

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESSALINIZAÇÃO DO SOLO PROVOCADA PELO EXCESSO DO ÍON
POTÁSSIO EM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO CULTIVADO
COM ALFACE AMERICANA (*Lactuca sativa* L.) IRRIGADA SOB
AMBIENTE PROTEGIDO**

JOÃO BATISTA LEITE JÚNIOR

Orientador: Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU - SP
Abril de 2000

Aos meus queridos Pais, João Batista e Mariazinha
por todo amor, apoio e paciência ao longo de toda a minha vida,
aos meus queridos irmãos Ana Paula, Cristiane, Fabrício e seus cônjuges
pela amizade, amor e convivência.

Ofereço.

À minha querida esposa, amiga
e companheira também nos momentos mais difíceis,
Maria Clara
por todo carinho, amor, compreensão
e trabalho despendido em todas as fases dessa dissertação.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me projetado e me amado antes mesmo que eu tivesse conhecido este mundo e por nunca me abandonar nos momentos difíceis e de pouca fé.

Ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), pela oportunidade concedida para a realização deste curso e apoio para o desenvolvimento deste trabalho de dissertação.

Ao Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa pela amizade e orientação eficiente durante o curso.

Aos Profs. Drs. Affonso Maria de Carvalho, César Basta, João Carlos Cury Saad, Lourival Ferreira Cavalcante, Nariaqui Cavaguti, Paulo Rodolfo Leopoldo, Raimundo Leite Cruz e Sérgio Hugo Benez pelos ensinamentos transmitidos com as disciplinas ministradas durante o curso.

Aos Profs. Drs. Célia Regina Lopes Zimback, Dirceu Maximino Fernandes, Hélio Grassi Filho, Leonardo Theodoro Büll, Norberto Silva, Roberto Lyra Villas Boas e Romy Goto pelas valiosas sugestões e informações no decorrer do experimento.

Às Profs. Dras. Ana Maria Fioravante e Marta Mischam, que auxiliaram na análise estatística dos dados.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP que contribuíram na execução dos trabalhos de laboratório e de campo: Gilberto Winckler, Maria de Lourdes Conte, Mauri Torres da Silva, Pedro Alves e Silvio Sabatini Simonetti Scolastici.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental São Manuel pelo trabalho na fase de construção da estufa e condução da cultura, em especial: José Luiz Zanella e Nilton Aparecido Moraes.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação, Biblioteca, Xérox e Laboratórios de Fertilidade e Física do Solo pela gentileza e simpatia no atendimento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, pela contribuição científica e proveitosas amizades em especial Cláudio Márcio Pereira de Souza.

À amiga e irmã Cristiane Leite Antunes e ao amigo Ednei Antonio Antunes pelo convívio, paciência e tolerância quando mais precisei.

Finalmente, todos àqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização e sucesso desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE QUADROS.....	VIII
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1. Cultivo em ambiente protegido.....	7
4.2. Acúmulo de sais no solo.....	9
4.3. Método e manejo da irrigação.....	13
4.3.1 Lixiviação.....	15
4.3.2 Irrigação localizada por gotejamento.....	18
4.4. Cobertura do solo “mulching”.....	19
4.5. Efeito dos sais nos solos e nas plantas sob ambiente protegido.....	21
4.6. A cultura da alface.....	22
4.6.1. Resposta da alface à disponibilidade de água.....	25
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
5.1. Área experimental.....	28
5.2. Características e condução da cultura.....	31
5.3. Delineamento experimental.....	33
5.4. Equipamento e manejo da irrigação.....	36
5.5. Extrator de solução do solo.....	39
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
6.1. Fatores climáticos, lâmina de irrigação e potencial de água no solo.....	41
6.2. Avaliação dos sistemas de irrigação e fertirrigação.....	43
6.3. Análise das variações das características químicas do solo.....	44
6.4. Avaliação da produção e características da planta.....	50
6.5. Avaliação da condutividade elétrica do solo.....	54
7. CONCLUSÕES.....	66
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1- Disposição dos extratores (esquerda), dos tensiômetros, da régua de leitura (direita), do sistema de irrigação no canteiro e do “mulching”.....	29
2 - Visão parcial dos canteiros de alface na época da colheita.....	29
3 - Disposição dos tratamentos no interior da estufa, do Tanque Classe A e esquema hidráulico.....	35
4 - Esquema da parcela experimental com a posição dos extratores e tensiômetros de 20 e 40cm, e estação de controle.....	37
5 - Valores diários de evaporação do Tanque Classe A no período de outubro a novembro de 1999.....	42
6 - Lâminas de irrigação acumuladas aplicadas nos tratamentos no período de outubro a novembro de 1999.....	42
7 - Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro sem pré-lavagem, sem “mulching” e sem lixiviação e sem KCl em excesso (testemunha).....	59
8 - Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro com pré-lavagem, com “mulching” e com lixiviação.....	59
9 - Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro com pré-lavagem, com “mulching” e sem lixiviação.....	60
10 - Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro com pré-lavagem, sem “mulching” e com lixiviação.....	60
11 - Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro com pré-lavagem, sem “mulching” e sem lixiviação.....	61
12 - Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro sem pré-lavagem, com “mulching” e com lixiviação.....	61
13 - Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro sem pré-lavagem, com “mulching” e sem lixiviação.....	62
14 - Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro sem pré-lavagem, sem “mulching” e com lixiviação.....	62
15 - Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro sem pré-lavagem, sem	

“mulching” e sem lixiviação..... 63

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 - Consumo de filme plástico agrícola pelos principais países, em 1994.....	8
2 - Composição nutritiva da alface (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	23
3 - Tolerância à salinidade da alface e seu rendimento potencial em função da salinidade do solo ou da água (dS.m ⁻¹).....	25
4 - Características físicas do solo da área experimental.....	30
5 - Características químicas do solo da área experimental antes dos tratamentos.....	30
6 - Valores dos teores de água no solo (cm ³ .cm ⁻³) e potencial matricial (kPa) para as camadas de 0-20cm, 20-40 e 40-60 cm.....	31
7 - Características químicas do solo da área experimental após adubação excessiva.....	33
8 - Resumo da análise de variância dos elementos e características químicas do solo da camada de 0 a 20 cm após a colheita.....	44
9 - Elementos e características químicas finais na camada de 0 a 20cm expressas através de suas médias no solo segundo os efeitos dos fatores sem interações.....	45
10 - Características químicas do solo latossolo vermelho amarelo textura média após os tratamentos segundo a interação dupla na camada de 0 a 20cm.....	46
11 - Resumo da análise de variância dos elementos e características químicas do solo da camada de 0 a 20 cm, após a colheita, segundo as combinações dos três fatores incluindo a testemunha.....	47
12 - Elementos e características químicas do solo, após a colheita, na camada de 0 a 20cm e suas comparações com a testemunha x demais através do teste de Dunnet.....	48
13 - Características químicas do solo expressa por suas médias, após os tratamentos, segundo a interação tripla na camada de 0 a 20cm.....	48
14 - Resumo da análise de variância das características de produção da alface.....	50
15 - Características de produção da alface americana expressas através de suas médias, segundo os efeitos dos fatores sem considerar suas interações.....	51
16 - Médias das características de produção da alface segundo os efeitos da interação tripla dos fatores.....	52

17 - Resumo da análise de variância das características de produção da alface segundo os efeitos das combinações dos três fatores incluindo a testemunha.....	53
18 - Características de produção da alface expressas através de suas médias, segundo os efeitos das combinações entre os três fatores, incluindo a testemunha.....	53
19 - Resumo da análise de variância da condutividade elétrica (CE) do solo, na profundidade de 20 cm, medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT).....	54
20 - Condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 20 cm medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT).expressa através de suas médias segundo os efeitos dos fatores sem interações.....	55
21 - Condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 20 cm medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT).expressa através de suas médias segundo os efeitos interações duplas dos fatores.....	56
22 - Resumo da análise de variância da condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 20 cm medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT) segundo as combinações dos três fatores incluindo a testemunha.....	57
23 - Condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 20 cm, medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT), expressa através das médias das combinações dos três fatores, e suas comparações com a testemunha x demais através do teste de Dunnet.....	58
24 - Resumo da análise de variância da condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 40 cm, nos canteiros que se processava lixiviação, medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT).....	64
25 - Condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 40 cm, nos canteiros que se processava lixiviação, medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT) expressa através de suas médias segundo os efeitos dos fatores sem interações.....	64
26 - Condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 40 cm, nos canteiros que se processava lixiviação, medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio	

(DAT).expressa através de suas médias segundo os efeitos interações duplas dos
fatores..... 65

1. RESUMO

Com o objetivo de encontrar uma solução para a salinização dos solos sob cultivo protegido que possibilite reduzir sua salinidade com a contínua utilização das estufas, foi realizado um experimento na Fazenda Experimental “São Manuel”, em São Manuel, pertencente a Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP/ Campus de Botucatu.

O experimento foi conduzido nos meses de outubro e novembro de 1999, num solo denominado Latossolo Vermelho Amarelo textura média, e consistiu na simulação de adubação excessiva, através da adição de 645 g.m^{-2} de cloreto de potássio (KCl) e 51 g.m^{-2} de fosfato monoâmônico (MAP). A cultura utilizada foi a alface americana cultivar “Tainá”, transplantada no espaçamento de $35 \times 35 \text{ cm}$ e irrigada através de gotejamento. O experimento consistiu num fatorial 2^3 , cujos fatores foram (nos níveis presença e ausência): pré-lavagem do solo antes do transplântio com uma lâmina de $101,89 \text{ mm}$; cobertura plástica preta do solo (“mulching”) e lixiviação a cada irrigação (com fração de 50% e irrigação diária, até 20 dias após o transplântio (DAT), e 30% até o final com irrigação a cada 2 dias.

Com base nos resultados, pode-se concluir que a pré-lavagem não foi eficiente na redução de íons do solo, somente reduziu o pH havendo uma interação significativa entre a presença deste com a presença do “mulching” para os íons $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ no aumento da concentração desse, mas teve efeito na redução da condutividade elétrica na profundidade de 20 cm aos 2 DAT e aos 14 DAT interagindo com a lixiviação.

O “mulching” de cor preta foi eficiente na redução dos níveis dos elementos K, Ca e Mg a 20 cm de profundidade refletindo nas características químicas soma

de bases, capacidade de troca catiônica e saturação de bases, mas reduziu o diâmetro das cabeças da alface americana. Apesar da condutividade elétrica não ter diferido significativamente, ele reduziu os sais na superfície dos canteiros.

A lixiviação não demonstrou eficiência na redução dos elementos químicos estudados, mas seu efeito foi significativo nas características químicas soma de bases e capacidade de troca catiônica, demonstrando que houve efetiva lixiviação das bases, porém, não sendo possível identificá-las isoladamente, somente teve efeito na redução da condutividade elétrica aos 29 DAT (fração de lixiviação de 50% e irrigação diária), não apresentando efeito aos 53 DAT, (fração de lixiviação de 30% e irrigação a cada 2 dias).

O peso total e comercial da alface foi influenciado pela combinação de pré-lavagem e “mulching” sem a lixiviação, que obteve melhores resultados em detrimento da combinação da presença dos três fatores.

2. SUMMARY

With the objective of finding a solution for the salinization of the soils under protected cultivation and that it facilitates to reduce its salinity with the continuous use of the stoves, an experiment was accomplished in Experimental Farm "São Manuel", in São Manuel, belonging the Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP/ Campus of Botucatu.

The experiment was driven the months of October and November of 1999, in a soil denominated latosoil red yellow medium texture, and it consisted of the simulation of excessive fertilization through the addition of 645 g.m⁻² of potassium chloride (KCl) and 51 g.m⁻² of phosphate monoammmonic (MAP). THE used culture went to American lettuce to cultivate " Tainá ", transplanted in the spacing of 35 x 35 cm and irrigated through leak. The experiment consisted of the combination of 3 factors in 2 levels, whose factors were: pré-wash with a sheet of 101,89 mm; black plastic covering of the soil (mulching) and leaching to each irrigation (with fraction of 50% and daily irrigation, until 20 days after the transplant " DAT ", and 30% until the end with irrigation to every 2 days), in the levels with and without presence of the factor.

With base in the results, it can be concluded that the pré-wash was not efficient in the reduction of ion of the soil, it only reduced the pH having a significant interaction among the presence of this with the presence of the mulching for the ion $H^+ + Al^{3+}$ in the increase of the concentration of that, but it had effect in the reduction of the electric conductivity in the depth of 20cm to 2 DAT and to 14 DAT combining the effects with the leaching.

The mulching of black color was efficient in the reduction of the levels of the elements K, Ca and Mg to 20 cm of depth contemplating in the chemical characteristics basis sum (SB), cations exchange capacity (CTC) and basis saturation (V%), but it reduced the diameter of the heads of American lettuce. In spite of the electric conductivity not to have differed significantly, he reduced the salts in the surface of the stonemasons.

The leaching didn't demonstrate efficiency in the reduction of the chemical elements, but its effect was significant in the chemical characteristics basis sum (SB) and cations exchange capacity (CTC), demonstrating that there was effective leaching of the bases, even so, not being possible to identify them separately, he/she only had effect in the reduction of the electric conductivity to 29 DAT (fraction of leaching of 50% and daily irrigation), not presenting effect to 53 DAT, (fraction of leaching of 30% and irrigation to every 2 days).

The total and commercial weight of the lettuce was influenced by the pré-wash combination and mulching without the leaching that obtained better results in detriment of the combination of the presence of the three factors.

Keywords: Desalinization, drip irrigation, greenhouse, lettuce.

3. INTRODUÇÃO

Muita coisa mudou no meio agrícola nestas últimas décadas. Toda a evolução, que originou a moderna agricultura, está fundamentada na necessidade de produzir mais. Para se atingir esse objetivo foi necessário criar condições mais favoráveis para o desenvolvimento das plantas. Assim surgiram: novos insumos, produtos e técnicas capazes de conduzir os cultivos a maiores produtividades. Um fator parecia como de controle impossível para os agricultores: o domínio da adversidade do clima. A geada, o vento, o granizo, a insolação e a chuva em demasia restringiram o aproveitamento das terras, deixando-as ociosas por longos períodos do ano, limitando sua capacidade de produção e privando os agricultores da obtenção de maiores lucros. Diante dessa situação, os agricultores começaram a enfrentar o desafio de amenizar os fatores adversos do ambiente para os cultivos. Foi aí, que se iniciou a decisiva participação do plástico na agricultura na sua mais nobre aplicação, a produção de alimentos (Sganzerla, 1995).

Um problema que tem se agravado nos últimos anos e tem preocupado alguns agricultores é a fitotoxidez resultante da salinização do solo. A consequência, após 12 anos de plasticultura no Noroeste do Paraná (assim como na região de Fartura - SP), é o surgimento da alta salinização dos solos de algumas estufas, resultante de adubações químicas pesadas. Essa salinização, medida através da condutividade elétrica tem alcançado valores de até 10 a 12 dS.m^{-1} . Vale lembrar que acima de 4 dS.m^{-1} , o solo já é considerado em fase de salinização. Resolver o problema de salinização do solo da estufa, após sua constatação é uma tarefa difícil, medidas de caráter preventivo seriam as ideais (Vida, 1995).

Há necessidade de pesquisas aplicáveis de forma direta aos cultivos protegidos, para que o agricultor tenha certeza de retorno do seu investimento e sinta-se confiante, e que, a plasticultura se torne uma atividade, para compor o sistema de diversificação da propriedade agrícola (Vida, 1995).

O objetivo desse estudo é descobrir um manejo adequado de irrigação para que o solo, uma vez salinizado, volte a ser um ambiente propício para o cultivo de culturas.

Concomitante a esta intenção, verificar se a planta teste, no caso a alface americana variedade “Tainá”, consegue ser produtiva neste ambiente em vias de dessalinização.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Cultivo em ambiente protegido

A origem e desenvolvimento das casas-de-vegetação ocorreu em países do Hemisfério Norte, em função de suas necessidades e dificuldades na produção no inverno. Devido ao efeito estufa que eleva a temperatura interna, ela passou a receber o nome de estufa (Janick, 1966). No Brasil o objetivo é proteger as plantas do excesso de chuvas.

As espécies mais importantes cultivadas sob ambiente protegido com plástico são: tomate, pepino, pimentão, abobrinha, feijão-vagem, alface, melão, morango, além de uva fina de mesa. Ressalta-se a alta produtividade obtida em áreas cobertas com plástico que chegam a ser 100% maiores que no cultivo normal (Hamerschmidt, 1995).

As conquistas na obtenção de ambiente protegido, iniciado no século passado, foram oriundas da utilização do vidro (Martins, 1992), porém, na década de 1930, surgiu o polietileno e com ele uma nova e versátil opção no cultivo em ambiente protegido, o qual ganhava uma dimensão maior.

Segundo Sganzerla (1995), muitas pessoas ligam ainda, a utilização do plástico, principalmente suas aplicações em estufas e túneis, ao cultivo de plantas somente nas regiões frias, considerando-a desnecessária para os locais com clima quente. No entanto, muitas regiões do mundo somente hoje são agricultáveis, como é o caso de desertos do oriente médio, onde o sucesso da agricultura se deve ao manejo da água e ao controle parcial do

clima. Israel um dos países de agricultura mais tecnificada, consegue obter nas areias do deserto um volume tal de alimentos capaz de abastecer-se e exportar grande parte da produção para a Europa.

Segundo Wascman (1989), Israel é o país em que a área coberta com plástico por habitante atingiu o maior índice: 20 m² por habitante, ainda é o lugar onde a agricultura está altamente dependente do plástico apresentando altos índices de produtividade.

A produção de hortaliças em ambientes protegidos está expandindo-se a cada ano em todo o mundo. Estima-se um crescimento mundial de aproximadamente 7% ao ano na utilização de estufas plásticas. Em 1976 estimava-se em 60.000 ha a área coberta pôr estufas e no ano de 1980, aproximadamente 80.000 ha nos principais países. Takazaki & Della Vecchia (1993) estimaram o consumo mundial de filme plástico agrícola em aproximadamente 1.250.000 ton.ano⁻¹.

Sganzerla (1995) relata a posição de consumo de plástico dos principais países no final de 1994.

Quadro 1 - Consumo de filme plástico agrícola pelos principais países, em 1994.

Países	Consumo ton.ano⁻¹
Japão	500.000
Estados Unidos	350.000
Itália	156.000
França	150.000
Espanha	145.000
Inglaterra	110.000
Holanda	75.000
Alemanha	63.000
Israel	59.000

Fonte: Sganzerla (1995)

No Brasil, as técnicas do cultivo protegido são desconhecidas pela maioria dos produtores. O volume aplicado é irrisório diante do seu potencial, estima-se que ele esteja ao redor das 12.000 ton.ano⁻¹ (Rodrigues, 1996).

Segundo Vooren et al. (1986), uma das principais características da produção em estufas comparada com o campo, é o controle do crescimento pela manipulação do microclima. Energia e dióxido de carbono podem ser fornecidos à planta e podem ter desenvolvimento em aeroponia, hidroponia ou substratos como turfa, linhita ou lã de rocha.

Segundo ele, a produção de hortaliças sob estufa é ainda uma tecnologia recente no Brasil. Não existem dados concretos sobre a área cultivada e, também, muitos insucessos no cultivo protegido devem-se, principalmente, à falta de informações quanto ao manejo das estufas e das culturas sob as mesmas.

Rodrigues (1996) afirma que, entre os vários motivos que leva ao retardamento do sucesso do cultivo protegido no Brasil, deve-se a escassez de pesquisa e a carência de técnicos aptos a atuarem nessa área.

4.2. Acúmulo de sais no solo

Os problemas de fertilidade do solo no cultivo protegido poderão ser ainda maiores que os do cultivo intensivo a céu aberto, pois, pela proteção proporcionada contra as chuvas, evita-se a lixiviação de nutrientes e, aumenta-se a sua concentração na camada de solo explorada pelas raízes. Necessita-se, ainda, de conhecimentos e informações geradas nas condições de solo, clima, cultivo e cultivares disponíveis no Brasil (Takazaki & Della Vecchia, 1993).

O manejo inadequado da fertirrigação pode levar ao acúmulo indesejável de sais no solo, principalmente, em solos com menor permeabilidade onde a lixiviação de sais é dificultada (Papadopoulos & Rendig, 1983; Papadopoulos, 1986; Tesi & Tosi, 1986; Sarro et al., 1989; Tesi & Tosi, 1989; Alva & Syvertsen, 1991).

O aumento da salinidade reduz a atividade do cálcio em relação aos íons monovalentes e o potencial total de água no solo, reduzindo a absorção, translocação e acúmulo desse elemento nos frutos e órgãos de reservas, e, conseqüentemente, aumentando a incidência de podridão apical em tomate (Shear, 1975; Sonneveld & Voogt, 1981; Mullins & Coffey, 1982; Castellane, 1988; Cadahia, 1989; Adams & Ho, 1992; Peet, 1992; Schimidt et al., 1993).

Utilizando água salinizada artificialmente com 1500, 3000 e 4500ppm, à base de NaCl e CaCl₂, e natural com 900ppm, Gausman et al. (1954) verificaram que após onze irrigações a CE do extrato de saturação do solo ficou, respectivamente, em 6,9; 10,9; 13,2 e 3,8 dS.m⁻¹ à 25°C e concluíram pela necessidade da lixiviação.

A salinidade do solo não é, somente, função do conteúdo de sais na água de irrigação, mas também da evapotranspiração e da taxa de drenagem interna (US Salinity Laboratory Staff, 1954).

Quando o solo é irrigado, sua solução é pelo menos tão salina quanto a água aplicada na irrigação e, normalmente, é mais salina do que ela. O aumento da salinidade do solo resulta das perdas de água por evapotranspiração e em consequência concentrando os sais na zona radicular das plantas. Se a quantidade de água aplicada ao solo for igual a evapotranspiração, o acúmulo de sais no solo estará linearmente relacionado com a água aplicada. Porém, se a quantidade de água aplicada excede a evapotranspiração, parte dela penetrará além da zona radicular e o equilíbrio no nível de sais será atingido, dependendo da quantidade excedente e das condições de drenagem do solo Allison (1964), Shalhevet (1973) e Bresler (1981).

Usando 6 águas salinizadas, com RAS entre 3,9 e 19,9 e lâminas de lixiviação de 10, 20, 30 e 40% da evapotranspiração, Bower et al. (1968) verificaram que, para cada água, o grau de acúmulo de sais no solo foi inversamente proporcional à lâmina de lixiviação.

Bower et al. (1969) cultivando alfafa em lisímetro irrigado com água salina, observaram que exceto nos tratamentos envolvendo água com baixa salinidade e elevada lâmina de lixiviação, a salinidade do solo cresceu com a profundidade e, para uma mesma água de irrigação, a salinidade na superfície foi uniforme crescendo com a profundidade e com a redução da lâmina de lixiviação.

Segundo Rhoades (1972), com a lixiviação, aplicada junto ao método de irrigação, o total de sal na solução do solo pode ser diminuído mas não eliminado. Afirma, também, que a água de irrigação pode conter de 0,1 a 4 toneladas de sal por mil metros cúbicos e, geralmente, são aplicados de 10 a 15 mil metros cúbicos de água por hectare por ano, assim, de 1 à 60 toneladas de sal podem ser adicionadas no solo anualmente.

Shalhevet & Yaron (1973) estudando a distribuição dos sais no solo plantado com tomate irrigado com água salina, constataram que o maior acúmulo de sais estava concentrado na camada superior. Segundo os autores, esta distribuição dos sais era esperada devido ao curto período de irrigação durante o ciclo da cultura.

Para fins práticos, tem-se que a concentração de sais na solução do solo, causadora da redução do crescimento das culturas, pode ser calculada através da concentração de sais no extrato de saturação (Richards, 1974).

Segundo Raats (1975), a distribuição dos sais na zona radicular depende: do método, da frequência e da quantidade de irrigação; da evaporação na superfície do solo e da água absorvida pela cultura. Por outro lado, verificou que a variação da tensão dos tensiômetros instalados na zona radicular podem dar como resultado um fluxo de água no solo em sentido ascendente ou descendente.

Hummadi et al. (1975) em um estudo conduzido no Arizona, utilizando na irrigação da cultura de alface uma água contendo 379 ppm de sais solúveis totais, constataram que ocorreu um acúmulo de sais nos 25 cm superficiais.

Pesquisando o movimento de sais em lisímetros plantados com trigo, usando água salina com 2200, 3900 e 7100 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ de CE, Jury et al. (1977) verificaram maior concentração de sais nos primeiros 20 cm de profundidade, e que a extração de água pela cultura não altera o movimento de água e sais, mas o conteúdo e concentração podem ser grandemente afetados.

Frenkel et al. (1978) afirmaram que a quantidade e distribuição de sais precipitados na zona radicular dependem da composição da água de irrigação, da fração de lixiviação e da distribuição de CO_2 . Elevados valores de CE estão associados com concentrações de sódio e cloreto altamente solúveis.

Estudando o transporte de solutos em colunas de solo de diferentes texturas e conteúdos iniciais de umidade, Dahiya et al. (1980) observaram que havia maior concentração salina nos primeiros 17 cm de profundidade, independentes das condições de fluxo e dos tipos de solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Evans & Levin (1969); Dahiya & Abrol (1974) e Wild & Babiker (1976).

Yadav & Girdhar (1980) irrigando trigo com água de 20 e 80 $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de concentração eletrolítica, em dois tipos de solos, constataram aumento da salinidade do solo com o incremento da concentração da água de irrigação, sendo de maior magnitude no solo argiloso. Observaram, também, maior acúmulo de sais na camada superficial nos dois solos.

Francois (1981), pesquisando em casa de vegetação a distribuição dos sais no perfil do solo irrigado com água de CE de 1 dS.m^{-1} , durante o ciclo da cultura de alfafa, verificou um aumento da salinidade com a profundidade, e que para uma mesma profundidade não houve grandes variações da concentração salina.

Irrigando arroz com água possuindo 2000, 4000, 6000 e 8000 ppm de sais, Oliveira (1983) verificou que o acúmulo de sais solúveis no solo aumentou em função das crescentes salinidades da água de irrigação. Observou, também, maior concentração de sais nos primeiros 15cm superficiais, atribuindo estes resultados a maior evapotranspiração e ao volume radicular nessa camada.

Solos férteis podem se tornar improdutivos se receberem sais solúveis em excesso devido à irrigação mal conduzida com águas salinas. Mesmo com um bom controle da qualidade da água de irrigação (o que, raramente, é feito na prática) há um contínuo resíduo de sais no solo. Como a correção é feita com a lixiviação do solo, o êxito dessa operação depende essencialmente da existência de um sistema de drenagem eficiente que remova a água lixiviada (Cruciani, 1983).

Kumar & Oswal (1984) estudando a dinâmica dos sais em colunas de solo em diferentes profundidades durante seis irrigações com água salina, constataram aumento da salinidade com a profundidade em função do número de irrigações. Observaram, também, que nas duas primeiras irrigações houve maior acúmulo de sais na camada superior, uniformizando-se na terceira aplicação; posteriormente, observou-se que a maior concentração salina ocorreu nas camadas inferiores, atribuindo-se estes resultados a presença dos fluxos ascendentes e descendentes, sendo que este último teve maior predominância na distribuição dos sais.

Em regiões irrigadas, a salinização natural dos solos pode ocorrer devido ao lençol pouco profundo e ao movimento ascendente de água e sais por evaporação e secamento da superfície do solo (Biggar et al., 1984).

Os principais efeitos da salinidade nas propriedades do solo são: expansão de argilas, dispersão da partículas finas, formação de crostas na superfície e diminuição na capacidade de transmissão de água (Rolston et al., 1984).

Bajawa et al. (1986) estudando durante dez anos a distribuição de sais no perfil do solo em rotações de arroz-trigo e milho-sorgo, irrigando com água de $3,2 \text{ dS.m}^{-1}$

de CE constataram que na zona radicular (0-90 cm) a salinidade média aumentou rapidamente nos primeiros dois anos, mas, posteriormente, não variou apreciavelmente e os valores médios da CE do extrato de saturação foram semelhantes aos da água de irrigação. Observaram, também, que a máxima acumulação dos sais se concentrou nos 30 cm iniciais, como era esperado, devido a elevada evaporação no momento da amostragem.

Os problemas de salinização diferem nas várias regiões climáticas em relação à química de acumulação dos sais. A metade dos sistemas de irrigação existentes no mundo está mais ou menos influenciada pela salinização secundária e alcalinização. Segundo estimativas da FAO e UNESCO, anualmente, são abandonados 10.000.000 ha de terras irrigadas, em consequência dos efeitos adversos da irrigação (Szabolcs, 1986).

O estudo da salinização dos solos é, pois, uma questão de relevada importância, que necessita de respostas concretas que busquem a descoberta de novas formas de contornar o problema - haja visto que, no mundo, existem 954.832×10^6 ha de solos afetados pelos sais, sendo que destes 129.163×10^6 ha (13,5%) pertencem à América do Sul (Szabolcs, 1986).

4.3. Método e manejo da irrigação

A distribuição de sal dentro da zona da raiz é influenciada pelo padrão de extração da água pela cultura e pelo método de aplicação de água (Oster et al., 1984).

Segundo Tayer (1987), a escolha do método de irrigação para irrigação com água salina pode ser guiado por três considerações:

1 - a distribuição do sal e água no solo sob os diferentes métodos de irrigação;

2 - a sensibilidade da cultura ao molhamento foliar e a extensão do dano ao rendimento e;

3 - a facilidade com a qual a alta solubilidade e o potencial matricial podem ser mantidos no solo.

A irrigação por sulco deve ser praticada com considerável cuidado. A salinidade pode concentrar de cinco a dez vezes mais nos centímetros superiores da camada

superficial através de movimento capilar da solução do solo. Então, o risco das sementes serem expostas a uma concentração de sal muito alta é maior do que na zona radicular nos estágios de crescimento posteriores (Tayer, 1987).

Nos solos irrigados por sulcos, os sais dissolvidos movem-se do sulco molhado e acumulam-se nas camadas em relevo (Oster et al., 1984).

Em um experimento de campo (Nielsen et al., 1966), foi mostrado que a irrigação por inundação requer três vezes mais água do que a irrigação por aspersão, para reduzir a salinidade do solo, para o mesmo incremento. Outro efeito concluído foi que a inundação aplicada intermitentemente foi melhor do que a inundação contínua. Com relação a tempo, a lixiviação por inundação é mais vantajosa pois leva menos tempo do que a aspersão para remover a mesma quantidade de sal. Portanto, onde o tempo é a principal consideração, a inundação contínua é preferível; se é mais importante salvar a água do que o tempo, a aspersão é recomendada.

Considerando a irrigação por aspersão, o principal problema encontrado com este sistema, quando é usada água salina, é o molhamento da folhagem. A aspersão nas folhas pode resultar na absorção foliar excessiva de sais, especialmente sódio e cloretos, com conseqüente queima das margens e pontas das folhas culminando na perda das folhas. A extensão da injúria depende da freqüência e duração da aspersão, o molhamento intermitente, semelhante como a obtida com o impacto da aspersão, foi mais prejudicial do que o molhamento contínuo (Ehlig & Bernstein, 1959).

O problema do dano na folha, com a irrigação por aspersão, pode ser completamente evitado pelo uso de gotejamento ou irrigação por gravidade quando apropriado. Além disso, a irrigação por gotejamento mantém a umidade do solo continuamente alta, pelo menos na zona da raiz, portanto, mantendo um baixo nível de concentração de sal, e, assim, resulta em lixiviação na zona abaixo do gotejo. As raízes das plantas em crescimento tendem-se a aglomerar nesta zona lixiviada de alta umidade próxima as gotas e assim elas evitam o sal que se acumula na frente molhada (Yaron et al., 1973).

Na irrigação por aspersão a distribuição de sal lateral é relativamente uniforme mas aumentos de salinidade do solo com profundidade debaixo de sulco ou gotejamento, níveis de salinidade são imediatamente baixos em baixo da fonte de água e eles aumentam com a profundidade. A meio caminho entre o sulco ou fontes de gotejamento, a

salinidade do solo é alta; níveis podem ser mais altos na superfície do solo particularmente se os padrões molhamento não se sobrepõem e o solo permanece seco. A distribuição, que é o resultado de fontes de ponto, como sistema de gotejamento com emissores amplamente espaçados, aumenta na direção do emissor, como a taxa de aplicação de água aumenta a distribuição de salinidade muda de elíptico (com os eixo principal na direção vertical) para circular (Tayer, 1987).

O sistema de subsuperfície não fornece meios de lixiviação do solo acima da fonte de água. O contínuo movimento de água ascendente para a superfície de evaporação causa o acúmulo de sal perto da superfície do solo. A não ser que o horizonte do solo seja lixiviado por chuva ou irrigação por superfície, a acumulação de sais em níveis tóxicos é uma certeza (Tayer, 1987).

De acordo com Rawlins (1973), o manejo da irrigação de alta frequência deve fundamentar-se no controle da quantidade de água que passa pela zona radicular para evitar o aumento da salinidade ao invés da questão de quando se irrigar, sendo mais importante, assim, qualquer estimativa do fluxo de percolação profunda do que medidas do potencial matricial da água no solo.

Utilizando água com $1,22 \text{ dS.m}^{-1}$ à 25°C e dois tratamentos: irrigação quando o potencial matricial da água do solo estivesse à $-0,2 \text{ atm}$ (úmido) e $-0,6 \text{ atm}$ (seco), Sammis et al. (1979) estudando a influência dos métodos de irrigação, aspersão, gotejamento e sulco, no acúmulo de sais no solo, verificaram que no gotejamento seco ocorreu a menor lixiviação e, somente, na aspersão seca houve estatisticamente um crescimento da salinidade do solo.

4.3.1. Lixiviação

Segundo o U. S. Salinity Laboratory Staff (1954), o requerimento de lixiviação é diretamente proporcional à condutividade elétrica da água de irrigação e inversamente proporcional à salinidade máxima da solução do solo tolerável pela cultura, sendo representado pela fórmula:

$$LR = \frac{CE_{iw}}{CE_{dw}}$$

onde:

LR = requerimento de lixiviação;

CE_{iw} = condutividade elétrica da água de irrigação (dS.m^{-1} à 25°C);

CE_{dw} = condutividade elétrica máxima tolerável pela cultura na zona radicular drenada (dS.m^{-1} à 25°C).

Em solos que tem alguma drenagem interna inicial, embora limitada, os sais solúveis inicialmente presentes são lixiviados pela água de irrigação e influenciam menos na condutividade elétrica final da solução do solo (Pearson, 1959).

Segundo Kelley (1963), a quantidade de lixiviação requerida é muito variável e depende da concentração salina da água de irrigação, método de aplicação, da precipitação e das peculiaridades do solo.

Shalhevet & Reiniger (1964) estudando o efeito de vários regimes de lixiviação em culturas de cevada, algodão e beterraba, usando água salina com condutividade elétrica de 0,9 e 3,9 dS.m^{-1} , verificaram que com taxas elevadas de lixiviação houve um leve aumento de salinidade com a profundidade e com baixa lixiviação ocorreu uma acentuada acumulação de sais na zona intermediária radicular. Concluíram que o R.L. definido pelo U.S.S.L. (1954) se aplica, razoavelmente, em condições de altas taxas de lixiviação, e que, em curtos períodos de irrigação com baixa porcentagem de lixiviação, a equação dá estimativas muito elevadas.

De acordo com Rhoades (1972), a concentração de sais solúveis no solo aumenta quando uma grande porção da água aplicada é removida pela evapotranspiração. Sem lâmina de lixiviação os sais se acumulam até alcançar o limite de solubilidade, mas com lixiviação a acumulação diminui, porém, não é eliminada.

Meiri & Shalhevet (1973), afirmam que a lixiviação intermitente aumentou a quantidade de sais removida por unidade de volume de água de drenagem, em comparação com a lixiviação a cada irrigação.

Segundo Rhoades (1974), o crescimento das culturas está relacionado com a salinidade média da zona radicular, e baseado nessa consideração propôs uma forma

alternativa para calcular a condutividade elétrica da água de drenagem (CE_{dw}) na fórmula de L.R. definida pelo U.S.S.L. (1954), de acordo com a seguinte expressão:

$$CE_{dw} = 5.CE_e - CE_{iw}$$

onde:

CE_{dw} = condutividade elétrica da água de drenagem fora da zona radicular;

CE_e = condutividade elétrica do extrato de saturação, fornecido em tabelas de tolerância das culturas à salinidade, para a redução da produção em 10%, em $dS.m^{-1}$;

CE_{iw} = condutividade elétrica da água de irrigação, em $dS.m^{-1}$.

Portanto, a fórmula modificada para determinar o requerimento de lixiviação (L.R.), é a seguinte:

$$L.R. = \frac{C_{iw}}{5.CE_e - CE_{iw}} \times 100$$

Biggar et al. (1984) chegaram a conclusão que o movimento de água através do perfil é necessário para remover o excesso de sais solúveis na zona radicular, mas é indesejável quando dissolve sais precipitados. Portanto, deve-se minimizar o fluxo de água para reduzir a dissolução de minerais do solo, e promover a precipitação de carbonatos e sulfatos levemente solúveis no solo.

Para prevenir a salinização, juntamente com o requerimento de lixiviação se deve considerar a taxa de infiltração e o sistema de drenagem para lixiviar os sais e impedir a ascensão do lençol freático (Oster et al., 1984).

Ferreira et al. (1998) estudando os efeitos da salinidade da água de irrigação e da aplicação de lâminas diferentes no desenvolvimento da alface, em ambiente protegido, testaram águas de irrigação com concentrações de 1.0; 2.5; 4.0 e 5.5 $dS.m^{-1}$ e 2 lâminas de lixiviação (10 e 30%), e concluíram que os parâmetros vegetativos e o rendimento da cultura responderam apenas ao efeito da salinidade da água de irrigação, não sendo afetados de forma significativa pelas frações de lixiviação. Os mesmos autores, afirmam que

em experimentos de estudo de tolerância de culturas à salinidade há necessidade de se conduzir vários ciclos de cultivo, para se acompanhar a evolução do processo de salinização.

4.3.2. Irrigação localizada por gotejamento

O sistema de irrigação por gotejamento surgiu em 1940 na Inglaterra, onde era utilizado na irrigação e fertilização de cultivo em estufas de vidro. Porém, sua utilização no campo se deu por volta de 1950 em Israel. A partir de 1960, o gotejamento sofreu grande desenvolvimento, sendo utilizado como prática rotineira na Austrália, Europa, Israel, México, República Sul Africana e Estados Unidos (Karmeli & Keller, 1975).

Segundo Vieira (1975), citado por Gomes (1998), com a crescente poluição e escassez de recursos hídricos, o gotejamento é uma solução notável para os cultivos intensamente explorados, pois é necessário aproveitar ao máximo os recursos hídricos disponíveis, permitindo a irrigação de culturas, mesmo com a utilização dos mananciais insuficientes para os demais métodos de irrigação.

A irrigação por gotejamento envolve a aplicação de água diretamente sobre a região radicular em pequenas intensidades (1 a 10 L.h^{-1}) porém com alta frequência (turno de irrigação de 1 a 4 dias), de modo que se mantenha a umidade do solo na zona radicular próxima da “Capacidade de Campo”. A aplicação de água é feita através de tubos perfurados com orifícios de diâmetros reduzidos ou por meio de pequenas peças denominadas gotejadores, conectadas em tubulações flexíveis de polietileno, trabalhando a pressões variando entre 50 e 250 kPa.

De acordo com Abreu et al. (1987), pode-se resumir a irrigação por gotejamento da seguinte forma: não ocorre molhamento total do solo, sendo a aplicação da água restrita a um pequeno volume; utiliza uma pequena vazão a baixa pressão; aplica água próxima às plantas através de um número variável de emissores, que em alguns casos pode ser alto; ao reduzir o volume de solo molhado e, portanto, sua capacidade de armazenamento de água, se opera com uma frequência de irrigação alta, necessária para manter o conteúdo de umidade no solo.

Dentre os sistemas pressurizados, a irrigação por gotejamento e por microaspersão oferecem maior flexibilidade na fertirrigação, seguidos pela aspersão (Frizzone et al., 1994).

Demattê et al. (1981) observaram, em um experimento com hortaliças, que o sistema por gotejamento proporcionou melhores resultados de produção que o sistema por aspersão. Entretanto, o custo total unitário de produção gerado pelo gotejamento poderá ser elevado em relação à aspersão, devido ao custo inicial do equipamento e sua imobilidade, bem como pela utilização de grande número de linhas de distribuição em espaçamentos reduzidos. Entretanto, como é possível cultivar mais de um ciclo por ano, o custo fixo unitário de produção poderá, deste modo diminuir.

Devido às facilidades que os sistemas de irrigação oferecem para a aplicação de fertilizante via água, é comum o parcelamento do fertilizante nitrogênio em quatro, seis ou até oito vezes durante o ciclo da cultura. Para as condições brasileiras, há necessidade de se definir não só o número de parcelamentos, como, também, o melhor método ou combinação destes para a aplicação de fertilizantes nitrogenados em solos arenosos (Coelho, 1994).

Os fertilizantes mais adequados para o uso na irrigação devem ter solubilidade rápida e completa. Por isso, os fertilizantes nitrogenados, como uréia, nitrato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de sódio e, em menor escala, os fertilizantes potássicos, como cloreto e sulfato de potássio, são os que melhores se prestam a este propósito (Frizzone et al., 1985), citado por Gomes (1998). Os adubos nitrogenados minerais são solúveis em água, sendo que o nitrato é, em geral, a forma mais absorvida pelas plantas.

4.4. Cobertura do solo “mulching”

Segundo Cermeño (1977), em determinadas condições, é aconselhável cobrir o solo das estufas com material plástico, principalmente polietileno, procedimento que possui algumas vantagens para as culturas. Entre outros benefícios conseguidos com esta operação constata-se os seguintes:

- Colheitas mais precoces, em virtude do aumento da temperatura do solo que se consegue durante o dia, sendo que durante a noite o calor também se conserva mais tempo.

- Melhor conservação da umidade do solo dado que a película impermeável evita a evaporação da água que aquele contém. Porém, Sganzerla (1995) comenta que ocorre uma reduzida perda por evaporação através dos furos, por onde passam as plantas e quando a camada superficial do solo permanece constantemente úmida, as raízes das plantas não necessitam se aprofundar em busca de água, desenvolvem-se múltiplas, em sentido horizontal e na camada mais rica em nutrientes.

- Manutenção da estrutura do solo em excelentes condições, o que se deve ao fato dos agentes atmosféricos não atuarem diretamente sobre a superfície do solo e ser muito reduzida a secagem por perda de umidade.

- Como consequência da temperatura mais elevada, do aumento do teor de vapor de água e da manutenção da estrutura em excelentes condições, aumentam os processos da nitrificação e da solubilização dos sais o que provoca um benéfico incremento da fertilidade do solo.

- Utilização mais racional dos adubos minerais visto que nos solos os fertilizantes são arrastados em profundidade pelas águas de rega com mais dificuldade. Por este motivo, os adubos permanecem mais tempo ao alcance das raízes. Além disso, os maiores valores térmicos que são alcançados nas camadas superiores do solo criam condições favoráveis para o aumento do processo de solubilização dos sais insolúveis.

- Redução do perigo das geadas.

- Diminuição do teor de vapor de água na atmosfera do interior da estufa em virtude de se evitar a evaporação da água no solo, assim, necessita-se menos regas quando possui uma cobertura.

Cermeño (1977) recomenda, para a cobertura de solos em estufas, o emprego de películas de polietileno com coloração cinzenta de fumo ou negra opaca e com 150 a 200 micras de espessura.

Santos & Hernandez (1997) dizem que a adição de esterco, resíduos de colheitas, e resíduos industriais orgânicos no solo, favorecem a estruturação do solo e

melhoram a infiltração da água. Os resíduos podem ser deixados como cobertura na superfície ou incorporados no solo. Quando aplicados na superfície “mulching”, reduzem a ascensão de água e movimento de sais em solos salinos e facilitam a lixiviação pelas chuvas de inverno em regiões semi-áridas ou em sistemas de irrigação por aspersão (Carter & Fanning, 1964). Para que as incorporações sejam eficientes, são necessárias adições de grandes quantidades de resíduos nos primeiros 15 cm do solo (10-30% em volume), de maneira que controlem a quantidade de água infiltrada em um tempo determinado (Ayers & Westcot, 1991). Os resíduos fibrosos de difícil decomposição (casca de arroz, palha de arroz, trigo, cevada, milho, etc.) são mais eficazes que os resíduos de rápida decomposição (hortaliças, legumes, etc.). Os efeitos desta prática são temporários, e requerem incorporações periódicas nos cultivos.

4.5. Efeito dos sais nos solos e nas plantas sob ambiente protegido

O processo de salinização dos solos sob condições de ambiente protegido está relacionado diretamente ao acúmulo de sais em excesso na solução do solo. Em condições salinas, ocorre uma redução na disponibilidade de água, ou seja, com o acúmulo de sais no solo o potencial osmótico desse irá sofrer uma redução, ocasionado pela contribuição do potencial osmótico. Como a água tende a deslocar-se do ponto de maior potencial para o de menor potencial, haverá um maior gasto de energia para a absorção de água, apesar do potencial osmótico não ser similar ao mátrico, já que as plantas adaptam-se diferentemente às condições de salinidade (Lima, 1997). Embora algumas plantas possuam mecanismos de ajuste osmótico (halófitas) e consigam sobreviver, o fato da planta entrar mais rápido em condições de estresse, provoca o fechamento dos estômatos reduzindo a fotossíntese e diminuindo, assim, a translocação de nutrientes da raiz para parte aérea, além de promover um gasto de energia para absorção de íons na forma ativa (Silva et al., 1999).

Segundo Ayers & Westcot (1991), o nível de salinidade do solo depende da concentração de sais na água de irrigação e da fração de lixiviação adotada. Cada cultura tolera uma certa salinidade a partir da qual o rendimento começa a decrescer. A cultura da alface apresenta-se como uma cultura moderadamente sensível. Entretanto, um

parecer criterioso sobre a qualidade da água de irrigação deve levar em conta fatores locais, tais como, o tipo de solo, clima e práticas de manejo da irrigação (Tanji, 1990).

A elevada concentração eletrolítica da solução do solo pode, ainda, causar desequilíbrio nutricional, toxicidade de alguns íons e interferência no equilíbrio hormonal, capazes de diminuir a plasticidade da célula e causar redução da permeabilidade da membrana citoplasmática, além de influenciar no processo da fotossíntese, já que o conteúdo de clorofila nas plantas é afetado (Larcher, 1995). Conforme Cruciani (1987), sob condições de estresse salino, as folhas apresentam uma coloração verde azulada escura, maior espessura e cerosidade, enquanto as raízes mostram uma diminuição do alongamento e suberização, o que afeta a absorção de água e nutrientes.

A utilização de águas de qualidades inferiores para irrigação em estufas, somada a falta de um manejo apropriado de lixiviação de sais poderá propiciar alta concentração de íons específicos na solução do solo, como o sódio, proporcionando a adsorção destes no complexo sortivo e promovendo, assim, uma dispersão das argilas, pela ação na expansão da dupla camada difusa, tendo como consequência a redução na permeabilidade do solo, com decorrente decréscimo na taxa de infiltração, além de prejudicar o desenvolvimento radicular das plantas cultivadas (Silva et al., 1999).

4.6. A cultura da alface

A alface é uma planta herbácea, pertencente à família das *Cichoriaceae* (*Compositae*) (Sonnenberg, 1985). Hortaliça típica de saladas, considerada como uma planta de propriedades tranqüilizantes e, que devido ao fato de ser consumida crua, conserva todas as suas propriedades nutritivas.

Em termos de mercado brasileiro, a alface é a sexta hortaliça em importância econômica (valor de produção) e a oitava em termos de volume produzido (Nadal et al., 1986). Levantamento realizado, durante o ano de 1990, mostra que o Estado de São Paulo produziu cerca de 52.028 toneladas de alface em uma área de cultivo de 1.836 ha (Camargo Filho, 1990).

Dentre as hortaliças folhosas, é considerada a de maior consumo e importância econômica. O grupo repolhuda manteiga, que apresenta plantas com folhas lisas do tipo “manteiga”, macias e com bordas lisas, é o preferido do consumidor da região Centro-sul do Brasil, principalmente, para o consumo na forma de saladas (Filgueira, 1982).

Segundo Maroto-Borrego (1983) e Camargo (1992), é uma excelente fonte de vitamina A, possuindo ainda as vitaminas B₁, B₂, B₅ e C, além dos minerais Ca, Fe, Mg, P, K e Na, cujos teores variam de acordo com o cultivar (Quadro 2).

Quadro 2. Composição nutritiva da alface (*Lactuca sativa* L.)

Elementos	Cultivares		
	Folhas crespas	Folhas lisas g.100g ⁻¹	Romanas
Água	95	96	94
Proteínas	0.8	1.2	1.6
		mg.100g ⁻¹	
Cálcio	13	40	36
Ferro	1.5	1.1	1.1
Magnésio	7	16	6
Fósforo	25	31	45
Potássio	100	270	400
Sódio	5	10	9
		UI.100g ⁻¹	
Vit. A	300	1200	2600
Vit. B ₁	0.07	0.07	0.10
Vit. B ₂	0.03	0.07	0.10
Vit. B ₅	0.30	0.40	0.50
Vit. C	5	9	24

Fonte: Maroto-Borrego (1983).

No entanto, segundo esse mesmo autor, o plantio de cultivares do grupo cabeça crespa (“Crisp Head”), que apresentam folhas crespas consistentes, formando uma cabeça compacta, devia ser mais incentivado, uma vez que suportam altas temperaturas, possuem elevada resistência ao florescimento precoce e adaptam-se muito bem ao transporte à longa distância, visando ao atendimento de mercados consumidores potenciais e emergentes em outras regiões.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea anual, muito delicada, com caule diminuto, não ramificado ao qual se prendem as folhas. Essas são muito

lisas ou crespas, fechando-se ou não na forma de cabeça. Suas raízes podem atingir até 60cm de profundidade, porém a região mais ativa está compreendida na camada de 0-25cm do solo. A alface é uma cichoriácea de inverno, capaz de resistir à baixas temperaturas e a geadas leves. Nota-se que as cultivares produzem melhor sob temperatura amena, sendo que em temperaturas mais elevadas (20-30⁰C) aceleram o ciclo natural e resultam em plantas menores, caindo a produtividade (Filgueira, 1982).

Tradicionalmente, o cultivo da alface é realizado em canteiros, em condições de campo, e utilizando, principalmente, o método de irrigação por aspersão convencional. Atualmente, com o desenvolvimento da plasticultura nacional, o cultivo de hortaliças em estufas e túneis plásticos tem se popularizado bastante. No caso específico da alface, segundo Sganzerla (1995), as principais finalidades do cultivo protegido por essas estruturas são: anular os efeitos negativos das baixas temperaturas, geada, vento, excesso de chuva e granizo; encurtar o ciclo de produção; aumentar a produtividade e obter produtos de melhor qualidade, desde que a estufa seja bem manejada.

A época de plantio mais recomendada é de março a setembro, porém nas regiões serranas planta-se o ano todo. Quanto ao espaçamento sugere-se 20 x 20 cm, 25 x 25 cm ou 30 x 30 cm, com plantio em nível (Lisbão et al., 1994).

A adubação da cultura do alface deve observar a saturação em bases no solo, elevando-se a 70% sempre que for inferior a 60% (Gomes, 1998).

Segundo Knott, citado por Branco & Couto (1962), alface é uma cultura que retira, por hectare do solo, aproximadamente 56 kg de nitrogênio, 10 kg de fósforo e 101kg de potássio.

No momento do preparo do solo, pode-se adicionar 60-80 t.ha⁻¹ de esterco de curral bem curtido, ou um quarto dessa quantidade de esterco de galinha, pelo menos dez dias antes da semeadura ou do transplante de mudas. Em cobertura, deve-se aplicar de 60 a 90 kg.ha⁻¹ de nitrogênio aos 15, 30 e 45 dias após a germinação (semeadura direta). No caso de transplante de mudas parcelar o N aos 10, 20 e 30 dias após o transplante (Trani et al., 1996).

Segundo Demattê et al. (1981), comparativamente com sistema de irrigação por aspersão, o gotejamento proporcionou melhores resultados na cultura da alface,

para diâmetro e altura média da parte aérea, porcentagem de plantas comerciáveis, peso médio da parte aérea e peso médio por metro quadrado cultivado, o qual foi 1,23 vezes superior.

Ayers & Westcot (1991), citando Maas & Hoffman (1977) e Maas (1984), relatam a sensibilidade da alface a concentração de sais no solo e na água no Quadro 3, e classificam a alface como uma planta moderadamente sensível aos sais.

Quadro 3 – Tolerância à salinidade da alface e seu rendimento potencial em função da salinidade do solo ou da água ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$).

Cultura	Rendimento Potencial									
	100%		90%		75%		50%		0%	
	CEs	CEi	CEs	CEi	CEs	CEi	CEs	CEi	CEs	CEi
Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,1	3,4	9,0	6,0

Fonte: Maas e Hoffman (1977) e Maas (1984).

4.6.1. Resposta da alface à disponibilidade de água

As hortaliças têm o seu desenvolvimento e rendimento influenciados pelas condições de clima e umidade do solo. O teor de água no solo influencia tanto por deficiência como por excesso (Marouelli et al., 1986 e Reichardt, 1987). Dentre as hortaliças, a alface é considerada uma das mais exigentes em água e uma das que responde com maior intensidade aos efeitos oriundos da aplicação, ou não, desse fator de produção (Pereira & Leal, 1989).

Diversos trabalhos realizados constataram relações entre o nível de água no solo com o desenvolvimento e rendimento da cultura da alface.

A alface é, dentre as hortaliças, uma das que maior quantidade de água retiram do solo. Quando a água no solo cai abaixo da metade do intervalo entre o ponto de murchamento e a capacidade de campo, o crescimento da alface é prejudicado e, então, obtêm-se plantas de crescimento menor, folhas menores e cabeças pequenas (Simão, 1956).

Knott & Tavernetti (1944), citados por Andrade Júnior (1994), observaram que, devido ao sistema radicular relativamente pouco profundo da cultura, é muito importante ocorrer um suprimento adequado de água às plantas. Recomendaram que para a obtenção de um produto de alta qualidade, não deve ocorrer falta de água durante o

período de crescimento, da mesma forma que a água em excesso no solo é prejudicial à cultura.

Simão (1956) avaliou os efeitos sobre a produtividade da alface mantendo-se os teores de água no solo próximo à capacidade de campo durante todo o ciclo, com tratamentos que previam irrigação em períodos de 2, 4, 6, 8 e 10 semanas após a germinação. Os resultados mostraram que as plantas, nas parcelas cujos teores de água no solo foram mantidos continuamente próximos da capacidade de campo, do plantio até à colheita, produziram as maiores “cabeças” comerciáveis, enquanto que as irrigações descontínuas durante os estádios iniciais de desenvolvimento foram responsáveis pela produção das menores “cabeças” de alface.

Majmudar & Hudson (1957) realizaram estudo de resposta da alface a diferentes tratamentos de irrigação sob condições de casa de vegetação e concluíram que dois estádios podem ser facilmente diferenciados no que diz respeito as relações solo-água-plantas na cultura. Um primeiro estádio, quando as raízes da planta ainda estão crescendo no solo, ocasião em que não respondem à irrigação e, um segundo estádio, quando o volume de solo explorado pelas plantas tenha sido largamente ocupado pelas raízes, momento em que as plantas respondem à irrigação, desde que ocorra valores moderados de tensão de água no solo.

Sing & Alderfer (1966) observaram que a matéria fresca da planta, a qualidade da “cabeça” e a produtividade da alface diminuíram à medida que aumentaram os valores de tensão de água no solo, indicando que a cultura é sensível a elevados déficits de água. Verificaram, ainda, que a alface foi mais susceptível ao estresse hídrico no período de formação da “cabeça”.

Maciel & Couto (1979) constataram que a produção total de alface cresceu à medida que se elevou os teores de água útil no solo. Concluíram que a maior quantidade de matéria fresca / planta foi obtida com a aplicação do nível de 60% de água útil no solo. No entanto, Demattê & Moretti Filho (1981) observaram que o nível de 80% de água disponível apresentou os melhores resultados para matéria fresca / planta e produção total.

Experimento conduzido em condições de casa de vegetação por Araki & Goto (1983), citados por Andrade Júnior (1994), com a finalidade de determinar o valor ótimo de tensão de água no solo para efetuar a irrigação na cultura da alface, permitiram verificar que a faixa de tensão compreendida entre -20 e -30 kPa, correspondendo a uma

aplicação total de 140 mm, foi a que proporcionou o melhor crescimento da cultura, com a obtenção de “cabeças” que apresentaram uma matéria fresca de 1430 g.planta⁻¹.

Sammis et al. (1988) observaram que a produtividade da alface cresceu linearmente com o aumento da aplicação de água até o máximo de 49,7 t.ha⁻¹, com uma lâmina total de irrigação de 202 mm, e uma eficiência do uso de água de 246kg.ha⁻¹.mm⁻¹ de água aplicada. Verificaram, ainda, que a produtividade aumentou linearmente com o acréscimo da matéria fresca por planta.

Ceretti et al. (1988), citados por Andrade Júnior (1994), estudaram a influência de diferentes níveis de água no solo sobre a produção e qualidade de plantas em uma cultura de alface e constataram que o aumento no teor de água no solo proporcionou incremento na produção de “cabeças” comerciáveis, que variaram de 18,8 a 50,9 t/ha. A variação da produtividade em função do teor de água no solo ocorreu segundo um modelo polinomial de 4^o grau.

Segundo Pereira & Leal (1989), a alface é considerada uma das hortaliças mais exigentes em água, requerendo, durante todo o ciclo, um teor de água no solo superior a 80% da água disponível para a obtenção de altas produtividades.

Verifica-se, portanto, que os trabalhos já executados com níveis de irrigação em alface apresentam respostas as mais variadas possíveis, dependendo das condições edafoclimáticas da região considerada, de tal forma que os mesmos não podem ser extrapolados indistintamente para outras regiões. Dessa forma, reveste-se de grande importância a realização de trabalhos regionais envolvendo o manejo da água de irrigação dessa cultura.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Área experimental

O experimento foi conduzido no período de 3 de setembro a 1 de dezembro de 1999, na Fazenda Experimental São Manuel, da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, localizada no Município de São Manuel, Estado de São Paulo, a 22°46'05" de latitude sul e 48°34'11" de longitude oeste de Greenwich a 740 m de altitude.

A estufa utilizada é composta por um conjunto de duas estruturas metálicas de arcos e colunas de aço galvanizado, unidas por uma calha central e reforçadas no seu interior por treliças metálicas. Suas dimensões no total são de 14,3 m x 20 m e altura na parte central de 2,65 m. A estrutura foi coberta com um filme transparente de 150 micras de espessura, esticado e preso nas laterais das estrutura por sarrafos de madeira (2½" x 1") por meio de parafusos e pregos.

Na Figura 1 pode-se observar a disposição dos extratores, dos tensiômetros, da régua de leitura, do sistema de irrigação no canteiro e da cobertura dos canteiros com "mulching".

Observando-se a Figura 2 tem-se uma visão parcial do experimento e do desenvolvimento das cabeças de alface, na época de colheita.



Figura 1 – Disposição dos extratores (esquerda), dos tensiômetros, da régua de leitura (direita), do sistema de irrigação no canteiro e do “mulching”.



Figura 2 – Visão parcial dos canteiros de alface na época da colheita.

A estrutura foi feita com arcos de aço galvanizado, espaçados entre si de 2 m, sustentados por colunas de metalon de 64 mm x 50 mm e 2,1 m de altura, cujas extremidades inferiores foram revestidas por um cano de PVC de 100 mm preenchidas de argamassa de concreto, para proteger o metal. As suas laterais foram revestidas pelo mesmo filme plástico, desde a profundidade de 50 cm até uma altura de 60 cm do solo formando uma “saia”, o restante, até o início dos arcos, foi coberto com uma tela que permite a passagem quase completa da luz conhecida por Clarite. Na parte frontal, foram construídas duas portas de madeira que permitem o acesso de microtratores e na parte traseira outras duas portas metálicas, todas cobertas pela mesma tela.

O solo, onde foi instalado o experimento, pertence a uma faixa de solo classificada como latossolo amarelo de textura média com relevo ondulado a suave, sem exploração intensiva.

Os valores de massa específica do solo foram determinados pelo Laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP e os valores de granulometria pelo Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da FCA/UNESP (Quadro 4).

Quadro 4. Características físicas do solo da área experimental

Profundidade (cm)	Granulometria (g.kg ⁻¹)			Textura	Densidade do solo (g.cm ⁻³)
	Areia	Silte	Argila		
0-20	800	187	13	média	1,62
20-40	780	215	5	média	1,73
40-60	775	222	3	média	1,69

As características químicas do solo foram obtidas de amostras de solo da área, retiradas nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, e determinadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da FCA/UNESP, e encontram-se no Quadro 5.

Quadro 5. Características químicas do solo da área experimental antes dos tratamentos.

Prof. (cm)	pH	M.O. g.dm ⁻³	P _{resina} mg.dm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl ₂			mmol _c .dm ⁻³						
0-20	5,6	14	29	15	1,5	22	15	38	53	72
20-40	5,8	13	25	15	1,1	20	14	35	50	70
40-60	5,2	7	31	20	1,0	15	9	26	46	56

As curvas características de água no solo, para as camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm com amostras deformadas, foram realizadas no Laboratório de Água e Solo do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP, cujos valores são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Valores dos teores de água no solo ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e potencial matricial (kPa) para as camadas de 0-20cm, 20-40 e 40-60 cm.

Ψ (kPa)	$U_{0-20}(\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	$U_{20-40}(\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	$U_{40-60}(\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$
-10	0.1050	0.1030	0.1040
-30	0.0976	0.0987	0.1024
-50	0.0755	0.0779	0.0790
-100	0.0700	0.0700	0.0720
-500	0.0590	0.0660	0.0600
-1500	0.0550	0.0552	0.0593

Pela classificação de Köeppen, o clima da região é do tipo Cwb, ou seja, mesotérmico de inverno seco, o qual apresenta uma pluviosidade total anual média de 1314 mm, temperatura média mensal de $19,4^{\circ}\text{C}$. A temperatura média do mês mais quente não ultrapassa 22°C , com o mês mais seco e mais frio sendo julho. A estação seca vai de maio a setembro, e o mês mais quente é janeiro (Carvalho et al., 1983).

O balanço hídrico, pelo método de Thornthwaite (1948), revelou uma deficiência total de água de 29 mm anualmente (maio a setembro), e um excedente hídrico de 439 mm (outubro a abril).

5.2. Características e condução da cultura

Utilizou-se um híbrido de alface americana (*Lactuca sativa* L.), denominado comercialmente de “Tainá”, procedente da Agroflora, que apresenta um ciclo de 65-75 dias, com coloração das folhas verde clara, do tipo repolhuda com folhas crespas e consistentes, que formam uma cabeça compacta, a qual tem grande aceitação comercial, sendo cultivada por agricultores da região de Botucatu.

A produção das mudas foi realizada nas estufas da Flora Botucatu, em Botucatu. A semeadura foi realizada no dia 9 de Setembro de 1999, em bandejas de isopor

(Polimetano expandido) de 288 células, com 3 a 4 sementes por célula, com posterior desbaste deixando somente uma muda por célula. O substrato utilizado para o enchimento das bandejas foi o conhecido comercialmente por “Plug mix”, e receberam o fertilizante “Piters” (25-5-20). As mudas foram irrigadas, 3 vezes ao dia, por microaspersores até atingirem tamanho para o transplântio.

O transplântio das mudas para os canteiros definitivos foi realizado no dia 8 de Outubro de 1999, quando as mudas apresentavam de cinco a seis folhas definitivas, no espaçamento de 35 x 35 cm.

Antes da construção da estufa foi feita uma subsolagem a uma profundidade de aproximadamente 45 cm, e, após a sua construção, o solo foi preparado com uma enxada rotativa através de um microtrator, e uma posterior formação manual de canteiros. O cultivo, que consistiu na eliminação de ervas daninhas, foi realizado manualmente, sempre que necessário. Foi aplicado um inseticida com princípio ativo denominado hipermetrina na proporção de 20 cm³ em 20 litros de água aplicados com pulverizador costal em toda a área interna da estufa, aos 7 dias após o transplântio, para o combate a gafanhotos.

Utilizou-se como base para a adubação a recomendação do Instituto Agrônomo de Campinas (Trani et al., 1996). Não houve necessidade de realizar calagem, uma vez que o valor de saturação de bases estava de acordo com as recomendações.

Para elevar o nível de sais do solo e, conseqüentemente, sua condutividade elétrica, foram aplicados, 30 dias antes do transplântio, 51 g.m⁻² de fosfato monoâmônico (MAP) e 645 g.m⁻² de cloreto de potássio (KCl), sendo que na testemunha foram aplicados apenas 24 g.m⁻² de KCl e o mesmo valor de MAP. Após isto foi realizada uma análise de fertilidade pelo Laboratório de Fertilidade do Solo da FCA/UNESP, e encontram-se no Quadro 7.

A partir dos 15 dias após o transplântio, foi aplicado 0,5 g.planta⁻¹ de uréia, a cada 2 dias, através de fertirrigação até a colheita, sempre entre os 20 a 30 minutos finais de irrigação. Evitou-se assim a lixiviação da uréia, já que a aplicação da fração de lixiviação foi realizada nas parcelas predeterminadas, antes de se proceder a irrigação propriamente dita, ou seja, a reposição da evaporação do Tanque Classe A.

Quadro 7. Características químicas do solo da área experimental após adubação excessiva.

Prof. (cm)	Prof. (cm)	pH CaCl ₂	M.O. g.dm ⁻³	P _{resina} mg.dm ⁻³	H+Al -----	K -----	Ca mmol _c .dm ⁻³	Mg -----	SB -----	CTC -----	V%
Testemunha	0-20	6,6	21	65	11	4,8	51	20	75	86	87
	20-40	6,2	14	48	13	3,0	17	13	33	46	71
Demais tratamentos	0-20	6,3	18	83	12	16,5	20	16	53	65	82
	20-40	6,1	14	92	13	7,2	17	11	35	48	73

A colheita ocorreu no dia 30 de Novembro de 1999, no ponto de consumo, quando as “cabeças” atingiram seu máximo desenvolvimento, porém com folhas tenras e sem indício de florescimento. As plantas foram cortadas logo abaixo das folhas basais, bem rente ao solo, como recomenda Filgueira (1982) sendo que para caracterizar a produção da cultura foram analisadas as dez plantas centrais.

Foram analisadas o peso total (Pt) das cabeças de alface (incluindo as folhas secas e amareladas), peso comercial (Pc) das cabeças de alface (somente a cabeça sem as folhas secas e não comercializáveis), que foram analisadas em balança digital com precisão de $\pm 0,1$ grama. Também foram medidos os diâmetros de cabeça da alface (Dc) que foram medidos com paquímetro de madeira com precisão de $\pm 0,5$ cm.

Foram analisadas também análises de fertilidade do solo da camada de 0 a 20 cm de cada um dos canteiros.

Para construir os perfis de salinidade (Figuras 7 a 15) dos canteiros foram coletadas amostras de solo no sentido transversal dos canteiros a cada 20 cm de distância e em 3 profundidades: 0-2,5 cm; 2,5-20 cm e 20 a 40 cm. Com estas amostras foram realizadas leituras de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo que corresponderam no perfil às profundidades 0, 10 e 30 cm, sendo que a profundidade de 20 cm corresponde à média dos valores de 10 e 30 cm.

5.3. Delineamento experimental

Foi empregado o esquema fatorial 2^3 mais um tratamento adicional, ou seja 9 tratamentos, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, perfazendo um total de 36 parcelas. Cada parcela experimental foi representada

por um canteiro de 1,40 m de largura por 2,40 m de comprimento, portanto com uma área de 3,36 m². A área útil de cada parcela foi constituída por duas fileiras centrais, retirando-se as extremidades, com um total de 10 plantas úteis destinadas às determinações dos parâmetros analisados.

Os tratamentos realizados foram os seguintes e sua disposição encontra-se na Figura 3:

- 1- Com lâmina de lavagem pré plantio, com “mulching” e sem lixiviação a cada irrigação.
- 2- Com lâmina de lavagem pré plantio, com “mulching” e com lixiviação a cada irrigação.
- 3- Com lâmina de lavagem pré plantio, sem “mulching” e sem lixiviação a cada irrigação.
- 4- Com lâmina de lavagem pré plantio, sem “mulching” e com lixiviação a cada irrigação.
- 5- Sem lâmina de lavagem pré plantio, com “mulching” e sem lixiviação a cada irrigação.
- 6- Sem lâmina de lavagem pré plantio, com “mulching” e com lixiviação a cada irrigação.
- 7- Sem lâmina de lavagem pré plantio, sem “mulching” e sem lixiviação a cada irrigação.
- 8- Sem lâmina de lavagem pré plantio, sem “mulching” e com lixiviação a cada irrigação.
- 9- Sem lâmina de lavagem pré plantio, sem “mulching” e sem lixiviação a cada irrigação.

O espaçamento entre canteiros foi de 90 cm e nos corredores laterais da estufa, 55 cm, evitando-se influências entre tratamentos vizinhos. Pela Figura 1, observa-se a disposição dos tratamentos na estufa.

O tratamento pré-lavagem consistiu da aplicação ininterrupta de uma lâmina de água de 101,89 mm, através do sistema de irrigação por gotejamento, 24 horas antes do transplante. A pré-lavagem que ocorreu nos canteiros com “mulching”, foi realizada com o plástico já perfurado para o transplante das mudas.

A lixiviação, como tratamento, foi iniciada 10 dias após o transplante e acontecia a cada irrigação com uma fração de lixiviação de 50% e irrigação diária até os 20 dias após o transplante. Após esta data foi aplicada uma fração de lixiviação de 30% e irrigação a cada 2 dias até o final do experimento. O volume de água para a lixiviação era aplicado antes do início da irrigação propriamente dita, para não lixiviar a uréia aplicada por fertirrigação e manter o nível de nitrogênio adequado em todos os canteiros. A fertirrigação se iniciava 30 minutos antes do final da irrigação que durava aproximadamente 10 minutos sendo o restante para lavagem e limpeza do sistema.

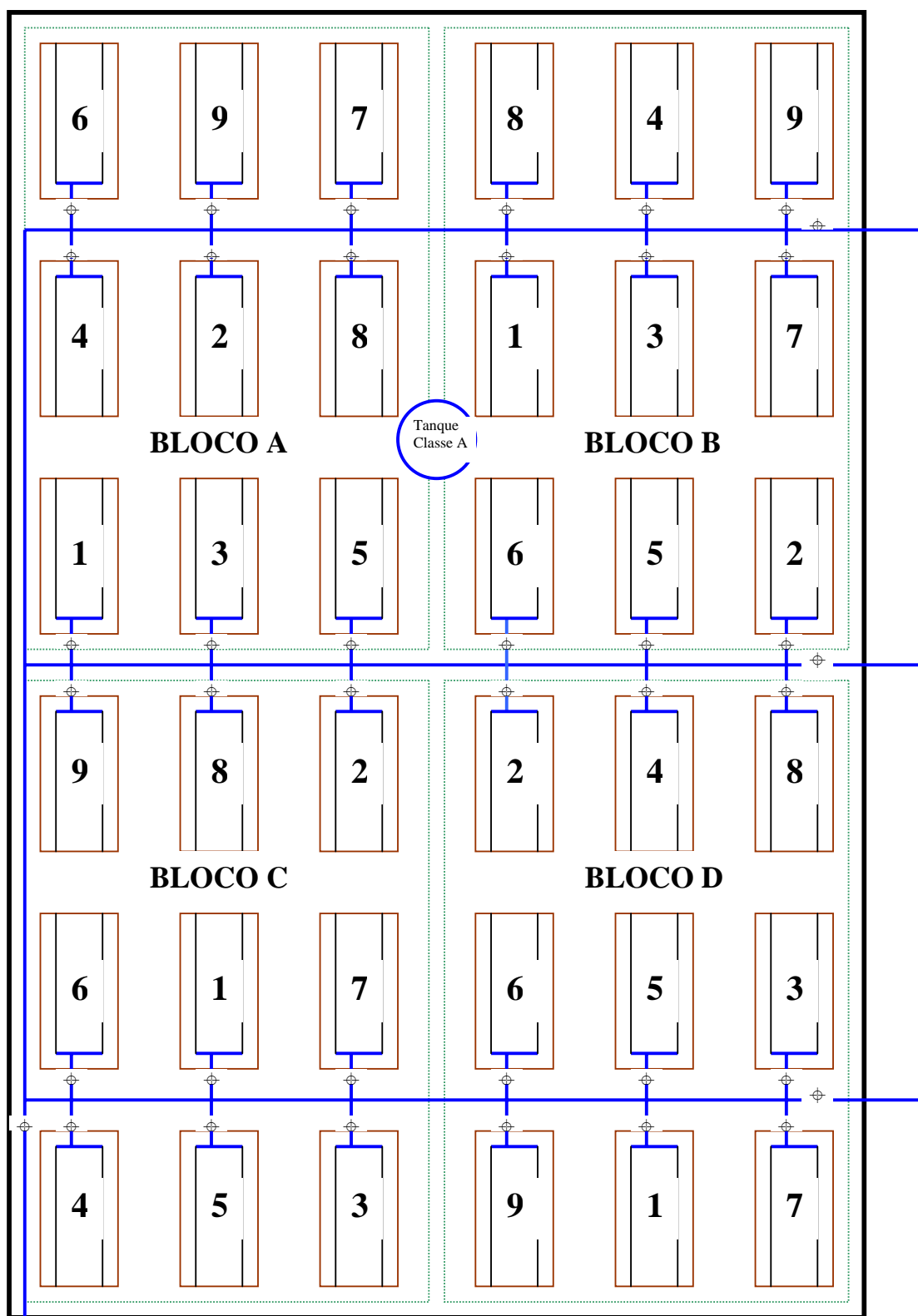


Figura 3 – Disposição dos tratamentos no interior da estufa, do Tanque Classe A e esquema hidráulico.

O tratamento “mulching”, consistiu da cobertura do solo com plástico da cor preta, com 150 μm , com dimensões de 3,40 m x 4,40 m, portanto 50 cm maior em cada lado do canteiro, para ser coberto de terra para fixação do plástico.

5.4. Equipamento e manejo da irrigação

Utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento (Tubogotejador “Queen Gil”), com duas linhas de irrigação por parcela, distanciadas entre si de 0,70 m, controladas por um registro de esfera de $\frac{3}{4}$ ” em cada parcela (Figura 3 e 4).

A cultura foi irrigada com água, proveniente de mina, com uma condutividade elétrica igual a 0,1583 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ a 25°C.

As linhas de irrigação foram conectadas às linhas de derivação de PVC com diâmetro externo de 25 mm, as quais conduziam água às parcelas, independentemente (Figura 3).

A linha principal de PVC, de 25 mm de diâmetro externo, foi colocada na lateral da estufa. Na entrada da linha principal, foi instalada uma derivação em forma de cavalete, onde abaixo desse, na linha principal, foi instalado o registro de esfera principal de $\frac{3}{4}$ ”, e na entrada e saída do cavalete outros dois registros semelhantes, e na sua parte superior, entre tais registros, um injetor de fertilizante tipo Venturi. Após o cavalete, foi colocado um filtro de tela de 120 mesh, um regulador de pressão para mantê-la a 7 mca, e um manômetro metálico (Bourbon) para sua verificação (Figura 4).

O suprimento de água ao sistema proveio de um reservatório de 20.000 litros cuja base ficava a 2,78 m e seu topo 6,78 m acima no nível dos canteiros, e como a caixa d’água era mantida no nível máximo, pois era abastecida por uma mina, mantinha uma pressão constante de 6,5 mca suficiente para pressurizar, adequadamente as linhas de todo o sistema enquanto se fazia apenas a irrigação. Quando se realizava a fertirrigação com uréia, era necessário o uso de uma bomba trifásica de 5 CV, cuja pressão era mantida adequada pelo regulador de pressão.

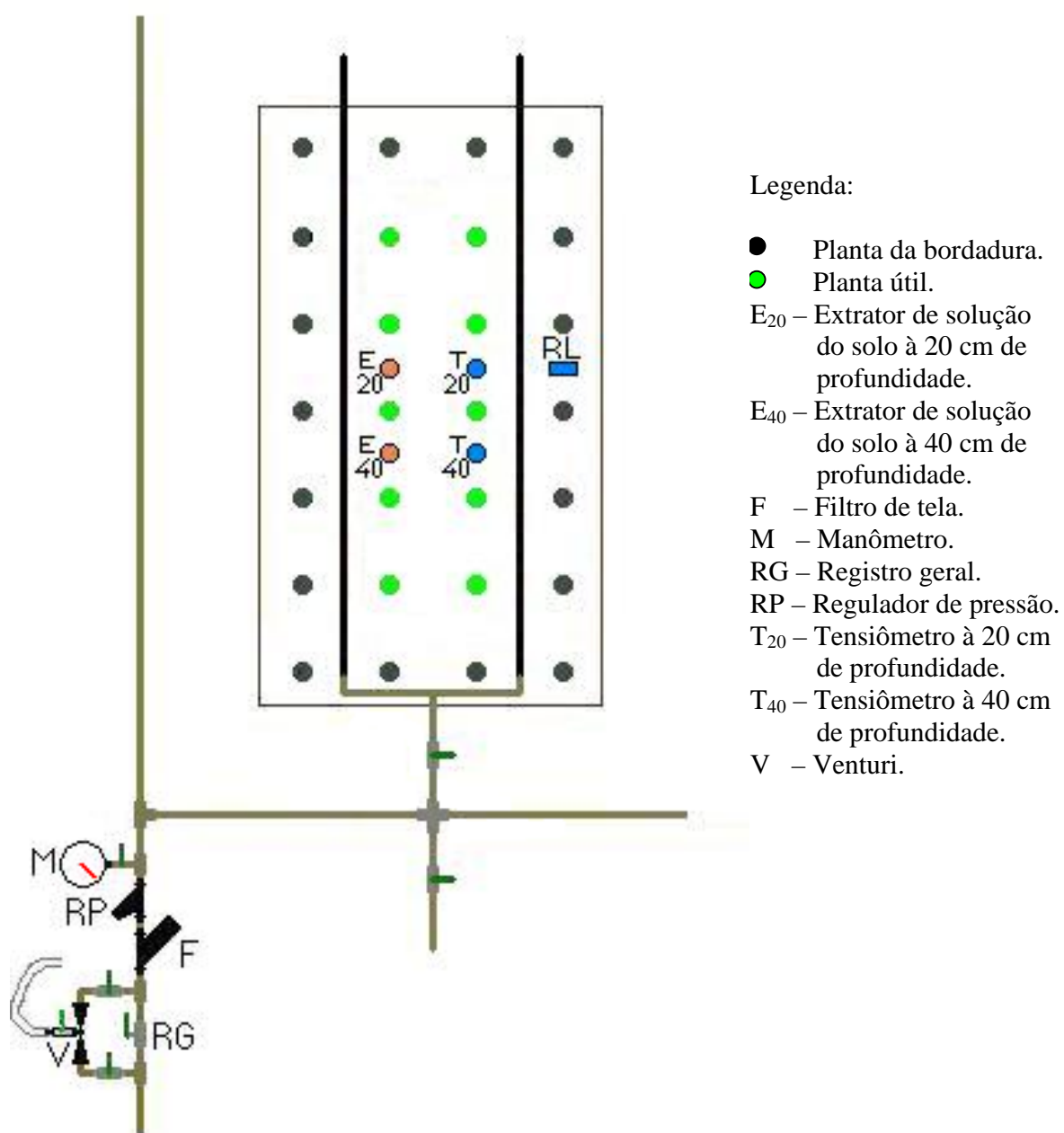


Figura 4 – Esquema da parcela experimental com a posição dos extratores e tensiômetros a 20 e 40cm e estação de controle.

O tubo gotejador utilizado apresenta as seguintes características:

Diâmetro interno = 16,5mm

Espessura da parede = 0,2 mm

Pressão de serviço = 30 a 100 kPa

Pressão recomendada = 50 a 70 kPa

Pressão de ruptura = acima de 400 kPa

Espaçamento de gotejadores = 30 cm

Vazão nominal a 50 kPa = 4,0 L.h⁻¹.m⁻¹

Para a determinação da vazão dos gotejadores e coeficiente de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação, amostraram-se pontos utilizando-se uma adaptação à metodologia proposta por Merriam, Keller & Alfaro, conforme descrito por Pinto et al. (1991), que consiste na coleta de dados de apenas quatro emissores distintos, avaliando-se o primeiro emissor, os situados a 1/3 e 2/3 do comprimento da linha de irrigação e o último. Da mesma forma, selecionaram-se também apenas quatro linhas de irrigação.

No caso específico desse ensaio, como as linhas de irrigação apresentavam apenas 2,40 m de comprimento (8 emissores), amostraram-se 12 linhas de gotejadores, utilizando-se as externas e centrais, perfazendo-se um total de 48 emissores amostrados.

Para o cálculo do coeficiente de uniformidade de distribuição de água, utilizou-se a seguinte expressão (Pinto et al., 1991):

$$CU = 100 \left(\frac{q_m}{Q} \right)$$

onde:

CU = coeficiente de uniformidade de distribuição (%)

q_m = média de ¼ dos menores valores obtidos (L.h⁻¹)

Q = média das vazões coletadas (L.h⁻¹)

O sistema operou a 60 kPa, no ponto médio da pressão de serviço recomendada pelo fabricante (50 a 70 kPa).

O manejo da irrigação baseou-se na evaporação diária do Tanque Classe A, instalado no interior da estufa, com leitura através de micrômetro de gancho com poço tranquilizador. Os coeficientes de correlação, para o Tanque Classe A e da cultura, foram considerados iguais a 1,0, baseados em experimento realizado por Reis (1990), trabalhando com alface em lisímetros. Kalil (1992), Alves (1996) e Forero et al., entre outros, citados por Andrade Júnior (1994), também utilizaram o nível 1,0 da evaporação do Tanque Classe A.

5.5.Extrator de solução do solo

O uso de cápsulas porosas para extrair solução do solo é amplamente difundido, em função do fácil manejo, custo relativamente baixo, e pelo fato de não requerer tratamentos prévios às determinações físico-químicas e à quantificação dos seus componentes (Moraes & Dynia, 1990).

O extrator de solução do solo foi utilizado com a finalidade de coletar amostras de solução para análise da condutividade elétrica existente no solo.

O extrator era constituído de um tubo de PVC (13 mm de diâmetro), acoplado a uma cápsula porosa. Pelo tubo de PVC passavam dois tubos de nylon, o primeiro, introduzido até $\frac{1}{4}$ da extremidade superior do tubo de PVC, com a finalidade de aplicar o vácuo através de uma bomba elétrica, e o segundo, alcançando a extremidade do tubo de ensaio, para a retirada da solução do solo absorvida. Nas extremidades dos tubos de nylon, existiam microtubos de silicone para permitir uma melhor vedação do sistema e facilitar a extração da solução.

Na coleta da solução do solo, foi realizado vácuo de aproximadamente 83 kPa, logo após a irrigação (ou seja com a umidade na capacidade de campo). No dia subsequente, 24 horas depois de implantado, o vácuo foi interrompido ao se retirar a pinça, presa ao tubo de silicone, e as soluções coletadas em seringas plásticas. Uma vez coletadas as amostras, essas foram acondicionadas, adequadamente, em recipientes para posterior leitura

de suas condutividades elétricas. As leituras eram realizadas no máximo 2 horas após a coleta, exceto uma vez, quando estas amostras foram congeladas para posterior leitura.

Em todas as parcelas haviam extratores com cápsulas de solução do solo à 20 cm de profundidade. Apenas nos canteiros com lixiviação foram colocados extratores de solução do solo com cápsulas à 40 cm de profundidade.

A frequência de coleta foi quinzenal após o início da aplicação da lâmina de lixiviação a cada irrigação.

Foi realizado 30 dias antes do transplante uma análise de condutividade elétrica com base na pasta de solo saturado, para verificar a uniformidade dos sais entre os canteiros.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Fatores climáticos e lâmina de irrigação.

Os dados relativos à evaporação do Tanque Classe A, durante o período do experimento, é apresentado pela Figura 5. A evaporação máxima diária foi de 8,38 mm, a mínima de 1,97 mm e a média de todas as medidas efetuadas foi de 4,14 mm.dia⁻¹.

Verifica-se pela Figura 6, que o valor acumulado para os tratamentos sem pré-lavagem e sem lixiviação, incluindo a testemunha foi de 482,06 mm. Os tratamentos que continham apenas a lixiviação foi aplicada uma lâmina de 546,81 mm sendo que os tratamentos que continham apenas a pré-lavagem a lâmina aplicada foi de 583,95 mm. Os tratamentos em que foram realizados a pré-lavagem e a lixiviação foi aplicada uma lâmina de 648,70 mm.

A utilização dos tensiômetros foram apenas para o monitoramento da umidade do solo, para que essa se mantivesse próxima à capacidade de campo, sendo que as tensões matriciais não ultrapassaram a referida umidade.

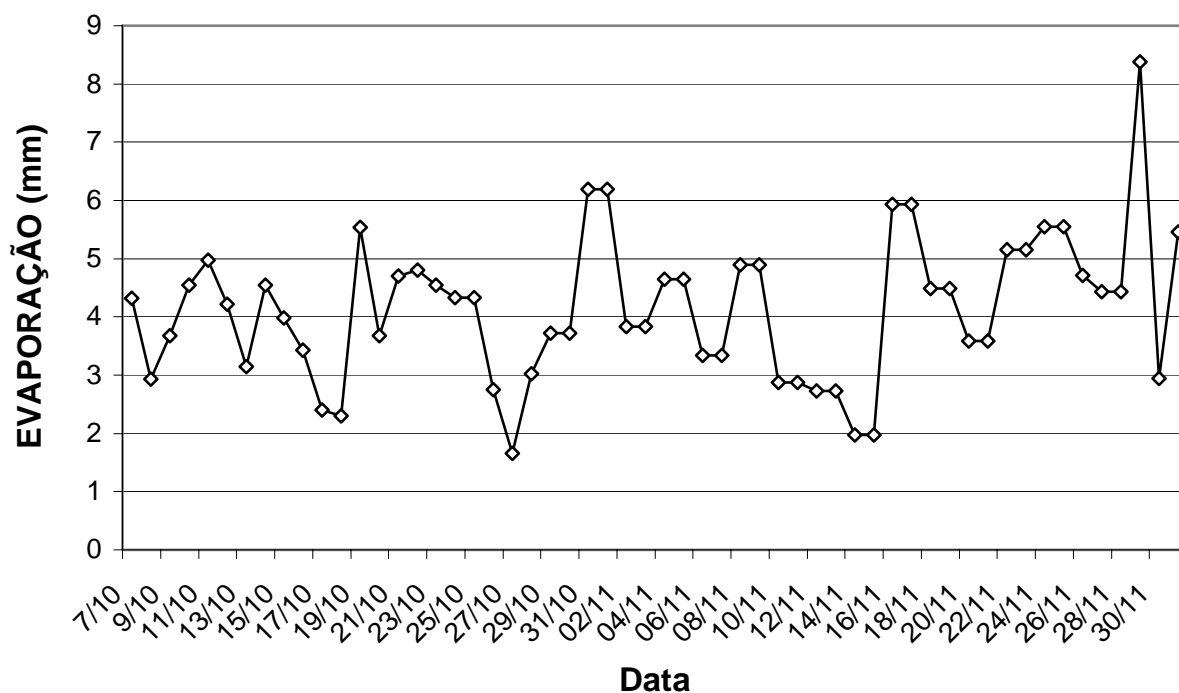


Figura 5. Valores diários de evaporação do Tanque Classe A no período de outubro a novembro de 1999.

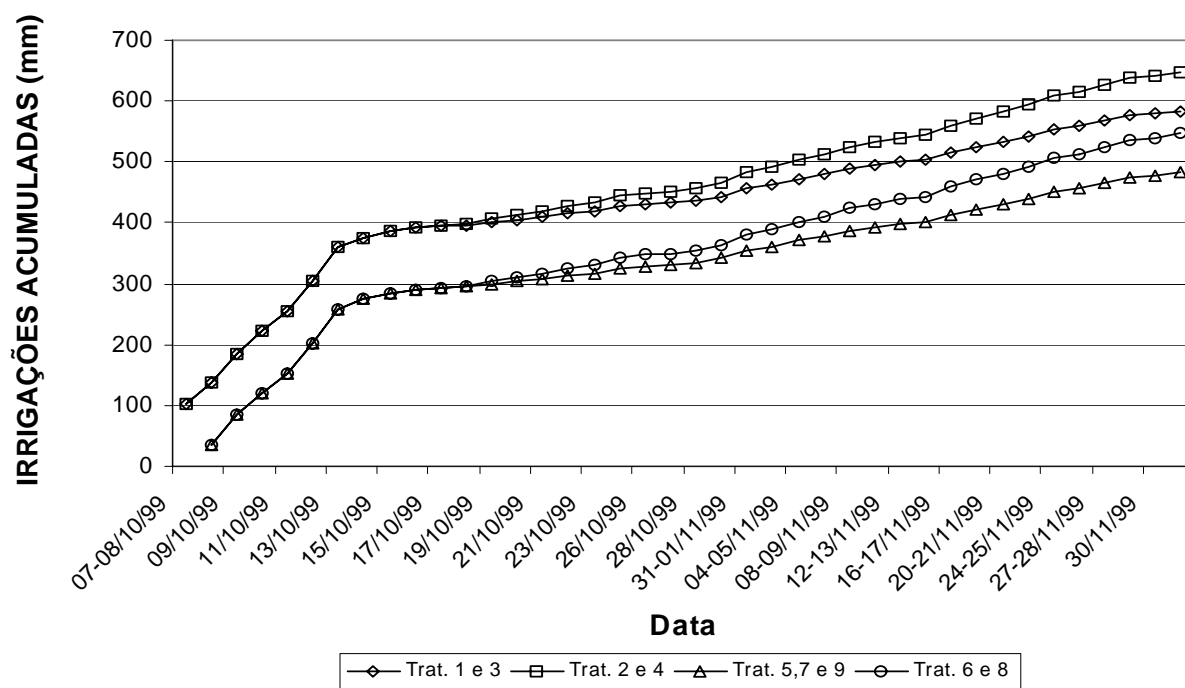


Figura 6. Lâminas de irrigação acumuladas aplicadas nos tratamentos no período de outubro a novembro de 1999.

6.2. Avaliação dos sistemas de irrigação e fertirrigação

Os testes realizados em condições de campo, permitiram verificar que para a pressão de serviço utilizada de 60 kPa, a vazão média determinada por gotejador foi de $1,11 \text{ L.h}^{-1}$, quando eram irrigadas todas as parcelas, e $1,20 \text{ L.h}^{-1}$ quando apenas se realizava a irrigação dos tratamentos pares (2,4,6 e 8), que eram lixiviados (os quais totalizavam apenas 16 das 36 parcelas).

A uniformidade de distribuição de água do sistema de gotejamento encontrada foi de 97,3%, significando que a água foi uniformemente distribuída nas parcelas, permitindo uma aplicação de fertilizante mais uniforme na área. Resultado semelhante (98,0%) foi observado por Schmidt et al. (1993), Andrade Júnior (1994) encontrou 96,8% e Alves (1996) que observou 96,5%, todos trabalhando com pressão entre 50 e 70 kPa. Todos os autores utilizaram tubogotejadores com menos de 3m o que contribui para uma pequena perda de carga e, conseqüentemente, a vazão também o será.

Os valores observados de uniformidade de distribuição dos fertilizantes (96,5%) foram bem próximos aos da água, que, geralmente, são proporcionais à uniformidade de distribuição da água pelo sistema de irrigação (Vieira, 1994).

Comportamento semelhante foi observado por Alves (1996), que verificou valores próximos de uniformidade de distribuição de água e fertilizante, obtendo um CUC de 96% para a aplicação do produto químico e 96,5% para a distribuição de água pelo sistema.

Entre outros, Ullmann & Socol (1996), também, encontraram valores próximos de uniformidade de distribuição de fertilizantes (93,1%) utilizando o sistema de irrigação por gotejamento, obtendo 92,35% para a distribuição de água do sistema.

6.3. Análise das variações das características químicas do solo

Para avaliar as variações das características químicas do solo foram coletadas, após a colheita, amostras compostas, de 0 a 20 cm, de cada canteiro e analisadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da FCA/UNESP.

Observa-se pelo Quadro 8, que o efeito exclusivo do fator pré-lavagem teve influência para as variáveis pH e V%, sendo que as demais variáveis não diferiram estatisticamente para este fator. A pré-lavagem teve um efeito negativo para o solo ao reduzi-lo do pH 5,6 para 5,4 (conforme Quadro 9), ou seja, de uma acidez baixa para média, conforme Raij et al. (1996). Existe uma relação entre pH com as concentrações de $H^+ + Al^{3+}$ (Kiehl, 1979), sendo que essas foram influenciadas não só pelo fator “mulching”, mas pela sua interação com a pré-lavagem. A presença desses dois fatores reduziu a concentração de $H^+ + Al^{3+}$ 18 para 16 $mmol_c \cdot dm^{-3}$ (Quadro 10). Isto é explicado pelo fato de que a acidez do solo desenvolve-se devido à remoção de bases pelas plantas e pela água de percolação, permitindo que o hidrogênio desse líquido tome os lugares, por troca, das bases que vão ser removidas. Quando o acúmulo de hidrogênio trocável chega a certa concentração, ocorre a alteração espontânea da argila, libertando Al^{3+} , conforme Coleman & Craig, (1961) em Kiehl, (1979).

Quadro 8 – Resumo da análise de variância dos elementos e características químicas do solo da camada de 0 a 20 cm após a colheita.

CV	GL	pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
Estatística F											
Blocos	3	3,323*	1,147	0,019	17,212**	2,137	2,239	5,216**	3,266*	2,025	9,140*
Pré-lavagem	1	5,611*	0,408	0,233	0,854	0,269	3,613	3,030	2,595	2,044	4,410*
“Mulching”	1	1,687	3,668	1,372	6,291*	10,906**	10,037**	7,399*	15,094**	12,776**	17,640**
Lixiviação	1	0,707	0,543	1,805	0,017	3,346	4,168	2,663	4,750*	5,048*	3,010
Pré x Mul	1	2,575	0,292	0,523	6,291**	0,218	0,600	0,012	0,182	0,000	3,335
Pré x Lix	1	0,006	0,195	0,683	0,157	0,711	0,838	0,580	1,187	1,262	1,009
Mul x Lix	1	0,146	0,543	2,297	0,436	0,003	1,115	0,758	0,649	0,845	0,133
PréxMulxLix	1	0,286	0,543	0,030	0,157	0,010	0,005	0,426	0,144	0,167	0,534
Q.M.resíduo	21	0,054	12,960	105,351	1,793	12,106	6,305	10,560	55,685	47,940	14,994
Média		5,5	17	47	17	9,8	20	14	44	61	72
C.V. (%)		4,214	21,215	21,809	8,070	35,413	12,343	23,211	16,888	11,374	5,392

*Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

**Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Quadro 9 – Elementos e características químicas finais na camada de 0 a 20cm expressas através de suas médias no solo segundo os efeitos dos fatores sem interações.

Tratamentos Simples	pH	M.O. CaCl ₂	M.O. g.dm ⁻³	P _{resina} mg.dm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
					-----mmol _c .dm ₃ -----						
Testemunha	5,8	14	48	16	3,1	24	17	43,3	59,3	74	
Pré-lav.	c/	5,4 b	17	48	17	9,5	19	13	42,1	59,1	70 b
	s/	5,6 a	17	46	16	10,1	21	15	46,3	62,6	73 a
Mulch.	c/	5,4	16	45	17 a	7,8 B	19 B	12 b	39,1 B	56,5 B	69 B
	s/	5,5	18	49	16 b	11,9 A	22 A	16 a	49,3 A	65,3 A	75 A
Lixiv.	c/	5,5	17	50	17	8,7	19	13	41,3 b	58,1 b	71
	s/	5,5	17	45	17	11,0	21	15	47,1 a	63,6 a	73
Média	5,5	17	47	17	9,1	21	14	44	61	72	
C.V. (%)	4,2	21,3	21,2	7,9	36,5	13,3	24,6	17,2	11,8	5,5	

Médias seguidas de letras minúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 5% de erro.

Médias seguidas de letras maiúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 1% de erro.

Com a pré-lavagem não foi notado efeito sobre as outras variáveis isoladamente, porém seu efeito foi notado sobre a saturação por bases (V%) mostrando que os íons K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, em conjunto, tiveram uma pequena redução em detrimento dos íons H⁺+Al³⁺, os quais tiveram um pequeno aumento. Se a quantidade de água aplicada fosse maior, provavelmente estas diferenças seriam acentuadas o suficiente para torná-las significativas, pois a lavagem, também, seria maior e, conseqüentemente, reduziria as concentrações dos outros elementos, principalmente do K⁺ que era o esperado.

O efeito do fator “mulching” foi significativo para as variáveis: K, Ca, Mg, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%). A cobertura do solo realmente impediu a evaporação e manteve a umidade e estrutura do solo, o que favoreceu a lixiviação do íon K⁺ reduzindo-o de 11,9 para 7,8 mmol_c.dm⁻³ (Quadro 9), no entanto, houve um efeito negativo, visto que, lixiviou junto o Ca²⁺, o qual foi reduzido de 22 para 19 mmol_c.dm⁻³.

O Mg²⁺, que passou de 16 para 12 mmol_c.dm⁻³, também foi mantido alto, acima de 8 mmol_c.dm⁻³ (Raij et al., 1996), influenciando, juntamente com o Ca²⁺, a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação por bases (V%).

A lixiviação não teve efeito diretamente nos íons analisados isoladamente, como H⁺+Al³⁺, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ e nem nas características químicas, pH, porém

seu efeito foi notado na capacidade de troca catiônica (CTC) e na soma de bases (SB), comprovando seu efeito na lixiviação destes íons de uma forma geral.

Quadro 10 – Características químicas do solo Latossolo Vermelho Amarelo textura média após os tratamentos segundo a interação dupla na camada de 0 a 20cm.

Interação dupla		pH	MO	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%		
		CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	-----mmol _c .dm ₃ -----								
Pré-lav.	Mulch.	c/	5,3	15	45	18 A	7,2	18	11	36,4	54,8	66,3	
		s/	5,5	18	51	16 B	11,8	21	15	47,8	63,5	74,5	
	Lixiv.	c/	5,4	16	52	17	8,9	19	13	40,6	57,8	69,9	
		s/	5,4	17	44	17	10,1	20	14	43,5	60,5	70,9	
	Mulch.	c/	5,6	17	45	16	8,4	20	14	41,8	58,3	71,6	
		s/	5,6	18	47	16	11,9	22	17	50,9	67,0	74,9	
	Lixiv.	c/	5,6	17	47	17	8,5	20	14	42,0	58,5	75,1	
		s/	5,6	18	45	16	11,8	23	16	50,6	66,8	71,4	
	Mulch.	Pré-lav.	c/	5,3	15	45	18 a	7,2	18	11	36,4	54,8	66,3
			s/	5,6	17	45	16 b	8,4	20	14	41,8	58,3	71,6
		Lixiv.	c/	5,4	16	45	17	6,7	19	12	37,3	54,9	68,0
			s/	5,5	16	45	17	8,9	19	13	40,9	58,1	69,9
Pré-lav.		c/	5,5	18	51	16	11,8	21	15	47,8	63,5	74,5	
		s/	5,6	18	47	16	11,9	22	17	50,9	67,0	74,9	
Lixiv.		c/	5,5	17	54	16	10,7	20	14	45,4	61,4	73,3	
		s/	5,6	19	44	16	13,0	23	17	53,3	69,1	76,1	
Lixiv.		Pré-lav.	c/	5,4	16	52	17	8,9	19	13	40,6	57,8	69,9
			s/	5,6	17	47	17	8,5	20	14	42,0	58,5	71,4
		Mulch.	c/	5,4	16	45	17	6,7	19	12	37,3	54,9	68,0
			s/	5,5	17	54	16	10,7	20	14	45,4	61,4	73,3
	Pré-lav.	c/	5,4	17	44	17	10,1	20	14	43,5	60,5	70,9	
		s/	5,6	18	45	16	11,8	23	16	50,6	66,8	75,1	
	Mulch.	c/	5,5	16	45	17	8,9	19	13	40,9	58,1	69,9	
		s/	5,6	19	44	16	13,0	23	17	53,3	69,1	76,1	
	Média			5,5	17	47	17	9,1	21	14	44	61	72
	C.V. (%)			4,2	21,3	21,2	7,9	36,5	13,3	24,6	17,2	11,8	5,5

Médias seguidas de letras minúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 5% de erro.

Médias seguidas de letras maiúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 1% de erro.

Não houve diferenças significativas, para os níveis de fósforo (P) no solo após os tratamentos, e esse se manteve em níveis classificados como altos (Raij et al., 1996), porém o excesso de P não parece ser um problema sério para as plantas, já que o “consumo de luxo” é transferido para polifosfatos e outros fosfatos, sem afetar o crescimento

(Raij, 1991). Não houve lixiviação deste elemento porque o fósforo é um elemento que se encontra em compostos pouco solúveis e, conseqüente baixa mobilidade no solo (Raij, 1991).

Para a matéria orgânica (M.O.), também não foram encontradas diferenças significativas para as suas concentrações, que se mantiveram em níveis considerados normais para solos de textura média (16 a 30 g.dm⁻³ para a referida textura, Raij et al., 1996), e em níveis médios (15 a 25 g.dm⁻³), segundo Tomé Jr. (1997), diminuindo o risco de efeitos danosos de adubos altamente salinos, como KCl, se estivesse abaixo deste intervalo, isto segundo o mesmo autor. Portanto, o manejo de água e cobertura do solo empregados nos tratamentos não influenciaram os teores de matéria orgânica no solo no período de tempo estudado, indicando que o carbono determinado é estável, segundo este manejo e neste intervalo de cultivo, porém, este teor não deve indicar a mesma riqueza de compostos, principalmente nitratos e potássio, pois estes são facilmente lixiviados já que a água é um fator de diluição dos adubos orgânicos da maior importância por ser, muitas vezes, o principal componente em peso (Raij, 1991).

Analisando os tratamentos, segundo a combinação dos três fatores e a testemunha (Quadro 11), foi notado que, pelo teste F, não houve diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis pH, H⁺+Al³⁺, M.O., P e Mg²⁺. As demais variaram significativamente pelo teste F, e para as suas diferenciações foi aplicado o teste de Dunnet (Quadro 12), que compara a testemunha com os demais tratamentos, e o teste de Tukey (Quadro 13), que compara todos entre si. Para a variável Ca²⁺ foi notada diferença significativa, a qual foi diferenciada, apenas, pelo teste de Dunnet ao nível de 5% de probabilidade de erro, e não pelo teste de Tukey a 5%.

Quadro 11 – Resumo da análise de variância das características químicas do solo da camada de 0 a 20 cm, após a colheita, segundo a interação tripla incluindo a testemunha.

CV	GL	pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
		Estatística F									
Blocos	3	2,840	1,667	0,124	20,142*	2,075	2,024	4,443*	3,280*	2,221	8,706**
Tratamentos	8	2,092	1,174	0,914	2,190	3,958**	2,780*	1,949	2,970*	2,633*	3,651**
Q.M.resíduo	24	0,052	12,465	100,099	1,697	10,992	7,632	12,477	57,792	50,833	15,782
Média		5,5	17	47	17	9,1	21	14	44	61	72
C.V. (%)		4,2	21,3	21,2	7,9	36,5	13,3	24,6	17,2	11,8	5,5

*Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

**Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Quadro 12 – Características químicas do solo, após a colheita, na camada de 0 a 20cm e suas comparações com a testemunha x demais através do teste de Dunnet.

Tratamentos	pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	-----mmol _c .dm ₃ -----						
testemunha	5,8	14	48	16	3,1	24	17	43	59	74
c/pre c/mul c/lix	5,3	16	46	18	6,6	18*	12	37	55	67
c/pre c/mul s/lix	5,3	14	43	18	7,8	18*	11	36	54	66
c/pre s/mul c/lix	5,5	17	58	16	11,3**	20	13	45	61	73
c/pre s/mul s/lix	5,6	19	45	16	12,4**	22	16	51	67	76
s/pre c/mul c/lix	5,5	16	43	17	6,9	19	12	38	55	70
s/pre c/mul s/lix	5,7	17	48	16	10,0*	21	15	46	62	74
s/pre s/mul c/lix	5,6	18	51	16	10,2*	21	15	46	62	73
s/pre s/mul s/lix	5,6	19	43	17	13,6**	24	18	56	72	77
Média	5,5	17	47	17	9,1	21	14	44	61	72
C.V. (%)	4,2	21,3	21,2	7,9	36,5	13,3	24,6	17,2	11,8	5,5

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnet

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Dunnet

Quadro 13 – Características químicas do solo expressa por suas médias, após os tratamentos, segundo a interação tripla na camada de 0 a 20cm.

Tratamentos	pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	-----mmol _c .dm ₃ -----						
testemunha	5,8	14	48	16	3,1 b	24	17	43 ab	59 ab	74 abc
c/pre c/mul c/lix	5,3	16	46	18	6,6 ab	18	12	37 b	55 ab	67 bc
c/pre c/mul s/lix	5,3	14	43	18	7,8 ab	18	11	36 b	54 b	66 c
c/pre s/mul c/lix	5,5	17	58	16	11,3 a	20	13	45 ab	61 ab	73 abc
c/pre s/mul s/lix	5,6	19	45	16	12,4 a	22	16	51 ab	67 ab	76 ab
s/pre c/mul c/lix	5,5	16	43	17	6,9 ab	19	12	38 ab	55 ab	70 abc
s/pre c/mul s/lix	5,7	17	48	16	10,0 ab	21	15	46 ab	62 ab	74 abc
s/pre s/mul c/lix	5,6	18	51	16	10,2 ab	21	15	46 ab	62 ab	73 abc
s/pre s/mul s/lix	5,6	19	43	17	13,6 a	24	18	56 a	72 a	77 a
Médias	5,5	17	47	17	9,1	21	14	44	61	72
C.V. (%)	4,2	21,3	21,2	7,9	36,5	13,3	24,6	17,2	11,8	5,5
D.M.S (5%)	0,6	9	24	3,1	8,0	7	9	18	17	10
D.M.S (1%)	0,7	10	29	3,8	9,6	8	10	22	21	12

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro.

Para se verificar quais os tratamentos que diferiram da testemunha, foi aplicado o teste de Dunnet (Quadro 12). Comparando-se a testemunha com os demais tratamentos observa-se, no Quadro 11, que houve ao menos uma diferença entre eles nas variáveis pH, K e Ca.

Para o íon potássio (K^+), os tratamentos que tiveram pré-lavagem e “mulching”, com ou sem lixiviação a cada irrigação, e o tratamento sem pré-lavagem e com “mulching” e lixiviação, não diferiram da testemunha na qual não foi adicionado o cloreto de potássio (KCl), em excesso. Assim, podemos afirmar que estes tratamentos foram os mais eficientes, e as concentrações de K^+ , do ponto de vista estatístico, praticamente chegaram aos níveis adequados no solo. Os demais tratamentos diferiram da testemunha, assim, não foram eficientes, sendo os piores aqueles que combinavam os fatores com pré-lavagem, sem “mulching” e com e sem lixiviação, bem como, o tratamento que não continha nenhum dos fatores, pois diferiram da testemunha com menos de 1% de erro.

Os tratamentos que combinavam pré-lavagem, “mulching” e com ou sem lixiviação a cada irrigação, também foram os que apresentaram as menores concentrações do íon cálcio (Ca^{2+}), porém, para o íon magnésio (Mg^{2+}) não houve diferenças significativas detectadas pelo teste Dunnet, pois o coeficiente de variação foi mais alto para esse parâmetro.

As variáveis pH, M.O., P, Mg^{2+} , SB, CTC e V% não diferiram da testemunha pelo teste de Dunnet ao nível de 5%.

Aplicando-se o teste de Tukey, verificamos que as variáveis pH, M.O., P, $H^+ + Al^{3+}$, Ca^{2+} e Mg^{2+} não apresentaram diferenças significativas.

Para a variável K^+ , em estudo, apenas três tratamentos se diferenciaram da testemunha, que são: com pré-lavagem, sem “mulching”, com ou sem lixiviação; e sem pré-lavagem, “mulching” e lixiviação, sendo, portanto, os piores tratamentos. Este resultado, pelo teste de Tukey a 5%, coincidiu com o obtido pelo teste F a 1%.

Os tratamentos que apresentaram, ao final, a menor soma de bases (SB) foram os dois que combinavam as presenças da pré-lavagem e “mulching”, com ou sem a lixiviação e que se diferenciaram do tratamento em que foram ausentes os três fatores.

A capacidade de troca catiônica (CTC) pelo teste de Tukey, somente foi diferente entre o tratamento que combinava a presença da pré-lavagem e do “mulching”, sem lixiviação, e o tratamento em que foram ausentes todos os fatores.

Na saturação de bases (V%), o tratamento, em que foram ausentes todos os fatores, foi diferente dos tratamentos que combinavam as presenças da pré-lavagem

com “mulching” ,e com e sem lixiviação, sendo que desses o que não continha lixiviação diferiu do tratamento em havia pré-lavagem, mas não continha nenhum dos outros fatores.

6.4. Avaliação da produção e características da planta

Para caracterizar a produção da cultura foram analisadas as dez plantas centrais, sem desprezar nenhuma planta, atribuindo, assim, qualquer dano ao efeito do excesso de sais e sua interação com o solo.

Não foram encontradas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F para a relação peso comercial sobre peso total, que traduz a boa ou má condição da planta (Quadro 14).

Quadro 14 – Resumo da análise de variância das características de produção da alface.

Causas de Variação	GL	Diâmetro de cabeça (Dc)		Peso total (Pt)		Peso comercial (Pc)		Relação Pc/Pt		Relação Pc/K	
		F	Prob >F	F	Prob >F	F	Prob >F	F	Prob >F	F	Prob >F
Blocos	3	1,307	29,8	3,677*	2,2	3,958*	1,7	0,369	77,6	2,5105	8,6
Pré-lavagem	1	0,044	83,5	1,333	25,7	1,005	32,4	1,204	28,5	1,0750	31,2
“Mulching”	1	4,958*	3,7	0,179	67,5	0,300	58,8	0,504	48,6	2,1714	15,2
Lixiviação	1	0,006	93,9	0,105	74,9	0,020	88,9	3,801	6,5	4,9603*	3,5
Pré x Mul	1	0,609	44,4	0,029	86,6	0,015	90,4	0,115	73,8	0,0811	77,5
Pré x Lix	1	1,589	22,1	2,327	13,7	2,202	14,8	0,143	70,9	0,1790	67,9
Mul x Lix	1	0,220	64,4	0,056	81,5	0,065	80,1	0,684	41,7	0,0002	98,7
Pré x Mul x Lix	1	3,181	8,9	4,665*	3,9	4,975*	3,3	0,041	84,1	2,5006	12,5
Q.M.resíduo	21	2,971		11106,459		8836,671		0,001		751,801	
Média Geral		9,5		384,3		346,2		0,905		48,160	
C.V. (%)		18,218		27,424		27,151		2,956		56,933	

*Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

**Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Para a variável diâmetro de cabeça (Quadro 15), apenas o fator “mulching” foi significativo, sendo que a sua presença diminui o diâmetro de cabeça de 10,1 cm (sem “mulching”) para 8,8 cm (com “mulching”). Este fato é confirmado por Goto (1998), afirmando que a utilização do “mulching” não compensa economicamente para a cultura do alface e, conforme a região de cultivo, este tipo de cobertura poderá elevar a temperatura do

solo, prejudicando o desenvolvimento da raiz e, conseqüentemente, a absorção de nutrientes, depreciando o produto colhido. No entanto, devido ao fato de ter sido utilizado “mulching” de cor preta, e uma mesma lâmina de irrigação tanto para a presença quanto para a ausência do fator, novas pesquisas devem ser realizadas com diferentes espessuras e cores de plástico, e, também, com diferentes lâminas de irrigação.

Quadro 15 – Características de produção da alface americana expressas através de suas médias, segundo os efeitos dos fatores sem considerar suas interações.

Tratamentos Simples		Diâmetro de cabeça (Dc) cm	Peso Total (Pt) g	Peso comercial (Pc) g	Relação Pc/Pt %	Relação Pt/K g/mmol _c .dm ⁻³
Pré-lav.	c/	9,5	405,8	362,9	0,898	53,186
	s/	9,4	362,8	329,6	0,908	43,135
Mulch.	c/	8,8 b	376,4	337,1	0,899	55,303
	s/	10,1 a	392,2	355,3	0,906	41,018
Lixiv.	c/	9,4	378,3	343,9	0,913	58,956 a
	s/	9,5	390,3	348,6	0,893	37,365 b
Média Geral		10,9	384,3	346,2	0,903	48,160
C.V. (%)		14,341	27,424	27,151	3,101	56,933

Médias seguidas de letras minúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 5% de erro.

Médias seguidas de letras maiúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 1% de erro.

Ao relacionar o peso total (Pt) com o teor de potássio (K) foi encontrada uma diferença significativa para o fator lixiviação (Quadro 14), mostrando que a presença da lixiviação promoveu maiores pesos totais de alface por unidade de potássio no solo, 58,956 g/mmol_c.dm⁻³ contra 37,365 g/mmol_c.dm⁻³ sem a presença da lixiviação (Quadro 15).

Para as variáveis: peso total e peso comercial, foram observadas diferenças significativas apenas para a interação tripla dos fatores (Quadro 16).

As interações triplas, que diferiram entre si, foram as combinações da ausência da lixiviação, com a presença do “mulching” e com pré-lavagem, a qual obteve um peso total médio de cabeça de 468,1 g, enquanto que a mesma combinação, exceto pela ausência do fator pré-lavagem, obteve um peso total médio de cabeça de 281,4 g (Quadro 16). Este peso total médio de cabeça difere do encontrado por Andrade Júnior (1994), que foi de 818,7 g, e do obtido por Bueno (1998) que foi de 801,2 g.

Quadro 16 - Médias das características de produção da alface segundo os efeitos da interação tripla dos fatores.

Interação tripla			Diâmetro de cabeça (Dc)	Peso total (Pt)	Peso comercial (Pc)	Relação Pc/Pt	Relação Pt/K
			cm	g	g	%	g/mmol _c .dm ⁻³
Pré-lav.	Mulch	c/ Lixiv.	c/ 7,5	334,1	292,2	0,8795	60,089
		s/ Lixiv.	s/ 9,7	468,1	419,4	0,9052	57,807
	c/	s/ Lixiv.	c/ 10,7	432,8	389,0	0,9000	63,772
		s/ Lixiv.	s/ 10,2	388,3	351,0	0,9054	31,076
	Lixiv.	c/ Mulch	c/ 7,5	334,1	292,2	0,9000	60,089
		s/ Mulch	s/ 10,7	432,8	389,0	0,8795	63,772
	s/	c/ Mulch	c/ 9,7	468,1	419,4	0,9052	57,807
		s/ Mulch	s/ 10,2	388,3	351,0	0,9054	31,076
	Mulch	c/ Lixiv.	c/ 9,7	422,0	378,3	0,8919	72,230
		s/ Lixiv.	s/ 8,2	281,4	258,6	0,9212	31,085
	Lixiv.	c/ Mulch	c/ 9,8	372,4	334,9	0,9018	39,731
		s/ Mulch	s/ 9,9	375,2	346,5	0,9187	29,492
Mulch	c/ Pré-lav.	c/ 9,7	422,0	378,3	0,8919	72,230	
	s/ Pré-lav.	s/ 9,8	372,4	334,9	0,9018	39,731	
Lixiv.	c/ Mulch	c/ 8,2	281,4	258,6	0,9212	31,085	
	s/ Mulch	s/ 9,9	375,2	346,5	0,9187	29,492	
Mulch	Pré-lav.	c/ Lixiv.	c/ 7,5	334,1	292,2	0,8795	60,089
		s/ Lixiv.	s/ 9,7	468,1	419,4	0,9052	57,807
	c/	s/ Lixiv.	c/ 9,7	422,0	378,3	0,8919	72,230
		s/ Lixiv.	s/ 8,2	281,4	258,6	0,9212	31,085
	Lixiv.	c/ Pré-lav.	c/ 9,7	334,1	292,2	0,8795	60,089
		s/ Pré-lav.	s/ 7,5	422,0	378,3	0,8919	72,230
	s/	c/ Pré-lav.	c/ 9,7	468,1 a	419,4 a	0,9052	57,807
		s/ Pré-lav.	s/ 8,2	281,4 b	258,6 b	0,9212	31,085
	Pré-lav.	c/ Lixiv.	c/ 10,7	432,8	389,0	0,9000	63,772
		s/ Lixiv.	s/ 10,2	388,3	351,0	0,9054	31,076
	Lixiv.	c/ Mulch	c/ 9,8	372,4	334,9	0,9018	39,731
		s/ Mulch	s/ 9,9	375,2	346,5	0,9187	29,492
Pré-lav.	c/ Pré-lav.	c/ 10,7	432,8	389,0	0,9000	63,772	
	s/ Pré-lav.	s/ 9,8	372,4	334,9	0,9018	39,731	
Lixiv.	c/ Pré-lav.	c/ 10,2	388,3	351,0	0,9054	31,076	
	s/ Pré-lav.	s/ 9,9	375,2	346,5	0,9187	29,492	
Lixiv.	Pré-lav.	c/ Mulch	c/ 7,5	334,1	292,2	0,9000	63,772
		s/ Mulch	s/ 10,7	432,8	389,0	0,8795	31,076
	c/	s/ Mulch	c/ 9,7	422,0	378,3	0,9212	72,230
		s/ Mulch	s/ 9,8	372,4	334,9	0,9187	39,731
	Mulch	c/ Pré-lav.	c/ 9,7	334,1	292,2	0,8795	60,089
		s/ Pré-lav.	s/ 7,5	422,0	378,3	0,8919	72,230
	s/	c/ Pré-lav.	c/ 10,7	432,8	389,0	0,9000	63,772
		s/ Pré-lav.	s/ 9,8	372,4	334,9	0,9018	39,731
	Pré-lav.	c/ Mulch	c/ 10,2	468,1	419,4	0,9052	57,807
		s/ Mulch	s/ 9,7	388,3	351,0	0,9054	31,076
	Lixiv.	c/ Mulch	c/ 8,2	281,4	258,6	0,9212	31,085
		s/ Mulch	s/ 9,9	375,2	346,5	0,9187	29,492
Mulch	c/ Pré-lav.	c/ 9,7	468,1 a	419,4 a	0,9052	57,807	
	s/ Pré-lav.	s/ 8,2	281,4 b	258,6 b	0,9212	31,085	
Lixiv.	c/ Pré-lav.	c/ 10,2	388,3	351,0	0,9054	31,076	
	s/ Pré-lav.	s/ 9,9	375,2	346,5	0,9187	29,492	

Médias seguidas de letras minúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 5% de erro.

A variável peso comercial médio de cabeça diferiu, segundo as mesmas interações, sendo que para a combinação da ausência da lixiviação, com a presença do “mulching” e com pré-lavagem obteve-se um peso total médio de cabeça de 419,4g, enquanto que a mesma combinação, exceto pela ausência do fator pré-lavagem, obteve-se um peso total médio de cabeça de 258,6 g (Quadro 16). Assim, o melhor e o pior tratamento foram estes dois.

Comparando-se todos os tratamentos, segundo a combinação dos três fatores, incluindo a testemunha, apenas foram encontradas diferenças significativas para a relação peso total de planta por unidade de K (Pt/K) sendo que somente a testemunha diferiu dos demais (Quadro 17 e 18).

Quadro 17 – Resumo da análise de variância das características de produção da alface segundo os efeitos das combinações dos três fatores incluindo a testemunha.

Causas de Variação	GL	Diâmetro de cabeça (Dc)		Peso total (Pt)		Peso comercial (Pc)		Relação Pc/Pt		Relação Pt/K	
		F	Prob>F	F	Prob>F	F	Prob>F	F	Prob>F	F	Prob>F
Blocos	3	1,734	18,6	3,694*	2,5	3,831*	2,2	0,320	81,2	2,647	7,11
Tratamentos	8	1,985	9,3	1,619	17,2	1,720	14,5	1,184	34,8	7,810**	0,01
Q.M.resíduo	24	3,360		12379,048		10223,624		0,001		947,746	
Média Geral		9,7		399,2		361,2		0,9054		61,463	
C.V. (%)		18,827		27,874		27,991		2,956		50,088	

*Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

**Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Quadro 18 – Características de produção da alface expressas através de suas médias, segundo os efeitos das combinações entre os três fatores, incluindo a testemunha.

Tratamentos Simples	Diâmetro de cabeça (Dc) Cm	Peso Total (Pt) g	Peso comercial (Pc) g	Relação Pc/Pt %	Relação Pt/K
testemunha	11,9	518,2	481,3	0,9248	167,887 A
c/pre c/mul c/lix	7,5	334,1	292,2	0,8795	60,089 B
c/pre c/mul s/lix	9,7	468,1	419,4	0,9052	57,807 B
c/pre s/mul c/lix	10,7	432,8	389,0	0,9000	63,772 B
c/pre s/mul s/lix	10,2	388,3	351,0	0,9054	31,076 B
s/pre c/mul c/lix	9,7	422,0	378,3	0,8919	72,230 B
s/pre c/mul s/lix	8,2	281,4	258,6	0,9212	31,085 B
s/pre s/mul c/lix	9,8	372,4	334,9	0,9018	39,731 B
s/pre s/mul s/lix	9,9	375,2	346,5	0,9187	29,492 B
Média Geral	9,7	399,2	361,2	0,9054	61,463
C.V. (%)	18,827	27,874	27,991	2,956	50,088

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de erro.

6.5. Avaliação da condutividade elétrica do solo

Analisando a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), da camada de 0 a 20 cm, 30 dias antes do transplântio (Quadro 19), quando se realizou a adubação excessiva com cloreto de potássio, verificou-se que não houve diferenças significativas para os fatores estudados. A CEes atingiu a média de 6,913 dS.m⁻¹ à 25°C, exceto na testemunha na qual permaneceu com 0,483 dS.m⁻¹ à 25°C (Quadro 20), o que comprova que as diferenças de condutividade elétrica (CE) existentes entre os canteiros não influenciaram no experimento como um todo, podendo, assim, serem aplicados os tratamentos. O valor médio de 6,913 dS.m⁻¹ foi um pouco acima do esperado, o qual deveria ser de 5,100 dS.m⁻¹ (segundo Ayers e Westcot, 1991, seria suficiente para cair 50% da produtividade esperada), isto porque no cálculo da adubação excessiva não foi computada a condutividade elétrica do esterco adicionado.

Quadro 19 – Resumo da análise de variância da condutividade elétrica (CE) do solo, na profundidade de 20 cm, medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT).

CV	GL	30 DAnT	2 DAnT	2 DAT	10 DAT	24 DAT	39 DAT	53 DAT
		Salinização (CEes 0-20)	antes da pré lavagem	após pré-lavagem	antes da fertirrigação	14 após fertirrigação	29 após fertirrigação	colheita
Estatística F								
Blocos	3	2,667	2,288	0,172	0,305	1,291	1,319	0,862
Pré-lavagem	1	0,084	4,337	7,739*	0,110	0,010	0,303	0,137
“Mulching”	1	0,463	1,325	1,357	0,291	3,131	1,182	0,926
Lixiviação	1	0,136	3,526	2,251	0,247	3,322	11,389**	0,721
Pré x Mul	1	0,140	0,137	0,202	0,001	2,142	0,624	0,175
Pré x Lix	1	1,072	0,001	0,028	1,956	4,883*	0,799	0,668
Mul x Lix	1	1,713	2,943	0,319	1,349	1,941	0,015	0,957
Pré x Mul x Lix	1	0,052	2,938	2,284	2,710	0,445	0,163	0,033
Q.M.resíduo	21	20,078	0,77	0,335	0,078	0,051	0,078	0,206
Média (dS.m ⁻¹)		6,913	1,675	1,018	0,555	0,811	1,036	1,294
C.V. (%)		64,817	36,648	56,876	50,460	27,939	27,014	35,046

*Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

**Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Observando o Quadro 19, verifica-se que as condutividades elétricas, 2 dias antes do transplântio (anterior à pré-lavagem), medida através dos extratores de solução

a 20 cm de profundidade, não apresentaram diferenças significativas. Obteve-se uma média de $1,675 \text{ dS.m}^{-1}$, abaixo do valor medido pela pasta saturada, isto indica que os sais se concentraram mais na superfície e que o extrator, a essa profundidade, não pode medir. A não significância indica que as diferenças de condutividade elétrica (CE) existentes entre os canteiros não influenciaram no experimento como um todo podendo, portanto aplicar os tratamentos. O valor médio de $1,675 \text{ dS.m}^{-1}$, mesmo assim, está acima do tolerado pela cultura da alface que é de $1,300 \text{ dS.m}^{-1}$ (Ayers e Westcot, 1991).

Analisando a condutividade elétrica, 2 dias após o transplântio (posterior à pré-lavagem), verifica-se que houve diferença significativa para o fator pré-lavagem, reduzindo a condutividade elétrica do solo, a 20 cm de profundidade, de $1,936 \text{ dS.m}^{-1}$ para $1,414 \text{ dS.m}^{-1}$ (Quadro 20).

Quadro 20 – Condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 20 cm medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT). expressa através de suas médias segundo os efeitos dos fatores sem interações.

Tratamentos	30 DAnT	2 DAnT	2 DAT	10 DAT	24 DAT	39 DAT	53 DAT
Simples	Salinização (CEes 0-20)	antes da pré- lavagem	após pré- lavagem	antes da fertirrigação	14 após fertirrigação	29 após fertirrigação	colheita
-----dS.m ⁻¹ a 25°C-----							
Testemunha	0,483	0,382	0,443	0,290	0,588	0,797	0,918
Pré-lav.	c/ 7,143	1,414	0,733 b	0,539	0,815	1,063	1,371
	s/ 6,683	1,936	1,303 a	0,572	0,807	1,009	1,218
Mulch.	c/ 6,374	1,819	0,899	0,528	0,740	1,090	1,372
	s/ 7,452	1,531	1,137	0,582	0,882	0,982	1,217
Lixiv.	c/ 7,205	1,910	1,171	0,530	0,738	0,869 b	1,226
	s/ 6,621	1,440	0,864	0,580	0,884	1,203 a	1,363
Média	6,913	1,675	1,018	0,555	0,811	1,036	1,294
C.V. (%)	64,817	36,648	56,876	50,460	27,939	27,014	35,046

Médias seguidas de letras minúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 5% de erro.

Médias seguidas de letras maiúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 1% de erro.

A condutividade elétrica aos 10 dias após o transplântio, não apresentou nenhuma diferença significativa para os fatores analisados, pois até esta data apenas realizaram-se irrigações para o estabelecimento da cultura, sendo que estas foram suficientes para igualar os efeitos da pré-lavagem com os demais, ficando os canteiros com uma condutividade média de $0,555 \text{ dS.m}^{-1}$ aos 20 cm de profundidade, medidos pelo extratores de solução do solo.

Aos 24 dias após o transplântio (14 dias do início dos tratamentos e da fertirrigação com uréia), a condutividade elétrica aos 20 cm apresentou diferença significativa apenas na interação pré-lavagem x lixiviação, mostrando que os efeitos dos fatores começaram a ser influenciados pela fertirrigação com uréia. A pior combinação dos fatores foi: sem pré-lavagem e sem lixiviação, obtendo um valor médio de 0,968 dS.m⁻¹; e a melhor combinação foi: sem pré-lavagem e com lixiviação, que obteve 0,645 dS.m⁻¹ (Quadro 21).

Quadro 21 – Condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 20 cm medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT), expressa através de suas médias segundo os efeitos interações duplas dos fatores.

Interação dupla		30 DAnT	2 DAnT	2 DAT	10 DAT	24 DAT	39 DAT	53 DAT	
		Salinização antes da pré lavagem (CEes 0-20)	após lavagem	após pré-lavagem	antes da fertirrigação	14 após fertirrigação	29 após fertirrigação	colheita	
		-----dS.m ⁻¹ a 25°C-----							
Testemunha		0,483	0,382	0,443	0,290	0,588	0,797	0,918	
Pré-lav.	c/ Mulch.	c/ 6,308	1,605	0,660	0,512	0,803	1,156	1,482	
		s/ 7,978	1,224	0,806	0,565	0,827	0,970	1,260	
	s/ Lixiv.	c/ 6,615	1,645	0,870	0,583	0,830	0,941	1,369	
		s/ 7,671	1,184	0,597	0,494	0,799	1,186	1,374	
	c/ Mulch.	c/ 6,440	2,034	1,137	0,545	0,677	1,024	1,261	
		s/ 6,926	1,838	1,468	0,598	0,936	0,994	1,174	
	s/ Lixiv.	c/ 7,795	2,176	1,473	0,478	0,645 A	0,798	1,084	
		s/ 5,571	1,696	1,132	0,665	0,968 B	1,220	1,351	
	Mulch.	c/ Pré-lav.	c/ 6,308	1,605	0,660	0,512	0,803	1,156	1,482
			s/ 6,440	2,034	1,137	0,545	0,677	1,024	1,261
		s/ Lixiv.	c/ 5,629	2,270	1,110	0,561	0,723	0,917	1,225
			s/ 7,119	1,369	0,687	0,496	0,757	1,263	1,518
c/ Pré-lav.		c/ 7,978	1,224	0,806	0,565	0,827	0,970	1,260	
		s/ 6,926	1,838	1,468	0,598	0,936	0,994	1,174	
s/ Lixiv.		c/ 8,780	1,551	1,233	0,500	0,753	0,821	1,228	
		s/ 6,124	1,511	1,041	0,664	1,010	1,143	1,207	
Lixiv.		c/ Pré-lav.	c/ 6,615	1,645	0,870	0,583	0,830	0,941	1,369
			s/ 7,795	2,176	1,473	0,478	0,645	0,798	1,084
		s/ Mulch.	c/ 5,629	2,270	1,110	0,561	0,723	0,917	1,225
			s/ 8,780	1,551	1,233	0,500	0,753	0,821	1,228
	c/ Pré-lav.	c/ 7,671	1,184	0,597	0,494	0,799	1,186	1,374	
		s/ 5,571	1,696	1,132	0,665	0,968	1,220	1,351	
	s/ Mulch.	c/ 7,119	1,369	0,687	0,496	0,757	1,263	1,518	
		s/ 6,124	1,511	1,041	0,664	1,010	1,143	1,207	
	Média		6,913	1,675	1,018	0,555	0,811	1,036	1,294
	C.V. (%)		64,817	36,648	56,876	50,460	27,939	27,014	35,046

Médias seguidas de letras maiúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 1% de erro.

A salinidade aos 20 cm de profundidade, na época da colheita, não variou segundo os fatores estudados e suas interações, ficando com um valor médio de 1,294 dS.m⁻¹, muito próximo ao limite de 1,300 dS.m⁻¹. Isto se deve ao fato de que a fertirrigação elevou a condutividade elétrica do solo, como um todo, mascarando os efeitos, e a mudança da fração de lixiviação de 50% (com turno de rega diário) para 30% (com turno de rega a cada 2 dias) não foi adequada para evitar este fato.

Analisando os tratamentos segundo a combinação do três fatores incluindo a testemunha (Quadro 22), podemos observar que 30 dias antes do transplântio a condutividade elétrica (CE) não apresentou diferenças significativas, este fato se deveu ao coeficiente de variação ser muito alto que dificultou a precisão da análise. Vale observar a diferença entre a média da CE da testemunha que foi de 0,483 dS.m⁻¹ e dos demais tratamentos que variaram de 4,598 dS.m⁻¹ a 9,255 dS.m⁻¹. Este coeficiente de variação se deveu as diferentes interações dos sais com o solo em relação ao tempo relativamente curto para sua estabilização, o que é confirmado por resultados obtidos por Ferreira et al. (1998) em avaliação do efeito de salinização e lixiviação no cultivo de alface em vaso.

Quadro 22 – Resumo da análise de variância da condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 20 cm medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT) segundo as combinações dos três fatores incluindo a testemunha.

CV	GL	-----dS.m ⁻¹ a 25°C-----						
		30 DAnT	2 DAnT	2 DAT	10 DAT	24 DAT	39 DAT	53 DAT
Blocos	3	2,582	1,242	0,118	0,381	0,787	0,754	0,258
Tratamentos	8	1,502	3,396**	2,393*	1,393	2,258	1,573	0,759
Q.M.resíduo	24	18,348	0,384	0,310	0,069	0,055	0,106	0,232
Média		6,199	1,523	0,954	0,526	0,786	1,009	1,253
C.V. (%)		69,104	40,663	58,368	50,128	29,812	32,288	38,461

*Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

**Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

A condutividade elétrica, 2 dias antes do transplântio, segundo as combinações dos três fatores mais a testemunha, apresentou diferenças significativas conforme observado pelo teste de Dunnett (Quadro 23). Apenas 4 tratamentos diferiram da testemunha, e a não significância dos demais é explicada da mesma forma exposta anteriormente para a CEes aos 30 dias antes do transplântio (DAnT).

Quadro 23 – Condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 20 cm, medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT), expressa através das médias das combinações dos três fatores, e suas comparações com a testemunha x demais através do teste de Dunnet.

Tratamentos	30 DAnT	2 DAnT	2 DAT	10 DAT	24 DAT	39 DAT	53 DAT
	Salinização (CEes 0-20)	antes da pré- lavagem	após pré- lavagem	antes da fertirrigação	14 após fertirrigação	29 após fertirrigação	colheita
	-----dS.m ⁻¹ a 25°C-----						
testemunha	0,483	0,382	0,443	0,290	0,588	0,797	0,918
c/pre c/mul c/lix	4,923	2,265**	1,009	0,696	0,901	1,047	1,386
c/pre c/mul s/lix	7,693	0,944	0,311	0,329	0,705	1,265	1,577
c/pre s/mul c/lix	8,306	0,951	0,731	0,471	0,760	0,834	1,351
c/pre s/mul s/lix	7,650	1,423	0,882	0,660	0,894	1,107	1,170
s/pre c/mul c/lix	6,335	2,274**	1,211	0,427	0,545	0,809	1,064
s/pre c/mul s/lix	6,545	1,794*	1,064	0,663	0,810	1,261	1,459
s/pre s/mul c/lix	9,255	2,078*	1,737*	0,529	0,746	0,786	1,105
s/pre s/mul s/lix	4,598	1,598	1,201	0,668	1,127	1,179	1,244
Média	6,199	1,523	1,018	0,555	0,811	1,036	1,294
C.V. (%)	69,104	40,663	56,876	50,460	27,939	27,014	35,046

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnet

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Dunnet

No segundo dia após o transplântio, quando já havia sido realizada a pré-lavagem, apenas o tratamento no qual não havia os fatores pré-lavagem e “mulching”, mas com lixiviação, diferiu da testemunha (Quadro 23).

Nos demais dias não houve diferenças significativas entre os tratamentos, principalmente porque a testemunha teve sua CE elevada devida a fertirrigação, exceto aos 10 DAT porque até esse dia apenas foi aplicada irrigação para estabelecimento da cultura.

Observando o Quadro 23 podemos constatar que os tratamentos foram influenciados pela fertirrigação aumentando gradativamente com a aplicação de uréia.

Analisando o perfil de condutividade elétrica (CEes) do canteiro com a testemunha (Figura 7) observamos que foram os menores valores de CEes observados, porém seus valores estão acima do limite de 1,3 dS.m⁻¹ (Ayers e Westcot, 1991). Este fato é explicado pela adição de esterco, que quando é feito seu extrato, solubiliza uma quantidade de sais antes insolúveis contribuindo sensivelmente para o aumento da CEes.

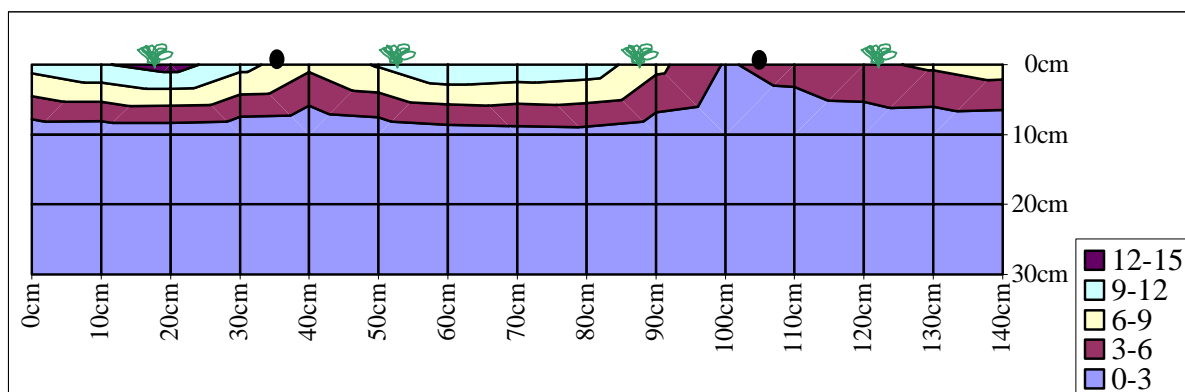


Figura 7 – Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro sem pré-lavagem, sem “mulching” e sem lixiviação e sem KCl em excesso (testemunha).

Observando o perfil do canteiro com a presença de todos os fatores (Figura 8) podemos verificar que os níveis de salinidade no centro foram quase os mesmos que os encontrados na testemunha porém houve uma concentração de sais nas bordas dos canteiros.

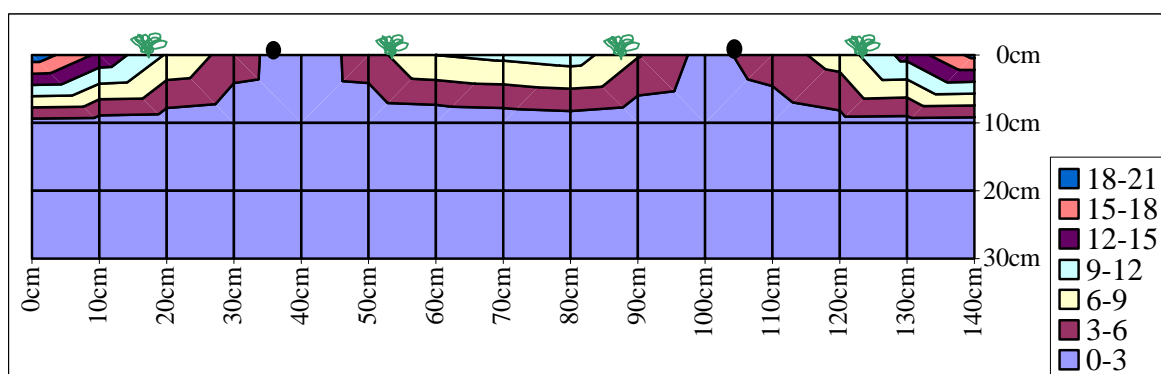


Figura 8 – Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro com pré-lavagem, com “mulching” e com lixiviação.

O canteiro contendo os fatores pré-lavagem e “mulching”, mas sem lixiviação (Figura 9) apresentou valores de CEes no centro ligeiramente superiores aos da testemunha e do canteiro contendo todos os fatores, e nas bordas a CEes não foi muito diferente do canteiro com todos os fatores. Podemos concluir que a ausência da lixiviação na presença da pré-lavagem e do “mulching” não foi muito significativa.

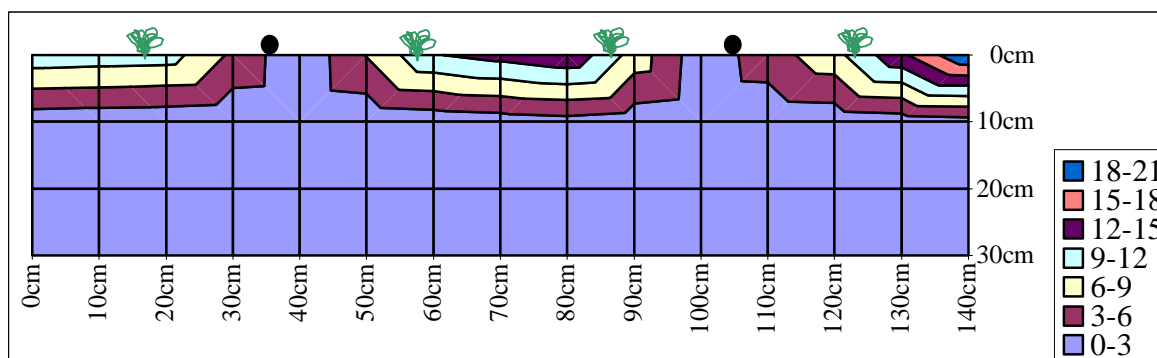


Figura 9 – Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro com pré-lavagem, com “mulching” e sem lixiviação.

Analisando a Figura 10 do perfil do canteiro que contém os fatores pré-lavagem e lixiviação, mas sem “mulching”, podemos verificar que houve uma alta concentração de sais no centro e na superfície do canteiro, mas nas bordas a CEEs foi parecida com os canteiros das figuras 7,8 e 9.

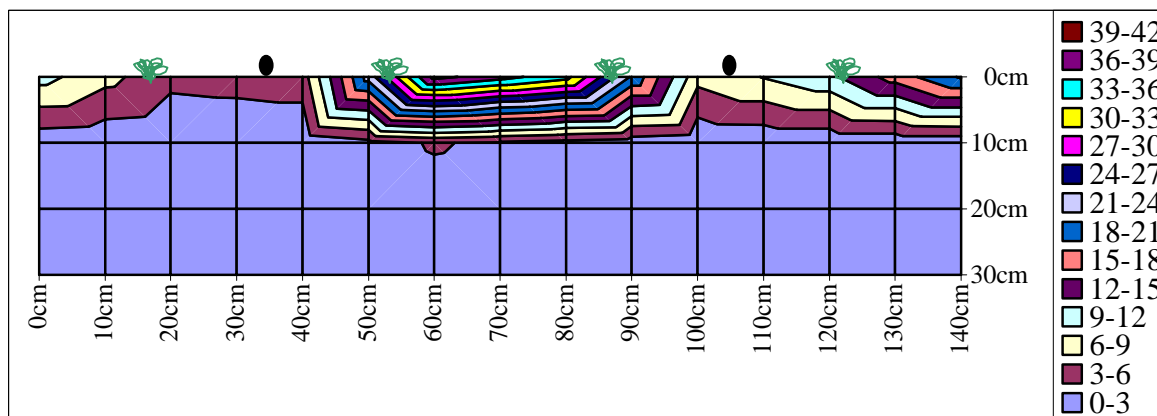


Figura 10 – Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro com pré-lavagem, sem “mulching” e com lixiviação.

O canteiro contendo a pré-lavagem, mas sem “mulching” e lixiviação (Figura 11), apresentou os mesmos índices de CEEs da superfície que o anterior, porém, os sais se acumularam em profundidade também, tanto no centro como nas laterais. Este fato é explicado pela ausência da lixiviação e do “mulching”, pois os sais pré-lavados não se concentraram novamente na superfície sem a lixiviação, não houve movimento dos sais por

capilaridade. O que difere dos resultados encontrados entre os canteiros que possuíam os mesmos fatores exceto o “mulching” (Figuras 8 e 9).

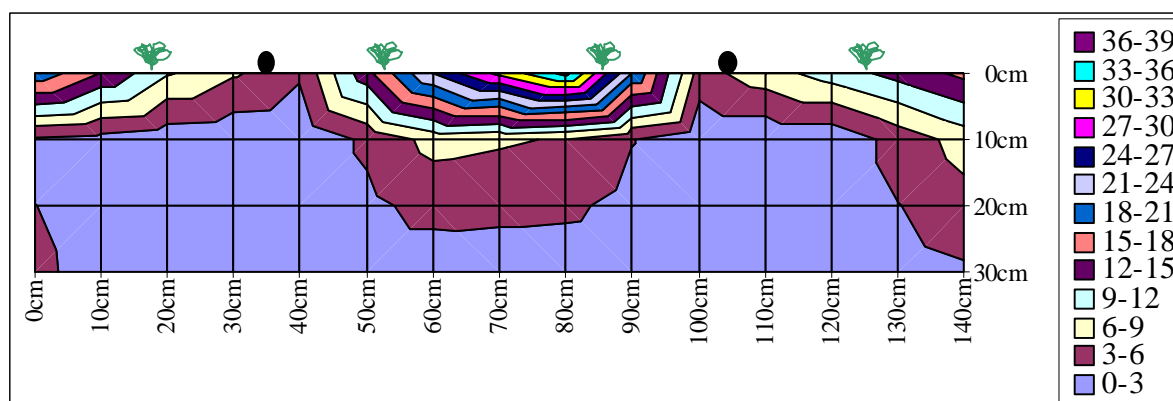


Figura 11 – Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro com pré-lavagem, sem “mulching” e sem lixiviação.

Observando o perfil de CEes do canteiro contendo “mulching” e lixiviação, mas sem pré-lavagem (Figura 12) podemos verificar que na superfície as CEes encontrada foram inferiores que as da testemunha, principalmente nas laterais. A diferença foi uma pequena concentração de sais no centro até profundidade de 14 cm.

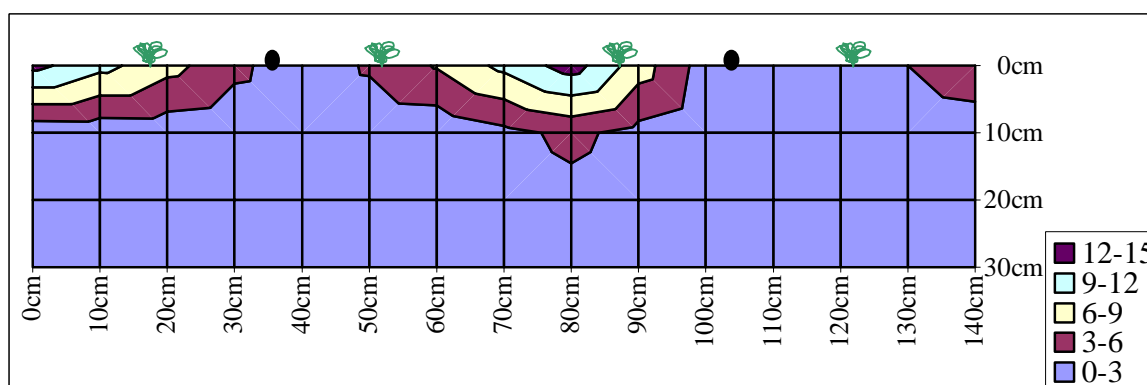


Figura 12 – Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro sem pré-lavagem, com “mulching” e com lixiviação.

O canteiro sem pré-lavagem e lixiviação, mas com “mulching” (Figura 13), apresentou um perfil de CEes parecido com o da Figura 12, porém com picos

maiores CEes nas laterais. A conclusão que novamente se chega é que a lixiviação na presença do “mulching”, não faz diferença. Analisando o canteiro que não possuía os fatores pré-lavagem e “mulching”, mas havia lixiviação (Figura 14), podemos concluir que houve uma concentração de sais na superfície maior do que os demais, exceto os canteiros que possuíam pré-lavagem e sem “mulching” e o canteiro que não possuía nenhum dos fatores. Houve uma concentração de sais em profundidade no centro, que foram arrastados com a lixiviação a cada irrigação, porém insuficiente para reduzir ao nível ideal os sais das camadas superiores.

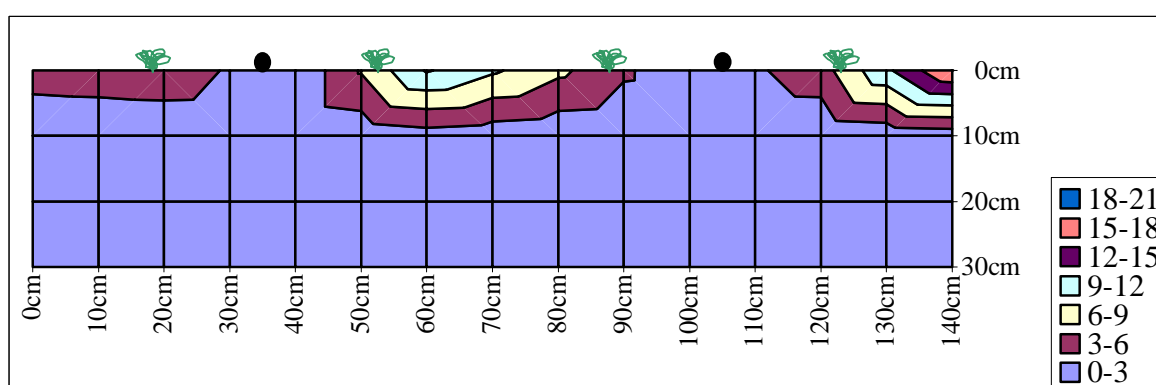


Figura 13 – Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro sem pré-lavagem, com “mulching” e sem lixiviação.

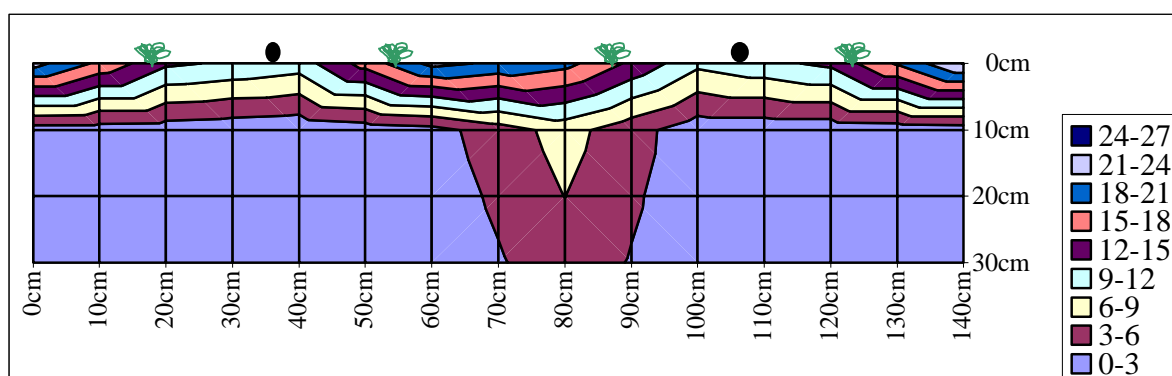


Figura 14 – Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro sem pré-lavagem, sem “mulching” e com lixiviação.

O canteiro sem nenhum dos fatores (Figura 15), como era esperado, apresentou um perfil de CEes superior a todos os demais, tanto na superfície quanto em

profundidade. Observando os canteiros com “mulching” (Figuras 8,9,12 e 13) e sem “mulching” (Figuras 10,11,14 e 15), podemos verificar que os perfis com menores CEs foram os que possuíam o fator “mulching”. Esse fato pode ser confirmado com os dados do Quadro 8 e 9, os quais mostraram que a presença do “mulching” foi significativa para redução dos níveis de K, Ca e Mg, refletindo na redução de da soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V%). A presença do “mulching”, porém foi maléfica aumentando os níveis de H+Al, que correspondem a acidez potencial do solo, e nessa mesma variável houve uma interação das presenças do “mulching” e pré-lavagem elevando ainda mais os seus níveis.

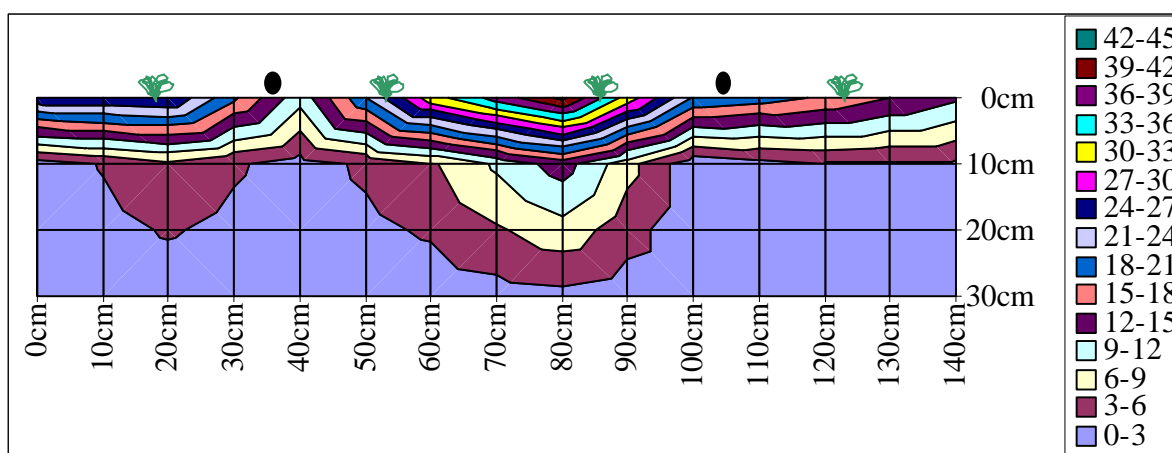


Figura 15 – Perfil de condutividade elétrica (dS.m^{-1}) final do canteiro sem pré-lavagem, sem “mulching” e sem lixiviação.

Analisando as condutividades elétricas (CE) a 40 cm de profundidade na presença do fator lixiviação (Quadro 24), 30 e 2 dias antes do transplante, não foi verificada nenhuma diferença significativa entre os demais fatores e suas interações como era esperado, pois ainda não se havia realizado nenhum tratamento. A média da CE aos 30 dias foi de $1,711 \text{ dS.m}^{-1}$.

As condutividades elétricas (a 40 cm com a presença da lixiviação), aos 2 e 10 dias após o transplante, não apresentaram diferenças significativas. Podemos concluir que a pré-lavagem não teve influência sobre a CE a profundidade de 40 cm.

Quadro 24 – Resumo da análise de variância da condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 40 cm, nos canteiros que se processava lixiviação, medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT).

CV	GL	30 DAnT	2 DAnT	2 DAT	10 DAT	24 DAT	39 DAT	53 DAT
		Salinização CEes 20-40	Antes da pré- lavagem	após pré- lavagem	Antes da fertirrigação	14 após fertirrigação	29 após fertirrigação	colheita
		Estatística F						
Blocos	3	1,476	8,384**	0,328	0,793	3,220	1,201	2,387
Pré-lavagem	1	0,376	2,128	0,004	0,208	0,221	0,011	0,278
“Mulching”	1	1,002	0,604	1,498	0,433	0,718	0,515	7,160*
Pré x Mul	1	0,086	1,403	0,059	1,813	10,471*	7,882*	13,141**
Q.M.resíduo	9	0,617	0,211	0,455	0,039	0,014	0,054	0,018
Média (dS.m ⁻¹)		1,711	1,655	0,832	0,411	0,571	0,747	0,801
C.V. (%)		45,920	27,756	81,068	48,276	20,661	31,056	16,706

*Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

**Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

As condutividades elétricas (CE a 40 cm com lixiviação) aos 24,39 e 53 dias após o transplântio, apresentaram diferenças significativas na interação entre os dois fatores estudados. Quando se realizou a pré-lavagem, o “mulching” beneficiou a lixiviação fazendo que os sais aumentassem na profundidade 40 cm, região pouco explorada pelas raízes da alface.

Quadro 25 – Condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 40 cm, nos canteiros que se processava lixiviação, medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT) expressa através de suas médias segundo os efeitos dos fatores sem interações.

Tratamentos		30 DAnT	2 DAnT	2 DAT	10 DAT	24 DAT	39 DAT	53 DAT
Simplex		Salinização CEes 20-40	Antes da pré- lavagem	após pré- lavagem	Antes da fertirrigação	14 após fertirrigação	29 após fertirrigação	colheita
-----dS.m ⁻¹ a 25°C-----								
Pré-lav.	c/	1,831	1,487	0,821	0,433	0,558	0,753	0,819
	s/	1,590	1,822	0,843	0,388	0,585	0,741	0,783
Mulch.	c/	1,514	1,566	1,039	0,378	0,596	0,789	0,890 a
	s/	1,908	1,744	0,626	0,443	0,546	0,706	0,711 b
Média		1,711	1,655	0,832	0,411	0,571	0,747	0,801
C.V. (%)		45,920	27,756	81,068	48,276	20,661	31,056	16,706

Médias seguidas de letras minúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 5% de erro.

Aos 24 dias após o transplântio (DAT) houve uma outra interação, que consistiu no aumento da condutividade elétrica do solo a 40 cm, nos canteiros que se

realizavam a lixiviação, devido a ausência do “mulching” e da pré-lavagem, sendo que, quando houve a pré-lavagem sem a presença do “mulching” houve uma menor concentração de sais nessa profundidade.

A condutividade elétrica (CE), a 40 cm de profundidade aos 53 DAT (colheita), apresentou diferença significativa, nos canteiros que se realizaram lixiviação. A utilização do “mulching” sozinho elevou a concentração de sais nesta profundidade mas sua interação com a pré-lavagem elevou mais ainda essa concentração.

Quadro 26 – Condutividade elétrica (CE) do solo na profundidade de 40 cm, nos canteiros que se processava lixiviação, medida em intervalo de dias antes (DAnT) e após transplântio (DAT). expressa através de suas médias segundo os efeitos interações duplas dos fatores.

Interação dupla		30 DAnT	2 DAnT	2 DAT	10 DAT	24 DAT	39 DAT	53 DAT	
		Salinização	Antes pré-	após pré-	Antes da	14 após	29 após	colheita	
		CEs 20-40	lavagem	lavagem	fertirrigação	fertirrigação	fertirrigação		
		-----dS.m ⁻¹ a 25°C-----							
Pré-lav.	c/ Mulch.	c/	1,577	1,262	1,069	0,468	0,678 a	0,958 a	1,029 A
		s/	2,086	1,713	0,574	0,399	0,437 b	0,549 b	0,608 B
	s/ Mulch.	c/	1,451	1,869	1,009	0,289	0,515	0,620	0,752
		s/	1,730	1,776	0,678	0,488	0,656	0,863	0,815
Mulch.	c/ Pré-lav.	c/	1,577	1,262	1,069	0,468	0,678	0,958	1,029 a
		s/	1,451	1,869	1,009	0,289	0,515	0,620	0,752 b
	s/ Pré-lav.	c/	2,086	1,713	0,574	0,399	0,437 b	0,549	0,608
		s/	1,730	1,776	0,678	0,488	0,656 a	0,863	0,815
Média			1,711	1,655	0,832	0,411	0,571	0,747	0,801
C.V. (%)			45,920	27,756	81,068	48,276	20,661	31,056	16,706

Médias seguidas de letras minúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 5% de erro.

Médias seguidas de letras maiúsculas diferiram entre si pelo teste F ao nível de 1% de erro.

7. CONCLUSÕES

Com base nos resultados pode-se concluir quanto ao manejo do solo que:

- A pré-lavagem não foi eficiente na redução de íons do solo, somente reduziu o pH, havendo uma interação significativa entre a presença deste com a presença do fator “mulching” para os íons $H^+ + Al^{3+}$ no aumento da concentração desse.
- O “mulching” foi eficiente na redução dos níveis dos elementos K, Ca e Mg do solo refletindo nas características químicas soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V%).
- A lixiviação não demonstrou eficiência na redução dos elementos químicos estudados, mas seu efeito foi significativo nas características químicas soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC), demonstrando que houve efetiva lixiviação das bases, porém não sendo possível identificá-las isoladamente.
- A pré-lavagem teve efeito na redução da condutividade elétrica na profundidade de 20cm aos 2 dias após o transplântio (DAT) e aos 14 DAT interagindo com a lixiviação.

- A lixiviação teve efeito na redução da condutividade elétrica aos 29 DAT enquanto esta era realizada com fração de lixiviação de 50% (com turno de rega diário), não apresentando efeito ao 53 DAT, quando se realizava irrigação com fração de lixiviação com 30% (turno de rega a cada 2 dias).

- O “mulching” não apresentou diferenças significativas nas condutividades elétricas (CE) a 20 cm medidas pelos extratores, mas a 40 cm nos canteiros que possuíam lixiviação propiciou o aumento da CE na região mais inacessível à alface.

- Nos perfis de salinidade dos canteiros e comparado com as análises químicas, nota-se que o “mulching” favoreceu a redução de sais na superfície dos canteiros.

- A combinação dos fatores “mulching” e pré-lavagem nos canteiros que possuem lixiviação favorecem o aumento da CE, e conseqüentemente aumento de sais na profundidade de 40cm.

Com base nos resultados pode-se concluir quanto à cultura da alface americana (var. Tainá) que:

- O “mulching”, de cor preta, reduziu o diâmetro das cabeças de alface americana (var. Tainá).

- O peso total e comercial da alface foi influenciado pela combinação dos fatores pré-lavagem e “mulching”, sem a lixiviação, que obteve os melhores resultados em detrimento da combinação da presença dos três fatores.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J.M., LOPES, J.R., REGALDO, A.P. *El riego localizado*. Madrid: Instituto Nacional de investigaciones Agrárias, 1987. 317p.

ADAMS, P., HO, L.C. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossomend rot in relation to salinity. *J. Hortic. Sci.*, v.67, p.827-39, 1992.

ALLISON, L.E. Salinity in relation to irrigation. *Adv. Agron.*, v.16, p.139-78, 1964.

ALVA, A.K., SYVERTSEN, J.P. Irrigation water salinity affects soil nutrient distribution, root density, and leaf nutrient levels of citrus under drip irrigation. *J. Plant. Nutr.*, v. 14, p.715-27, 1991.

ALVES, D.R.B. *Efeitos de adubações nitrogenadas via água de irrigação e convencional na produtividade da alface (Lactuca sativa L.)*. Botucatu, 1996. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agronômicas. *Normas para elaboração de dissertações e teses*. Botucatu, 1997. 35p.

- ANDRADE JÚNIOR, A.S. *Manejo da irrigação na cultura da alface (Lactuca sativa L.) através do tanque classe A*. Botucatu, 1994. 104p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BAJAWA, M.S., JOSAN, A.S., HIRA, G.S., SINGH. N.T. Effect of sustained saline irrigation on soil salinity and crop yields. *Irrig. Sci.*, v.7, p.27-35, 1986.
- BIGGAR, J.W.; ROLSTON, D.E.; NIELSEN, D.R. Transport of salts by water. *Calif. Agric.*, v.38, n.10, p.10-1, 1984.
- BOLETIM TÉCNICO DO INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Campinas: Instituto Agronômico, n.100, 1996. 285p.
- BOWER, C.A., OGATA, G., TUCKER, J.M. Sodium hazard of irrigation waters as influenced by leaching fraction and by precipitation or solution of calcium carbonate. *Soil Sci.*, v.106, n.10, p.29-34, 1968.
- BOWER, C.A., OGATA, G., TUKER, J.M. Rootzone salt profiles and alfafa growth as influenced by irrigation water salinity and leaching fraction. *Agron. J.*, v.61, p.783-5, 1969.
- BRANCO, A.A., COUTO, F.A. Observações sobre o efeito do azôto, fósforo e potássio na adubação da alface. *Rev. Olericult.*, v.2, p.88-96, 1962.
- BRESLER, E. Transport of salts in soils and subsoils. *Agric. Water Manage.*, v.4, p.35-62, 1981.

- BUENO, C.R. *Adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a alface americana em ambiente protegido*. Lavras: UFLA, 1998. 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras.
- CADAHIA L., C. Nutrient disorders in fruits related to water and fertilizer application. In: COLLOQUIUM INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 21, 1989, Louvain-la-neuve. *Proceedings...* Bern: International Potash Institute, 1989. p.307-18.
- CAMARGO, L.S. *As hortaliças e seu cultivo*. 3.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 252p.
- CAMARGO FILHO, W.P. (Coord.) *Estatística de produção agrícola no Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto de Economia Rural, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1990. 223p. (Informações Estatísticas da Agricultura).
- CARTER, D.L., FANNING, C.D. Combining surface mulches and periodic water applications for reclaiming saline soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, v.28, p.564, 1964.
- CARVALHO, W.A., ESPINDOLA, C.R., PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da fazenda Lageado. *Bol. Cient. Fac. Ciên. Agron. (Botucatu)*, n.1, p.1-95, 1983.
- CASTELLANE, P.D. *Podridão apical em frutos de tomateiro*. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 39p.
- CERMEÑO, Z.S. *Cultura de plantas hortícolas em estufa*. Lisboa: Litexa, 1977. 367p.
- COELHO, A.M. Fertirrigação. In: COSTA, F.E., VIEIRA, R.F., VIANA, P.A. *Quimigação, aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação*. Brasília: Embrapa, 1994. p.201-27.
- CRUCIANI, D.E. *A drenagem na agricultura*. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1987. 337p.

- DAHIYA, I.S., ABROL, I.P. The redistribution of surface salts by transient and steady infiltration of water into dry soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, n.22, p.209-16, 1974.
- DAHIYA, I.S., SINGH, M., HAJRASULIHA, S. Simultaneous transport of surface-applied salts and water through unsaturated soils as affected by infiltration, redistribution, and evaporation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.44, n.2, p.223-8, 1980.
- DEMATTÊ, J.B.I., SOBRINHO, F.C., MENDONÇA, J.R., CASTELLANE, P.D., PERECIN, D. Influência da irrigação por gotejamento e aspersão sobre desenvolvimento e produção da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) CV. Brasil-48. *Científica (São Paulo)*, v.9, p.207-13, 1981.
- DEMATTÊ, J.B.I., MORETTI FILHO, J. Irrigação subterrânea por tubos porosos de Stauch e irrigação por aspersão com diferentes níveis de água no solo. 1-Influência sobre o desenvolvimento e a produção da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). *Científica (São Paulo)*, v.9, p.45-51, 1981.
- EHLIG, C.F., BERNSTEIN, L. Foliar absorption of NaCl as a factor in sprinkler irrigation. *Am. Soc. Hortic. Sci.*, n.74, p.661-70, 1959.
- EVANS, G.N., LEVIN, I. The distribution of salts by infiltration of water into dry soils and sand. *Aust. J. Soil Sci.*, v.7, p.21-7, 1969.
- FERREIRA, I.R.P., DUARTE, S.N., MIRANDA, J.H., MEDEIROS, J.F. Efeitos da salinidade da água de irrigação e da lâmina de lixiviação na cultura do alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em vasos. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. *Anais...* Lavras: UFLA, SBEA, 1998. p.106-8. (Volume 2).

FILGUEIRA, F.A.R. *Manual de olericultura: Cultura e comercialização de hortaliças*. 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. v.2, 357p.

FRANCOIS, L.E. Alfafa management under saline conditions with zero leaching. *Agron. J.*, v.73, p.1042-6, 1981.

FRENKEL, H., HADAS, A., JURY, W.A. The effect of salt precipitation and high concentrations on soil hydraulic conductivity and water retention. *Wat. Resour. Res.*, v.14, n.2, p.217-22, 1978.

FRIZZONE, J.A., BOTREL, T.A., DOURADO NETO, D. *Aplicação de fertilizantes via água de irrigação*. Piracicaba: Departamento de Engenharia Rural, ESALQ, USP, 1994. 35p. (Didática, 8).

GAUSMAN, H.W, COWLEY, S.L., BARTON, J.H. Reaction of some grasses to artificial salinization. *Agron. J.*, v.46, p.412-4, 1954.

GOMES, T.M. *Fertirrigação com diferentes doses de uréia e seu efeito na cultura da alface (Lactuca sativa L.)*. Botucatu, 1998. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

GOTO, R. A cultura de alface. In: GOTO, R., TIVELLI, S. W. *Produção de hortaliças em ambiente protegido em condições subtropicais*. São Paulo: UNESP, 1998. p. 137-59.

HAMERSCHIMIDT, I. Difusão de tecnologia em olericultura. ENCONTRO DE HORTALIÇAS, 9, ENCONTRO DE PLASTICULTURA DA REGIÃO SUL, 6, 1994, Maringá. *Anais ...* Maringá: UEM, 1995. p.35-41.

- HUMMADI, K.B., FANGMEIER, D.D., TUCKER, T.C. Salubre salt and nitrate distribution in irrigated lettuce beds. *Trans. ASAE (Am. Soc. Agríc.Eng.)*, v.18, n.2, p.686-89, 1975.
- JANICK, J. *A ciência da horticultura*. Rio de Janeiro: USAID, 1966. 477p.
- JURY, W.A., FLUHLER, H., STOLZ, L.H. Influence of soil properties, leaching fraction, and plant water uptake on solute concentration distribution. *Wat. Resour. Res.*, v.13, n.3, p.645-50, 1977.
- KALIL, A.J.B. *Comparação entre a adubação nitrogenada via fertirrigação por gotejamento e a aplicação convencional na produtividade da alface*. Viçosa, 1992. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.
- KARMELI, D., KELLER, J. *Trickle irrigation design*. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturind Corporation, 1975. 133p.
- KELLEY, W.P. Use of saline irrigation water. *Soil Sci.*, v.95, p. 385-91. 1963.
- KIEHL, E.J. *Manual de edafologia: relações solo-planta*. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.
- KUMAR, N.M., OSWAL, M.C. Testson one-dimensional models for pedicting salt dynamics in soils. *Soil Sci.*, v.137, 408-14, 1984.
- LARCHER, W. *Physiological plant ecology*. 3.ed. Stuttgart: Springer, 1995. p.396-408.
- LIMA, L.A. Efeitos dos sais no solo e na planta. SIMPÓSIO MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA, 1, Campina Grande. *Anais...* Campina Grande: UFPB,SBEA, 1997. p.113-136.

- LISBÃO, R.S., NAGAI, H., TRANI, P.E. Instruções agrícolas para o estado de São Paulo *B. Inst. Agron. Campinas*, n.200, p.11-2, 1994.
- MACIEL, R.F.P., COUTO, F.A.A. Estudo sobre a influência do espaçamento, níveis de irrigação e adubação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). *Rev. Oleric.*, n.12, p.27-8, 1979.
- MAJMUDAR, A.M., HUDSON, J.P. The effect of different water regimes on the growth of plants under glass. II- Experiments with lettuces (*Lactuca sativa* L.) *J. Hortic. Sci.*, n.32, p.201-13, 1957.
- MAROTO-BORREGO, J.V. Lechuga. In:____. *Horticultura herbácea especial*. Madrid: Mundi Prensa, 1983. p.189-206.
- MAROUELLI, W.A., SILVA, H.R., SILVA, W.L.C. Manejo da irrigação em hortaliças. *Téc. Cent. Nac. Pesqui. Hortic.*, n.2, p.1-12, 1986.
- MARTINS, G. *Uso de casa-de-vegetação com cobertura plástica na tomaticultura de verão*. Jaboticabal, 1992. 65p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- MEIRI, A., SHALHEVET, J. Peper plant response to irrigation water quality and timing of leaching. In: HADA, A., SWARTZENDRUBER, D., RIJTEMA, P.E., FUCHS, M., YARON, B. (Ed). *Physical aspects of soil water and salts in ecosystems*. Berlin: Springer Verlag, 1973. p.421-9. (Ecological Studies, 4).
- MORAES, J.F.V., DYNIA, J.F. Uso de cápsulas porosas para extrair solução do solo. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.25, p.1523-8, 1990.
- MULLINS, C.A., COFFEY, D.L. Effect of fertilizer level and season on tomato fruit quality. *Tenn. Far. Hom. Sci.*, v.122, p.9--1, 1982.

- NADAL, R., GUIMARÃES, D.R., BIASI, J. *Olericultura em Santa Catarina: aspectos técnicos e econômicos*. Florianópolis: EMPASC, 1986. 267p.
- NIELSEN, D.R., BIGGAR, J.W., LUTHIN, J.N. Desalinization of soil under controlled unsaturated flow condition. In: CONGRESS OF INTERNATIONAL COMMISSION OF IRRIGATION AND DRAINAGE, 6, New Delhi. *Proceedings...* New Delhi: ICID, 1966. p.15-24.
- OLIVEIRA, F.A. Efeito da salinidade da água de irrigação sobre algumas características do solo e da cultura do arroz (*Oryza sativa*, L.). Piracicaba, 1983. 139p. (Doutorado em agronomia/Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- OSTER, J.D., HOFFMAN, G.J., ROBINSON, F.E. Management alternatives: crop, water, and soil. *Calif. Agric.*, v.38, n.10, p.29-32, 1984.
- PAPADOPOULOS, I. Nitrogen fertigation of greenhouse-grown french beans. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.*, v.17, p.893-903, 1986.
- PAPADOPOULOS, I., RENDIG, V.V. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. *Plant. Soil*, v.73, p.47-57, 1983.
- PEARSON, G.A. Factors influencing salinity of submerged soil and growth of caloro rice. *Soil Sci.*, v.87, p.198-206, 1959.
- PEET, M.M. Fruit craking in tomato. *Hortic. Techn.*, v.2, p.216-23, 1992.
- PEREIRA, N.N.C., LEAL, N.R. (Coord.). Recomendações para a cultura da alface. *Inf. Téc.*, Pessagro/ EMATER, n.21, p.1-12, 1989.

- PINTO, J.M., SOARES, J.M., NASCIMENTO, T. Análise de coeficientes de uniformidade de distribuição de água em irrigação localizada. *Bol. Pesqui. Cent. Pesqui. Agropecu. Trop. Semi-Árido/ EMBRAPA*, n.41, p.1-24, 1991.
- RAATS, P.A.C. Distribution of salts in the root zone. *J. Hidrol.*, v.27, p.237-48, 1975.
- RAIJ, B.V. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B.V., QUAGGIO, J.A., CANTARELLA, H., ABREU, C.A. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. *Bol. Téc. Inst. Agron. Campinas*, n.100, p.1-12, 1996.
- RAWLINS, S.L. Principles of managing high frequency irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, v.37, p.626-9, 1973.
- REICHARDT, K. Parâmetros do solo que influenciam o manejo de água. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. *Anais...* Campinas: IAC, Fundação Cargill, 1987. p.3-13.
- REIS, E.F. *Efeitos das adubações orgânica e mineral sobre o acúmulo de nutrientes e sobre o crescimento da alface (Lactuca sativa L.)*. Viçosa, 1990. 53p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa.
- RHOADES, J.D. Quality of water for irrigation. *Soil Sci.*, v.113, n.4, p.277-84, 1972.
- RHOADES, J.D. Drainage for salinity control. In: VAN SCHILFGAARDE, J. (Ed.) *Drainage for agriculture*. Madison: American Society of Agronomy, 1974. p.433-62. (Agronomy, 17).
- RICHARDS, L.A. *Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos*. México: Limusa, 1974. 171p.

- RODRIGUES, D.S. *Aplicação de fertilizantes via solo, foliar e fertirrigação afetando extração e concentração de nutrientes em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em estufa*. Piracicaba, 1996. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- ROLSTON, D.E., BIGGAR, J.W., NIELSEN, D.R. Effect of salt on soils. *Calif. Agric.*, v.38, n.10, p.11-3, 1984.
- SAMMIS, T.W., KRATKY, B.A., WU, I.P. Effect of limited irrigation on lettuce and chinese cabbage yields. *Irrig. Sci.*, v.9, p.187-98, 1988.
- SAMMIS, T.W., WEEKS, D.L., HANSON, E.G. Influence of irrigation methods on salt accumulation in row crops. *Trans.ASAE (Am. Soc. Agric. Engers.)*, v.22, p.791-96, 1979.
- SANTOS, R.V., HERNANDEZ, F.F.F. Recuperação de solos afetados por sais. In: SIMPÓSIO "MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA", 1997, Campina Grande. *Anais...* Campina Grande: UFPB, 1997. p.319-61.
- SARRO, M.J., SAA, A., CADAHIA, C., MASAGUER, A. Respuesta del cultivo de tomate en arenado y condiciones salinas a diferentes programas de fertilización fosfórica. *An. Edaolf. Agrobiol.*, v.48, p.449-957, 1989.
- SCHMIDT, C., HE, T., CRAMER, G.R. Supplemental calcium does not improve growth of salt-stressed brassicas. *Plant Soil*, v.155/156, p.415-8, 1993.
- SGANZERLA, E. *Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos*. 5.ed. Guaíba: Agropecuária, 1995. 342p.

- SHALHEVET, J. Irrigation with saline water. In: YARON, B., DANFORS, E., VAADID, Y. (Ed.). *Arid zone irrigation*. 5.ed. Berlin: Springer-Verlag, 1973. p.163-376. (Ecological Studies, 5).
- SHALHEVET, J., YARON, B. Effect of soil and water salinity on tomato growth. *Plant Soil*, v.39, p.285-9, 1973.
- SHALHEVET, J., REINIGER, P. The development of salinity profiles following irrigation field crops with saline water. *Isr. J. Agric. Resear.*, v.14, n.4, p.187-96, 1964.
- SHEAR, C.B. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *Hortic. Sci.*, v.10, p.361-5, 1975.
- SILVA, E.F.F., DUARTE, S.N., COELHO, R.D. Salinização dos solos cultivados sob ambiente protegido. In: FOLEGATI, M.C. (Coord.) *Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças*. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.267-77.
- SIMÃO, S. Irrigação da alface. *An. Esc. Sup. Agric. - Luiz de Queiroz – Univ. São Paulo*, v.13, p.121-8, 1956.
- SING, R., ALDEFER, R.B. Effects of soil-moisture stress at different periods of growth of some vegetables crops. *Crop Sci.*, n.101, p.69-80, 1966.
- SONNENBERG, P.E. *Olericultura especial*. 5.ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1985. v.1, 187p.
- SONNEVELD, C., VOOGT, S.J. Nitrogen, potash and magnesium nutrition of some vegetable fruit crops under glass. *Neth. J. Agric. Sci.*, v.29, p.129-39, 1981.
- SZABOLCS, I. Agronomical and ecological impact of irrigation on soil and water salinity. *Adv. Soil Sci.*, v.4, p.189-218, 1986.

- TAKAZAKI, P.E., DELLA VECHIA, P.T. Problemas nutricionais e fisiológicos no cultivo de hortaliças em ambiente protegido. In: FERREIRA, M.E., CASTELLANE, P.D., CRUZ, M.C.P. *Nutrição e adubação de hortaliças*. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 301-22.
- TANJI, K.K. *Agricultural salinity assessment and management*. New York: American Society of Civil Engineers, 1990. 619p.
- TAYER, J.F. *Effect of irrigation methods with saline waters on maize production and salt distribution in soils*. Bari, 1987. 285p. Dissertation (Master of Science in Irrigation) - Institut Agronomique Mediterranéen de Bari, Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Mediterranéenes.
- TESI, R., TOSI, D. Effect of different peat substrates on the growth of tomato seedings. *Riv. Ortofl. It.*, v.70, p.165-70, 1986.
- TESI, R., TOSI, D. Influenza di alcuni fattori colturali nella produzione di piantine di pomodoro in vivaio. *Colt. Prot.*, v.5, p.73-8, 1989.
- TOMÉ JR., J.B. *Manual para interpretação de análise de solo*. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.
- TRANI, P.E., PASSOS, F.A., AZEVEDO FILHO, J.A. Alface. *Bol. Téc. Inst. Agron. Campinas*, n.100, p.168-9, 1996.
- ULLMANN, M.N., SOCCOL, O.J. Avaliação da uniformidade de distribuição de fertilizante via água de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25. CONGRESSO LATINO AMERICANO DE INGENIERIA AGRICOLA, 2, Bauru. *Resumos...* Bauru: UNESP, SBEA, 1996. p.304.

- UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: USDA, 1954. 160p. (Handbook, 60).
- VIDA, J.B. Manejo de doenças em cultivos protegidos. In: ENCONTRO DE HORTALIÇAS, 9, ENCONTRO DE PLASTICULTURA DA REGIÃO SUL, 6, 1994, Maringá. *Anais ...* Maringá: UEM, 1995. p.25-34.
- VIEIRA, R.F. Introdução a quimigação. In: COSTA, E.F., VIEIRA, R.F., VIANA, P.A. *Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação*. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, EMBRAPA, 1994. 315p.
- VOOREN, J.V., WELLES, G.W.H., HAYMAN, G. Glasshouse crop production. In: ATHERTON, J.C., RUDICH, J. *The tomato crop*. London: Chapman and Hall, 1986. p.581-623.
- WASCAMAN, M. A importância do plástico na produção agropecuária brasileira. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PLASTICULTURA, 1, 1989, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", FUNEP, 1989. p.21-8.
- WILD, A., BABIKER, I.A. The asymmetric leaching pattern of nitrate and chloride in a loamy sand under field conditions. *J. Soil Sci.*, v.27, p.460-6, 1976.
- YADAV, J.S.P., GIRDHAR, I.K. Effect of varying Mg/Ca ratio and electrolyte concentration in the irrigation water on the soil properties and growth of wheat. *Plant Soil*, v.56, p.413-27, 1980.
- YARON, B., SHALHEVET, J., SHIMSHI, D. Patterns of salt distribution under trickle irrigation. In: HADA, A., SWARTZENDRUBER, D., RIJTEMA, P.E., FUCHS, M., YARON, B. (Ed.). *Physical aspects of soil water and salts in ecosystems*. Berlin: Springer-Verlag, 1973. p. 389-94. (Ecological Studies, 4).