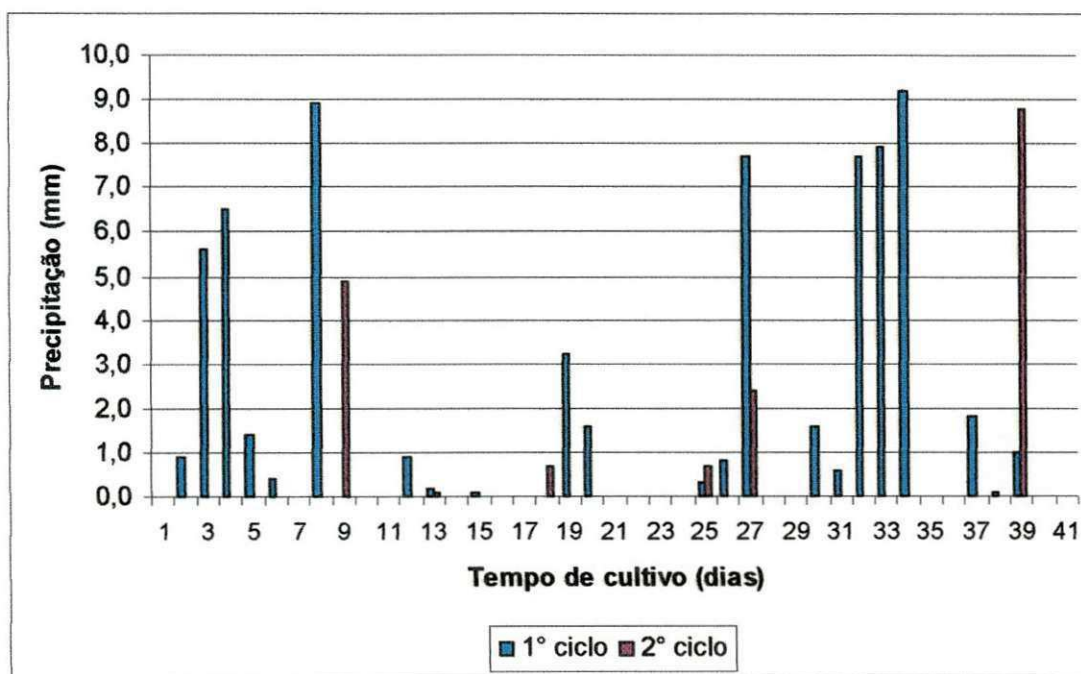


Figura 5.1 – Variação da precipitação pluvial (mm), nos dois ciclos de cultivo da alface (*Lactuca sativa*, L) em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

A Figura 5.2 apresenta os valores diários de temperatura do ar. No período do 1º ciclo, as temperaturas variaram entre 20,3 e 23,5°C e, no segundo, entre 20,7 e 24,2°C. A alface é hortaliça de inverno, capaz até de resistir a geadas leves e a baixa temperatura noturna é mais importante que a diurna, para uma boa produção (BLANCO *et al.*, 1999). O

fotoperíodo, ou comprimento do dia iluminado, é imprescindível para o bom desenvolvimento da planta. A alface exige dias curtos, no seu crescimento vegetativo, enquanto em dias longos as exigências hídricas são maiores para a segunda fase do seu desenvolvimento, ou seja, para emitir o pendão floral e as inflorescências.

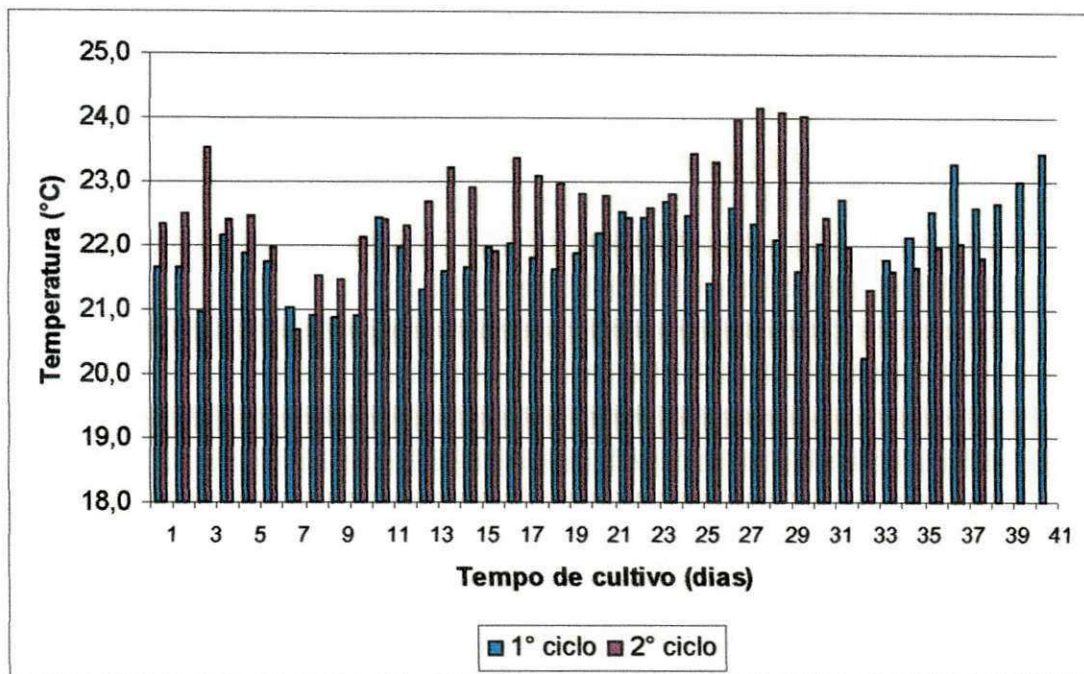


Figura 5.2 – Variação da temperatura do ar (°C), nos dois ciclos de cultivo da alface (*Lactuca sativa*, L.) em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

## 5.2 – Características da água de abastecimento na irrigação da alface

A Tabela 5.1 mostra as características químicas e físicas da água de abastecimento utilizada na irrigação da alface nos ciclos de cultivo. Segundo Gheyi *et al.* (1999), a avaliação da água de irrigação é indispensável para se conhecer melhor seus efeitos nas propriedades do solo, além de permitir escolher o melhor tipo de cultura a ser explorada. As principais variáveis consideradas na avaliação da qualidade da água para a irrigação, são CE (condutividade elétrica), RAS (Relação de Adsorção de Sódio) e concentrações de íons fitotóxicos (sódio, cloretos). A alface é uma cultura muito exigente quanto à qualidade da água para irrigação (AGUIAR, 2001), sendo oportuno, para sua irrigação, águas da classe 1 (CONAMA Resolução n° 357, de 17 de março de 2005), fator que influi decisivamente na qualidade e produtividade da cultura. A quantidade de água aplicada deve manter sempre bom teor de umidade sem, no entanto, provocar encharcamento do solo.

A temperatura registrada na água de abastecimento foi associada ao seu armazenamento e ao horário da coleta, variando entre 28 a 30°C. Pela necessidade da cultura e pelas características climáticas da região (elevada insolação), a irrigação era feita duas vezes por dia: pela manhã, quando a temperatura da água é geralmente menor, ajudando a manter o solo umedecido por mais tempo e à tarde se fazia mais uma irrigação, para garantir as necessidades hídricas da alface. O pH se manteve dentro da normalidade destinada à irrigação, variando entre 6,8 a 8,4. Com relação aos íons presentes na água, destacam-se os mais importantes, como o cloreto, o sódio e o cálcio, cujas concentrações tóxicas são 142 e 355mg/L, 69 e 207mg/L e, para o cálcio, acima de 400mg/L, respectivamente (AYRES e WESTCOT, 1999) que causam problemas de toxicidade às plantas, quando presentes em excesso na águas de irrigação ou no solo, pois são absorvidos e acumulados nos tecidos, em concentrações suficientemente altas para provocar danos e reduzir o rendimento. Neste trabalho, os valores desses íons não excederam as concentrações consideradas tóxicas, visto que a concentração de cloretos variou entre 173 e 275 mgCl<sup>-</sup>/L e, apesar de estar mais alta que a recomendada, não afetou a cultura irrigada. Segundo Ayres & Westcot (1999), os valores de cálcio (0 a 400mg/L), magnésio (0 a 60mg/L) e potássio (0 a 78mg/L) nas águas de irrigação, são bastante variáveis. No caso da água de abastecimento utilizada, os valores encontrados enquadravam dentro dos limites aceitáveis: cálcio (34 e 40mg/L) e magnésio (11 e 31mg/L). A água de abastecimento apresentou baixo nível de salinidade (<0,5dS/cm), classificando-a na categoria C<sub>2</sub>, de acordo com os limites sugeridos por Richards (1954). A alface, por se tratar de uma cultura moderadamente sensível aos sais da água, pode ser irrigada sem perigo, com águas de condutividade até <2,0dS/cm.

A água de abastecimento utilizada é adequada, segundo a Resolução do CONAMA nº 357/05 (de 17 de março de 2005), para a irrigação de hortaliças a serem consumidas cruas, sem remoção de película, em termos de coliformes termotolerantes; assim essa água apresentou valores dentro dos padrões vigentes incluindo-se os microbiológicos, não se evidenciando qualquer tipo de problema, seja para a cultura ou para o solo irrigado.



Tabela 5.1 – Valores das variáveis físicas e químicas e microbiológicas da água de abastecimento usada na irrigação de alface (*Lactuca sativa L.*) no período de jul-nov/03 em experimento realizado em Campina Grande, PB

Parâmetros	1º ciclo	2º ciclo
Hora da coleta	17:00h	17:00h
Temperatura da amostra (°C)	28	30
CE (dS/cm)	0,45	0,48
pH	7,6	6,6
Cálcio (mgCa <sup>2+</sup> /L)	34	40
Magnésio (mgMg <sup>2+</sup> /L)	11	31
Cloretos (mgCl <sup>-</sup> /L)	173	275
Carbonatos (mg/L)	0	0
Bicarbonatos (mg/L)	116	177
Amônia (mgN-NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> /L)	0,0	1,1
Nitrato (mg/L)	0,1	0,1
Fósforo total (mgP/L)	1,0	1,1
Ortofosfato solúvel (mgP-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /L)	0,2	0,1
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	0,0E+00	0,0E+00
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	0,0E+00	0,0E+00

### 5.3 – Características físicas e químicas do efluente final da ETE, utilizado na irrigação da alface

Apresentam-se, na Tabela 5.2, as características químicas e físicas da água residuária aplicada no cultivo da hortaliça. O valor do pH estava dentro do limite recomendado para o uso agrícola (de 6,0 a 8,5) e seus efeitos sobre o crescimento de plantas são, na maioria das vezes, indiretos como, por exemplo, o efeito tóxico dos metais pesados (PAGANINNI, 1997). A água residuária apresentou elevada condutividade elétrica (entre 1,5 e 1,68 dS/cm) e concentração de cloretos (de 251 a 348 mg/l) e sódio (334 e 214 mg/l), relacionados com a incorporação desses sais oriundos dos detergentes, sabões, fezes humanas etc. Segundo Laraque (1991), o sódio se torna perigoso em concentrações entre 69 e 207 mgNa<sup>+</sup>/L e muito problemático acima de 207mgNa<sup>+</sup>/L, devido aos efeitos que este ion pode causar nas plantas, como queimadura nas folhas. Apesar dos elevados teores de sódio no efluente da lagoa não se constatou qualquer consequência de sua aplicação na cultura da alface. A presença desse ion se relacionou ao uso de detergentes sintéticos e sabões em pó, muitos deles à base de sais de sódio, como silicato, carbonato, sulfato (DACACH, 1991); também foram detectados valores elevados das concentrações de Ca<sup>++</sup> (38 e 28mg/L), K<sup>+</sup>(27 e 125mg/L), Mg<sup>++</sup> (30 e 43mg/L) e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (433 e 381mg/L)e, mesmo que essas concentrações estejam dentro dos limites tolerados pela cultura, deve-se ter cuidado com a contínua utilização de águas

residuárias, para evitar problemas com a salinização dos solos (MOLLE & CADIER, 1992; BASTOS, 2003).

A alface é uma hortaliça moderadamente sensível à salinidade, cujo rendimento potencial é alcançado quando a condutividade elétrica do extrato saturado do solo atinge o valor limiar de 1,3dS/m, com redução de 13% do rendimento por aumento unitário de salinidade acima do valor limite (Maas, 1984; Maas & Hoffman, 1977 apud Ayres & Westcot, 1991).

Os sólidos totais dissolvidos em águas de irrigação, cujos valores estejam entre 500 e 1500 mg/L, são considerados de salinidade muito alta e podem afetar plantas sensíveis (PAGANINI, 1997). Apesar da alface ser reconhecida como cultura moderadamente sensível aos sais do solo, não foi detectado nenhum efeito prejudicial aparente ao seu desenvolvimento após recebimento de água com elevado conteúdo de sais dissolvidos. A quantificação da matéria orgânica presente no efluente final, expressa como DBO<sub>5</sub> é importante para avaliar o conteúdo da matéria orgânica biodegradável da água de irrigação. A DBO da água residuária utilizada variou entre 27 e 35mg/L, valor este atribuído sobretudo à presença de algas que, além de contribuírem para o aumento da matéria orgânica no solo e favorecerem a retenção de umidade e a formação de agregados, são também consideradas fertilizantes de liberação lenta. À medida que são mineralizadas pela atividade microbiana nos diversos ciclos biológicos de degradação e biosíntese no solo, liberam micro e macronutrientes que são prontamente disponibilizados às plantas. Quando utilizadas na agricultura, as águas residuárias tratadas exercem forte influência no solo, podendo melhorar seu poder fertilizante (BRADY, 1989).

Os nutrientes de maior interesse nas águas residuárias, quando destinadas à irrigação, são o fósforo, o nitrogênio, o potássio, o zinco, o boro e o enxofre. Na alface, a carência de fósforo resulta no retardo do crescimento, na má formação da cabeça, folhas de coloração verde-opaco, sendo que as mais velhas apresentam clorose (MALAVOLTA, 1976). As concentrações da amônia (44,1 – 60,7mg/L), nitrato (0,25 - 1,5mg/L), fósforo total (6,5 – 7,9mg/L), ortofósforo solúvel (4,0 – 4,6mg/L) e potássio (27,0 – 125,5mg/L) nessa água residuária, foram elevadas e atenderam, se não toda, pelo menos boa parte das necessidades nutricionais da cultura da alface e, segundo (PAGANINI, 1997), da maioria das culturas, fato este considerado uma das grandes vantagens de sua utilização na atividade agrícola.

O efluente utilizado apresentou concentrações elevadas de coliformes termotolerantes e *E. coli*, bem acima dos níveis recomendados pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 1989) para irrigação irrestrita, a qual recomenda, para culturas de hortaliças, o limite de

1000UFC/100mL e o parasitológico de  $\leq 1$  ovo de helmintos/L no efluente da ETE. O efluente final não continha ovos de helmintos, indicando que as lagoas de estabilização são eficientes em remover 100% dos ovos desses nematóides intestinais, o que é facilitado pela permanência prolongada dos esgotos no sistema de tratamento. O TDH superior a 15 dias garante a sedimentação desses ovos nos reatores (SILVA, 1982; CEBALLOS, 2000; LEON & CAVALLINI, 1996), garantindo um efluente isento de ovos de helmintos, segundo as avaliações com as técnicas atualmente disponíveis.

Tabela 5.2 – Valores das variáveis físicas, químicas, microbiológicas e parasitológicas da água residuária usada na irrigação de alface (*Lactuca sativa L.*) no período de jul-nov/03, em experimento realizado em Campina Grande, PB

Parâmetros	1º ciclo	2º ciclo
Hora da coleta	Média (7 e 17h)	Média (7 e 17h)
Temperatura da amostra (°C)	23	24
pH	7,19	7,08
Turbidez (NTU)	11	30
CE (dS/cm)	1,50	1,68
Cálcio (mgCa <sup>2+</sup> /L)	38	28
Magnésio (mgMg <sup>2+</sup> /L)	30	43
Cloretos (mgCl <sup>-</sup> /L)	251	348
Carbonatos (mg/L)	0	0
Bicarbonatos (mg/L)	433	381
OD (mg/L)	0,6	0,9
DBO (mgO <sub>2</sub> /L)	27	35
Sólidos totais fixos (mg/L)	762	997
Sólidos suspensos (mg/L)	39	226
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	723	771
Sódio (mgNa/L)	334	214
Potássio (mgK <sup>+</sup> /L)	27	125,5
Amônia (mgN-NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> /L)	44,1	60,7
Nitrato (mg/L)	1,5	0,25
Fósforo total (mgP/L)	6,5	7,85
Ortofosfato solúvel (mgP-PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /L)	4,0	4,55
Clorofila "a" (ug/L)	70	89
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	1,00E+06	1,00E+06
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	8,7E+05	1,6E+05
Helmintos (nº ovo/L)	0	0

#### 5.4 – Características físicas e químicas do solo utilizado nos experimentos

Os valores médios das variáveis químicas e físicas analisadas no solo, são apresentados na Tabela 5.3.

**Tabela 5.3** – Valores médios das variáveis químicas e físicas do solo, após os 1º e 2º ciclos de cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período jul – nov/03

	1º ciclo				2º ciclo			
<b>Fertilidade do solo</b>								
Tratamentos	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E
Fósforo assimilável (g/kg)	11,43	76,18	18,79	94,41	10,50	121,07	16,93	225,50
Potássio (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	121,30	483,00	136,75	559,25	117,50	659,5	127,25	820,00
Sódio (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,34	0,44	0,45	0,50	0,45	0,53	0,92	1,06
Alumínio (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,28	0,29	1,42	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00
Hidrogênio (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cálcio (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	3,18	4,18	3,43	4,45	3,13	4,68	3,23	4,45
Magnésio (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,33	2,68	1,95	2,40	1,33	0,93	1,48	1,23
CTC (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	7,43	8,09	7,60	8,65	5,31	7,82	5,95	8,84
Soma de bases (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	6,15	7,80	6,18	8,38	5,31	7,82	5,95	8,84
Matéria orgânica (g/kg)	9,37	17,31	15,61	21,52	12,91	22,05	14,09	27,04
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	6,2	7,0	6,3	7,1	6,3	7,2	6,4	7,3
<b>Salinidade do solo</b>								
Tratamentos	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E
pH (extrato saturado)	8,04	7,66	8,01	7,58	7,58	8,05	7,30	8,20
Cálcio (mmol/l)	4,06	3,61	4,88	4,19	4,73	7,53	5,90	7,35
Magnésio (mmol/l)	4,12	2,46	8,62	3,72	4,41	7,50	5,65	8,67
Sódio (mmol/l)	15,20	5,11	10,16	9,29	9,61	3,09	17,72	23,75
Potássio (mmol/l)	1,94	0,15	3,42	0,15	2,98	9,61	7,31	17,18
Carbonato (mmol/l)	1,04	0,66	1,13	0,00	0,53	2,51	0,30	4,33
Bicarbonato (mmol/l)	15,23	7,31	16,50	3,19	1,63	7,87	2,71	8,68
Cloreto (mmol/l)	25,46	9,94	17,19	18,63	13,95	28,22	22,55	30,63
Sulfato (mmol/l)	0,82	1,85	1,29	1,72	0,29	1,07	0,21	1,26
C E (dS/cm)	2,79	1,37	2,14	1,86	1,94	3,29	3,10	4,86
RAS	7,75	2,96	4,36	4,85	4,35	1,10	7,82	8,25
PSI	8,88	3,04	5,33	5,72	4,88	2,53	9,31	9,46
<b>Micronutrientes do solo</b>								
Tratamentos	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E
Boro (mg/kg)	0,33	0,32	0,15	0,48	0,11	0,47	0,13	0,25
Ferro (mg/kg)	16,16	13,67	14,81	13,89	14,92	12,75	14,05	12,45
Cobre (mg/kg)	1,68	1,30	1,58	0,60	0,34	0,24	0,45	0,16
Manganês (mg/kg)	33,12	35,12	32,46	43,67	12,30	5,05	14,86	3,99
Zinco (mg/kg)	6,99	5,74	9,90	6,20	1,84	6,77	3,47	8,06
<b>Metais pesados do solo</b>								
Tratamentos	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E
Cádmio (mg/l)	0,06	0,01	0,18	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Níquel (mg/l)	0,83	0,38	1,40	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00
Chumbo (mg/l)	0,26	0,00	0,00	0,00	2,68	5,16	5,31	4,88
<b>Características Físicas do solo</b>								
Tratamentos	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E
Granulometria (g/kg)								
Areia grossa	326,75	286,75	294,00	325,50	315,25	297,25	347,00	344,50
Areia fina	416,75	454,25	443,50	409,75	436,50	433,00	384,50	404,25
Silte	127,75	134,26	139,75	135,00	133,25	156,75	153,25	130,00
Argila	128,75	124,75	122,75	129,75	90,00	113,00	115,25	121,25
Argila dispersa (g/kg)	44,25	22,25	31,50	31,75	66,25	70,50	89,25	54,25
Grau de flocculação (g/kg)	657,25	829,50	745,75	755,25	423,50	340,25	224,50	553,50
Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	1,31	1,25	1,31	1,26	1,29	1,18	1,22	1,15
Dens. de partícula (g/cm <sup>3</sup> )	2,66	2,64	2,67	2,63	2,62	2,58	2,65	2,60
Porosidade total (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0,51	0,52	0,50	0,52	0,51	0,54	0,53	0,55
Umidade MPA 0,01 (g/kg)	158,00	170,50	167,50	175,00	154,00	171,00	149,25	162,50
Umidade MPA 1,50 (g/kg)	44,75	64,00	46,50	65,25	38,25	59,75	45,25	57,00
Água disponível (g/kg)	113,25	106,50	121,00	109,75	115,75	111,25	104,00	105,50

#### 5.4.1 – Fertilidade

Com análise de fertilidade do solo no término de cada ciclo de cultivo, objetivo-se avaliar o efeito da fertirrigação com água residuária e da aplicação de adubo orgânico sobre as variáveis que a compõem.

Os resultados (Tabela 5.3) mostraram que a aplicação de água residuária e a adição de adubo orgânico elevaram, nos diferentes tratamentos, as concentrações de fósforo assimilável, potássio, cálcio, CTC, soma de bases e matéria orgânica, na seqüência AR C/E > AB C/E > AR S/E > AB S/E, após o 1º ciclo de cultivo. Após o segundo ciclo de cultivo, esta seqüência foi observada para os parâmetros fósforo assimilável, CTC, soma de bases e matéria orgânica. Essas variáveis foram comuns nos dois ciclos experimentais na seqüência: AR C/E > AB C/E > AR S/E > AB S/E. O aumento do fósforo assimilável observado está relacionado ao fato de que grande parte deste elemento do solo é mantido em combinações orgânicas e, mediante ação dos microrganismos, esses compostos são mineralizados e transformados em inorgânicos, influenciando na concentração final desta variável (BRADY, 1989). A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) é a quantidade de cátions que um solo é capaz de reter por peso de solo (RAIJ, 1991). Os tratamentos que receberam a adubação via adubo orgânico, apresentaram aumento na CTC mas o tratamento AR C/E (no final de segundo ciclo) foi o tratamento que apresentou maior incremento nesta propriedade, como previsto. Conforme Kiehl (1985), o húmus apresenta elevada CTC e, sendo assim, fontes de matéria orgânica são responsáveis pela CTC do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira (1998), utilizando vermicomposto como matéria orgânica no cultivo da alface, com o aumento de CTC no solo de todos os tratamentos, após a colheita. O aumento da matéria orgânica nas parcelas adubadas com estrume era esperado, sendo influenciada pela adição antes do plantio e da contribuição da carga de matéria orgânica, via água residuária. A matéria orgânica funciona como “granulador” ou agregador das partículas minerais do solo e sua presença confere, ao solo um aspecto frouxo e, um fácil manuseio dos solos produtivos (BRADY, 1989); e ainda é responsável pela fonte de importantes elementos minerais como o fósforo, enxofre e nitrogênio, além de influenciar nas condições físicas do solo, devido ao aumento do volume de água que um solo poderá absorver e disponibilizar para o crescimento vegetal. Em virtude do alto custo de fertilizantes químicos, tem-se cultivado hortaliças com adubos orgânicos de várias origens, visando não só à melhoria das propriedades físicas e

químicas do solo (COSTA, 1994) mas, também, à redução das quantidades de adubos químicos aplicados (RICCI *et al*, 1994), favorecendo a máxima produção da alface.

Após cada ciclo de cultivo, o valor do pH (Tabela 5.3) foi mais elevado nas parcelas adubadas com estrume bovino (entre 7,0 e 7,3), em relação aos tratamentos que não receberam adubação, sob as mesmas condições de irrigação e manejo. Valores de pH entre 6,0 e 7,0 aumentam a disponibilidade de fósforo para os vegetais em virtude da sua baixa fixação no solo. Segundo Brady (1989), valores de pH do solo próximos ao neutro favorecem a produtividade de culturas leguminosas, tais como a alface.

Os valores de magnésio no solo diminuíram do primeiro ao segundo ciclo e foram associados à utilização deste elemento pela planta para síntese da molécula da clorofila. Ocorreu aumento nas concentrações de sódio no solo, ao término dos dois ciclos, para todos os tratamentos. Apesar dos efeitos negativos deste elemento no solo, em que se destaca a redução da capacidade de percolação da água proporcionando a dispersão da argila, a cultura não foi afetada por ela, haja vista que o sódio no solo exerce pouco ou nenhum efeito sobre o crescimento da alface (MALAVOLTA, 1976).

A análise estatística envolvendo os resultados dos dois ciclos de cultivo (Tabela 5.4) mostrou haver diferença estatística significativa com a irrigação dos dois tipos de água (abastecimento e residuária), influenciando as variáveis fósforo assimilável (5%), sódio (1%), soma de bases (5%), CTC (5%) cujos maiores valores foram observados quando se irrigou com água residuária (Tabela 5.5), evidenciando a contribuição desta água no aumento do fósforo assimilável no solo e sua utilidade como substituto de fertilizantes inorgânicos para o aumento da produtividade, porém o aumento do sódio no solo, após o período de 80 dias (tempo total de duração dos dois ciclos de cultivo) já indicaria seu acúmulo no solo. Quando se analisou a influência da adição de adubo orgânico (estrume bovino), houve significância estatística em nível de 1% de probabilidade para as variáveis fósforo assimilável, potássio, alumínio, cálcio, soma de bases, CTC e matéria orgânica. O aumento dessas variáveis foi relacionado com o acúmulo de nutrientes no solo, oriundos da adubação e do metabolismo edáfico, pois ao término de cada ciclo de cultivo havia adição de estrume bovino. Com exceção do alumínio, a adição do estrume bovino elevou os valores das variáveis citadas após cada ciclo de cultivo (Tabela 5.5). Quando se analisa a influência da época de cultivo sobre as variáveis que compõem a fertilidade do solo, observa-se significância em nível de 1% para o fósforo assimilável, sódio, alumínio, magnésio e CTC. Os maiores valores ocorreram, no

primeiro ciclo, para alumínio, magnésio e CTC e, no segundo, para fósforo assimilável e sódio.

Quando se avaliam as interações entre os fatores estudados, nota-se significância na interação “tipos de água x ciclos de cultivo” para as variáveis sódio (1%) e magnésio (5%) (Tabela 5.4). No desdobramento dessa interação para sódio (Tabela 5.6), ocorreu efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para a água residuária e no segundo ciclo (Tabela 5.7). Nesta interação foi notório o efeito significativo em nível de 1% de probabilidade sobre o magnésio do solo, com os maiores valores no 1º ciclo (Tabela 5.7), independente do tipo de água utilizada na irrigação.

Para a interação “estume bovino x ciclos de cultivo”, houve significância em nível de 1% para fósforo assimilável, alumínio, magnésio e CTC (Tabela 5.4). No desdobramento dessa interação (Tabela 5.8), todas as variáveis apresentaram significância estatística no primeiro ciclo com os maiores valores nos tratamentos com estume (fósforo assimilável, magnésio e CTC), com exceção do alumínio, que ocorreu nos tratamentos sem estume (Tabela 5.9). No segundo ciclo, houve significância para o fósforo assimilável e CTC (Tabela 5.8), nos tratamentos sem estume bovino. Nessa interação e nas parcelas sem estume, o efeito significativo foi para as variáveis alumínio, magnésio e CTC, com os maiores valores no 1º ciclo. Nas parcelas que receberam adubação orgânica a significância estatística (1%) foi para as variáveis fósforo assimilável, alumínio e magnésio, com os maiores valores de alumínio e magnésio no 1º ciclo e fósforo assimilável no 2º ciclo.

**Tabela 5.4** – Resumo da análise de variância para as variáveis que compõem a **fertilidade do solo**, fósforo, potássio, sódio, hidrogênio e alumínio trocáveis, cálcio, magnésio, soma de base (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e matéria orgânica (M.O.) em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclo de cultivo (T) da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio								
		P <sup>2</sup> (mgP/dm <sup>3</sup> )	K <sup>1</sup> (mgK/dm <sup>3</sup> )	Na <sup>1</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	H+Al <sup>2</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	SB	CTC	M.O. (g/dm <sup>3</sup> )
Tipo de água (TA)	1	21,90*	17,79ns	0,28**	0,00ns	0,08ns	0,02ns	2,59*	2,86*	0,00ns
Adubação (E)	1	387,03**	1465,31**	0,03ns	0,33**	11,52**	0,01ns	42,74**	25,21**	0,27**
Ciclo (T)	1	32,47**	29,24ns	0,29**	0,87**	0,03ns	9,68**	0,18ns	7,45**	0,08ns
TA x E	1	4,80ns	6,17ns	0,00ns	0,00ns	0,04ns	0,03ns	0,45ns	0,31ns	0,06ns
TA x T	1	4,38ns	0,49ns	0,12**	0,00ns	0,21ns	0,61*	0,55ns	0,43ns	0,06ns
E x T	1	38,92**	36,98ns	0,00ns	0,33**	0,28ns	1,05**	1,19ns	6,79**	0,01ns
TA x E x T	1	4,65ns	1,41ns	0,00ns	0,00ns	0,06ns	0,00ns	0,02ns	0,00ns	0,01ns
Resíduo	24	4,44	9,97	0,01	0,01	0,09	0,10	0,59	0,65	0,04
CV (%)		28,67	17,60	15,71	4,94	7,68	17,75	10,89	10,82	15,76

(\* ) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\* ) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{X + 1}$ ; <sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{X}$

**Tabela 5.5** – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclo de cultivo (T) para as variáveis que compõem a **fertilidade do solo** fósforo assimilável, potássio, sódio, hidrogênio e alumínio trocáveis, cálcio, magnésio, soma de bases (SB), capacidade de troca iônica (CTC) e matéria orgânica (M.O.) do solo em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclo de cultivo (T) da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	P <sup>2</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	K <sup>1</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	Na <sup>1</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	H+Al <sup>2</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	SB	CTC	M.O. (g/dm <sup>3</sup> )
<b>Tipo de água (TA)</b>									
AB	6,53a	17,19a	0,65a	1,16a	3,79a	1,81a	6,77a	7,16a	1,18a
AR	8,18b	18,69a	0,83b	1,17a	3,89a	1,76a	7,33b	7,76b	1,20a
dms	1,54	2,3	0,09	0,04	0,22	0,23	0,56	0,59	0,14
<b>Adubação (E)</b>									
S/E	3,88a	11,18a	0,71a	1,27a	3,24a	1,77a	5,90a	6,57a	1,09a
C/E	10,83b	24,71b	0,77a	1,06b	4,44b	1,81a	8,21b	8,35b	1,28b
dms	1,54	2,3	0,09	0,04	0,22	0,23	0,56	0,59	0,14
<b>Ciclo (T)</b>									
1º ciclo	6,35a	16,99a	0,65a	1,33a	3,81a	2,34a	7,13a	7,94a	1,14a
2º ciclo	8,36b	18,90a	0,84b	1,00b	3,87a	1,24b	6,98a	6,98b	1,24a
dms	1,54	2,3	0,09	0,04	0,22	0,23	0,56	0,59	0,14

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{X + 1}$ ; <sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{X}$



**Tabela 5.6** – Desdobramento da interação entre tipo de água (TA) e ciclo de cultivo (T) para as variáveis que compõem **fertilidade do solo** sódio e magnésio em função dos fatores tipo de água (TA) e ciclos de cultivo (T) no cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio	
		Na <sup>I</sup> (cmol/dm <sup>3</sup> )	Mg (cmol/dm <sup>3</sup> )
<b>Tipo de água dentro do ciclo (T)</b>			
Tipo de água dentro de 1º ciclo	1	0,02ns	0,42ns
Tipo de água dentro de 2º ciclo	1	<b>0,37**</b>	0,20ns
<b>Ciclo dentro do tipo de água (TA)</b>			
Ciclo dentro de AB (abastecimento)	1	0,02ns	<b>7,56**</b>
Ciclo dentro de AR (residuária)	1	<b>0,39**</b>	<b>2,72**</b>

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

**Tabela 5.7** – Média do desdobramento da interação entre tipo de água (TA) e ciclo de cultivo (T) para as variáveis que compõem a **fertilidade do solo**, sódio e magnésio em função dos fatores tipo de água (TA) e ciclos de cultivo (T) no cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Na <sup>I</sup>	Mg
	(cmol/dm <sup>3</sup> )	(cmol/dm <sup>3</sup> )
<b>Tipo de água dentro do 1º ciclo (T1)</b>		
AB (abastecimento)	0,61a	2,50a
AR (residuária)	0,68a	2,18a
dms	0,12	0,33
<b>Tipo de água dentro do 2º ciclo (T2)</b>		
AB (abastecimento)	<b>0,69a</b>	1,13a
AR (residuária)	<b>0,99b</b>	1,35a
dms	<b>0,12</b>	0,33
<b>Ciclo dentro da AB</b>		
1º ciclo	0,61a	<b>2,50a</b>
2º ciclo	0,69a	<b>1,13b</b>
dms	0,12	<b>0,33</b>
<b>Ciclo dentro do AR</b>		
1º ciclo	<b>0,68a</b>	<b>2,18a</b>
2º ciclo	<b>0,99b</b>	<b>1,35b</b>
dms	<b>0,12</b>	<b>0,33</b>

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

**Tabela 5.8** – Desdobramento da interação entre adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem a **fertilidade do solo** fósforo, hidrogênio e alumínio trocáveis em função dos fatores adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) no cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio			
		P <sup>2</sup>	H+Al <sup>2</sup>	Mg	CTC
<b>Adubação dentro do ciclo</b>		(mg/dm <sup>3</sup> )	(cmol./dm <sup>3</sup> )	(cmol./dm <sup>3</sup> )	
E dentro de 1º ciclo	1	<b>90,25**</b>	<b>0,65**</b>	<b>0,64**</b>	<b>2,92*</b>
E dentro de 2º ciclo	1	<b>335,70**</b>	0,00ns	0,42ns	<b>29,07**</b>
<b>Ciclo dentro da adubação</b>					
T dentro de S/E (sem estrume)	1	0,14ns	<b>1,13**</b>	<b>2,18**</b>	<b>14,23**</b>
T dentro de C/E (com estrume)	1	<b>71,24**</b>	<b>0,07**</b>	<b>8,56**</b>	0,01ns

(\* ) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\* ) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{X}$

**Tabela 5.9** – Médias dos desdobramentos das interações entre adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem a **fertilidade do solo** fósforo, hidrogênio e alumínio trocáveis em função dos fatores adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) no cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	P <sup>2</sup>	H + Al <sup>2</sup>	Mg	CTC
	(mg/dm <sup>3</sup> )	(cmol./dm <sup>3</sup> )	(cmol./dm <sup>3</sup> )	
<b>Adubação dentro do 1º ciclo</b>				
S/E (sem estrume)	<b>3,97a</b>	<b>1,53a</b>	<b>2,14a</b>	<b>7,52a</b>
C/E (com estrume)	<b>8,72b</b>	<b>1,13b</b>	<b>2,54b</b>	<b>8,37b</b>
dms	<b>2,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,33</b>	<b>0,83</b>
<b>Adubação dentro do 2º ciclo</b>				
S/E (sem estrume)	<b>3,78a</b>	1,00a	1,40a	<b>5,63a</b>
C/E (com estrume)	<b>12,94b</b>	1,00a	1,08a	<b>8,33b</b>
dms	<b>2,18</b>	0,06	0,33	<b>0,83</b>
<b>Ciclo dentro S/E</b>				
1º ciclo	3,97a	<b>1,53a</b>	<b>2,14a</b>	<b>7,52a</b>
2º ciclo	3,78a	<b>1,00b</b>	<b>1,40b</b>	<b>5,63b</b>
dms	2,18	<b>0,06</b>	<b>0,33</b>	<b>0,83</b>
<b>Ciclo dentro C/E</b>				
1º ciclo	<b>8,72a</b>	<b>1,13a</b>	<b>2,54a</b>	8,37a
2º ciclo	<b>12,94b</b>	<b>1,00b</b>	<b>1,08b</b>	8,33a
dms	<b>2,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,33</b>	0,83

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

<sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{X}$

#### 5.4.2 – Salinidade

Na Tabela 5.3 encontra-se o resumo das análises de salinidade do solo, nos dois ciclos de cultivo da alface. Segundo Marques *et. al.* (2003), a disposição de esgotos no solo provoca rápidas transformações nas variáveis analisadas no solo, melhorando suas características físicas e sua fertilidade; no entanto, são de fundamental importância o uso racional e o manejo adequado, pois sua aplicação por longos períodos de tempo pode levar a problemas como acumulação de sais, redução da capacidade de infiltração da água, entre outros. A adição de matéria orgânica atua principalmente aumentando a capacidade de armazenamento de certos nutrientes no solo, particularmente o nitrogênio e o fósforo. Um dos impasses da adição de matéria orgânica em regiões tropicais e subtropicais, é a sua rápida decomposição via ação microbiana, devido às temperaturas relativamente altas do solo; assim, seus efeitos desaparecem rapidamente, em função do tempo, motivo pelo qual o solo foi adubado no início de cada ciclo. Observou-se grande variabilidade nos valores médios encontrados dentro dos tratamentos de cada ciclo de cultivo e entre os dois ciclos experimentais. No primeiro ciclo, submetido às maiores precipitações pluviais (Figura 5.1), a seqüência dos tratamentos do maior até o menor valor médio foi AB S/E > AR S/E > AR C/E > AB C/E para CE e sódio e, para as variáveis PSI e RAS, esta seqüência foi AB S/E > AR C/E > AR S/E > AB C/E. No segundo ciclo, quando a hortaliça foi submetida a um período maior de irrigação com os dois tipos de água, a seqüência observada entre o maior e menor valor foi AR C/E > AB C/E > AR S/E > AB S/E para o magnésio, potássio, cloreto e CE. Essas seqüências estão relacionadas com a presença de matéria orgânica, seja na forma de estrume bovino seja na forma de água residuária.

A análise estatística (Tabela 5.10), para o tipo de água utilizado, mostrou que houve efeitos significativos em nível de 5% de probabilidade para as variáveis magnésio, sódio e RAS e a água residuária (Tabela 5.11) contribuiu para os maiores valores, particularmente para magnésio (entre 30 e 43mg/L) e sódio (entre 334 e 214mg/L) nessa água de irrigação (Tabela 5.2) A adição de matéria orgânica (estrume) teve influência significativa em nível de 1% para o bicarbonato e o sulfato, com os maiores valores nos tratamentos que receberam a adubação (Tabela 5.11). Quando se analisa a influência do ciclo de cultivo sobre a salinidade do solo, notou-se diferença estatística significativa em nível de 5% para magnésio e, em nível de 1%, para cálcio, potássio, carbonato, bicarbonatos, sulfatos e condutividade elétrica. Com exceção das variáveis bicarbonatos e sulfato, todas as demais tiveram maiores valores no

segundo ciclo, indicando que a aplicação de efluentes de sistemas de tratamento e adição de matéria orgânica via adubação, contribuem para a elevação do conteúdo salino dos solos, havendo necessidade de manejo adequado e monitoramento contínuo dessas variáveis para que a adição dessa água não exerça impacto negativo irreversível sobre o meio edáfico.

Na análise das interações entre o “tipo de água x ciclos de cultivo”, houve significância em nível de 5% de probabilidade para o sódio e em nível de 1% para RAS e PSI (Tabela 5.10). No desdobramento desta interação ocorreu efeito significativo em nível de 1% para o sódio, RAS e PSI (Tabela 5.12), com maiores valores nos tratamentos irrigados com água residuária (Tabela 5.13). Quando se avalia a interação ciclos dentro dos tipos de água, verifica-se o efeito significativo em nível de 1% para o sódio e 5% para a RAS (Tabela 5.12), e com maiores valores nos tratamentos utilizados com águas residuárias (Tabela 5.13).

Quando se analisa a interação entre a “adubação orgânica x ciclos de cultivo”, significância estatística em nível de 1% de probabilidade foi observada para magnésio, potássio, carbonato, bicarbonato, cloretos e CE (Tabela 5.10). No desdobramento (Tabela 5.14), observa-se significância estatística em diferentes níveis da aplicação do estrume, em ambos os ciclos de cultivo, sendo que no 1º apenas para magnésio (1%), carbonato (1%), bicarbonato (1%) e cloreto (5%), com maiores valores para os tratamentos que não receberam adubação orgânica (Tabela 5.15). No 2º ciclo, todas as variáveis apresentaram significância estatística em nível de 5%, com os maiores valores para os tratamentos que receberam adubação com estrume bovino (Tabela 5.15). Quando se analisa a influência dos ciclos de cultivo nas parcelas experimentais sem estrume, verifica-se que a significância estatística em níveis de 5 e 1%, ocorreu para carbonato e bicarbonato, respectivamente, e os maiores valores foram encontrados no 1º ciclo (Tabela 5.15); já nas parcelas adubadas, a significância estatística se deu, em nível de 1%, para a RAS e em nível de 5% para magnésio, potássio, carbonato, cloreto, CE e sódio, com os maiores valores no 2º ciclo.

**Tabela 5.10** – Resumo da análise de variância para as variáveis que compõem a **salinidade do solo** cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, condutividade elétrica (CE), relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PSI) em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*) em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Gl.	Quadrado médio										
		Ca <sup>1</sup> mmol/L	Mg <sup>2</sup> mmol/L	Na <sup>2</sup> mmol/L	K <sup>2</sup> mmol/L	CO <sub>3</sub> <sup>2</sup> mmol/L	HCO <sub>3</sub> <sup>2</sup> mmol/L	CL <sup>1</sup> mmol/L	SO <sub>4</sub> <sup>1</sup> mmol/L	CE <sup>1</sup> ds/m	RAS <sup>2</sup>	PSI <sup>2</sup>
Tipo de água (TA)	1	0,12ns	<b>1,33*</b>	<b>7,90*</b>	2,26ns	0,01ns	0,00ns	1,52ns	0,01ns	0,34ns	<b>1,89*</b>	2,32ns
Adubação (E)	1	0,22ns	0,01ns	2,40ns	1,03ns	<b>0,68**</b>	0,54ns	0,31ns	<b>1,75**</b>	0,04ns	1,17ns	1,21ns
Ciclo (T)	1	<b>1,87**</b>	<b>1,25*</b>	1,52ns	<b>17,58**</b>	<b>1,03**</b>	<b>5,44**</b>	3,39ns	<b>1,25**</b>	<b>1,09**</b>	0,02ns	0,14ns
TA x E	1	0,03ns	0,13ns	4,57ns	0,05ns	0,03ns	0,54ns	0,68ns	0,00ns	0,07ns	1,73ns	1,73ns
TA x T	1	0,00ns	0,20ns	<b>8,26**</b>	0,83ns	0,16ns	0,51ns	0,57ns	0,01ns	0,29ns	<b>2,94*</b>	<b>2,78*</b>
E x T	1	0,06ns	<b>3,12**</b>	0,12ns	<b>8,63**</b>	<b>2,93**</b>	<b>17,24**</b>	<b>7,85**</b>	0,13ns	<b>1,04**</b>	0,03ns	0,00ns
TA x E x T	1	0,07ns	0,06ns	0,00ns	0,12ns	0,31ns	0,24ns	3,65ns	0,08ns	0,06ns	0,03ns	0,18ns
Resíduo	24	0,17	0,25	1,01	1,01	0,06	0,64	0,82	0,03	0,09	0,33	0,55
CV	(%)	18,10	19,99	29,90	46,79	16,29	29,00	20,49	18,57	19,19	24,02	29,25

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$  ; <sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+1}$

**Tabela 5.11** – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem a **salinidade do solo** cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, condutividade elétrica (CE), relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PSI) em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*) em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Ca <sup>1</sup> mmol/L	Mg <sup>2</sup> mmol/L	Na <sup>2</sup> mmol/L	K <sup>2</sup> mmol/L	CO <sub>3</sub> <sup>2</sup> mmol/L	HCO <sub>3</sub> <sup>2</sup> mmol/L	CL <sup>1</sup> mmol/L	SO <sub>4</sub> <sup>2</sup> mmol/L	CE <sup>1</sup> ds/m	RAS <sup>2</sup>	PSI <sup>2</sup>
<b>Tipo de água (TA)</b>											
AB (abastecimento)	2,19a	<b>2,30a</b>	<b>2,87a</b>	1,88a	1,43a	2,77a	4,21a	0,95a	1,48a	<b>2,14a</b>	2,27a
AR (residuária)	2,31a	<b>2,71b</b>	<b>3,86b</b>	2,42a	1,47a	2,76a	4,65a	0,99a	1,68a	<b>2,63b</b>	2,81a
dms	0,3	<b>0,37</b>	<b>0,73</b>	0,73	0,17	0,58	0,66	0,13	0,22	<b>0,42</b>	0,54
<b>Adubação (E)</b>											
S/E (sem estrume)	2,17a	2,52a	3,64a	1,97a	<b>1,31a</b>	2,89a	4,33a	<b>0,73a</b>	1,55a	2,58a	2,74a
C/E (com estrume)	2,33a	2,48a	3,09a	2,33a	<b>1,60b</b>	2,63a	4,53a	<b>1,20b</b>	1,62a	2,19a	2,35a
dms	0,3	0,37	0,73	0,73	<b>0,17</b>	0,58	0,66	<b>0,13</b>	0,22	0,42	0,54
<b>Ciclo (T)</b>											
1º ciclo	<b>2,01a</b>	<b>2,30a</b>	3,15a	<b>1,41a</b>	1,27a	3,18a	4,11a	<b>1,17a</b>	<b>1,40a</b>	2,36a	2,48a
2º ciclo	<b>2,49b</b>	<b>2,70b</b>	3,58a	<b>2,89b</b>	<b>1,63b</b>	<b>2,35b</b>	4,76a	<b>0,77b</b>	<b>1,77b</b>	2,41a	2,61a
dms	<b>0,3</b>	<b>0,37</b>	0,73	<b>0,73</b>	<b>0,17</b>	<b>0,58</b>	0,66	<b>0,13</b>	<b>0,22</b>	0,42	0,54

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$  ; <sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+1}$

**Tabela 5.12** – Desdobramento da interação “tipo de água x ciclos de cultivo” para as variáveis que compõem a **salinidade do solo** sódio, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PSI) em função dos fatores tipo de água (TA) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		Na <sup>2</sup> mmol/L	RAS <sup>2</sup>	PSI <sup>2</sup>
<b>Tipo de água (TA) dentro dos ciclos (T)</b>				
Tipo de água dentro do 1º ciclo	1	0,00ns	0,06ns	0,01ns
Tipo de água dentro do 2º ciclo	1	<b>16,17**</b>	<b>4,77**</b>	<b>5,08**</b>
<b>Ciclos (T) dentro do tipo de água (TA)</b>				
Ciclo dentro de AB	1	1,35ns	1,21ns	0,83ns
Ciclo dentro de AR	1	<b>8,43**</b>	<b>1,75*</b>	<b>2,08ns</b>

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ ; <sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+1}$

**Tabela 5.13** – Médias do desdobramento da interação tipo de água (TA) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem a **salinidade do solo** sódio, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PSI) no solo em função dos fatores tipo de água (TA) ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Na <sup>2</sup>	RAS <sup>2</sup>	PSI <sup>2</sup>
	mmol/L		
<b>Tipo de água (TA) dentro do 1º ciclo</b>			
AB (abastecimento)	3,16a	2,42a	2,50a
AR (residuaária)	3,14a	2,30a	2,45a
dms	1,04	0,59	0,77
<b>Tipo de água (TA) dentro do 2º ciclo</b>			
AB (abastecimento)	<b>2,58a</b>	<b>1,87a</b>	<b>2,04a</b>
AR (residuaária)	<b>4,59b</b>	<b>2,96b</b>	<b>3,17b</b>
dms	<b>1,04</b>	<b>0,59</b>	<b>0,77</b>
<b>Ciclos (T) dentro da AB</b>			
1º ciclo	2,58a	2,42a	2,50a
2º ciclo	3,16a	1,87a	2,04a
dms	1,04	0,59	0,77
<b>Ciclos (T) dentro da AR</b>			
1º ciclo	<b>3,14a</b>	<b>2,30a</b>	2,45a
2º ciclo	<b>4,59b</b>	<b>2,96b</b>	3,17a
dms	<b>1,04</b>	<b>0,59</b>	0,77

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ ; <sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+1}$

**Tabela 5.14** – Desdobramento da interação adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem a **salinidade do solo** magnésio, potássio, carbonato, bicarbonato, cloreto, condutividade elétrica (CE), sódio, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PSI) em função dos fatores adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio								
		Mg <sup>2+</sup> mmol/L	K <sup>2+</sup> mmol/L	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> mmol/L	HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> mmol/L	CL <sup>1</sup> mmol/L	CE <sup>1</sup> ds/m	Na <sup>2+</sup> mmol/L	RAS <sup>2</sup>	PSI <sup>2</sup>
<b>Adubação (E) dentro do ciclo (T)</b>										
E dentro do 1º ciclo	1	1,77**	1,83ns	0,39**	11,94**	2,52*	0,34ns	0,00ns	0,06ns	0,01ns
E dentro do 2º ciclo	1	1,36**	7,84**	3,22**	5,84**	5,65**	0,74**	16,17**	4,77**	5,08**
<b>Ciclo (T) dentro da adubação (E)</b>										
T dentro de S/E (sem estrume)	1	0,20ns	0,79ns	0,24*	21,02**	0,46ns	0,00ns	1,35ns	1,21ns	0,83ns
T dentro de C/E (com estrume)	1	4,16**	25,42**	3,72**	1,65ns	10,79**	2,13**	8,43**	1,75*	2,08ns

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ ; <sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+1}$

**Tabela 5.15** – Médias do desdobramento da interação adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem a **salinidade do solo** magnésio, potássio, carbonato, bicarbonato, cloreto, potencial hidrogênico e condutividade elétrica (CE) no solo em função dos fatores adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>2+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>1-</sup>	CL <sup>1</sup>	CE <sup>1</sup>	Na <sup>2+</sup>	RAS <sup>2</sup>	PSI <sup>2</sup>
	mmol/L	mmol/L	mmol/L	mmol/L	mmol/L	ds/m	mmol/L		
<b>Adubação dentro do 1º ciclo</b>									
S/E (sem estrume)	2,64a	1,75a	1,43a	4,04a	4,50a	1,54a	3,16a	2,42a	2,50a
C/E (com estrume)	1,98b	1,07a	1,12b	2,31b	3,71b	1,25a	3,14a	2,30a	2,45a
dms	0,52	1,04	0,24	0,83	0,94	0,31	1,04	0,59	0,77
<b>Adubação dentro do 2º ciclo</b>									
S/E (sem estrume)	2,40a	2,19a	1,18a	1,75a	4,16a	1,55a	2,58a	1,87a	2,04a
C/E (com estrume)	2,99b	3,59b	2,08b	2,96b	5,35b	1,98b	4,59b	2,96b	3,17b
dms	0,52	1,04	0,24	0,83	0,94	0,31	1,04	0,59	0,77
<b>Ciclo dentro do S/E</b>									
1º ciclo	2,64a	1,75a	1,43a	4,04a	4,50a	1,54a	2,58a	2,42a	2,50a
2º ciclo	2,40a	2,19a	1,18b	1,75b	4,16a	1,55a	3,16a	1,87a	2,04a
dms	0,52	1,04	0,24	0,83	0,94	0,31	1,04	0,59	0,77
<b>Ciclo dentro do C/E</b>									
1º ciclo	1,98a	1,07a	1,12a	2,31a	3,71a	1,25a	3,14a	2,30a	2,45a
2º ciclo	2,99b	3,59b	2,08b	2,96a	5,35b	1,98b	4,59b	2,96b	3,17a
dms	0,52	1,04	0,24	0,83	0,94	0,31	1,04	0,59	0,77

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ ; <sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+1}$

### 5.4.3 - Micronutrientes

As concentrações médias dos micronutrientes encontradas nos diferentes tratamentos experimentais monitorados nos dois ciclos de cultivo, estão na Tabela 5.3, na qual se observou entre os primeiro e segundo ciclos que, houve diminuição nas concentrações da maioria dos micronutrientes, sugerindo sua absorção por parte da cultura, durante seu crescimento; no entanto, foram observados aumentos no segundo ciclo e nos tratamentos AB C/E e AR C/E, para o zinco, e no tratamento AB C/E, para o boro. Esta diminuição na disponibilidade dos nutrientes (boro, ferro, cobre, manganês e zinco) pode provocar deficiência nas plantas cultivadas (RAIJ, 1991). O pH do solo influencia na assimilabilidade de todos os micronutrientes, pois em solos com elevado pH disponibiliza os íons de manganês, zinco e cobre, facilitando a possível assimilação desses elementos pela planta cultivada. Caso haja diminuição do pH, o zinco, o cobre e o ferro serão insolubilizados na forma de hidróxidos; o manganês, em forma oxidada e o boro nas formas orgânica e inorgânica, não bem conhecidas (BRADY, 1989). A deficiência de boro diminui o fluxo de absorção de água, o crescimento da raiz e o deslocamento de açúcares nos vegetais. O zinco é responsável pela formação de alguns hormônios de crescimento e no processo de reprodução de certos vegetais, enquanto o cobre influencia na fotossíntese e na respiração, assim como a utilização do ferro (RAIJ, 1991).

A análise de variância (Tabela 5.16) mostrou diferença estatística significativa em nível de 5% de probabilidade para a adubação orgânica, apenas para a variável cobre e nas parcelas que não receberam adubação (Tabela 5.17). A influência dos ciclos de cultivo sobre os micronutrientes do solo foi observada somente para o cobre e o manganês, na probabilidade de 1% de significância e no primeiro ciclo.

A interação entre “adubação orgânica x ciclos de cultivo” ocorreu somente para o manganês e o zinco, em nível de 5% de probabilidade (Tabela 5.16). No desdobramento da interação “adubação x ciclos de cultivo” (Tabela 5.18) houve significância de 1% para manganês nos dois ciclos de cultivo, sendo que no primeiro ciclo os maiores valores foram encontrados nos tratamentos com adubação, enquanto no segundo ciclo esses foram encontrados nos tratamentos sem adubação (Tabela 5.19). No caso do zinco, na interação “adubação x ciclos de cultivo” (Tabela 5.18), a significância foi em nível de 1% apenas no 2º ciclo nos tratamentos com adubação (Tabela 5.19). Para a interação “ciclos de cultivo x adubação”, deu-se significância em nível de 1% para magnésio e zinco nos tratamentos que



não receberam adubação e no primeiro ciclo (Tabela 5.19). No caso do tratamento com adubação (Tabela 5.18), ocorreu efeito significativo em nível de 1% para o magnésio e no primeiro ciclo (Tabela 5.19).

**Tabela 5.16** – Resumo da análise de variância para as variáveis que compõem os micronutrientes do solo boro, ferro, cobre, manganês e zinco em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio				
		B <sup>I</sup> mg/kg	Fe mg/kg	Cu <sup>I</sup> mg/kg	Mn mg/kg	Zn <sup>I</sup> mg/kg
Tipo de água (TA)	1	0,00ns	2,65ns	0,03ns	44,16ns	0,62ns
Adubação (E)	1	0,06ns	25,79ns	<b>0,20*</b>	12,04ns	1,05ns
Ciclos (T)	1	0,01ns	9,54ns	<b>1,04**</b>	<b>5850,64**</b>	1,14ns
TA x E	1	0,00ns	2,28ns	0,04ns	15,64ns	0,12ns
TA x T	1	0,00ns	0,00ns	0,04ns	20,43ns	0,01ns
E x T	1	0,00ns	0,07ns	0,05ns	<b>491,02**</b>	<b>3,25**</b>
TA x E x T	1	0,03ns	0,51ns	0,01ns	82,14ns	0,01ns
Resíduo	24	0,02	6,28	0,03	21,68	0,38
CV	(%)	11,07	17,79	12,85	20,63	24,09

(\* ) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\* ) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

**Tabela 5.17** – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os micronutrientes do solo: boro, ferro, cobre, manganês e zinco em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	B <sup>I</sup>	Fe	Cu <sup>I</sup>	Mn	Zn <sup>I</sup>
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>Tipo de água (TA)</b>					
AB (abastecimento)	1,13a	14,37a	1,35a	21,40a	2,44a
AR (residuária)	1,11a	13,80a	1,28a	23,74a	2,72a
dms	0,09	1,83	0,12	3,4	0,45
<b>Adubação (E)</b>					
S/E (sem estrume)	1,08a	14,98a	<b>1,39a</b>	23,18a	2,40a
C/E (com estrume)	1,17a	13,19a	<b>1,23b</b>	21,96a	2,76a
dms	0,09	1,83	<b>0,12</b>	3,4	0,45
<b>Ciclos (T)</b>					
1º ciclo	1,14a	14,63a	<b>1,49a</b>	<b>36,09a</b>	2,76a
2º ciclo	1,11a	13,54a	<b>1,13b</b>	<b>9,04b</b>	2,39a
dms	0,09	1,83	<b>0,12</b>	<b>3,4</b>	0,45

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

**Tabela 5.18** – Desdobramento da interação adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os **micronutrientes do solo**: manganês e zinco em função dos fatores adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio	
		Mn mg/kg	Zn <sup>1</sup> mg/kg
<b>Adubação dentro do ciclo (T)</b>			
Adubação dentro do 1º ciclo	1	174,64**	0,30ns
Adubação dentro do 2º ciclo	1	328,43**	4,00**
<b>Ciclo dentro da adubação (E)</b>			
Ciclo dentro de S/E	1	1475,90**	4,11**
Ciclo dentro de C/E	1	4865,76**	0,27ns

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

**Tabela 5.19** – Médias do desdobramento da interação adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os **micronutrientes do solo** manganês e zinco em função dos fatores da adubação orgânica e ciclo de cultivo na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Mn	Zn <sup>1</sup>
	mg/kg	mg/kg
<b>Adubação dentro do 1º ciclo</b>		
S/E (sem estrume)	32,79a	2,90a
C/E (com estrume)	39,40b	2,63a
dms	4,8	0,64
<b>Adubação dentro do 2º ciclo</b>		
S/E (sem estrume)	13,58a	1,89a
C/E (com estrume)	4,52b	2,89b
dms	4,8	0,64
<b>Ciclo dentro do S/E</b>		
1º ciclo	32,79a	2,90a
2º ciclo	13,58b	1,89b
dms	4,8	0,64
<b>Ciclo dentro do C/E</b>		
1º ciclo	39,40a	2,63a
2º ciclo	4,52b	2,89a
dms	4,8	0,64

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

#### 5.4.4 – Metais Pesados

Os valores médios das variáveis que compõem os metais pesados, avaliados nos quatro tratamentos experimentais e nos dois ciclos de cultivo, estão na Tabela 5.3. Os valores foram variados entre os tratamentos e entre os ciclos. Ressaltam-se os valores elevados de chumbo e ausência de cádmio e níquel no solo após o término do segundo ciclo. O aumento da matéria orgânica no final do segundo ciclo (fertilidade do solo) e, em consequência, o aumento da fração húmica do solo e pH próximo à neutralidade, podem ter contribuído com maior estabilidade com os complexos que se formam entre os metais e fração húmica do solo (MELLO *et al*, 1983).

De acordo com os resultados da ANOVA (Tabela 5.20) verificou-se que só houve significativa estatística entre os ciclos de cultivo em nível 1%, para o níquel e chumbo, e de 5%, para o cádmio. Na interação entre “adubação orgânica x ciclos de cultivo”, ocorreu significância em nível de 5% apenas para o cádmio e, no desdobramento, verifica-se que houve efeito significativo em nível de 1% (Tabela 5.22) e com maiores valores nas parcelas não adubadas e no primeiro ciclo (Tabela 5.23).

Segundo Fonseca (2001), o aumento de metais pesados no solo pela disposição de efluentes tratados por lagoas de estabilização não é fato tão preocupante, pois, de acordo com Bouwer e Chaney (1974), seria necessário um século de irrigação com efluente de esgoto tratado para que os teores de metais pesados atingissem valores equivalentes àqueles encontrados em um solo que recebeu aplicação de biossólido por apenas um ano. Evidentemente isso é variável em função da taxa de aplicação e da qualidade do material aplicado.

**Tabela 5.20** – Resumo da análise de variância referente às variáveis que compõem os **metais pesados no solo** cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		Cd <sup>I</sup> mg/L	Ni <sup>I</sup> mg/L	Pb <sup>I</sup> mg/L
Tipo de água (TA)	1	0,001ns	0,02ns	0,08ns
Adubação (E)	1	0,005ns	0,13ns	0,13ns
Ciclos (T)	1	<b>0,006*</b>	<b>0,69**</b>	<b>12,74**</b>
TA x E	1	0,002ns	0,02ns	0,14ns
TA x T	1	0,001ns	0,02ns	0,19ns
E x T	1	<b>0,006*</b>	0,13ns	0,27ns
TA x E x T	1	0,001ns	0,02ns	0,27ns
Resíduo	24	0,001	0,03	0,14
CV	(%)	3,58	15,93	22,55

(\* ) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\* ) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(I)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

**Tabela 5.21** – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os **metais pesados no solo** cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Cd <sup>I</sup> mg/L	Ni <sup>I</sup> mg/L	Pb <sup>I</sup> mg/L
<b>Tipo de água (TA)</b>			
AB (abastecimento)	1,01a	1,12a	1,61a
AR (residuária)	1,02a	1,17a	1,71a
dms	0,03	0,13	0,27
<b>Adubação (E)</b>			
S/E (sem estrume)	1,03a	1,21a	1,59a
C/E (com estrume)	1,01a	1,08a	1,72a
dms	0,03	0,13	0,27
<b>Ciclos (T)</b>			
1º ciclo	<b>1,03a</b>	<b>1,29a</b>	<b>1,03a</b>
2º ciclo	<b>1,00b</b>	<b>1,00b</b>	<b>2,29b</b>
dms	<b>0,03</b>	<b>0,13</b>	<b>0,27</b>

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(I)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

**Tabela 5.22** – Desdobramento da interação adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os **metais pesados no solo** cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		Cd <sup>1</sup> mg/L
<b>Adubação dentro dos ciclos (T)</b>		
Adubação dentro do 1º ciclo	1	0,01**
Adubação dentro de 2º ciclo	1	0,00ns
<b>Ciclos dentro da adubação (E)</b>		
T dentro de S/E	1	0,01**
T dentro de C/E	1	0,00ns

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

**Tabela 5.23** – Média do desdobramento da interação adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os **metais pesados no solo** cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores adubação (E) e ciclos (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Cd <sup>1</sup> mg/L
<b>Adubação dentro do 1º ciclo</b>	
S/E (sem estrume)	1,06a
C/E (com estrume)	1,00b
dms	0,04
<b>Adubação dentro do 2º ciclo</b>	
S/E (sem estrume)	1,00a
C/E (com estrume)	1,00a
dms	0,04
<b>Ciclo dentro do S/E</b>	
1º ciclo	1,06a
2º ciclo	1,00b
dms	0,04
<b>Ciclo dentro do C/E</b>	
1º ciclo	1,00a
2º ciclo	1,00a
dms	0,04

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

#### 5.4.5 – Física

O solo da área experimental na qual os experimentos foram conduzidos, foi considerado franco-arenoso (Tabela 5.3) apresentando, em média, 73,99% de areia, 13,87%

de silte e 11,81% de argila; trata-se de um solo com alto teor de areia mas com quantidade suficiente de silte e argila, para apresentar-se mais coeso. Quando seco, esboroa-se sob pressão dos dedos e, quando úmido, pode ser moldado com facilidade. A capacidade aparente, também chamada global ou densidade do solo (média –  $1,24\text{g/cm}^3$ ), expressa a relação entre a massa do solo seco e o seu volume total. De acordo com Silva (1999), é bastante variável devido à sua dependência com a textura, estrutura e grau de capacidade do solo; seu valor pode atingir de  $1,3\text{-}1,8\text{g/cm}^3$  em solos arenosos. A densidade real ou densidade das partículas do solo ( $2,63\text{g/cm}^3$  em média) é definida pela relação entre a massa do solo e o volume das partículas, minerais e orgânicas, constituintes. A porosidade total no solo apresentou cerca de 52,25%; a porosidade desempenha importante função na produtividade dos solos, face à sua influência sobre a retenção de água, a aeração e o enraizamento das plantas (SILVA, 1999). A umidade do solo a 0,01MPa foi de  $163,46\text{g/kg}$  e a 1,50MPa, de  $52,59\text{g/kg}$ , em média, o que evidencia a facilidade de perda de água. A disponibilidade de água no solo é a diferença entre a capacidade de campo (que é o teor de água retido quando o solo é submetido a tensões de  $33\text{kPa}$ ) e o ponto de murcha (o teor de água retida sob tensão de  $15\text{ kPa}$ ); a disponibilidade de água no solo é cerca de  $110,87\text{g/kg}$  (11,0%).

#### 5.5 – Análises da parte aérea da alface

Os nutrientes são fornecidos às superfícies radiculares de várias maneiras, ou seja, uma delas pela interceptação radicular onde, a medida em que as raízes penetram no solo, entram em contato com os colóides e se encontram com nutrientes a serem absorvidos; podem ser absorvidos pelo fluxo de massa, cujos vegetais absorvem alguns nutrientes pelo seu deslocamento com a água ou, também, pode ocorrer a absorção pelo raizame vegetal, criando-se um gradiente de concentração entre a zona imediata ao redor das superfícies radiculares e as zonas do solo mais afastadas ocorrendo, assim, uma difusão dos íons para as superfícies radiculares. Observa-se que a captação radicular de nutrientes pelos vegetais exige íntima associação solo-raizame. Dos fatores que exercem influência sobre o crescimento vegetal, apenas a luz não é suprida pelo solo, que fornece água, ar e sustentação para as raízes vegetais, além de calor para as reações químicas (BRADY, 1989).

Tem-se, na Tabela 5.22, os valores médios de macronutrientes, micronutrientes e metais pesados para os tratamentos experimentais dos dois ciclos de cultivo, em análises realizadas em material vegetal (folhas de alfaces).

**Tabela 5.24** – Valores médios das variáveis macronutrientes, micronutrientes e metais pesados, na parte aérea da alface (*Lactuca sativa L.*), após os 1º e 2º ciclos de cultivo, em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período julho-novembro/2003

	1º ciclo				2º ciclo			
	Macronutrientes da alface							
Tratamentos	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E
Nitrogênio (g/kg)	23,46	26,48	27,48	34,39	25,07	28,66	33,03	39,03
Fósforo (g/kg)	3,74	5,12	3,85	5,91	2,71	5,00	3,14	6,55
Potássio (g/kg)	41,71	663,20	33,50	663,30	26,43	38,22	28,08	37,95
Cálcio (g/kg)	7,30	7,57	4,87	6,97	12,68	10,42	11,45	9,67
Magnésio (g/kg)	6,95	5,79	5,72	6,20	6,35	5,79	6,40	5,83
Enxofre (g/kg)	7,58	6,42	8,24	7,25	3,51	3,58	3,42	3,11
Sódio (mg/kg)	12910,55	10797,46	14721,77	12910,46	15591,83	10936,51	22099,91	19895,78
	Micronutrientes da alface							
Boro (mg/kg)	40,66	29,84	47,28	20,16	34,88	38,32	34,88	51,50
Ferro (mg/kg)	1539,32	380,08	1074,54	364,91	883,35	300,68	675,45	272,37
Cobre (mg/kg)	7,06	1,37	5,97	2,23	13,05	6,53	12,04	7,00
Manganês (mg/kg)	52,24	25,44	31,94	24,15	66,89	38,03	58,49	42,54
Zinco (mg/kg)	83,45	28,15	108,57	28,26	51,86	24,35	49,44	24,86
	Metais pesados da alface							
Cádmio (mg/l)	3,17	0,33	1,66	1,24	12,44	12,23	13,11	12,87
Níquel (mg/l)	6,49	3,64	3,24	3,58	32,22	24,75	30,36	27,21
Chumbo (mg/l)	18,82	19,81	18,26	13,71	80,55	85,02	90,18	93,83

### 5.5.1 – Macronutrientes

O teor de nitrogênio nas folhas da alface foi maior no 2º ciclo, oscilando entre 39,03 e 25,07g/kg (Tabela 5.24) e se observou, em ambos os ciclos, a seqüência AR C/E > AR S/E > AB C/E > AB S/E entre a maior e menor concentração. Este aumento do nitrogênio vem evidenciar que a aplicação de águas residuárias em culturas aumenta o teor deste elemento e em hortaliças estimula sua suculência, o que é desejável, além de promover um grande desenvolvimento do sistema radicular, permitindo que a planta explore um volume maior de solo (COELHO & VERLENGIA, 1973). Para o fósforo, as maiores concentrações foram observadas nas folhas colhidas durante o primeiro ciclo, com exceção do tratamento AR C/E em que a maior concentração (6,55g/kg) ocorreu no 2º ciclo. Em ambos os ciclos se observaram as mesmas seqüências entre as maiores e menores concentrações (AR C/E > AB C/E > AR S/E > AB S/E), as quais foram idênticas à seqüência observada para a fertilidade do

solo (Tabela 4.3), indicando que o solo disponibilizou este elemento para sua absorção por parte da hortaliça, fenômeno que ocorre em pH na faixa entre 6,0 e 6,5 (COELHO & VERLENGIA, 1973). O conteúdo de potássio no material vegetal diminuiu do 1º para o 2º ciclo, com as maiores concentrações nos tratamentos AR C/E e AB C/E (663,30 e 663,20g/kg), respectivamente, no 1º ciclo. O potássio é um elemento essencial tanto para as plantas quanto para os animais (MALAVOLTA, 1996) sendo, de maneira geral, o segundo nutriente mais exigido pelas culturas, depois do nitrogênio (FAQUIN, 1994). Especificamente para a alface, o potássio é mais exigido que o próprio nitrogênio (FAQUIN, FURTINI NETO e VILELA, 1996), visto que aumenta a resistência natural da parte aérea das hortaliças às doenças fúngicas, às pragas, ao acamamento, além de contrabalancear o efeito contrário causado pelo excesso de nitrogênio, porém o excesso de potássio desequilibra a nutrição das hortaliças, dificultando a absorção de cálcio e magnésio (PERRENOUD, 1977; MALAVOLTA, 1980; FILGUEIRA, 1981; FAQUIN, 1994). As maiores concentrações de cálcio nas folhas das alfaces ocorreram no segundo ciclo e, entre os tratamentos, foram maiores nas parcelas irrigadas com água de abastecimento e sem adubação. O cálcio, por ser um elemento não-móvel nas plantas, isto é, não sendo transportado pelo floema, sua deficiência na parte aérea da planta pode apresentar-se pela redução de crescimento de tecidos meristemáticos, acarretando prejuízos para extremidades e folhas novas, que se tornam deformadas e cloróticas (RAIJ, 1991). De acordo com Dias e Alvarez (1996a), os teores de cálcio nos tecidos vegetais variam de 5 a 30 kg/g de matéria seca. Furlani *et al.* (1978) verificaram que a alface extrai maior quantidade de cálcio e sódio que a maioria das hortaliças e que, entre as folhosas, é a que apresenta teores mais elevados de nitrogênio e cálcio. O magnésio tem importância central na molécula da clorofila (participação na fotossíntese); este elemento é móvel na planta e, em situações de deficiência, ocorre clorose internerval, com as nervuras permanecendo verdes. Para o enxofre, as maiores concentrações foram observadas no primeiro ciclo, obedecendo a uma seqüência AR S/E > AB S/E > AR C/E > AB C/E; o enxofre é absorvido pelas plantas na forma de ânion  $SO_4^{2-}$ ; em alguns solos, esse ânion não é retido no solo e, assim, facilmente lixiviado. Este elemento compõe os dois aminoácidos essenciais (cistina e metionina); sua deficiência interrompe a síntese de proteína, retardando o crescimento das plantas (RAIJ, 1991). As concentrações de sódio nas folhas das alfaces obedeceram, nos dois ciclos de cultivo, a uma seqüência do maior para o menor valor AR S/E > AR C/E > AB S/E > AB C/E, com aumento nas concentrações do primeiro para o segundo ciclo.



A análise estatística (Tabela 5.25) para o tipo de água utilizado, mostrou que houve efeitos significativos em nível de 1% de probabilidade para o nitrogênio e fósforo, nas parcelas irrigadas com água residuária (Tabela 5.26). A adição de matéria orgânica (estrupe) teve influência significativa em nível de 1% para o nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre e, em nível de 5% de probabilidade, para o magnésio, com os maiores valores nos tratamentos que receberam adubação, para o nitrogênio, fósforo e o potássio (Tabela 5.26) e, para o magnésio e o enxofre, nas parcelas sem adubação. Quando se analisou a influência do ciclo de cultivo sobre os macronutrientes das folhas das alfaces, constatou-se diferença estatística significativa em nível de 1% para nitrogênio, potássio, cálcio e enxofre e, em nível de 5%, para fósforo (Tabela 5.25); os maiores valores foram encontrados no 1º ciclo para as variáveis fósforo, potássio e enxofre e, no segundo ciclo, apenas para o nitrogênio e o cálcio (Tabela 5.26).

A interação entre “tipo de água x adubação orgânica” ocorreu somente para o fósforo e magnésio, em níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente (Tabela 5.16). No desdobramento dessa interação (Tabela 5.27), quando se analisou a adubação dentro da água de abastecimento, verificou-se significância em nível de 1% para o fósforo e o magnésio (Tabela 5.27), com maiores valores nas parcelas sem adubação, para o magnésio e nas parcelas adubadas, para o fósforo (Tabela 5.28). Quando se analisou nesta interação, a água residuária, o efeito significativo foi apenas para o fósforo, em nível de 1%, com maiores valores para as parcelas adubadas com estrupe bovino. Quando se avalia o efeito da adubação dentro dos tipos de água, a significância estatística foi em nível de 5% para o magnésio e em nível de 1% para o fósforo (Tabela 5.27) e nas parcelas irrigadas com água residuária (Tabela 5.28).

Quando se analisa a interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo”, notou-se haver efeito significativo em nível de 1% para o fósforo e o potássio (Tabela 5.25). Na adubação dentro do 1º ciclo, o efeito foi em nível de 1% para o fósforo e o potássio, com maiores valores nas parcelas com adubação, e na adubação dentro do 2º ciclo o efeito em nível de 1% foi apenas para o fósforo, com efeito também na adubação. No desdobramento da interação ciclos dentro das adubações, o efeito maior em nível de 1% foi para o fósforo no 1º ciclo para as parcelas não adubadas, e para o potássio, também no 1º, ciclo nas parcelas adubadas (Tabela 5.30).

**Tabela 5.25** – Resumo da análise de variância referente à variável de **macronutrientes nas folhas da alface**; nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio					
		N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca <sup>1</sup> (g/kg)	Mg (g/kg)	S (mg/kg)
Tipo de água (TA)	1	457,83**	4,24**	22,66ns	0,30ns	0,27ns	0,43ns
Adubação (E)	1	190,42**	41,99**	810197,67**	0,01ns	1,65*	2,82**
Ciclos (T)	1	97,79**	0,71*	807761,81**	4,76**	0,04ns	125,77**
TA x E	1	19,85ns	1,55**	20,37ns	0,06ns	1,34*	0,02ns
TA x T	1	20,48ns	0,55ns	44,86ns	0,02ns	0,41ns	2,08ns
E x T	1	0,06ns	2,45**	756004,19**	0,84ns	0,11ns	1,81ns
TA x E x T	1	1,11ns	0,11ns	52,25ns	0,03ns	1,38ns	0,15ns
Resíduo	24	7,76	0,15	880,09	0,27	0,29	0,48
CV	(%)	9,38	8,47	15,49	16,96	8,85	12,83

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+1}$

**Tabela 5.26** – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis **macronutrientes nas folhas da alface**; nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca <sup>1</sup> (g/kg)	Mg (g/kg)	S (mg/kg)
<b>Tipo de água (TA)</b>						
AB	25,92a	4,14a	192,39a	3,18a	6,22a	5,27a
AR	33,48b	4,86b	190,71a	2,98a	6,0a	5,50a
dms	2,03	0,28	21,65	0,38	0,4	0,5
<b>Adubação (E)</b>						
S/E	27,26a	3,35a	32,43a	3,06a	6,36a	5,68a
C/E	32,14b	5,64b	350,67b	3,09a	5,90b	5,09b
dms	2,03	0,28	21,65	0,38	0,4	0,5
<b>Ciclos (T)</b>						
1º ciclo	27,95a	4,65a	350,43a	2,69a	6,16a	7,37a
2º ciclo	31,45b	4,35b	32,67b	3,46b	6,09a	3,41b
dms	2,03	0,28	21,65	0,38	0,4	0,5

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+1}$

**Tabela 5.27** – Desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” para as variáveis **macronutrientes nas folhas de alface** fósforo e magnésio em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio	
		P (g/kg)	Mg (g/kg)
<b>Adubação dentro do tipo de água</b>			
Adubação dentro de AB	1	13,71**	2,98**
Adubação dentro de AR	1	29,84**	0,01ns
<b>Tipo de água dentro da adubação</b>			
Tipo de água dentro de S/E	1	0,33ns	1,41*
Tipo de água dentro de C/E	1	5,46**	0,20ns

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

**Tabela 5.28** – Média do desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” para as variáveis **macronutrientes nas folhas da alface** fósforo e magnésio em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	P (g/kg)	Mg (g/kg)
<b>Adubação dentro da AB</b>		
S/E (sem estrume)	3,21a	6,65a
C/E (com estrume)	5,06b	5,79b
dms	0,39	0,56
<b>Adubação dentro do AR</b>		
S/E (sem estrume)	3,50a	6,06a
C/E (com estrume)	6,23b	6,02a
dms	0,39	0,56
<b>Tipo de água dentro do S/E</b>		
AB (abastecimento)	3,21a	5,79a
AR (residuíria)	3,50a	6,02b
dms	0,39	0,56
<b>Tipo de água dentro do C/E</b>		
AB (abastecimento)	5,06a	6,65a
AR (residuíria)	6,23b	6,06a
dms	0,39	0,56

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

**Tabela 5.29** – Desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” para as variáveis **macronutrientes nas folhas da alface** fósforo e potássio em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio	
		P (g/kg)	K (g/kg)
<b>Adubação dentro do ciclo</b>			
Adubação dentro do 1º ciclo	1	12,08**	1565732,92**
Adubação dentro do 2º ciclo	1	32,38**	468,94ns
<b>Ciclo dentro da adubação</b>			
Ciclo dentro de S/E	1	2,90**	428,39ns
Ciclo dentro de C/E	1	0,26ns	1563337,61**

(\* ) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

**Tabela 5.30** – Média do desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” para as variáveis **macronutrientes nas folhas da alface** fósforo e magnésio em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Quadrado médio	
	P (g/kg)	K (g/kg)
<b>Adubação dentro do 1º ciclo</b>		
S/E (sem estrume)	3,78a	37,60a
C/E (com estrume)	5,52b	663,25b
dms	0,39	30,61
<b>Adubação dentro do 2º ciclo</b>		
S/E (sem estrume)	2,93a	27,26a
C/E (com estrume)	5,77b	38,08a
dms	0,39	30,61
<b>Ciclo dentro do S/E</b>		
1º ciclo	3,78a	37,60a
2º ciclo	2,93b	27,26a
dms	0,39	30,61
<b>Ciclo dentro do C/E</b>		
1º ciclo	5,52a	663,25a
2º ciclo	5,77a	38,08b
dms	0,39	30,61

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

### 5.5.2 – Micronutrientes

As concentrações médias dos micronutrientes encontradas nas folhas das alfaces nos diferentes tratamentos experimentais monitorados nos dois ciclos de cultivo, estão na Tabela 5.3, na qual se nota que entre os primeiro e segundo ciclos ocorreu diminuição nas

concentrações da maioria dos micronutrientes (boro, zinco e ferro), seguindo diminuição das concentrações desses elementos no solo, porém se observaram aumentos no segundo ciclo, para o cobre e o manganês, sugerindo que houve uma absorção maior desses elementos, pela planta. Nos primeiro e segundo ciclos de cultivo, o ferro seguiu uma seqüência da maior para a menor concentração de AB S/E > AR S/E > AB C/E > AR C/E, e o cobre seguiu a seguinte seqüência; AB S/E > AR S/E > AR C/E > AB S/E. O manganês, zinco e boro, agem sobre a respiração e a transpiração vegetal. O zinco é importante para a metabolização em geral e, segundo Paganini (1997), ele é um elemento prontamente retirado e absorvido pelas plantas. O boro age sobretudo no transporte dos carboidratos da folhas para a raiz (RAIJ, 1991). O ferro age na planta, como catalisador na produção de clorofila (COELHO, 1973); todos os micronutrientes encontrados nas folhas das alfaces se encontram nos limites normais (RAIJ, 1991).

A análise de variância (Tabela 5.31) mostrou diferença estatística para os tipos de água de irrigação em nível de 1% de probabilidade, para o sódio e o manganês; o sódio teve maior valor nos tratamentos com água residuária, enquanto o manganês apresentou nos tratamentos com água de abastecimento. A significância na adubação orgânica ocorreu, na maioria dos micronutrientes, em nível de 1% de probabilidade; as maiores influências no sódio, ferro, cobre, manganês e zinco foram encontradas nos tratamentos sem adubação de estrume bovino (Tabela 5.32). A influência dos ciclos de cultivo sobre os micronutrientes nas folhas da alface foi observada no sódio, ferro, cobre e manganês, em nível de 1%; no primeiro ciclo, os maiores valores recaíram no ferro e, no segundo ciclo, nos demais micronutrientes.

Na interação entre “tipos de água x adubação orgânica”, notou-se significância apenas para o manganês, em nível de 1%; quanto ao desdobramento da adubação dentro do tipo de água, o efeito ocorreu nas parcelas sem adubação e independente do tipo de água utilizada na irrigação (Tabela 5.34); quando se analisou o desdobramento do tipo de água dentro das adubações, verificou-se que os maiores valores foram nas parcelas sem a adubação e irrigadas com água de abastecimento. Na interação entre “tipo de água x ciclos de cultivo”, deu-se somente efeito significativo para o sódio, em nível de 1% de probabilidade (Tabela 5.31). No desdobramento dessa interação a significância foi de 1% para sódio, apenas no segundo ciclo e nas parcelas irrigadas com água residuária (Tabela 5.36). Quando se analisa a interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo”, sente-se que o micronutriente ferro foi o único que apresentou significância estatística em nível de 1% (Tabela 5.31); no desdobramento dessa interação, quando se analisou a adubação dentro dos ciclos, notou-se efeito significativo em

nível de 1% nos tratamentos que não receberam adubação, independente do tipo de água. No desdobramento dos ciclos dentro da adubação, verificaram-se maiores valores nas parcelas sem adubação e no segundo ciclo de cultivo da alface (Tabela 5.38).

**Tabela 5.31** – Resumo da análise de variância referente à variável de **micronutrientes nas folhas da alface**; sódio, boro, ferro, cobre, manganês e zinco em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio					
		Na (mg/kg)	B <sup>1</sup> (mg/kg)	Fe <sup>1</sup> (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn <sup>1</sup> (mg/kg)
Tipo de água (TA)	1	188016445,05**	0,11ns	60,24ns	0,29ns	324,55**	0,00ns
Adubação (E)	1	58145845,21**	1,70ns	1556,02**	220,29**	3151,98**	1,14**
Ciclos (T)	1	147641276,42**	2,19ns	218,85**	242,00**	2604,44**	0,11ns
TA x E	1	3789428,79ns	0,12ns	40,25ns	5,88ns	509,36**	0,00ns
TA x T	1	66621723,09**	0,91ns	2,79ns	0,04ns	156,78ns	0,00ns
E x T	1	4307251,91ns	11,59ns	73,93*	2,29ns	52,15ns	0,03ns
TA x E x T	1	2309976,30ns	2,69ns	3,16ns	0,11ns	18,53ns	0,00ns
Resíduo	24	7970145	0,63	15,33	1,71	40,18	0,03
CV	(%)	18,84	13,18	15,81	18,94	14,93	11,36

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$

**Tabela 5.32** – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis **micronutrientes nas folhas das alfaves** sódio, boro, ferro, cobre, manganês e zinco em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Na (mg/kg)	B <sup>1</sup> (mg/kg)	Fe <sup>1</sup> (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn <sup>1</sup> (mg/kg)
<b>Tipo de água (TA)</b>						
AB	12559,08a	5,95a	26,15a	7,00a	45,65a	1,59a
AR	17406,98b	6,07a	23,40a	6,81a	39,28b	1,61a
dms	2060,04	0,58	2,86	0,95	4,63	0,13
<b>Adubação (E)</b>						
S/E	16331,02a	6,24a	31,75a	9,53a	52,39a	1,79a
C/E	13635,05b	5,78a	17,80b	4,28b	32,54b	1,41b
dms	2060,04	0,58	2,86	0,95	4,63	0,13
<b>Ciclos (T)</b>						
1º ciclo	12835,06a	5,75a	27,39a	4,15a	33,44a	1,66a
2º ciclo	17131,01b	6,27a	22,16b	9,65b	51,48b	1,54a
dms	2060,04	0,58	2,86	0,95	4,63	0,13

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$

**Tabela 5.33** – Desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” para a variável **micronutriente nas folhas da alface** manganês, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		Mn (mg/kg)
<b>Adubação dentro do tipo de água</b>		
Adubação dentro da AB	1	3097,76**
Adubação dentro da AR	1	563,59**
<b>Tipo de água dentro da adubação</b>		
Tipo de água dentro de S/E	1	823,55**
Tipo de água dentro de C/E	1	10,37ns

(\* ) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

**Tabela 5.34** – Média do desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” para a variável **micronutrientes nas folhas da alface** magnésio, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Mn (mg/kg)
<b>Adubação dentro da AB</b>	
S/E (sem estrume)	59,56a
CE (com estrume)	31,73b
dms	6,54
<b>Estrume dentro da AR</b>	
S/E (sem estrume)	45,21a
CE (com estrume)	33,34b
dms	6,54
<b>Tipo de água dentro do S/E</b>	
AB (abastecimento)	59,56a
AR (residuária)	45,21b
dms	6,54
<b>Tipo de água dentro do C/E</b>	
AB (abastecimento)	31,73a
AR (residuária)	33,34a
dms	6,54

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

**Tabela 5.35** – Desdobramento da interação “tipo de água x ciclos de cultivo” para a variável **micronutrientes nas folhas de alface sódio** em função dos fatores estudados cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		Na (mg/kg)
<b>Tipo de água dentro do ciclo</b>		
Tipo de água dentro do 1º ciclo	1	15399561,47ns
Tipo de água dentro do 2º ciclo	1	<b>239238606,68**</b>
<b>Ciclo dentro do tipo de água</b>		
Ciclo dentro de AB	1	7954303,61ns
Ciclo dentro da AR	1	<b>206308695,90**</b>

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

**Tabela 5.36** – Média do desdobramento da interação “tipo de água x ciclos de cultivo” para a variável **micronutrientes nas folhas da alface sódio** em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Na (mg/kg)
<b>Tipo de água dentro do 1º ciclo</b>	
AB (abastecimento)	11854,00a
AR (residuária)	13816,12a
dms	2913,34
<b>Tipo de água dentro do 2º ciclo</b>	
AB (abastecimento)	13264,17a
AR (residuária)	20997,84b
dms	2913,34
<b>Ciclo dentro da AB</b>	
1º ciclo	11854,00a
2º ciclo	13264,17a
dms	2913,34
<b>Ciclo dentro da AR</b>	
1º ciclo	13816,12a
2º ciclo	20997,84b
dms	2913,34

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey



**Tabela 5.37** – Desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” para a variável **micronutriente nas folhas da alface ferro**, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		Fe <sup>I</sup> (mg/kg)
<b>Adubação dentro do ciclo</b>		
Adubação dentro do 1º ciclo	1	1154,16**
Adubação dentro do 2º ciclo	1	475,80**
<b>Ciclo dentro da adubação</b>		
Ciclo dentro de S/E	1	273,60**
Ciclo dentro de C/E	1	19,19ns

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$

**Tabela 5.38** – Média do desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” para a variável **micronutriente nas folhas da alface ferro** em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Fe <sup>I</sup> (mg/kg)
<b>Adubação dentro do 1º ciclo</b>	
S/E (sem estrume)	35,88a
C/E (com estrume)	18,88b
dms	4,04
<b>Adubação dentro do 2º ciclo</b>	
S/E (sem estrume)	27,61a
C/E (com estrume)	16,71b
dms	4,04
<b>Ciclos dentro do S/E</b>	
1º ciclo	35,88a
2º ciclo	27,61b
dms	4,04
<b>Ciclos dentro do C/E</b>	
1º ciclo	18,90a
2º ciclo	16,71a
dms	4,04

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$

### 5.5.3 – Metais pesados

Os valores médios das variáveis que compõem os metais pesados nas folhas da alface, avaliados nos quatro tratamentos experimentais e nos dois ciclos de cultivo, estão na Tabela 5.24. Houve um aumento em todos os metais pesados do primeiro para o segundo ciclo, em todos os tratamentos. O cádmio, o níquel e o chumbo, apresentaram aumento de 7,9%, 6,7% e 4,9%, respectivamente, entre os ciclos de cultivo da alface. As maiores concentrações desses metais pesados nas folhas da alface, estão relacionadas com as menores concentrações desses elementos encontrados no final do segundo ciclo, evidenciando que a alface, neste ciclo, adsorveu maiores quantidades desses metais pesados. No segundo ciclo as concentrações de cádmio foram maiores nas parcelas adubadas e, em seguida, das irrigadas com água residuária. Estudos realizados em Cambridge mostraram a eficiência na absorção do cádmio pelas plantas que, sem adição do elemento, apresentavam variação dos níveis do mesmo, de 0,02 a 0,5 mg/kg. Ao serem adicionados, ao solo, 25 mg/kg de cádmio, os valores das concentrações nos tecidos se elevaram para 1,25 mg/kg, enquanto a adição de 50 mg/kg de cádmio ao solo elevou a concentração nos tecidos das plantas a uma faixa de 15 a 25 mg/kg. As maiores concentrações de níquel nos tratamentos sem a adubação orgânica estão influenciadas pela redução dos níveis de adsorção do níquel pelas plantas, em presença de matéria orgânica no solo (PAGANINI, 1997).

De acordo com os resultados da ANOVA (Tabela 5.39) verificou-se significativa estatística na adubação, em nível 1% para o cádmio e o níquel; maiores diferenças ocorreram nas parcelas sem adubação orgânica (Tabela 5.40). Entre os ciclos de cultivo, a significância se deu em nível de 1%, para todos os metais pesados e os maiores valores, no segundo ciclo. Ocorreu efeito significativo apenas em nível de 5% de probabilidade na interação entre “adubação orgânica x ciclos de cultivo”, para o cádmio (Tabela 5.39). No desdobramento dessa interação, quando se analisa o efeito da adubação dentro do tipo de água, nota-se significância em nível de 1% para o cádmio, nos tratamentos sem adubação orgânica (Tabela 5.41). No desdobramento da adubação dentro dos ciclos, o efeito significativo em nível de 1% de probabilidade foi encontrado no segundo ciclo, independente da adubação dos tratamentos (Tabela 5.42).

**Tabela 5.39** – Resumo da análise de variância referente às variáveis de metais pesados nas folhas de alface cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		Cd <sup>1</sup> (mg/l)	Ni (mg/l)	Pb <sup>2</sup> (mg/l)
Tipo de água (TA)	1	0,01ns	3,66ns	0,00ns
Adubação (E)	1	<b>1,21**</b>	<b>86,26**</b>	0,01ns
Ciclos (T)	1	<b>46,02**</b>	<b>4762,39**</b>	<b>3,35**</b>
TA x E	1	0,46ns	28,24ns	0,03ns
TA x T	1	0,01ns	7,63ns	0,07ns
E x T	1	<b>0,89*</b>	32,85ns	0,05ns
TA x E x T	1	0,57ns	0,64ns	0,00ns
Resíduo	24	0,16	9,82	0,05
CV (%)		16,98	19,07	15,10

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+1}$ ; <sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$

**Tabela 5.40** – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis metais pesados nas folhas de alface cádmio, níquel e chumbo em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Cd <sup>1</sup>	Ni	Pb <sup>2</sup>
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
<b>Tipo de água (TA)</b>			
AB (abastecimento)	2,32a	16,77a	1,54a
AR (residuária)	2,36a	16,09a	1,56a
dms	0,29	2,29	0,17
<b>Adubação (E)</b>			
SE (sem estrume)	<b>2,53a</b>	<b>18,08a</b>	1,53a
CE (com estrume)	<b>2,14b</b>	<b>14,80b</b>	1,57a
dms	<b>0,29</b>	<b>2,29</b>	0,17
<b>Ciclos</b>			
1º ciclo	1,14a	4,24a	1,23a
2º ciclo	<b>3,54b</b>	<b>28,64b</b>	<b>1,87b</b>
dms	<b>0,29</b>	<b>2,29</b>	<b>0,17</b>

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+1}$ ; <sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$

**Tabela 5.41** – Desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo”, para a variável **metais pesados nas folhas das alfaces** cádmio em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		Cd <sup>1</sup> (mg/l)
<b>Adubação dentro dos ciclos</b>		
Adubação dentro do 1º ciclo	1	2,09**
Adubação dentro do 2º ciclo	1	0,01ns
<b>Ciclo dentro da adubação</b>		
Ciclo dentro de S/E	1	17,04**
Ciclo dentro de C/E	1	29,87**

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

**Tabela 5.42** – Média do desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” para a variável **metais pesados nas folhas das alfaces** cádmio em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Cd <sup>1</sup> (mg/l)
<b>Adubação dentro do 1º ciclo</b>	
S/E (sem estrume)	1,50a
C/E (com estrume)	0,78b
dms	0,41
<b>Adubação dentro do 2º ciclo</b>	
S/E (sem estrume)	3,57a
C/E (com estrume)	3,51a
dms	0,41
<b>Ciclos dentro do S/E</b>	
1º ciclo	1,50a
2º ciclo	3,57b
dms	0,41
<b>Ciclos dentro do C/E</b>	
1º ciclo	0,78a
2º ciclo	3,51b
dms	0,41

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

## 5.6 – Análise da raiz da alface

Apresentam-se, na Tabela 5.43, os valores médios de macronutrientes, micronutrientes e metais pesados dos tratamentos experimentais dos dois ciclos de cultivo, em análises realizadas nas raízes das alfaces.

**Tabela 5.43** – Valores médios das variáveis macronutrientes, micronutrientes e metais pesados, na raiz da alface (*Lactuca sativa L.*), após os 1º e 2º ciclos de cultivo, em experimento realizado em Campina Grande, PB, no período julho-novembro/2003

	1º ciclo				2º ciclo			
	Macronutrientes da raiz							
Tratamentos	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E
Nitrogênio (g/kg)	9,19	15,53	15,71	20,98	11,73	17,72	18,77	18,99
Fósforo (g/kg)	1,95	7,95	2,51	8,63	1,66	6,86	2,28	7,23
Potássio (g/kg)	24,93	34,65	23,60	30,26	21,36	28,21	24,51	25,88
Cálcio (g/kg)	2,17	3,36	2,92	3,91	6,27	5,46	5,57	4,87
Magnésio (g/kg)	4,21	4,91	4,71	4,71	4,47	5,49	4,20	4,81
Enxofre (g/kg)	6,01	8,61	7,12	8,75	2,89	3,37	3,49	3,29
Sódio (mg/kg)	13212,42	12759,62	14671,47	14218,66	8148,10	8005,87	13028,24	8639,02
	Micronutrientes da raiz							
Tratamentos	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E
Boro (mg/kg)	50,20	43,47	49,83	58,44	45,77	41,76	45,20	39,47
Ferro (mg/kg)	3572,12	3778,89	5073,23	3194,69	1806,03	1549,68	2024,19	1882,31
Cobre (mg/kg)	8,62	4,63	8,75	5,47	13,97	13,04	15,90	14,46
Manganês (mg/kg)	54,27	60,09	63,49	69,92	75,32	87,72	88,16	103,92
Zinco (mg/kg)	62,47	34,63	68,90	76,07	38,04	41,85	65,64	42,20
	Metais pesados da raiz							
Tratamentos	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E	AB S/E	AB C/E	AR S/E	AR C/E
Cádmio (mg/l)	2,07	2,30	2,23	1,94	9,54	12,41	12,48	13,14
Níquel (mg/l)	6,95	5,09	8,55	5,95	38,54	44,24	40,44	53,49
Chumbo (mg/l)	19,47	21,17	16,72	19,67	84,27	72,92	69,80	122,85

## 5.6.1 – Macronutrientes

Nas concentrações dos macronutrientes observou-se, na raiz da alface, diminuição das concentrações entre os primeiro e segundo ciclos, mas apenas para o enxofre e o sódio, além de aumento nas concentrações de nitrogênio e cálcio. O nitrogênio seguiu a seqüência da maior para a menor concentração nos dois ciclos de AR C/E > AR S/E > AB C/E > AB S/E; enquanto o fósforo obedeceu, também nos dois ciclos, à seqüência AR C/E > AB C/E > AR S/E > AB S/E e o sódio, a seqüência AR S/E > AR C/E > AB S/E > AB C/E. Por ocasião da análise entre os tratamentos, notou-se as maiores concentrações ocorreram nas parcelas com a adição da matéria orgânica, tanto da adubação orgânica como pela utilização da água

residuária (Tabela 5.43). O aumento na concentração de cálcio na raiz e na alface no segundo ciclo, está relacionado à necessidade da raiz da planta em absorver cálcio para ajudar seu metabolismo de absorção de água e nutrientes (RAIJ, 1991).

Na análise estatística para variação do tipo de água o efeito já foi significativo em nível de 1% de probabilidade para o nitrogênio (Tabela 5.44), cujos maiores valores ficaram nas parcelas irrigadas com água residuária (Tabela 5.45). A adubação orgânica apresentou significância em nível de 1% para o nitrogênio, fósforo e potássio e, em nível de 5%, apenas para o enxofre (Tabela 5.44); os tratamentos que receberam adubação com estrume bovino tiveram as maiores influências (Tabela 5.45). Entre os ciclos de cultivo, o cálcio e o enxofre mostraram influência significativa em nível de 1% de probabilidade; no primeiro ciclo, o enxofre obteve maiores valores e, no segundo ciclo, o cálcio (Tabela 5.45). Ocorreu efeito significativo apenas para a interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo”, para o cálcio. Quanto ao desdobramento da adubação dentro dos ciclos, a significância em nível de 5% se deu no primeiro ciclo e nas parcelas adubadas (Tabela 5.47). Quando na interação se analisam os ciclos dentro da adubação, nota-se efeito significativo em nível de 1% no segundo ciclo, independente da adubação ou não utilizada nos tratamentos (Tabela 5.47).

**Tabela 5.44** – Resumo da análise de variância referente às variáveis de **macronutrientes na raiz da alface**: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, em função dos fatores estudados tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio					
		N <sup>1</sup> g/kg	P <sup>1</sup> g/kg	K <sup>1</sup> g/kg	Ca <sup>1</sup> g/kg	Mg g/kg	S <sup>1</sup> g/kg
Tipo de água (TA)	1	3,40**	0,18ns	0,12ns	0,01ns	0,03ns	0,08ns
Adubação (E)	1	2,51**	13,66**	2,77**	0,06ns	1,01ns	0,34*
Ciclos (T)	1	0,26ns	0,24ns	0,66ns	2,81**	0,12ns	7,14**
TA x E	1	0,56ns	0,02ns	0,26ns	0,01ns	0,02ns	0,08ns
TA x T	1	0,14ns	0,00ns	0,26ns	0,18ns	0,06ns	0,00ns
E x T	1	0,30ns	0,04ns	0,30ns	0,40*	0,00ns	0,21ns
TA x E x T	1	0,12ns	0,00ns	0,07ns	0,00ns	0,70ns	0,00ns
Resíduo	24	0,22	0,07	0,43	0,06	0,26	0,06
CV	(%)	11,73	12,71	12,74	12,34	11,09	10,89

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

**Tabela 5.45** – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para **macronutrientes na raiz da alface**; nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	N <sup>1</sup> g/kg	P <sup>1</sup> g/kg	K <sup>1</sup> g/kg	Ca <sup>1</sup> g/kg	Mg g/kg	S <sup>1</sup> g/kg
<b>Tipo de água (TA)</b>						
AB (abastecimento)	3,63a	2,02a	5,18a	2,02a	4,54a	2,22a
AR (residuária)	4,29b	2,17a	5,06a	2,06a	4,61a	2,32a
dms	0,34	0,19	0,48	0,18	0,37	0,18
<b>Adubação (E)</b>						
S/E (sem estrume)	3,68a	1,44a	4,83a	1,99a	4,40a	2,17a
C/E (com estrume)	4,34b	2,75b	5,41b	2,08a	4,75a	2,38b
dms	0,34	0,19	0,48	0,18	0,37	0,18
<b>Ciclos (T)</b>						
1º ciclo	3,87a	2,18a	5,26a	1,74a	4,64a	2,74a
2º ciclo	4,05a	2,01a	4,98a	2,34b	4,51a	1,80b
dms	0,34	0,19	0,48	0,18	0,37	0,18

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x+1}$

**Tabela 5.46** – Desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” para a variável de **macronutrientes na raiz das alfaces cálcio**, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio Ca <sup>1</sup> g/kg
<b>Adubação dentro dos ciclos</b>		
E dentro do 1º ciclo	1	0,38*
E dentro do 2º ciclo	1	0,07ns
<b>Ciclos dentro da adubação</b>		
T dentro de S/E	1	2,67**
T dentro de C/E	1	0,55**

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

**Tabela 5.47** – Média do desdobramento da interação “adubação orgânica x ciclos de cultivo” para a variável de macronutrientes na raiz das alfaces cálcio, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Ca <sup>1</sup> g/kg
<b>Adubação dentro do 1º ciclo</b>	
S/E (sem estrume)	1,59a
C/E (com estrume)	1,90b
dms	0,26
<b>Adubação dentro do 2º ciclo</b>	
S/E (sem estrume)	2,40a
C/E (com estrume)	2,27a
dms	0,26
<b>Ciclos dentro do S/E</b>	
1º ciclo	1,59a
2º ciclo	2,40b
dms	0,26
<b>Ciclos dentro do C/E</b>	
1º ciclo	1,90a
2º ciclo	2,27b
dms	0,26

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

### 5.6.2 – Micronutrientes

As concentrações médias dos micronutrientes encontradas na raiz da alface, indicaram as maiores contribuições das águas residuárias. Observou-se, entre os primeiro e segundo ciclos, diminuição nas concentrações de boro e ferro, seguindo a diminuição que ocorreu também nas folhas das alfaces. O aumento das concentrações de cobre e manganês entre os ciclos aconteceu como nas folhas das alfaces (Tabela 5.43); apenas o manganês seguiu um decréscimo nas suas concentrações entre os ciclos, obedecendo a seqüência (AR C/E > AR S/E > AB C/E > AB S/E).

O tipo de água nos tratamentos do cultivo da alface ocorreu influência estatística apenas para o sódio, em nível de 1% (Tabela 5.48); constatou-se que os maiores valores ocorreram nas parcelas irrigadas com água residuária (Tabela 5.49). A significância estatística na adubação orgânica se deu em nível de 5% para o cobre e nas parcelas que não receberam adubação do estrume bovino (Tabela 5.49). Maiores influências se situaram entre os ciclos de cultivo que apresentaram significância estatística para a maioria dos micronutrientes analisados (sódio, boro, ferro, cobre e manganês), em nível de 1% de probabilidade, pelo teste



F; maiores valores foram encontrados no primeiro ciclo para o sódio, boro e o ferro, enquanto o cobre e o manganês, no segundo ciclo de cultivo (Tabela 5.49).

**Tabela 5.48** – Resumo da análise de variância referente às variáveis de **micronutrientes na raiz da alface** sódio, boro, ferro, cobre, manganês e zinco, em função dos fatores estudados tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio					
		Na mg/kg	B mg/kg	Fe <sup>1</sup> mg/kg	Cu <sup>1</sup> mg/kg	Mn <sup>1</sup> mg/kg	Zn <sup>1</sup> mg/kg
Tipo de água (TA)	1	<b>35543978,96**</b>	68,68ns	88,85ns	0,38ns	3,62ns	0,12ns
Adubação (E)	1	14780797,13ns	30,89ns	165,41ns	<b>1,14*</b>	2,21ns	0,06ns
Ciclos (T)	1	<b>145196605,03**</b>	<b>442,38**</b>	<b>3119,66**</b>	<b>11,32**</b>	<b>19,32**</b>	0,02ns
TA x E	1	9018430,18ns	92,75ns	113,59ns	0,01ns	0,00ns	0,00ns
TA x T	1	3367499,08ns	152,34ns	1,32ns	0,03ns	0,24ns	0,00ns
E x T	1	6573348,78ns	67,57ns	36,71ns	0,61ns	0,39ns	0,01ns
TA x E x T	1	9018430,72ns	145,61ns	160,36ns	0,02ns	0,03ns	0,07ns
Resíduo	24	4409935,72	79,33	66,67	0,26	1,53	0,05
CV	(%)	18,13	19,05	15,73	16,3	14,46	13,37

(\* significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$

**Tabela 5.49** – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis de **micronutrientes na raiz da alface** sódio, boro, ferro, cobre, manganês e zinco, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Na	B	Fe <sup>1</sup>	Cu <sup>1</sup>	Mn <sup>1</sup>	Zn <sup>1</sup>
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>Tipo de água (TA)</b>						
AB (abastecimento)	<b>10531,50a</b>	45,30a	50,25a	3,05a	8,23a	1,61a
AR (residuária)	<b>12639,35b</b>	48,23a	53,58a	3,27a	8,90a	1,73a
dms	<b>1532,35</b>	6,5	5,96	0,38	0,9	0,16
<b>Adubação (E)</b>						
S/E (sem estrume)	12265,06a	47,75a	54,19a	<b>3,35a</b>	8,30a	1,71a
C/E (com estrume)	10905,79a	45,78a	49,64a	<b>2,97b</b>	8,83a	1,62a
dms	<b>1532,35</b>	6,5	5,96	<b>0,38</b>	0,9	0,16
<b>Ciclos (T)</b>						
1º ciclo	<b>13715,54a</b>	<b>50,48a</b>	<b>61,79a</b>	<b>2,56a</b>	<b>7,79a</b>	1,69a
2º ciclo	<b>9455,31b</b>	<b>43,05b</b>	<b>42,04b</b>	<b>3,75b</b>	<b>9,34b</b>	1,64a
dms	<b>1532,35</b>	6,5	5,96	<b>0,38</b>	0,9	0,16

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$

## 5.6.3 - Metais Pesados

Os valores médios das variáveis que compõem os metais pesados na raiz da alface, avaliados nos quatro tratamentos experimentais e nos dois ciclos de cultivo, estão na Tabela 5.43. As concentrações dos metais pesados na raiz seguiram o mesmo aumento entre os primeiro e segundo ciclos, observado nas folhas das alfaces. Nos ciclos de cultivo as concentrações dos metais pesados não seguiram qualquer seqüência, ocorrendo muitas variações entre os tratamentos estudados.

A análise estatística demonstrou efeito significativo em nível de 1% para todos os metais pesados, mas apenas com relação aos ciclos de cultivo (Tabela 5.50), e os maiores valores foram observados no segundo ciclo (Tabela 5.51).

**Tabela 5.50** – Resumo da análise de variância referente às variáveis que compõem os metais pesados na raiz da alface cádmio, níquel e chumbo, em função dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio		
		Cd <sup>2</sup> mg/l	Ni <sup>1</sup> mg/l	Pb <sup>2</sup> mg/l
Tipo de água (TA)	1	0,13ns	1,15ns	0,01ns
Adubação (E)	1	0,16ns	0,16ns	0,03ns
Ciclos (T)	1	<b>26,09**</b>	<b>134,55**</b>	<b>2,94**</b>
TA x E	1	0,18ns	0,01ns	0,12ns
TA x T	1	0,19ns	0,05ns	0,06ns
E x T	1	0,23ns	2,61ns	0,00ns
TA x E x T	1	0,04ns	0,19ns	0,08ns
Resíduo	24	0,34	0,78	0,03
CV	(%)	22,36	19,53	11,57

(\* ) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\* ) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$

<sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

**Tabela 5.51** – Valores médios dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para as variáveis que compõem os **metais pesados na raiz da alface** cádmio, níquel e chumbo, em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Cd <sup>2</sup> mg/l	Ni <sup>1</sup> mg/l	Pb <sup>2</sup> mg/l
<b>Tipo de água (TA)</b>			
AB (abastecimento)	2,56a	4,34a	1,57a
AR (residuíria)	2,69a	4,72a	1,60a
dms	0,43	0,64	0,13
<b>Adubação (E)</b>			
S/E (sem estrume)	2,56a	4,45a	1,55a
C/E (com estrume)	2,70a	4,60a	1,61a
dms	0,43	0,64	0,13
<b>Ciclos (T)</b>			
1º ciclo	1,73a	2,48a	1,28a
2º ciclo	3,53b	6,58b	1,89b
dms	0,43	0,64	0,13

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

<sup>(2)</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x + 1}$

## 5.7 – Avaliação Agronômica

### 5.7.1 – Análise de crescimento não destrutiva

A alface (*Lactuca sativa L.*) é uma das hortaliças mais cultivadas no mundo (MEDINA *et al.* 1982); apesar de folhosa, é a mais significativa na alimentação do brasileiro, assegurando, à sua cultura, expressiva importância econômica (FAQUIN, FURTINI NETO e VILELA, 1996). Segundo a FAO (2002), no ano 2000 foram produzidos, no mundo, 17,28 milhões de toneladas de alface, em uma área de 791.144 ha. No Brasil, o IBGE (2000), informa que, em 1996, a produção foi de 311.887 toneladas de alface, no valor de 152.347 milhões de reais de cujo total cerca de 173.000 toneladas foram produzidas no estado de São Paulo, ocupando uma área de 7.859 ha e gerando 6.360 empregos (MEIRELLES, 1998).

As Tabelas 5.52, 5.53, 5.54 e 5.55 apresentam os resultados das análises estatísticas referentes às variáveis não destrutivas, altura da planta (AP), circunferência da planta (CP), número de folhas (NF), peso das folhas (PF), peso da raiz (PR), peso total (PT) e diâmetro da raiz (DR), avaliadas no primeiro experimento.

A análise de variância mostrou significância em nível de 1% para altura e circunferência da planta (Tabela 5.52) quando se avaliou o tipo de água de irrigação aplicado e os maiores valores foram encontrados nas parcelas irrigadas com água residuária (Tabela 5.53). Quando se avaliou o efeito da adubação orgânica (estrupe), notou-se significância em nível 5% para o diâmetro da raiz e em nível de 1% para altura e circunferência da planta, número e peso das folhas, peso da raiz e peso total e, novamente, os maiores valores foram encontrados nas parcelas adubadas. A interação “tipo de água x adubação orgânica” foi observada para altura da planta e número de folhas em nível de 5% e, em nível de 1%, somente para circunferência da planta. No desdobramento adubação orgânica dentro do tipo de água (Tabela 5.54), a significância se deu em nível de 1% de probabilidade, para altura e circunferência da planta e número de folhas para as parcelas adubadas (Tabela 5.5). Avaliando-se o desdobramento tipo de água dentro da adubação observou-se que a significância foi em nível de 1% para diâmetro, circunferência da planta e número de folhas e os maiores valores, nas parcelas que receberam irrigação com água residuária (Tabela 5.52).

As Tabelas 5.56 e 5.57 apresentam os resultados das análises estatísticas referentes às variáveis não destrutivas, altura da planta (AP), circunferência da planta (CP), número de folhas (NF), peso das folhas (PF), peso da raiz (PR), peso total (PT) e diâmetro da raiz (DR), avaliadas no segundo experimento.

A análise estatística mostrou significância em nível de 1% de probabilidade para todas as variáveis analisadas, mas somente quando se avaliou a adubação orgânica (Tabela 5.56), com os maiores valores nas parcelas adubadas (Tabela 5.57).

**Tabela 4.52** – Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (AP), circunferência da planta (CP), número de folhas (NF) peso das folhas (PF), peso da raiz (PR), peso total (PT) e diâmetro da raiz no final do 1º ciclo de cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.) em função do tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface, em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio						
		AP (cm)	CP (mm)	NF	PF (g)	PR (g)	PT (g)	DR (mm)
Tipo de água (TA)	1	47,09**	51,30**	18,06ns	12635,45ns	21,58ns	13700,70ns	0,20ns
Adubação (E)	1	684,74**	375,68**	588,06**	270496,21**	847,39**	301609,66**	2,51*
TA x E	1	13,58*	60,02**	33,06*	13743,46ns	21,53ns	14853,52ns	0,70ns
Resíduo	12	2,53	5,26	4,52	3215,65	10,13	3289,27	0,16
CV (%)		7,14	7,32	8,75	21,36	12,94	19,77	20,64

(\* ) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

**Tabela 5.53** – Valores médios dos fatores tipo de água (TA) e adubação (E) para as variáveis altura de planta (AP), **circunferência da planta (CP)**, número de folhas (NF) peso das folhas (PF), peso da raiz (PR), peso total (PT) e diâmetro da raiz no final do 1º ciclo da alface (*Lactuca sativa L.*) em função do tipo de água (TA) e adubação (E), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	AP	CP	NF	PF	PR	PT	DR
	(cm)	(mm)		(g)	(g)	(g)	(mm)
<b>Tipo de água (TA)</b>							
AB (água de abastecimento)	20,57a	29,54a	23,25a	237,37a	23,44a	260,80a	2,01a
AR (água residuária)	24,00b	33,12b	25,38a	293,57a	25,76a	319,33a	1,79a
dms	1,73	2,49	2,32	61,78	3,47	62,48	0,43
<b>Adubação (E)</b>							
S/E (sem estrume)	15,75a	26,48a	18,25a	135,45a	17,32a	152,77a	1,50a
C/E (com estrume)	28,83b	36,17b	30,38b	395,49b	31,88b	427,36b	2,30b
dms	1,73	2,49	2,32	61,78	3,47	62,48	0,43

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

**Tabela 5.54** – Desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” (TA X E) referente às variáveis altura de planta (AP), **circunferência da planta (CP)** e número de folhas (NF) no final do 1º ciclo de cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em função do tipo de água (TA) e adubação (E), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Quadrado médio		
	AP (cm)	CP (mm)	NF
<b>Adubação (E) dentro do tipo de água (TA)</b>			
E dentro de AB (água de abastecimento)	443,87**	368,02**	450,00**
E dentro de AR (água residuária)	254,03**	67,69**	171,13**
<b>Tipo de água (TA) dentro da adubação (E)</b>			
TA dentro de S/E (sem estrume)	55,02**	111,15**	50,00**
TA dentro de C/E (com estrume)	5,23ns	0,17ns	1,13ns

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

**Tabela 5.55** – Média do desdobramento da interação “tipo de água x adubação” (TA X E) referente às variáveis altura de planta (AP), circunferência da planta (CP) e número de folhas (NF) no final do 1º ciclo de cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em função do tipo de água (TA) e adubação (E), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	AP	CP	NF
	(cm)	(mm)	
<b>Adubação dentro da AB (Água de abastecimento)</b>			
S/E (sem estrume)	13,12a	22,75a	15,75a
C/E (com estrume)	28,02b	36,32b	30,75b
dms	2,45	3,53	3,28
<b>Adubação dentro da AR (Água residuária)</b>			
E1 (com estrume)	18,37a	30,21a	20,75a
E2 (sem estrume)	29,64b	36,03b	30,00b
dms	2,45	3,53	3,28
<b>Tipo de água (TA) dentro da adubação (E)</b>			
AB (águas de abastecimento)	13,12a	22,75a	15,75a
AR (água residuária)	18,37b	30,21b	20,75b
dms	2,45	3,53	3,28
<b>Tipo de água (TA) dentro da adubação (E)</b>			
AB (água de abastecimento)	28,02a	36,32a	30,75a
AR (água residuária)	29,64a	36,03a	30,00a
dms	2,45	3,53	3,28

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

**Tabela 5.56** – Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (AP), circunferência (CP), número de folhas (NF) peso das folhas (PF), peso da raiz (PR), peso total (PT) e diâmetro da raiz (DR) em função do tipo de água (TA) e adubação (E) no final do 2º ciclo de cultivo da alface (*Lactuca sativa, L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio						
		AP (cm)	CP (mm)	NF	PF <sup>1</sup> (g)	PR <sup>1</sup> (g)	PT <sup>1</sup> (g)	DR <sup>1</sup> (mm)
Tipo de água (TA)	1	4,06ns	5,69ns	5,06ns	3,90ns	0,06ns	3,74ns	0,02ns
Adubação (E)	1	655,23**	852,93**	715,56**	375,89**	16,03**	304,89**	0,86**
TA x E	1	0,20ns	3,50ns	5,06ns	0,42ns	0,05ns	0,43ns	0,04ns
Resíduo	12	6,58	9,53	14,98	1,89	0,26	2,04	0,03
CV	(%)	16,1	12,44	18,16	11,79	13,28	11,62	13,79

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>1</sup>) Dados transformados em  $\sqrt{x}$

**Tabela 5.57** – Valor médio dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) para as variáveis altura de planta (AP), circunferência da planta (CP), número de folha (NF) peso das folhas (PF), peso da raiz (PR), peso total (PT) e diâmetro da raiz (DR) em função do tipo de água (TA) e adubação (E) no final do 2º ciclo de cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	AP (cm)	CP (mm)	NF	PF <sup>1</sup> (g)	PR <sup>1</sup> (g)	PT <sup>1</sup> (g)	DR <sup>1</sup> (mm)
<b>Tipo de água (TA)</b>							
AB (água de abastecimento)	15,43a	24,22a	20,75a	11,15a	3,82a	11,81a	1,28a
AR (água residuária)	16,44a	25,42a	21,88a	12,14a	3,94a	12,78a	1,22a
dms	0,91	3,36	4,22	1,5	0,56	1,56	0,19
<b>Adubação (E)</b>							
S/E (sem estrume)	9,54a	17,52a	14,63a	6,80a	2,85a	7,39a	1,02a
C/E (com estrume)	22,34b	32,12b	28,00b	16,50b	4,88b	17,20b	1,49b
dms	2,78	3,36	4,22	1,5	0,56	1,56	0,19

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$

### 5.7.2 – Produtividade

Segundo Kiehl, 1985, os adubos orgânicos aplicados no solo sempre proporcionam resposta positiva sobre a produção das culturas, chegando a igualar, ou até mesmo a superar, os efeitos dos fertilizantes químicos, porém, dependendo de sua composição química, taxa de mineralização e teor de nitrogênio, que por sua vez, sofrem influências das condições climáticas, os adubos orgânicos se tornam, em dosagens elevadas, prejudiciais às culturas.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação, o rendimento médio da alface varia entre 15 a 22 t/ha (CAMARGO, 1984). Deu-se decréscimo de produtividade ao longo dos dois ciclos de cultivo para todos os tratamentos experimentais (Figura 5.3) fato que pode ser explicado pela alta precipitação no 1º ciclo, influenciando no aumento da irrigação e a diminuição das altas temperaturas, porém dentro de cada ciclo se destacaram as elevadas produtividades, particularmente no 1º ciclo (2,5 kg/m<sup>2</sup>- matéria úmida) dos tratamentos que receberam estrume bovino, independente do tipo de água de irrigação. Nos 1º e 2º ciclos, a produtividade foi ligeiramente superior no tratamento irrigado com água residuária (AR), com 2,4 e 1,7 kg/m<sup>2</sup>- matéria úmida, respectivamente. As produtividades elevadas foram relacionadas à presença do estrume bovino, que forneceu a matéria orgânica a qual, ao se decompor via atividade microbiana presente no solo, disponibilizou os nutrientes necessários ao crescimento da hortaliça. O conteúdo dos

nutrientes inorgânicos da água residuária não foi, por si só, suficiente para suprir as necessidades nutricionais da alface sendo, portanto, mera fornecedora de água.

Santos, 1993, obteve produtividade acima de 50 kg/ha usando composto orgânico na doseagem de 65,85mg/ha, com base na matéria seca, superior à obtida no experimento de Porto, 1996, que obteve, com a adubação de esterco bovino, o máximo rendimento de alface na doseagem de 63,4 Mg/ha. Os baixos rendimentos encontrados por Porto podem estar relacionados a altas temperaturas e luminosidade no período da condução do experimento, o que resultou provavelmente, em menor ciclo vegetativo e, por conseguinte, em menores produtividades.

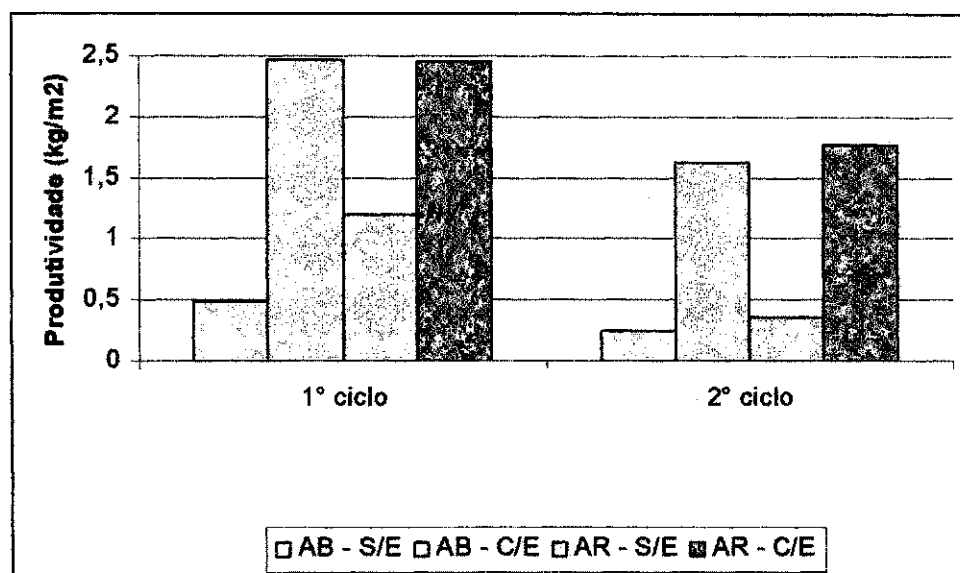


Figura 5.3 – Valores médios da produtividade de alface (*Lactuca sativa L.*), nas parcelas experimentais adubadas (C/E) ou não (S/E) com estrume bovino e irrigadas com água residuária tratada (AR) e de abastecimento (AB), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

A produtividade da hortaliça foi avaliada, ao final dos ciclos, e os resultados das análises estatísticas para ambos os ciclos estão nas Tabelas 5.58 e 5.59. A significância estatística foi em nível de 5% de probabilidade para tipo de água e, em nível de 1% para a adubação orgânica e ciclo de cultivo (Tabela 5.58), apresentando as maiores produtividades para as parcelas irrigadas com água residuária, adubadas com estrume e cultivadas no primeiro ciclo (Tabela 5.59).



**Tabela 5.58** – Resumo da análise de variância referente à variável produtividade (PROD) no final de cada ciclo de cultivo da alface em função dos fatores estudados tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio
		PROD <sup>1</sup> (kg/m <sup>2</sup> )
Tipo de água (TA)	1	0,45*
Adubação (E)	1	18,27**
Ciclos (T)	1	3,39**
TA x E	1	0,23ns
TA x T	1	0,09ns
E x T	1	0,09ns
TA x E x T	1	0,29ns
Resíduo	24	0,09
CV	(%)	22,57

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>1</sup>) Dados transformados em  $\sqrt{x}$

**Tabela 5.59** – Valor médio dos fatores tipo de água (TA), adubação orgânica (E) e ciclos de cultivo (T) para a variável produtividade (PROD) em função dos fatores estudados na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	PROD <sup>1</sup> (kg/m <sup>2</sup> )
<b>Tipo de água (TA)</b>	
AB (abastecimento)	1,21a
AR (residuária)	1,44b
dms	0,22
<b>Adubação (E)</b>	
S/E (sem estrume)	0,57a
C/E (com estrume)	2,08b
dms	0,22
<b>Ciclos (T)</b>	
1º ciclo	1,65a
2º ciclo	1,00b
dms	0,22

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>1</sup>) Dados transformados em  $\sqrt{x}$

## 5.8 – Exames microbiológicos na alface

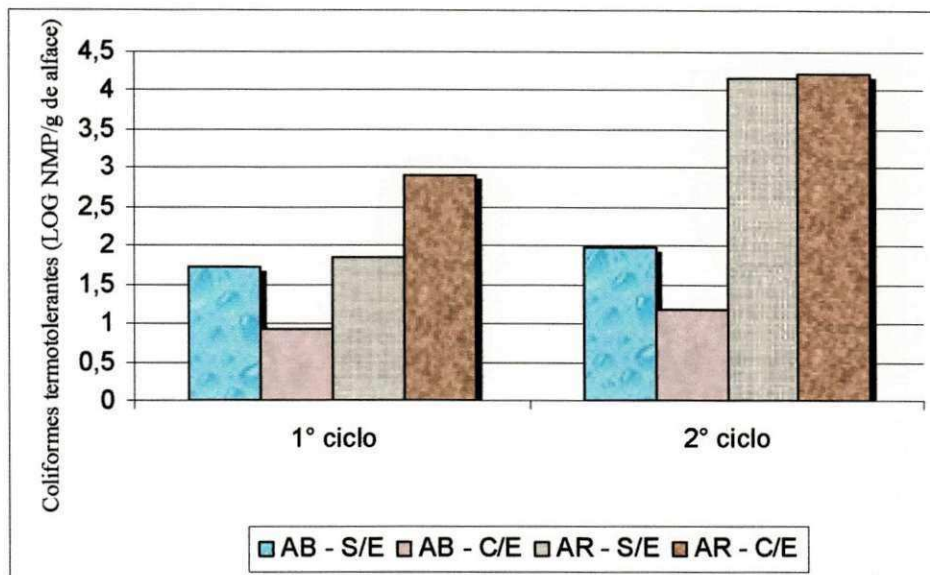
### 5.8.1 – Coliformes termotolerantes na alface

De acordo com Mota e Santaella (1994), os processos convencionais de tratamento de água residuária podem fornecer efluentes adequados para serem utilizados na irrigação de grande variedade de culturas, mas o uso em irrigação de águas residuárias, mesmo tratadas, pode ocasionar impactos negativos no meio ambiente, inclusive problemas sanitários; recomenda-se, então, que se adotem medidas de controle rigorosas, quando se utilizar este tipo de água na irrigação. Devido a possíveis impasses operacionais dos sistemas de tratamento, é conveniente que, além do monitoramento dos esgotos tratados, estes sejam utilizados de forma planejada, em especial quando são utilizados na irrigação de culturas destinadas à alimentação, sobretudo nas ingeridas cruas, como hortaliças, que se desenvolvem rentes ao solo.

Tradicionalmente, a determinação dos coliformes fecais ou termotolerantes é para caracterizar o nível de contaminação fecal de águas, solos e lodos, entre outros tipos de amostras ambientais (APHA, 1998).

Nos dois ciclos de cultivo o número médio de coliformes termotolerantes sempre foi elevado, com exceção dos tratamentos de AB C/E (Figura 5.4). Independente do ciclo de cultivo, a seqüência dos tratamentos experimentais da maior até a menor contaminação fecal, foi AR C/E > AR S/E > AB S/E > AB C/E, indicando que a irrigação com esgotos domésticos e a aplicação de adubação orgânica (estrume bovino) elevam a contaminação da hortaliça. Nos dois ciclos, os tratamentos irrigados com água residuária apresentaram valores médios mais elevados, porém no segundo ciclo estiveram próximos a  $10^4$  NMP coliformes termotolerantes/g de alface. Esses valores de coliformes termotolerantes nos dois experimentos foram atribuídos à baixa qualidade bacteriológica da água residuária utilizada ( $10^6$  NMP/L; Tabela 5.2) que, associada ao ambiente favorável para o cultivo, como elevada umidade do solo, temperatura média do ar no 1º ciclo de 22°C e no 2º ciclo de 22,6°C, e a morfologia da alface com sua superfície rugosa (ARAÚJO, 1999), facilitou a sobrevivência desses microrganismos na hortaliça. Elevadas concentrações de coliformes termotolerantes, entre  $1,9 \times 10^3$  e  $3,1 \times 10^4$  NMP/100g de alface, também foram encontradas por Araújo (1999), em alfaces cultivadas em colunas de solo e irrigadas com águas poluídas provenientes de um córrego de drenagem urbana. Estudos da qualidade sanitária da alface (*Lactuca sativa L.*), avaliada por Barros *et al.* (1999) em hortas comerciais do brejo paraibano, evidenciaram

concentrações elevadas de coliformes fecais, da ordem de  $10^4$  NMP/g, próximas às concentrações das águas de irrigação ( $3,2 \times 10^3$  e  $7,9 \times 10^4$  UFC/100ml) e, às vezes, até superiores, o que foi atribuído à presença do esterco bovino aplicado ao solo. Lima (2004) encontrou valores médios de coliformes termotolerantes nas alfaces entre  $7,34 \times 10^2$  e  $1,16 \times 10^6$  NMP/100g, em hortas familiares no município de Lagoa Seca, PB, com a concentração de coliformes termotolerantes na água de poço artesiano em torno de  $10^2$  UFC/100ml, e valores de coliformes termotolerantes do esgoto decantado com média de  $4,37 \times 10^5$  UFC/100ml.



**Figura 5.4** – Valores médios de coliformes termotolerantes em folhas de alfaces (*Lactuca sativa* L.), nos tratamentos experimentais AB S/E ( $5,28 \times 10^1$  e  $9,64 \times 10^1$  NMP/g), AB C/E ( $8,49$  e  $1,54 \times 10^1$  NMP/g) AR S/E ( $7,31 \times 10^1$  e  $1,48 \times 10^4$  NMP/g) e AR C/E ( $7,18 \times 10^2$  e  $1,67 \times 10^4$  NMP/g), em experimento localizado em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Encontram-se, nas Tabelas 5.60 e 5.61, os resultados da ANOVA e os valores médios para os coliformes termotolerantes (CTerm.) da alface sob efeito da adubação com estrume bovino e irrigação com dois tipos de água.

A análise estatística em que se usou a ANOVA, mostrou haver significância em nível de 1% apenas no segundo ciclo para os tipos de água de irrigação (Tabela 5.60) e os maiores valores de CTerm estiveram presentes nas parcelas irrigadas com água residuária (Tabela 5.61), o que demonstra a necessidade do controle da qualidade microbiológica das águas residuárias aplicadas em culturas destinadas ao consumo humano sem cozimento.

**Tabela 5.60** – Resumo da análise de variância referente à variável microbiológica da alface coliformes termotolerantes (CTerm) no final de cada ciclo do plantio da alface (*Lactuca sativa L.*) em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio	Quadrado médio
		1º ciclo	2º ciclo
		CTerm <sup>1</sup>	CTerm <sup>1</sup>
		(NMP/g de alface)	(NMP/g de alface)
Tipo de água (TA)	1	9,47ns	<b>31,02**</b>
Adubação (E)	1	0,00ns	1,55ns
TA x E	1	6,69ns	1,82ns
Resíduo	12	3,053	1,66
CV	(%)	115,81	45,97

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em LOG

**Tabela 5.61** – Valor médio da variável microbiológica da alface coliformes termotolerantes (CTerm) no final de cada ciclo do plantio, em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	1º ciclo	2º ciclo
	CTerm <sup>1</sup>	CTerm <sup>1</sup>
		(NMP/g de alface)
<b>Tipo de água (TA)</b>		
AB (água de abastecimento)	0,74a	<b>1,41a</b>
AR (água residuária)	2,28a	<b>4,20b</b>
dms	1,90	1,4
<b>Adubação (E)</b>		
S/E (sem estrume)	1,52a	3,11a
C/E (com adubação)	1,50a	2,49a
dms	1,90	1,40

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em LOG

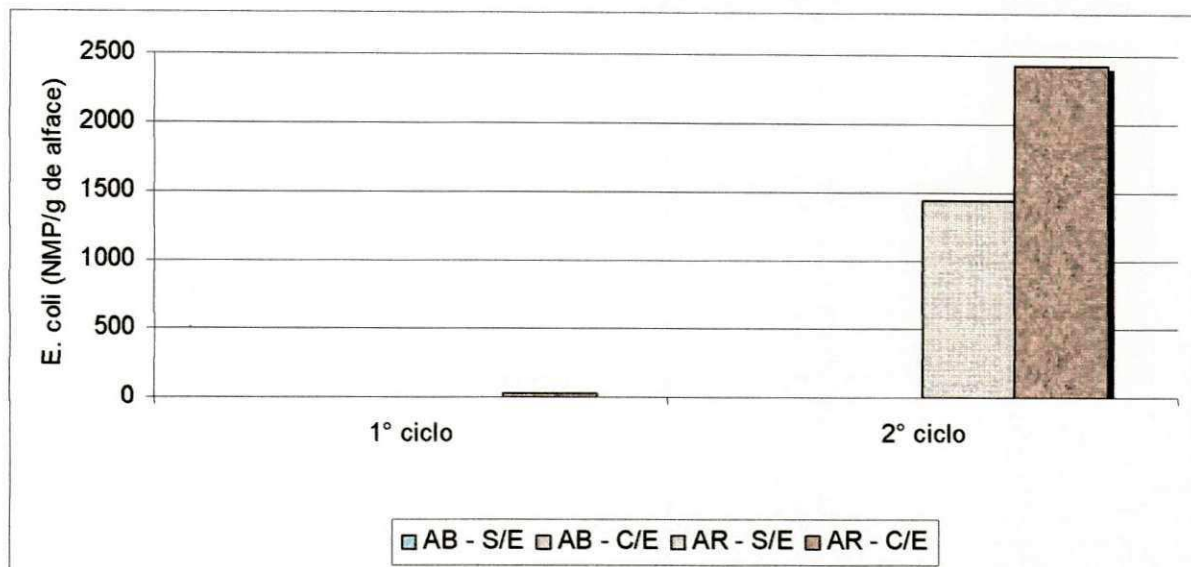
### 5.8.2 – *E. coli* na alface

O baixo valor de *E. coli* no 1º ciclo (Figura 5.5) foi associado a vários fatores, como à elevada precipitação pluvial ocorrida no período experimental (68,4 mm – julho-agosto/03), o que favoreceu sua eliminação na hortaliça, à redução dos turnos de rega com os dois tipos de água (residuária e abastecimento), em virtude da elevada precipitação, e à suspensão da irrigação com água residuária 5 dias antes do término desse ciclo de cultivo, com substituição da irrigação com água de abastecimento, em todas as parcelas; no 2º ciclo, a concentração da

*E. coli* na alface nas parcelas irrigadas com água residuária foi elevada ( $10^2$  NMP/g; Figura 5.5), devido aos turnos de rega com água residuária mais freqüentes, durante todo o ciclo de cultivo, e à baixa pluviosidade no período. Sabe-se que alfaces de folha rugosa propiciam condições favoráveis à sobrevivência de microrganismos (ARAÚJO, 1999) e, neste experimento, o método de irrigação adotado (aspersão) pode ter propiciado ambiente adequado à sua permanência na superfície da hortaliça. Diversos pesquisadores, estudando o período de sobrevivência de microrganismos em hortaliças, constataram que a *E. coli* e *Salmonella* ssp sobrevivem até 10 dias, após a última irrigação (PAGANINI, 2003). Chama-se a atenção para o fato de que, para que o indivíduo adquira uma doença infecciosa, o produto final a ser consumido deverá conter pelo menos um número próximo à dose infecciosa (FEACHEM *et al*, 1983), após ter sido submetido ao processo de higienização doméstica.

Lima (2004) encontrou valores médios de *E. coli* nas alfaces variando de  $3,60 \times 10^2$  NMP/100g a  $9,36 \times 10^4$  NMP/100g (no município de Lagoa Seca, PB), que apresentaram menor contaminação às submetidas aos tratamentos irrigados com água de poço e o solo sem adubação ( $7,52 \times 10^1$  UFC/100ml) e o tratamento irrigado com efluente do decantador e no solo sem adubação ( $4,37 \times 10^5$  UFC/100ml).

Bastos (1992), irrigando alfaces com efluentes dentro dos padrões da WHO (1989), constatou que a alface colhida apresentou concentrações de *E. coli* que se encontravam em torno de 103 org/100g.



**Figura 5.5** – Valores médios de *E. coli* em folhas de alfaces (*Lactuca sativa L.*), nas parcelas experimentais adubadas (C/E) ou não (S/E) e irrigadas com água residuária tratada (AR) e de abastecimento (AB), em experimento localizado em Campina Grande, PB no período de julho-novembro/2003.

A análise estatística (ANOVA) para a *E. coli* (Tabelas 5.62 e 5.63) mostrou o mesmo comportamento e nível de significância (1%) que aquele observado para os coliformes termotolerantes.

**Tabela 5.62** – Resumo da análise de variância referente à variável microbiológica da alface *Escherichia coli* (EC) no final de cada ciclo do plantio da alface (*Lactuca sativa L.*) em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio	
		1º ciclo EC <sup>1</sup> (NMP/g de alface)	2º ciclo EC <sup>1</sup> (NMP/g de alface)
Tipo de água (TA)	1	0,87ns	<b>85,34**</b>
Adubação (E)	1	0,94ns	0,56ns
TA x E	1	0,32ns	0,06ns
Resíduo	12	0,98	0,31
CV	(%)	72,75	64,81

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>1)</sup> Dados transformados em LOG

**Tabela 5.63** – Valor médio do fator tipo de água (TA) e adubação (E) para as variáveis microbiológicas da alface *Escherichia coli* (EC) no final de cada ciclo do plantio da alface (*Lactuca sativa* L.) em função dos fatores estudados tipo de água e adubação, em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	1º ciclo	2º ciclo
	EC <sup>1</sup> (NMP/g de alface)	EC <sup>1</sup> (NMP/g de alface)
<b>Tipo de água (TA)</b>		
AB (água de abastecimento)	1,60a	1,45a
AR (água residuária)	1,13a	3,15b
<b>dms</b>	1,08	0,61
<b>Adubação (E)</b>		
S/E (sem estrume)	1,60a	0,67a
C/E (com estrume)	1,12a	1,05a
<b>dms</b>	1,08	0,61

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em LOG

## 5.9 – Exames parasitológicos na alface

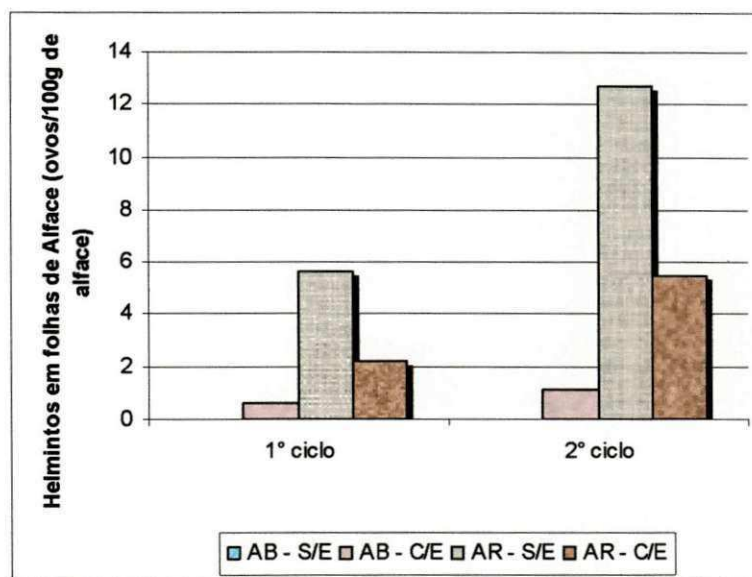
### 5.9.1 – Helmintos

A quantificação de ovos de helmintos em hortaliças é de grande interesse para a saúde pública, pois fornece dados, à vigilância sanitária, referentes ao estado higiênico desses produtos e ainda permite o controle das condições em que foram cultivadas, e serve para alertar a significação da boa lavagem desses produtos, oriundos das feiras livres. Uma das principais vias de contaminação com parasitas é o consumo de alimentos crus.

Os resultados mostraram, nos dois ciclos de cultivo, aumento do número de ovos de helmintos nas folhas das alfaces (Figura 5.6), do primeiro para o segundo ciclo, com exceção do tratamento irrigado com água de abastecimento e sem estrume (AB S/E), na qual esses ovos estiveram ausentes. A presença de ovos de helmintos nas parcelas irrigadas com água de abastecimento mas adubadas com estrume bovino (AB C/E), indicou que esses nematóides intestinais podem ter chegado até as parcelas experimentais, via estrume, e terem sido depositados na hortaliça, via irrigação por aspersão, pelos respingos da água que, ao cair no solo, pode levar os ovos até as folhas das alfaces. Apesar de não se ter detectado ovos de helmintos na água residuária utilizada, o efluente final da ETE (Tabela 5.2), sua presença nas folhas das hortaliças nos tratamentos irrigados com água residuária, pode também ser relacionada a esta água de irrigação, alertando sobre a necessidade do monitoramento

constante da variável nas águas de irrigação, além da importância de se otimizar as técnicas de isolamento e quantificação de parasitas em águas, visto que as atualmente disponíveis recuperam aproximadamente 40% dos ovos presentes.

Trabalhos sobre ocorrência de enteroparasitas em hortaliças comercializadas na região metropolitana de São Paulo, indicam elevados percentuais de contaminação em todos os vegetais analisados (alface lisa e crespa, escarola e agrião), com valores médios de ovos e larvas de helmintos por 100g de amostra entre 33,4/100g, para alface crespa e 16,1/100g, para a escarola (OLIVEIRA, 1992).



**Figura 5.6** – Valores médios de ovos de helmintos em folhas de alface (*Lactuca sativa L.*), nas parcelas experimentais adubadas (C/E) ou não (S/E) com estrume bovino e irrigadas com água residuária tratada (AR) e de abastecimento (AB), em experimento localizado em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Foi notória a significância estatística para os ovos de helmintos nas folhas de alface apenas para 2º ciclo, para o tipo de água (em nível de 1%) e adubação (em nível de 5%) (Tabela 5.64), com maiores valores para os tratamentos que receberam irrigação com água residuária e sem adubação (Tabela 5.65). O desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” (Tabela 5.66) e a média dos desdobramentos (Tabela 5.67) mostraram significância para a água residuária e para as parcelas sem adubação.



**Tabela 5.64** – Resumo da análise de variância referente à variável parasitológica helminto (HEL) na alface no final de cada ciclo do plantio em função tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio	
		1º ciclo	2º ciclo
		HEL <sup>1</sup> (ovos/100g de alface)	HEL (ovos/100g de alface)
Tipo de água (TA)	1	1,21ns	<b>0,03**</b>
Adubação (E)	1	0,07ns	<b>0,00*</b>
TA x E	1	0,33ns	<b>0,01**</b>
Resíduo	12	0,42	0,00
CV (%)		132,95	50,30

(\* ) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em LOG

**Tabela 5.65** – Valor médio dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) para a variável parasitológica helmintos (HEL) na alface, no final de cada ciclo do plantio em função dos fatores tipo de água e adubação na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	1º ciclo	2º ciclo
	HEL <sup>1</sup> (ovos/100g de alface)	HEL (ovos/100g de alface)
<b>Tipo de água</b>		
AB (água de abastecimento)	0,21a	<b>0,01a</b>
AR (água residuária)	0,76a	<b>0,09b</b>
dms	0,71	<b>0,03</b>
<b>Adubação (E)</b>		
S/E (sem estrume)	0,42a	<b>0,06a</b>
C/E (com estrume)	0,56a	<b>0,03b</b>
dms	0,71	<b>0,03</b>

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em LOG

**Tabela 5.66** – Desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” referente à variável parasitológica helmintos (HEL) na alface no final do 2º ciclo do plantio, em função dos fatores estudados tipo de água (TA) e adubação (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Quadrado médio
	HEL (ovos/100g de alface)
<b>Adubação dentro do tipo de água</b>	
E dentro de AB (água de abastecimento)	0,00ns
E dentro de AR (água residuária)	<b>0,01*</b>
<b>Tipo de água dentro da adubação</b>	
TA dentro de S/E	<b>0,03**</b>
TA dentro de C/E	<b>0,00*</b>

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

**Tabela 5.67** – Média do desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” referente à variável parasitológica helmintos (HEL) na alface no final do 2º ciclo do plantio, em função dos fatores estudados tipo de água (TA) e adubação (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	HEL
	(ovos/100g de alface)
<b>Adubação dentro do AB</b>	
S/E (sem estrume)	0,00a
C/E (com estrume)	0,01a
dms	0,04
<b>Adubação dentro do AR</b>	
S/E (sem estrume)	<b>0,13a</b>
C/E (com estrume)	<b>0,05b</b>
dms	<b>0,04</b>
<b>Tipo de água dentro do S/E</b>	
AB (abastecimento)	<b>0,00a</b>
AR (residuária)	<b>0,13b</b>
dms	<b>0,04</b>
<b>Tipo de água dentro do C/E</b>	
AB (abastecimento)	<b>0,01a</b>
AR (residuária)	<b>0,05b</b>
dms	<b>0,04</b>

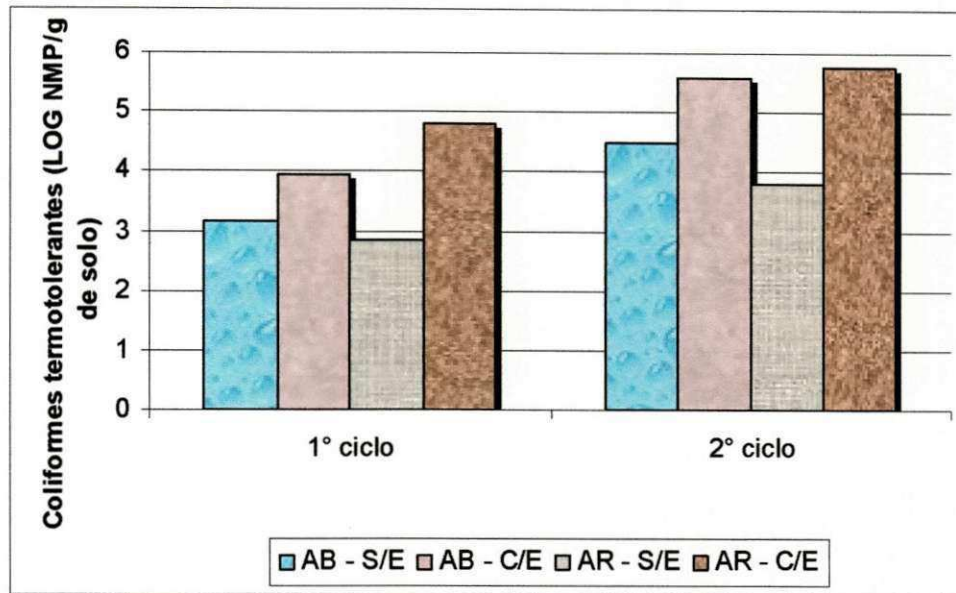
As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

## 5.10 – Exames microbiológicos no solo

### 5.10.1 – Coliformes termotolerantes no solo

A Figura 5.7 indica tendência de aumento dos coliformes termotolerantes no solo, entre os primeiro e segundo ciclos de cultivo, cuja seqüência se dispõe da maior para a menor contaminação, sendo AR C/E > AB C/E > AB S/E > AR S/E. As parcelas que receberam água de abastecimento e não foram adubadas (AB S/E) apresentaram elevada contaminação (entre  $10^3$  e  $10^4$  NMP/g de solo), relacionada com contaminação preexistente no solo, antes da delimitação da área experimental ( $1,6 \times 10^5$  NMP/g de solo). Nas parcelas que receberam adubação orgânica e foram irrigadas com água de abastecimento (AB C/E), notou-se aumento da contaminação fecal (entre  $10^3$  e  $10^5$  NMP/g de solo) entre os 1º e 2º ciclos, além de associado ao procedimento de nova adubação das parcelas, antes de cada ciclo de cultivo. A utilização da água residuária nas parcelas sem adubação (AR S/E) não alterou o número médio de CTerm. no solo, que se manteve em  $10^3$  NMP/g de solo. A maior contaminação foi observada no tratamento AR C/E, nos dois ciclos de cultivo, com valores médios próximos a  $10^5$  NMP coliformes termotolerantes/g no primeiro ciclo e  $10^6$  NMP coliformes termotolerantes/g de solo, no 2º ciclo. Os valores inferiores do 1º ciclo, estão relacionados à ocorrência de maiores valores de precipitação pluvial, menor frequência de irrigação e suspensão da irrigação com água residuária, 5 dias antes do término do ciclo de cultivo. A sobrevivência desses indicadores no solo depende de fatores como a umidade, garantida pela irrigação contínua, e pelas chuvas e presença de matéria orgânica (BASTOS, 1992) existente no solo, mais aquela incorporada via adubação orgânica e adição de água residuária, aqui representada pela biomassa algal e resíduos orgânicos não eliminados no tratamento.

Barros *et al.* (1999) encontraram, em estudos em hortas comerciais no brejo paraibano, elevadas concentrações de coliformes fecais (entre  $10^4$  a  $10^6$  NMP/g de solo) em solo em que há aplicação de estrume, enquanto aqueles que não receberam adubo orgânico tiveram contaminação reduzida em duas unidades logarítmicas, variando de  $10^2$  a  $10^4$  NMP Cterm./g, mostrando que a prática da adubação orgânica, importante para o cultivo da alface, favorece a contaminação microbiológica do solo quando o adubo não está bacteriologicamente “curado”, o qual se faz, em geral, por exposição do material ao sol.



**Figura 5.7** – Valores médios de coliformes termotolerantes no solo de parcelas experimentais cultivadas com alface (*Lactuca sativa L.*), adubadas (C/E) ou não (S/E) com estrume bovino e irrigadas com água residuária tratada (AR) e de abastecimento (AB), em experimento localizado em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

A análise de variância para os coliformes termotolerantes no solo mostrou significância estatística em nível de 5% (1º ciclo) e 1% (2º ciclo) (Tabela 5.68) e nos tratamentos que receberam adubação nos dois ciclos de cultivo (Tabela 5.69), sugerindo que a presença dos indicadores de contaminação fecal foi resultante da adição de adubo orgânico e sua presença nos dois ciclos de cultivo esteve relacionada às condições ideais para sua sobrevivência no solo.

**Tabela 5.68** – Resumo da análise de variância referente à variável microbiológica coliformes termotolerantes (CTerm.) no solo no final de cada ciclo do plantio, em função tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio	
		1º ciclo CTerm <sup>1</sup> (NMP/g de solo)	2º ciclo CTerm <sup>1</sup> (NMP/g de solo)
Tipo de água (TA)	1	0,28ns	0,28ns
Adubação (E)	1	<b>7,38*</b>	<b>9,25**</b>
TA x E	1	1,43ns	0,75ns
Resíduo	12	1,32	0,44
CV	(%)	31,18	31,18

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em LOG

**Tabela 5.69** – Valor médio dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) para a variável microbiológica coliformes termotolerantes (CTerm.) no solo no final de cada ciclo do plantio, em função do tipo de água (TA) e adubação (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

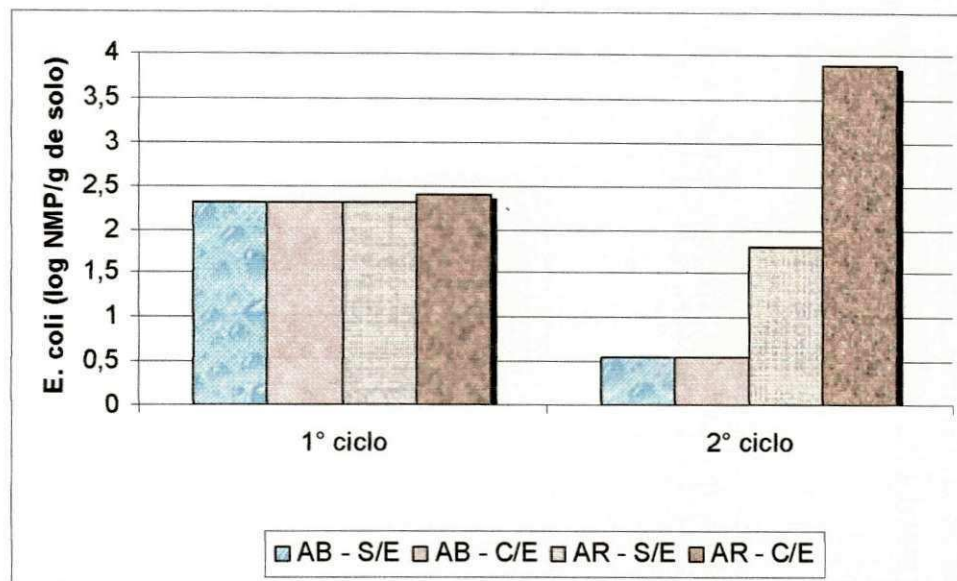
Causa de variação	1º ciclo	2º ciclo
	CTerm <sup>1</sup> (NMP/g de solo)	CTerm <sup>1</sup> (NMP/g de solo)
<b>Tipo de água (TA)</b>		
AB (água de abastecimento)	3,55a	5,05a
AR (água residuária)	3,81a	4,79a
dns	1,25	0,72
<b>Adubação (E)</b>		
S/E (sem estrume)	3,00a	4,16a
C/E (com estrume)	4,36b	5,68b
dns	1,25	0,72

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em LOG

#### 5.10.2 – *E. coli* no solo

No final do 1º ciclo de cultivo, os valores médios de *E. coli* estiveram próximos a  $10^2$  NMP/g de solo (Figura 5.8), ou seja, baixos, em todas as parcelas experimentais, o que foi relacionado à combinação da elevada precipitação pluvial (68,4 mm em 38 dias de cultivo) e a suspensão da irrigação no 33º dia do plantio, garantindo, assim, umidade excessiva no solo que poderia ter propiciado condições para que houvesse uma mobilidade desses microrganismos, através dos interstícios solo ou pelo escoamento superficial. No segundo ciclo, transcorrido em um período com menor precipitação pluviométrica (8,8 mm em 41 dias de cultivo), a irrigação foi maior, com os dois tipos de água, resultando em valores de contaminação muito variados, desde uma uniformidade entre os tratamentos irrigados com água de abastecimento na presença ou ausência de adubação ( $2,00E+01$  *E.coli*/g de solo), a valores que se aproximaram de  $10^2$  NMP *E.coli*/g de solo para o tratamento AR S/E, até valores próximos a  $10^4$  NMP *E.coli*/g de solo para o tratamento que recebeu água residuária e adubação orgânica (AR C/E). Esta flutuação na contaminação foi associada às condições ambientais neste ciclo de cultivo, em que a irrigação foi contínua em virtude da baixa precipitação pluviométrica, cuja contaminação é oriunda da água residuária.



**Figura 5.8** – Valores médios de *E. coli* no solo de parcelas experimentais cultivadas com alface (*Lactuca sativa*), adubadas (C/E) ou não (S/E) com estrume bovino e irrigadas com água residuária tratada (AR) e de abastecimento (AB), em experimento localizado em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

A análise estatística mostrou efeito significativo apenas no segundo ciclo, em nível de 1%, para o tipo de água, e em nível de 5% para a presença de adubação e interação entre esses fatores (Tabela 5.70). Os maiores valores foram encontrados nos tratamentos irrigados com água residuária e adubados (Tabela 5.71). A interação “tipo de água x adubação” confirmou que o uso de água residuária e a presença de adubo orgânico introduzem este indicador no solo, que sobrevive devido a fatores externos, como umidade do solo e presença de matéria orgânica (Tabela 5.73).

**Tabela 5.70** – Resumo da análise de variância referente à variável microbiológica *Escherichia coli* (EC) no solo, no final de cada ciclo do plantio, em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio	Quadrado médio
		1º ciclo	2º ciclo
		EC <sup>1</sup>	EC <sup>1</sup>
		(NMP/g de solo)	(NMP/g de solo)
Tipo de água (TA)	1	0,01ns	21,25**
Adubação (E)	1	0,01ns	4,33*
TA x E	1	0,01ns	4,33*
Resíduo	12	0,01	0,84
CV	(%)	4,28	53,90

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em LOG

**Tabela 5.71** – Valor médio do fator tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) para a variável microbiológica *Escherichia coli* (EC) no solo, no final de cada ciclo, em função dos fatores tipo de água e adubação na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	1º ciclo	2º ciclo
	EC <sup>1</sup> (NMP/g de solo)	EC <sup>1</sup> (NMP/g de solo)
<b>Tipo de água (TA)</b>		
AB (água de abastecimento)	2,30a	0,55a
AR (água residuária)	2,35a	2,86b
dms	0,11	1,00
<b>Adubação (E)</b>		
S/E (sem estrume)	2,30a	1,18a
C/E (com estrume)	2,35a	2,22b
dms	0,11	1,00

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em LOG

**Tabela 5.72** – Desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” referente à variável microbiológica *Escherichia coli* (EC) no solo, no final do 2º ciclo do plantio, em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	Quadrado médio
	EC <sup>1</sup> (NMP/g do solo)
<b>Adubação dentro do tipo de água (TA)</b>	
E dentro de AB (água de abastecimento)	0,00ns
E dentro de AR (água residuária)	8,65*
<b>Tipo de água dentro da adubação (E)</b>	
AB dentro de S/E	3,20ns
AB dentro de C/E	22,38**

(\*) significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\*) significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

**Tabela 5.73** – Média do desdobramento da interação “tipo de água x adubação orgânica” referente à variável microbiológica *Escherichia coli* (EC) no solo no final do 2º ciclo do plantio, em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	EC <sup>1</sup>
	(NMP/g do solo)
<b>Adubação dentro do AB (água de abastecimento)</b>	
S/E (sem estrume)	0,55a
C/E (com estrume)	0,55a
dms	1,41
<b>Adubação dentro do AR (água residuária)</b>	
S/E (sem estrume)	1,82a
C/E (com estrume)	3,90b
dms	1,41
<b>Tipo de água dentro da adubação (E)</b>	
AB (abastecimento)	0,55a
AR (residuária)	1,82a
dms	1,41
<b>Tipo de água dentro da adubação</b>	
AB (abastecimento)	0,55a
AR (residuária)	3,89b
dms	1,41

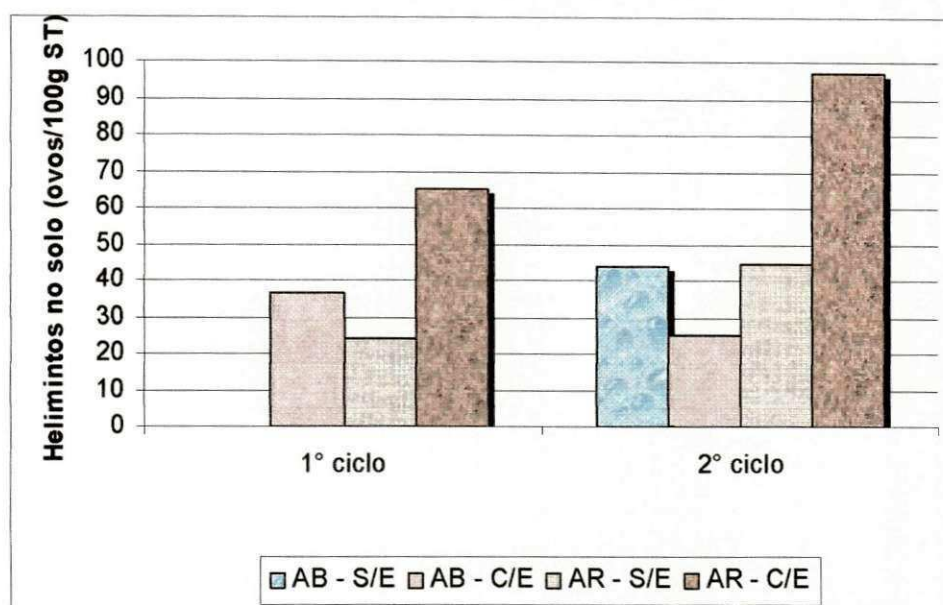
As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

## 5.11 – Exames Parasitológicos no solo

### 5.11.1 – Helmintos no solo

Os ovos de helmintos estiveram presentes em todos os tratamentos avaliados, exceto no 1º ciclo, para as parcelas irrigadas com água de abastecimento sem adubação orgânica (Figura 5.9). A presença de ovos de nematóides intestinais nos tratamentos AB C/E nos dois ciclos (35 e 25 ovos/100g S.T., respectivamente) e no AB S/E, no 2º ciclo (40 ovos/100g S.T.), foi associada à sua existência no solo antes da instalação das parcelas experimentais. Nos tratamentos irrigados com água residuária, a presença de ovos de helmintos nos dois ciclos de cultivo foi associada ao tipo de água de irrigação utilizada. É preciso apontar que a maior quantidade de ovos de helmintos nos dois ciclos foi observada nos tratamentos que receberam água residuária e adubação orgânica, alertando para a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade parasitológica do efluente final utilizado e dos adubos de origem animal, utilizados.





**Figura 5.9** – Valores médios de ovos de helmintos no solo de parcelas experimentais cultivadas com alface (*Lactuca sativa* L.), adubadas (C/E) ou não (S/E) com estrume bovino e irrigadas com água residuária tratada (AR) e de abastecimento (AB), em experimento localizado em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Encontram-se, nas Tabelas 5.74 e 5.75, os resultados da ANOVA e os valores médios para a análise parasitológica de helmintos (HEL) no solo, sob efeito da adubação com estrume bovino e irrigação com dois tipos de água.

**Tabela 5.74** – Resumo da análise de variância referente à variável parasitológica helmintos (HEL) no solo no final de cada ciclo de plantio, em função dos fatores tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	GL	Quadrado médio	Quadrado médio
		2º ciclo	3º ciclo
		HEL	HEL <sup>1</sup>
		(ovos/100g de solo)	(ovos/100g de solo)
Tipo de água (TA)	1	1,85ns	1,13ns
Adubação (E)	1	2,11ns	0,66ns
TA x E	1	0,14ns	1,11ns
Resíduo	12	0,77	0,89
CV	(%)	143,71	80,37

(\* significativo em nível de 5% de probabilidade; (\*\* significativo em nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo pelo teste F

<sup>(1)</sup> Dados transformados em LOG

**Tabela 5.75** – Valor médio do fator tipo de água (TA) e adubação orgânica (E) para a variável parasitológica helmintos (HEL) no solo, no final de cada ciclo de plantio, em função dos fatores tipo de água e adubação na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), em experimento conduzido em Campina Grande, PB, no período de julho-novembro/2003

Causa de variação	2º ciclo	3º ciclo
	<b>HEL</b> (ovos/100g de solo)	<b>HEL<sup>1</sup></b> (ovos/100g de solo)
<b>Tipo de água</b>		
AB (água de abastecimento)	0,27a	0,91a
AR (água residuária)	0,95a	1,44a
dms	0,96	1,03
<b>Adubação (E)</b>		
S/E (sem estrume)	0,25a	0,97a
C/E (com estrume)	0,97a	1,38a
dms	0,96	1,03

As médias seguidas de mesma letra para cada linha e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

<sup>(1)</sup> Dados transformados em LOG

## 6.0 - CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que:

- Os altos valores de condutividade elétrica e concentrações de cloretos, sódio, cálcio, magnésio e bicarbonatos, mesmo em concentrações aceitáveis no cultivo da alface, alertam para problemas de salinização no solo com a prática da aplicação de água residuária tratada;
- quanto à presença de coliformes termotolerantes, as alfaces irrigadas com água de abastecimento apresentaram valores dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução 12/2001 da ANVISA;
- a água residuária apresentou concentrações de coliformes termotolerantes ( $10^6$  UFC/100ml) bem acima (1000 UFC/100ml) dos níveis recomendados pela OMS (1989), para irrigação irrestrita de vegetais consumidos crus;
- a água residuária, rica em minerais em relação à água de abastecimento, promoveu efeitos significativos nas características químicas do solo nas concentrações de fósforo assimilável, sódio, soma de base e capacidade de troca catiônica;
- a adubação orgânica adicionada ao solo sempre no início de cada ciclo de cultivo, promoveu incremento nas concentrações de fósforo assimilável, potássio, hidrogênio e alumínio trocáveis, cálcio, soma de base, capacidade de troca catiônica e matéria orgânica;
- no que se refere à salinidade, ocorreu efeito estatístico significativo para o cálcio, magnésio, potássio, carbonato, bicarbonato, sulfato e condutividade elétrica, no segundo ciclo de cultivo, evidenciando um acúmulo desses elementos no solo com a contínua aplicação da adubação via água residuária e estrume bovino, alertando para possíveis salinização e redução da capacidade de infiltração de água;
- a diminuição das concentrações do cobre e do manganês no solo entre os dois ciclos de cultivo, evidenciou a fácil absorção desses elementos pela planta, já que se observou aumento nas folhas das alfaces;
- nas concentrações de metais pesados no solo houve efeito significativo estatístico entre os ciclos de cultivo para o cádmio e o níquel, no primeiro ciclo e, no segundo ciclo, apenas para o chumbo;

- a irrigação com água residuária tratada promoveu efeito estatístico significativo nas concentrações de nitrogênio e fósforo nas folhas e apenas no nitrogênio na raiz da hortaliça;
- a adubação orgânica aumentou as concentrações de macronutrientes da alface (nitrogênio, fósforo e potássio), tanto nas folhas como nas raízes da hortaliça cultivada;
- a água residuária utilizada na irrigação das alfaces promoveu efeito estatístico significativo nas concentrações de sódio, nas folhas e raiz da hortaliça cultivada;
- apenas no segundo ciclo ocorreu um incremento nas concentrações de metais pesados (cádmio, níquel e chumbo) nas folhas e raízes da alface, mostrando um aumento desses metais na hortaliça;
- a água residuária utilizada e apenas no primeiro ciclo, promoveu efeitos estatísticos significativos para as variáveis altura e circunferência da planta;
- nos dois ciclos de cultivo, a presença do estrume bovino exerceu efeito estatístico significativo sobre todas as variáveis não destrutivas avaliadas; a água residuária, por si só, não foi suficiente para suprir as necessidades nutricionais da alface;
- somente no primeiro ciclo e para a interação tipo de água e adubação (TAXE), notou-se significância estatística para as variáveis altura, circunferência e número de folhas da alface;
- a produtividade foi influenciada significativamente pela utilização da irrigação da água residuária e adição da adubação orgânica, sendo maior no primeiro ciclo.
- o solo das parcelas experimentais era muito contaminado pelos indicadores de contaminação fecal, mesmo antes da instalação do experimento, o que pode estar associado à proximidade da área de plantio com as lagoas de estabilização. Com a aplicação contínua da água residuária, esta contaminação aumentou em duas casas logarítmicas no final do ciclo, seguindo sempre a seqüência AR C/E > AB C/E > AB S/E > AR S/E;
- a água residuária tratada exerceu influência estatística negativa apenas no segundo ciclo (menor precipitação) para as variáveis coliformes termotolerantes, *E. coli* e helmintos, na alface;
- os tipos de água de irrigação utilizados no experimento promoveram influência estatística no solo, apenas na concentração de *E. coli* no segundo ciclo de cultivo (menor precipitação);

- a adubação orgânica influenciou as concentrações de coliformes termotolerantes (nos dois ciclos) e apenas para a *E. coli* (2º ciclo) no solo.

7.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil. Ed. comemorativa do Dia Mundial da Água. 64p. Brasília (DF), 2002.

AGUIAR, R.G. **Comportamento de famílias  $F_{2:3}$  de alface (*Lactuca sativa* L.), originadas de cruzamento entre cultivares contrastantes quanto às características vegetativas e pendoamento precoce.** Lavras – Universidade Federal de Lavras. Dissertação (M.S.). 2001. 43p.

APHA (American Public Health Association), **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 19<sup>th</sup> ed., Washington, D. C., 1995.1040p.

APHA (American Public Health Association), **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 20<sup>th</sup> ed., Washington, D. C., 1998.1040p.

ARAÚJO, A.L. de. **Desempenho de colunas experimentais de solo irrigadas com água superficial poluída e cultivadas com alface (*Lactuca sativa* L.)** – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), 1999.130p.

ARTHUR, J.O. **Notes on The Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries.** Technical Paper n° 7. Washington: World Bank. 1983.

AYERS, A.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura.** “Water Quality for Agriculture”. FAO. Tradução H. R. Ghery e J. F. de Medeiros, UFPB. Campina Grande – PB, 217 p. 1999.

AYRES, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Tradução).

AZEVEDO, S.M.; MOMENTÉ, V.G.; SILVEIRA, M.A. et al. **Avaliações de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) para as condições quentes e úmidas do Estado de Tocantins.** In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 37. Manaus, 1997. Resumos. Manaus: Sociedade de Olericultura do Brasil, 1997.r.20.

AZEVEDO NETO, J.M.; HESS, M.L.; PERA, A.F.; VICTORETTI, B.A.; ORTEGA, C.H. B.; RODRIGUES, J.M.C. e BRANCO, S.M. **Lagoas de Estabilização.** 2 ed. São Paulo: BHN, ABES, CETESB. 1985.

BARROS, A.J. M.; Ceballos, B.S.O.; Konig, A.; Gheyi, H.R. **Avaliação sanitária e físico-química das águas para irrigação de hortaliças, no agreste e brejo paraibanos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.3, n.3, p. 355 – 360. 1999.

BASTOS, R.K.X. (1992). **Bacteriological Aspects of Drip and Furrow Irrigation with treated Wastewater.** Leeds, England. 179p [PhD – Thesis – University of Leeds – Department of Civil Engineering].

BASTOS, R.K.X. & MARA, D.D. **Avaliação dos critérios e padrões de qualidade microbiológica de esgotos sanitários tendo em vista sua utilização na agricultura.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 17, ANAIS, Natal – RN. 1993.

BASTOS, R.K.X. **Avaliação do tratamento de esgotos sanitários em lagoas de estabilização, tendo em vista a utilização do efluente na agricultura e piscicultura.** In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28., 2002, Cancún. Anais...Cancun, 2002.

BASTOS, R.K.X. (coord). **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação hidroponia e piscicultura.** Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 267p. 2003.

BASTOS, R.K.X. **Fertirrigação com águas residuárias.** In: FOLRGATTI, M.V. (coord.). **Fertirrigação. Citrus. Flores. Hortaliças.** Guaíba: Agropecuária, 1999.

BISCARO, G.A. **Utilização de Águas Receptoras de Efluentes Urbanos em Sistemas de Irrigação Localizada Superficial e Subsuperficial na Cultura da Alface Americana (*Lactuca Sativa* L.).** Botucatu, Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. 2003, 102p.

BLANCO, F.F.; MEDEIROS, J.F.; FOLEGATTI, M.V. **Produção da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambiente protegido e sob condições salinas.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 28, Pelotas, 1999. Anais...CR-ROM. Pelotas: SBEA, 1999.

BLUMENTHAL, U.J.; MARA, D.D.; PEASEY, A.; PALACIOS, G.R.; STOOT, R. **Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines.** Bulletin of the health Organization, 2000, p.1104-1116.

BLUMENTHAL, U.J.; STRAUSS, M.; MARA, D.D. and CAIRNCROSS, S. **Generalised model of the effect of different control measures in reducing health risks from waste reuse.** Water, Science and Technology 21:567-577. 1989.

BONILHA, P.R.M. **Microrganismos Indicadores de Contaminação Fecal e Enteropatogênicos em Hortaliças e suas Águas de Irrigação.** São Paulo, SP. 81p [Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo]. 1986.

BOUWER, H.; CHANEY, R.L. **Land treatment of wastewater.** *Advances in Agronomy*. V.26, p. 133-176, 1974.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soil,** 12<sup>th</sup>, Londres, Prentice Hall, 1989. 881p.

BRANCO, S.M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** 3ed. São Paulo: CETESB/ASSCETESB, 1986.620p.

CAMARGO, L.S. de. **As hortaliças e seu cultivo.** 2ª edição. Campinas. Ed. Fundação Cargill, 1984. 448p.

- CAMPOS, Nilson; Studart, Ticiana. **Gestão de Águas: princípios e práticas**. 2 ed. – Porto Alegre: ABRH, 2003. 242p.
- CAVALLINI, J.M. Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales em America Latina: realidad y potencial. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, Cancún. **Anais**..México, 2002.
- CEBALLOS, B.S.O. de. **Microbiologia sanitária y ambiental**. In: Mendonça, S.R. Sistemas de lagunas de estabilización: Como utilizar águas residuales tratadas em sistemas de regadio. Bogotá - Venezuela: McGRAW – HILL Interamericana, 2000, p. 68-106.
- COELHO, F.S. & VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. 2ª. ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384p.
- CONAMA (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília: CONAMA.
- COSTA, C.A. **Crescimento e teores de sódio e de metais pesados da alface e da cenoura adubados com composto orgânico de lixo urbano**. Viçosa – MG: UFV. (Tese de mestrado). 1994.
- COSTA, R.G.; CARVALHO, H.O.; GHEYI, H.R. **Qualidade da água de irrigação da microrregião de Catolé do Rocha, PB**. R. Bras. Ci. Solo. Campinas, V.6, p.242-244, 1982.
- DACACH, N.G. **Tratamento primário de esgoto**. Rio de Janeiro: EDC – Ed. Didática e Científica, 1991, 106p.
- DIAS, L.E. & ALVAREZ, V.H. **Fertilidade do solo – Parte 1**. Universidade Federal de Viçosa – Centro de Ciências Agrárias – Departamento de Solos. 204p. 1996a.
- DIAS, L.E. & ALVAREZ, V.H. **Fertilidade do solo – Parte 2**. Universidade Federal de Viçosa – Centro de Ciências Agrárias – Departamento de Solos. 257p. 1996b.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Manual de métodos de análise de solo**, Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos: SNLCS, 1979.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sector de Meteorologia da Embrapa Algodão** - Campina Grande, PB, 2003.
- EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, **Environmental Regulations and Technology: Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge**, EPA/625/R-92/013, Washington, 1992.
- ESCALERA, O.A.N. **Reúso Planejado das Águas Residuárias Municipais Tratadas: uma forma de conservação da água**. Exame de Qualificação. Campinas, Universidade Estadual de Campinas. 1995.
- EVANS, D.R. et al. **Water reuse. Manual of practice**. Alexandria: Water Pollution Control Federation. (Manual of Practice SM-3). 1991. 243p.



FAO. *Agricultural production, primary crops*. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em 10/04/2002.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1994. 227p.

FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; VIVELA, L.A.A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50p.

FEACHEM, R.G.; BRADLEY, D.J.; GARELICK, H.; MARA, D.D. **Sanitation and disease-health aspects of excreta and wastewater management**. Chichester: John Wiley & Sons, 1983. 501p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de Olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. 2ª ed. São Paulo: Ceres, 1981. v.1, 338p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de Olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. 2ª ed. São Paulo: Ceres, 1982. v. 2, 357p.

FONSECA, A.F. da. Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluentes de esgoto tratado. Dissertação de Mestrado. ESALQ/USP. Piracicaba, 2001.

FRANCO, B.D.G. de M. & HOEFEL, J.L.M. **Coliformes Totais, Coliformes Fecais e Escherichia coli em Alfaces Comercializados em São Paulo**. Ciênc. Tecnol. Aliment. 1983. 3(1): 35-47p.

FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R.; GALLO, J.R. **Composição mineral de diversas hortaliças**. Bragantia, Campinas, v. 37, n. 5, p. 33-44, 1978.

GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F. de; SOUZA, J.R. A qualidade de água de irrigação. In: FOLEGATTI, M.V. (coord.). **Fertirrigação**. Citrus. Flores. Hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.237 – 265.

GOMES, E.P. **Produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.) sob diferentes lâminas de água aplicadas por meio de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucaru. 2001. 70f.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos**. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. dos.(ed.) **Reúso de águas**. Barueri, SP: Manole, 2003a. p.37-96.

HESPANHOL, I. **Saúde pública e reúso agrícola de esgotos e biossólidos**. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. dos.(ed.) **Reúso de águas**. Barueri, SP: Manole, 2003b. p.97-124.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Síntese de Indicadores Sociais – Estudos e Pesquisa (informação demográfica e socioeconômica, n. 5)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) – acesso em 07/10/2003.

JIMÉNEZ CISNEROS, B.E.; MEJA, A.C.; CASTRO, V.S. **Riego agrícola com água residual y sus implicaciones em la salud. Caso practico.** In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28.,2002, Cancún. Anais...Cancún, 2002.

JIMÉNEZ CISNEROS, B.E. **La contaminación ambiental em México: causas, efectos y tecnología apropiada.** México: Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A. C., Instituto de Ingeniería de la UNAM Y FEMISCA, 2001. 926P.

JORDÃO, E.O.; PESSOA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**, 3ª ed., Rio de Janeiro: ABES (associação Brasileira de Engenharia Ambiental S.A.), 1995. 720p.

JONES, J.G. **A guide to methods for estimating microbial numbers and biomass in freshwaters.** FBA – Freshwater Water Biological Association. Scientific publication n° 39, UK. 1979. 112p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos.** Editora Agronômica Ceres. Piracicaba – São Paulo, 1985, 492 p.

KÖNIG, A.; CEBALLOS, B.S.O.; SANTOS, A.V. dos.; CAVALCANTE, R.B.; ANDRADE, J.L.S.; TAVARES, J.L. **Uso de esgoto tratado como fonte de água não convencional para a irrigação de forrageiras.** 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu, PR. CD-ROM, tema V, trabalho 33, 1997. p. 2072-2079.

KÖNIG, A.; CEBALLOS, B.S.O.; CAETANO, A.M. **O tempo de decantação influenciando no aumento do número de ovos de helmintos em amostras de esgoto bruto.** Anais do 21º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, João Pessoa, PB, 2001.

LARAQUE, A. **Comportements Hydrochiques des Açudes du Nordeste Brésilien semi-aride. Evolution et Previsions Pour um Usage em Irrigation.** Montpellier, France. 353p (These de Doctorat – Université de Montpellier II – Sciences et Techniques du Languadoc, France), 1991.

LEÓN, G.S. & CAVALLINI, J.M. **Tratamiento y uso de aguas residuales.** Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente-Organización Pan Americana de la Salud - Organización Mundial de la Salud, Lima - Peru, 1996. 109p

LIMA, S.M.S. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na horticultura familiar.** (Dissertação de Mestrado) Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande – PB. UFPB / UEPB, 2004. 131p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 291 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas.** Piracicaba: Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. **Potássio, é uma realidade – o potássio é essencial para todas as plantas.** Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 73, p. 5-6, mar. 1996.

- MANCUSO, P.C.S. & Santos, H.F. **Reúso de Água**. Barveri, SP: Manoele, 2003.p.1-100.
- MARA, D.D. **Sewage treatment in hot climates**. Chichester: Jonh Whiler e Sons Ltd. 1976. 168p.
- MARQUES, M.O.; CORAUCCI FILHO, B.; BASTOS, R.K.X.; KATO, M.T.; LIMA, V.L.A. de; ANDRADE NETO, C.O.; MENDONÇA, F.C.; MARQUES, P.A.A.; MARQUES, T.A.; BELLNGIERI, P.H.; VAN HAANDEL, A.C. **Uso de esgoto tratados em irrigação: aspectos agrônômicos e ambientais**. In: Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. BASTOS, R.K.X. (coord). Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003.
- MEDEIROS, J.F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas proximidades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE** (dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola-Irrigação e Drenagem). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande: UFPB, 1992. 172f.
- MEDINA, P.V.L.; SILVA, V.F. da; CARDOSO, A.A. et al. **Perda na qualidade da alface (*Lactuca sativa*L.) durante o armazenamento**. I. Relação entre as mudanças metabólicas. Revista Ceres, Viçosa, v.29, n.163, p.259 – 267, maio/jun. 1982.
- MEIRELLES, J.C. de S. **Classificação de alface**. São Paulo: Horti & Fruti, 1998. (Folders).
- MELLO, F.A.F.; SOBRINHO, M.O.C.B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel. 1983. 400p.
- MENDONÇA, S.R. **Sistemas de Lagunas de estabilización**. In: Como utilizar águas residuales tratadas em sistemas de regadio. Colombia: Editorial Nomos S. A., 2000, 370p.
- METCALF, L.; EDDY, CH. P. Inc. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**, 4<sup>nd</sup>Ed., McGraw-Hill, New York, USA., 2003, 1334p.
- MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDEMA,1992. 511p.
- MOTA, F.S.B. & SANTAELLA, S.T.; **Utilização de esgotos tratados na irrigação**. II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Recursos Hídricos e o Desenvolvimento Sustentável do Semi-árido. Fortaleza, CE, 1994.
- MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 292p.
- MOTA, S.; BEZERRA, F.C.; TOMÉ, L.M. **Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgoto tratado**. In: IXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, PR, 1997.
- OLIVEIRA, C.A.F. de & GERMANO, P.M.L. **Estudo da Ocorrência de enteroparasitas em Hortaliças Comercializadas na Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil**. I – Pesquisa de Helmintos. Revista de Saúde Pública. S. Paulo, SP. 26(4):283-289. 1992.

- OLIVEIRA, A. de S. **Observações sobre o desempenho das ETE's de Campina Grande e Monteiro, PB.** 93f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Campina Grande, 2002.
- OLIVEIRA, E.M. de. **Obtenção e Utilização de Vermicomposto no Cultivo de Alface (*Lactuca sativa*) em Latossolo Vermelho-amarelo.** Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. 65f. 1998.
- OMS. **“Aprovechamiento de efluentes: Métodos y medidas de protección sanitaria en el tratamiento de aguas servidas – Informe de una Reunión de Expertos de la OMS”.** Organización Mundial de La Salud – Série de Informes Técnicos N°517, Ginebra, Suiza, 60p. 1973.
- PAGANINI, W. da S. **Disposição de esgotos no Solo: escoamento à superfície.** São Paulo: Fundação editorial da AESABESP, 1997. 232p.
- PAGANINI, W. da S. **Reúso de água na agricultura.** In MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H. F. dos.(ed.) **Reúso de águas.** Barueri, SP: Manole, 2003. p.339-402.
- PEARSON, H.W. **The reuse of waste stabilization pond effluents for aquaculture and agriculture.** Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, 1986.
- PERRENOUD, S. **Potassium and plant health.** Bern: International Potash Institute, 1977. 218p.
- PETRELLA, R. **O manifesto da água: argumento para um contrato mundial.** Petrópolis, RJ: Vozes. 2002. 159p.
- PORTO, V.C.N. **Efeitos de fontes de matéria orgânica na produção de alface.** Mossoró: ESAM (monografia). 1996. 35 p.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo, Ceres-Potafos, 1991, 343p.
- REBOUÇAS, A.C. **Água doce no mundo e no Brasil.** In: **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** Org. e Coordenação Científica Aldo da Cunha Rebouças, Benedito Braga, José Galizia Tundisi. Escrituras editora, São Paulo, 2002, 702p.
- RICCI, M. dos S.F.; CASALI, V.W.D.; CARDOSO, A.A. & RUIZ, H.A. **Produção de alface adubadas com compostos orgânicos.** Horticultura Brasileira, Brasília, 12(1):56 - 58. 1994.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160p. (Agriculture Handbook,60).
- RODIER, J. **L'analyse de l'eaux naturelle, eaux residials, eaux de mer.** Ed. Dumont, Paris, 5ª ed. Vol.1, 629p. 1975.
- SANTOS, R.H.S. **Crescimento, produção e qualidade da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada com composto orgânico.** Viçosa – MG: UFV. (Tese de mestrado). 1993.

VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. **Tratamento Anaeróbio de esgotos em regiões de clima quente**. Campina Grande, 1994. 198p.

VIDIGAL, S.M.; RIBEIRO, A.C.; CASALI, V.W.D.; FONTES, L.E.F. **Resposta da alface (*Lactuca sativa L.*) ao efeito residual da adubação orgânica: I. Ensaio de campo**. Revista Ceres, Viçosa, v. 42, n. 239, p. 89-97, 1995.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Lagoas de estabilização**. v.3, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1996. 134p.

WESTERHOFF, G.P. **Um update of research needs for water reuse**. In: 3° Water Reuse Symposium, Proceedings. San Diego, Califórnia, 1984.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Report of a WHO Scientific Group, Technical Report Series. 778. WHO, 1989, Geneva.72p

YANKO, W.A. **Occurrence of pathogens in distribution and marketing municipal sludges**, 1987, In: Environmental Regulation and Technology. Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge, 1992, Washington. EPA/625/R-92/013, Washington, 1992. p.149.

# **ANEXO**

Anexo 1 – Característica física do solo antes do experimento. Análise realizada no dia 06/02/2003 no Laboratório de Irrigação e Salinidade na Universidade Federal de Campina Grande, PB

Características Físicas	Profundidade (cm)		
	0 – 10	10 – 20	20 – 30
Granulometria (%)			
Areia	61,87	58,78	65,00
Silte	16,52	15,53	10,73
Argila	21,61	25,69	24,57
Classificação Textural	<b>Franco Argilo Arenoso</b>	<b>Franco Argilo Arenoso</b>	<b>Franco Argilo Arenoso</b>
Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1,30	1,33	1,33
Densidade Real (g/cm <sup>3</sup> )	2,68	2,64	2,68
Porosidade (%)	51,49	49,62	50,37
Umidade natural (%)			
0,10 atm	0,96	1,11	0,70
0,33 atm	10,30	11,18	9,31
15,00 atm	4,82	5,11	3,69
Água Disponível	5,48	6,07	5,62