

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTO DO INTERIOR  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

COMPORTAMENTO DO ALHO (*Allium sativum* L.) SOB DUAS FORMAS DE  
APLICAÇÃO E DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.

POR

JULIO ROBERTO ARAUJO DE AMORIM  
*Engenheiro Agrônomo*

CAMPINA GRANDE - PB

AGOSTO - 1994

COMPORTAMENTO DO ALHO (*Allium sativum* L.) SOB DUAS FORMAS DE  
APLICAÇÃO E DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.

JULIO ROBERTO ARAUJO DE AMORIM

COMPORTAMENTO DO ALHO (*Allium sativum* L.) SOB DUAS FORMAS DE  
APLICAÇÃO E DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.

*Dissertação apresentada ao Curso de  
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA do  
Centro de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Federal da Paraíba,  
em cumprimento às exigências para  
obtenção do grau de Mestre.*

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

Prof.<sup>a</sup> NORMA CÉSAR DE AZEVEDO (Mestre)  
*Orientadora*

Prof. PEDRO DANTAS FERNANDES (Doutor)  
*Co-Orientador*

CAMPINA GRANDE - PB

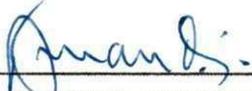
AGOSTO - 1994

COMPORTAMENTO DO ALHO (*Allium sativum* L.) SOB DUAS FORMAS DE  
APLICAÇÃO E DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.

JULIO ROBERTO ARAUJO DE AMORIM

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 29/08/94

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> NORMA CÉSAR DE AZEVEDO (Mestre)  
*Orientadora*

  
\_\_\_\_\_  
Prof. PEDRO DANTAS FERNANDES (Doutor)  
*Componente da Banca*

\_\_\_\_\_  
Prof. HANS RAJ GHEYI (Doutor)  
*Componente da Banca*

\_\_\_\_\_  
Prof. VICENTE FÉLIX DA SILVA (Doutor)  
*Componente da Banca*

CAMPINA GRANDE - PB

AGOSTO - 1994

DIGITALIZAÇÃO:  
SISTEMOTECA - UFCG

## VALE A PENA TENTAR!

*Por mais que tudo lhe pareça perdido,  
Que a vida seja difícil  
E o mundo injusto,  
Não desista.  
Vale a pena tentar!  
Ainda que, em sua longa caminhada,  
Você caia,  
Ou por demais intransponíveis  
Que aparentem ser os obstáculos,  
Mesmo assim, não desista.  
Vale a pena continuar tentando!  
Pois, lembre-se:  
"Quando você não tem nada  
É quando está mais apto  
Para conseguir algo".  
E, então, se assim o fizer,  
Você verá que a vida é bela  
E que, apesar de tudo,  
Vale a pena ser vivida.*

O Autor

*À memória de meu pai, José Honório,  
que um dia não precisou me falar  
para que eu nunca mentisse; mas que,  
apesar de nossa pouca convivência  
neste mundo, por ele ter passado  
muito cedo para outra dimensão,  
não se esqueceu de me dizer  
que eu seria a sua continuação;*

*À minha querida e adorada mãe,  
Deusdedita, que não mediu esforços  
para educar seus filhos, dando-me  
sempre as condições necessárias  
para que, hoje, eu pudesse chegar  
a este ponto tão importante  
da minha vida;*

*Ao meu tio-avô, Pedro Caetano,  
um segundo pai para mim; o qual,  
pelos seus conhecimentos e  
experiência no campo da Agricultura,  
considero um "agrônomo", na prática.*

#### MINHA HOMENAGEM

*À minha querida esposa, Suely,  
companheira em todos os momentos,  
pela sua dedicação, confiança,  
estímulo, carinho e amor;*

*Aos meus adorados filhos,  
Paulo Roberto e Julie Anne,  
pelos momentos em que lhes faltei,  
por estar envolvido com o trabalho, e  
por tudo o quanto representam para mim;  
a esperança de um mundo melhor.*

#### DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Ao nosso Deus todo poderoso, criador e fonte de toda vida na Terra, que, através das atribuições, provações ou expiações, por que tive de passar, permitiu-me evoluir espiritualmente, tornando-me uma criatura mais resignada e forte, com um pouco mais de sabedoria, para enfrentar as vicissitudes do mundo com todas as suas dificuldades, e, sobretudo, ter a oportunidade de provar e testemunhar que "a fé move montanhas, realiza milagres e torna possível o impossível".

Aos Professores Norma César de Azevedo e Pedro Dantas Fernandes, a orientação do trabalho, receptividade que encontrei desde o primeiro momento, amizade, incentivo, solidariedade e, principalmente, calor humano.

À Diretoria da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S.A. - EMPARN, a minha liberação e facilidades concedidas, dando-me condições para que pudesse concluir o Curso.

Ao Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - PDCT/NE, através da Sub-Unidade de Execução do Programa - SUEP/UFPB, na pessoa do Prof. Hamilton Medeiros de Azevedo, o apoio logístico para a realização do trabalho de pesquisa.

À Comissão de Apoio à Pesquisa e Ensino Superior - CAPES, a ajuda financeira, através da concessão de bolsa de estudo, durante dezoito meses.

À Coordenação dos Cursos de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, nas pessoas da coordenadora Prof<sup>a</sup> Lúcia Helena Garofalo Chaves e da secretária Ruth Gonçalves de Moraes, a ajuda que recebi sempre que necessitei.

Aos professores do Curso, o muito que contribuíram para o aperfeiçoamento da minha formação acadêmica.

Aos colegas do Curso: Espedito, Francismar, Mário Sérgio, Damaceno e Paulo César, a nossa proveitosa amizade, convívio e lições de vida que juntos tivemos, na tentativa de darmos o melhor para superar nossas limitações.

Aos técnicos do Laboratório de Irrigação e Salinidade - LIS/DEAg/UFPB, Francisco das Chagas T. Medeiros, José Wilson da S. Barros e Francisco de Assis C. de Oliveira, a colaboração na realização das análises.

Ao Engº Agrônomo Adilson David de Barros, a sua colaboração na condução do experimento no período em que estive impossibilitado, por motivo de doença.

Ao Engº Agrônomo José Wellington dos Santos, pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - CNPA/EMBRAPA, a sua orientação no uso do Software Científico (SOC) para as análises estatísticas.

Ao Engº Agrônomo Cícero Alexandre Silva, pesquisador científico da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, além da nossa amizade, a ajuda e incentivo no início de minha carreira, indicação para o Curso e sugestões sobre a redação do trabalho.

À Biblioteconomista Odete Emídio Farias, coordenadora da Biblioteca Setorial do Campus II/UFPB, o seu gentil empenho na aquisição de material bibliográfico nacional e estrangeiro.

À Universidad Nacional del Sur (Casa Blanca - Argentina), Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária - EMPASC, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças - CNPH, na pessoa do Dr. João Alves de Menezes Sobrinho, e ao Dr. Bernd Rusteberg da Univesddidade de Hannover, Alemanha, através do Prof. Hans Raj Ghayi, a gentileza pelo envio de material bibliográfico.

Ao Engº Agrônomo José Erivaldo Pereira, pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal - CPAP/EMBRAPA, a nossa amizade, desde os tempos da graduação, e iniciação juntos na estimulante carreira de pesquisador, realizando um dos nossos ideais.

Aos meus irmãos Mário Jorge, José Carlos e, especialmente, a minha mana Teresa Cristina (Teca), o seu apoio espiritual, que muito me ajudou a renovar as forças para enfrentar os desafios e superar as barreiras.

A todos de Boa Vontade que, direta ou indiretamente, deram sua parcela de contribuição para o êxito logrado na realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Pág.
AGRADECIMENTOS .....	iii
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xi
RESUMO .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
<b>CAPÍTULO I</b>	
1. INTRODUÇÃO .....	1
<b>CAPÍTULO II</b>	
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Qualidade da Água para Irrigação .....	4
2.1.1. Generalidades .....	4
2.1.2. Fatores que interferem na adequação e avaliação da água para fins de irrigação .....	7
2.1.2.1. Qualidade da água .....	8
2.1.2.2. Características do solo .....	11
2.1.2.3. Tolerância da cultura .....	12
2.1.2.4. Condições climáticas .....	12
2.1.2.5. Manejo da irrigação e drenagem .....	13
2.2. Efeitos da Irrigação com Água Salina nos Solos ....	14
2.2.1. Generalidades .....	14
2.2.2. Mudanças nas propriedades físicas e químicas dos solos .....	15
2.3. Efeitos da Salinidade no Crescimento e Produção das Culturas .....	19

2.3.1.	Generalidades .....	19
2.3.2.	Formas pelas quais a salinidade afeta as plantas ..	20
2.3.2.1.	Efeitos osmóticos .....	23
2.3.2.2.	Efeitos de ions específicos .....	26
2.4.	Tolerância das Plantas à Salinidade .....	30
2.4.1.	Generalidades .....	30
2.4.2.	Classificação das culturas e cultivares com relação à tolerância à salinidade .....	32
2.4.3.	Mecanismos da tolerância à salinidade .....	35
2.4.3.1.	Mecanismo morfológico .....	36
2.4.3.2.	Mecanismo fisiológico .....	37
2.4.4.	Fatores que interferem na tolerância das plantas à salinidade .....	39
2.4.4.1.	Fatores da planta .....	40
2.4.4.2.	Fatores do solo .....	41
2.4.4.3.	Fatores do clima .....	42
<b>CAPÍTULO III</b>		
3.	MATERIAL E MÉTODOS .....	43
3.1.	Localização do Experimento .....	43
3.2.	Clima da Região .....	43
3.3.	Solo .....	43
3.3.1.	Coleta do solo .....	43
3.3.2.	Preparo do solo .....	44
3.4.	Delineamento Experimental .....	44
3.4.1.	Tratamentos .....	44
3.4.2.	Instalação do experimento .....	46
3.5.	Preparo das Soluções Salinas (Águas de irrigação) .	46
3.6.	Plantio .....	46

3.6.1.	Cultivar .....	46
3.6.2.	Preparo dos bulbilhos (alho-semente) .....	49
3.6.3.	Semeadura .....	49
3.7.	Adubação .....	49
3.8.	Irrigação .....	50
3.9.	Tratos Culturais .....	51
3.9.1.	Desbaste .....	51
3.9.2.	Controle de plantas invasoras .....	51
3.9.3.	Controle fitossanitário .....	51
3.10.	Colheita .....	51
3.11.	Características de Crescimento Avaliadas .....	52
3.11.1.	Número de folhas .....	52
3.11.2.	Altura da planta .....	53
3.11.3.	Diâmetro do pseudocaulo, diâmetro do bulbo e razão bulbar .....	53
3.11.4.	Peso do bulbo e número de bulbilhos .....	53
3.11.5.	Pesos de matéria seca da parte aérea, do bulbo e da raiz .....	53
3.12.	Análise do Solo Após o Experimento .....	54
3.13.	Análise Foliar .....	54
3.14.	Análise Estatística .....	54
<b>CAPÍTULO IV</b>		
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55
4.1.	Efeito das Formas de Aplicação da Água de Irrigação no Crescimento do Alho .....	55
4.1.1.	Épocas I, II e III .....	55
4.1.2.	Época IV .....	57
4.2.	Efeito dos Níveis de Salinidade da Água de Irrigação no Crescimento do Alho .....	66

4.2.1.	Época I .....	66
4.2.2.	Época II .....	66
4.2.3.	Época III .....	68
4.2.4.	Época IV .....	71
	<b>CAPÍTULO V</b>	
5.	<b>CONCLUSÕES</b> .....	85
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	87

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
TABELA 1 - Relação entre o conteúdo de sais na zona radicular e o crescimento das plantas, em solos de textura média (escala de Schofield adaptada).	21
TABELA 2 - Limites para classificação da tolerância das culturas à salinidade .....	36
TABELA 3 - Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento .....	45
TABELA 4 - Nomenclatura, fórmulas e concentrações dos sais adicionados à água do sistema de abastecimento para a composição da solução concentrada .....	47
TABELA 5 - Análise química da água do sistema de abastecimento (A.S.A.), solução concentrada (S. C.) e águas de irrigação (A.I) .....	47
TABELA 6 - Volumes de água totais, em litros, aplicados em cada tratamento sob diferentes níveis de salinidade (NS) e formas de aplicação (FA) .....	52
TABELA 7 - Resumo das análises de variância dos dados de número de folhas, altura da planta, diâmetro do pseudocaule e peso de matéria seca da parte aérea do alho ( <i>Allium sativum</i> L.) avaliados aos 30 dias após o plantio .....	56
TABELA 8 - Resumo das análises de variância dos dados de número de folhas, altura da planta, diâmetro do pseudocaule, diâmetro do bulbo, razão bulbar e pesos de matéria seca do bulbo e da parte aérea do alho ( <i>Allium sativum</i> L.) avaliados aos 60 dias após o plantio .....	56
TABELA 9 - Resumo das análises de variância dos dados de número de folhas, altura da planta, diâmetro do pseudocaule, diâmetro do bulbo, razão bulbar e pesos de matéria seca do bulbo e da parte aérea do alho ( <i>Allium sativum</i> L.) avaliados aos 90 dias após o plantio .....	57
TABELA 10 - Comparação de médias dos dados das características de crescimento do alho ( <i>Allium sativum</i> L.) avaliados nas quatro épocas de desenvolvimento .....	58

TABELA 11 - Resumo das análises de variância dos dados de altura da planta, diâmetro do pseudocaulo, diâmetro do bulbo, razão bulbar e número de bulbilhos do alho ( <i>Allium sativum</i> L.) avaliados aos 120 dias após o plantio .....	60
TABELA 12 - Resumo das análises de variância dos dados de peso fresco do bulbo e pesos de matéria seca da parte aérea, do bulbo e da raiz do alho ( <i>Allium sativum</i> L.) avaliados aos 120 dias após o plantio .....	60
TABELA 13 - Conteúdos de cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloreto na folha do alho ( <i>Allium sativum</i> L.) em função das formas de aplicação (FA) e níveis de salinidade (NS) da água de irrigação, aos 120 dias após o plantio .....	63
TABELA 14 - Características químicas do solo utilizado, antes e após a realização do experimento .....	83

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Curva de diluição da solução concentrada em função do volume de água adicionado .....	48
Figura 2 - Influência das formas de aplicação da água de irrigação na produção de matéria seca da parte aérea, do bulbo e da raiz do alho ( <i>Allium sativum</i> L.), aos 120 dias após o plantio .....	62
Figura 3 - Influência das formas de aplicação da água de irrigação no crescimento diametral do pseudocaulo e do bulbo e na razão bulbar do alho ( <i>Allium sativum</i> L.), aos 120 dias após o plantio .....	64
Figura 4 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação na razão bulbar do alho ( <i>Allium sativum</i> L.), aos 60, 90 e 120 dias após o plantio .....	69
Figura 5 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação na altura da planta do alho ( <i>Allium sativum</i> L.), aos 90 e 120 dias após o plantio ..	73
Figura 6 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação no crescimento diametral do pseudocaulo e do bulbo do alho ( <i>Allium sativum</i> L.), aos 90 e 120 dias após o plantio .....	74
Figura 7 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação na produção de matéria seca da parte aérea e do bulbo do alho ( <i>Allium sativum</i> L.), aos 90 e 120 dias após o plantio .....	75
Figura 8 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação no peso fresco do bulbo do alho ( <i>Allium sativum</i> L.), aos 120 dias após o plantio .....	78
Figura 9 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação no número de bulbilhos do alho ( <i>Allium sativum</i> L.), aos 120 dias após o plantio .....	79
Figura 10 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação na produção de matéria seca da raiz do alho ( <i>Allium sativum</i> L.), aos 120 dias após o plantio .....	81

## RESUMO

Estudaram-se os efeitos de duas formas de aplicação (FA) e cinco níveis de salinidade (NS) da água de irrigação no crescimento do alho (*Allium sativum* L.), cultivado em casa de vegetação. Os tratamentos resultaram da combinação entre formas de aplicação (FA<sub>1</sub> = diretamente ao solo; e FA<sub>2</sub> = molhando a parte aérea da planta) e níveis de salinidade (NS<sub>1</sub> = 0,6; NS<sub>2</sub> = 1,2; NS<sub>3</sub> = 1,8; NS<sub>4</sub> = 2,4; e NS<sub>5</sub> = 3,0 dS/m à 25°C). O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, no esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Avaliaram-se as características de crescimento das plantas em quatro épocas: aos 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio. De acordo com as análises estatísticas, não houve interação entre os dois fatores estudados em nenhuma época; bem como nenhum efeito foi significativo aos 30 dias pós-plantio. A forma de aplicação FA<sub>2</sub> afetou a maioria das características de crescimento do alho aos 120 dias, apenas não influenciando significativamente a razão bulbar e os pesos de matéria seca do bulbo e da raiz. O crescimento das plantas começou a ser reduzido pelos níveis de salinidade aos 60 dias e, aos 120 dias após o plantio, todas as características, exceto a razão bulbar, foram afetadas significativamente com o aumento da concentração salina da água a partir de 1,2 dS/m. Os danos causados, tanto pelas formas de aplicação aos 120 dias como pelos níveis de salinidade aos 60 e 90 dias após o plantio, foram maiores na parte aérea do que na subterrânea. Aos 120 dias pós-plantio, no entanto, o bulbo foi a parte da planta mais afetada pela salinidade, sofrendo uma redução de mais de 50% em peso e superior à observada em diâmetro.

## ABSTRACT

This research was carried out aiming to study the effects of two application ways (AW) and five salinity levels (SL) of the irrigation water on garlic (*Allium sativum* L.) growth under greenhouse conditions. The treatments were the combinations of applications ways (AW<sub>1</sub> = straightly on the soil and AW<sub>2</sub> = wetting the plant shoot) and salinity levels (SL<sub>1</sub> = 0.6, SL<sub>2</sub> = 1.2, SL<sub>3</sub> = 1.8, SL<sub>4</sub> = 2.4 and SL<sub>5</sub> = 3.0 dS/m at 25°C). The experimental design was in randomized complete blocks with four replications, in a 2 x 5 factorial scheme. Garlic plant growth characteristics were evaluated at four periods: 30, 60, 90 and 120 days after planting. According to the statistical analysis, there was no interaction between the two studied factors in all periods; as well no effect was significant when evaluated at 30 days after planting. Most of plant growth characteristics were influenced by the AW<sub>2</sub> water application way at 120 days after planting, excepted the bulbar ratio and the bulb and root dry matter weights. The salinity levels begun to decrease the plant growth at 60 days and, with the exception of the bulbar ratio, at 120 days after planting all of the others growth characteristics were significantly affected as the salt content of the irrigation water enhanced over 1,2dS/m. Damages caused both by the application ways at 120 days and by the salinity levels of the irrigation water at 60 and 90 days after planting were more evident on the aerial portion of the plant than on subterraneous one. However, at 120 days after planting, bulb was the most affected plant part by salinity, which suffered a decreasing of more than 50% in weight and greater than that one observed in diameter.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma cultura agrícola de grande importância sócio-econômica, não apenas pelo seu elevado valor comercial, proporcionando um alto retorno econômico por unidade de área, mas também pelas inúmeras utilidades que apresenta.

Além de ser um condimento de primeira grandeza, suas várias propriedades (nutritiva, medicinal, inseticida e bactericida), já comprovadas pela medicina moderna, não são igualadas por nenhuma outra planta cultivada em larga escala pelo homem (CAMARGO & BARRERA, 1985; BOSE & SOM, 1986).

Contudo, apesar de ser cultivado em dezesseis estados da Federação, tendo Santa Catarina e Minas Gerais como seus maiores produtores (IBGE, 1991), a quantidade e a qualidade do alho nacional não atendem suficientemente à crescente demanda e às exigências do mercado consumidor brasileiro, o que induz à importação do produto (SILVA & ALVARENGA, 1984, 1985; MUELLER & BIASE, 1990).

Segundo a EMBRAPA (1982), nos últimos anos, os produtores brasileiros vem se empenhando para alcançar a auto-suficiência do País no abastecimento de alho, através do aumento da produção nacional com adoção de melhor tecnologia agrícola e expansão da área cultivada.

No Estado da Paraíba, embora haja excelentes condições para exploração da cultura nas Microrregiões Brejo Paraibano e Agreste da Borborema, sua produção ainda é insignificante (FARIAS, 1979). No entanto, o alho vem sendo tradicionalmente cultivado, em pequena escala, no Município de Cabaceiras (Microrregião Cariris Velhos) que oferece condições satisfatórias à cultura, desde que sejam supridas as deficiências hídricas através da irrigação (FARIAS, 1979).

Como um componente no sistema de produção de hortaliças, a irrigação é uma das práticas culturais mais importantes no cultivo do alho, por esta ser uma espécie bastante exigente não só em condições de clima e fertilidade, como também em umidade do solo, para atingir o seu desenvolvimento máximo (SILVA *et alii*, 1981). Por isso, a irrigação influi decisivamente na produção de alho (MENEZES SOBRINHO, 1978a).

↓ Mas, a não observância de determinados princípios básicos - como a escolha do método apropriado para a aplicação da qualidade da água conveniente - conduz, quase sempre, à deterioração das propriedades físicas e químicas do solo, limitando, com isso, o potencial produtivo das culturas. Assim, para o cultivo do alho em solos potencialmente sujeitos à salinização, deve-se ter um controle adequado da qualidade da água e, principalmente, cuidado com o manejo da irrigação e drenagem (MAGALHÃES, 1986).

Em Cabaceiras, entretanto, nos períodos de seca prolongados, os produtores de alho costumam utilizar, de forma indiscriminada, águas de cacimbas e poços escavados no alveo dos rios, que nem sempre se adequam qualitativamente ao uso na irrigação. Isto vem

contribuindo sensivelmente para o aparecimento do problema de salinidade na região e, em consequência, reduzindo a margem de lucro do produtor, devido aos efeitos prejudiciais na produção do alho.

Considerando-se que, apesar da existência de vários trabalhos de pesquisa tratando da tolerância de plantas à salinidade, há poucas informações disponíveis na literatura mundial a respeito do comportamento da cultura do alho em condições de salinidade (MANGAL *et alli*, 1990), faz-se, portanto, necessária a realização de estudos adicionais sobre este assunto. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar o efeito de cinco níveis de salinidade da água de irrigação, quando aplicada de duas formas distintas, no crescimento do alho (*Allium sativum* L.) cv. Branco de Cabaceiras.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISÃO DE LITERATURA

#### 2.1. Qualidade da Água para Irrigação

##### 2.1.1. Generalidades

Nas áreas em que a chuva e/ou a água subterrânea não suprem totalmente a demanda evapotranspirativa das culturas agrícolas, durante a estação de cultivo, a irrigação passa a ser a fonte primeira de água para as plantas (TANJI & HANSON, 1990), tornando o seu uso uma necessidade evidente (SHAINBERG & OSTER, 1978; ARAGUEZ LAFARGA, 1982).

A irrigação é uma prática agrícola muito antiga e bastante utilizada no mundo inteiro, principalmente em regiões sob clima quente e seco, como é o caso particular do Nordeste semi-árido brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas, devido à taxa de evapotranspiração exceder a de precipitação, durante a maior parte do ano.

Assim, a aplicação de água ao solo, através da irrigação, tem como finalidade principal fornecer água suplementar à precipitação efetiva, na quantidade e momento adequados, para satisfazer às necessidades das culturas, proporcionando-lhes um ambiente favorável ao ótimo crescimento e desenvolvimento (RICHARDS, 1954; ARAR, 1971; AYERS & WESTCOT, 1985; TANJI & HANSON, 1990).

O sucesso da agricultura irrigada, todavia, não depende unicamente da quantidade, mas também da qualidade da água disponível para o uso. Pois, assim como a quantidade, a qualidade da água de irrigação aplicada não apenas influencia o rendimento das culturas, como também modifica as propriedades dos solos irrigados, e isto poderá afetar sensivelmente a produtividade nos anos subsequentes (YARDON & VINK, 1973).

Civilizações antigas, nascidas graças ao uso da irrigação, tiveram seu desaparecimento em virtude do manejo inadequado da água e do solo, e conseqüente salinização deste (DAKER, 1988). O emprego de águas de má qualidade na irrigação tem sido, portanto, o principal responsável pela salinização de importantes extensões de terras férteis em diversas partes do mundo (THORNE & PETERSON, 1954; BLACK, 1968; CARTER, 1975; DARGAN, 1979; SZABOLCS & DARAB, 1979). O não reconhecimento deste fato tem levado vários projetos de irrigação ao completo fracasso (REEVE & FIREMAN, 1967; ARAR, 1971).

Independentemente da fonte, toda a água de irrigação contém sais dissolvidos; o tipo e a quantidade destes dependem de sua origem e também de seu curso antes do uso (KOVDA *et alii*, 1973). Qualquer adição de água ao solo, quer seja pela ascensão capilar do lençol freático (se presente a pouca profundidade) quer pela irrigação, implica necessariamente adição de sais ao seu perfil (KAMPHORST & BOLT, 1976). Por isso, a água de irrigação - mesmo de excelente qualidade - pode tornar-se um importante fator de salinização do solo, se não for manejada corretamente (RICHARDS, 1954; REEVE & FIREMAN, 1967; BLACK, 1968; SHALHEVET, 1973; MOLEN, 1974; PIZARRO, 1985; MARTINEZ BELTRÁN, 1986).

A salinização do solo tem se constituído num dos mais sérios fatores limitantes da produção agrícola (BLACK, 1968; DARGAN 1979), especialmente em áreas irrigadas sob condições de aridez e semi-aridez, onde o problema pode se tornar ainda mais exacerbado pelo uso de águas de baixa qualidade para irrigação (MEIRE & SHALHEVET, 1973; KENT & LAUCHLI, 1985).

Todavia, embora a irrigação venha sendo praticada há vários milênios, a importância da qualidade da água para o sucesso do empreendimento só começou a ser reconhecida a partir do início deste último século (WILCOX & DURUM, 1967; SHAINBERG & OSTER, 1978; ARAGUEZ LAFARGA, 1982).

HILGARD (1906) foi um dos primeiros a reconhecer a importância da qualidade da água para irrigação e sugeriu padrões para a classificação, baseados tanto na composição como também na concentração total de sais.

Desde então, vários esquemas foram idealizados no sentido de se estabelecer critérios para a classificação da qualidade agrônômica da água para a irrigação. Porém, a maioria deles apresenta, frequentemente, o inconveniente de uma aplicabilidade geral baixa. Isto porque a generalização, neste caso, é bastante arriscada, pois os fatores que condicionam os critérios de qualidade são de um peso específico tão grande que, em determinadas situações, anulam total ou parcialmente a validade do critério estabelecido (ALLISON, 1964; ARAGUEZ LAFARGA, 1982).

Apesar disso, é de importância universal que se conheçam os critérios gerais para a classificação da qualidade da água, bem como os fatores que influenciam a sua adequação e avaliação para fins de irrigação (KOVDA *et alli*, 1973; ARAGUEZ LAFARGA, 1982).

Pois, levando-se em consideração que a água é um fator limitante na produção vegetal e que, em regiões áridas e semi-áridas, a concentração salina nas águas de irrigação varia com a taxa de evaporação e de acordo com as propriedades químicas dos solos e/ou rochas atravessados pelas mesmas, a falta de uma informação completa e sistemática a respeito de suas qualidades poderia conduzir ao uso de águas de qualidade inadequada, com consequentes efeitos deletérios sobre as propriedades físicas e químicas dos solos (COSTA & GHEYI, 1984).

### 2.1.2. Fatores que interferem na adequação e avaliação da água para fins de irrigação

A adequação de uma água para irrigação depende tanto da sua própria qualidade quanto de outros fatores (WILCOX & DURUM, 1967); visto que uma mesma qualidade de água pode ser considerada perfeitamente adequada para um certo tipo de solo ou cultura, mas ser inadequada para outros (HOORN, 1971).

Assim, a qualidade da água de irrigação pode ser considerada como um importante fator, mas nunca deve ser esquecido que ela é tão-somente um dos fatores e que não é possível desenvolver um sistema de classificação universal que possa ser utilizado sob todas as circunstâncias (HOORN, 1971; YARON, 1973).

Vários fatores, portanto, devem ser considerados quando se verifica a adequabilidade de uma água para fins de irrigação, entre os quais, podem ser apontados: 1) a qualidade da água; 2) as características do solo; 3) a tolerância da cultura; 4) as condições climáticas; e 5) o manejo da irrigação e drenagem (PALACIOS & ACEVES, 1970; HOORN, 1971; RHOADES, 1972; KOVDA *et alli*, 1973; CHRISTIANSEN & *et alli*, 1977).

### 2.1.2.1. Qualidade da água

A qualidade da água de irrigação é determinada pelo seu conteúdo total de sais e composição iônica (RICHARDS, 1954; WILCOX & DURUM, 1967; KOVDA *et alli*, 1973; SHALHEVET & KAMBUROV, 1976).

Segundo HOORN (1971), os principais componentes solúveis da água a serem determinados são: a) concentração total de sais solúveis; b) composição iônica; e c) presença de elementos-traços.

Os materiais inorgânicos e orgânicos em suspensão na água de irrigação, provenientes dos rios, podem ser de importância do ponto de vista de fertilidade do solo, filtrações em canais e necessidade de construção de reservatórios especialmente projetados, mas não é de fundamental importância quanto à adequação da água para fins de irrigação (HOORN, 1971).

#### a. Concentração total de sais solúveis (salinidade)

Dentre os parâmetros utilizados para determinar a quantidade de sais solúveis na água de irrigação, destacam-se dois: 1) a quantidade de sólidos dissolvidos totais (SDT), que pode ser expressa em ppm, meq/l, mg/l ou g/l; e 2) a condutividade elétrica (CE), em dS/m (= mmho/cm) à 25°C (RICHARDS, 1954; WILCOX & DURUM, 1967; PALACIOS & ACEVES, 1970; HOORN, 1971; YARON, 1973; KOVDA *et alli*, 1973; SHAINBERG & OSTER, 1978).

Devido à praticidade e rapidez na sua determinação, além de uma alta precisão na estimativa da salinidade (RICHARDS, 1954; DONEEN, 1975; BOHN *et alli*, 1985), a CE tem sido o parâmetro mais

utilizado para expressar a concentração de sais solúveis na água de irrigação (MEDEIROS, 1992).

De acordo com SHAINBERG & OSTER (1978), para uma mistura de sais no intervalo de até 10 dS/m, há uma relação linear entre SDT e CE da água:

$$\text{SDT (mg/l)} = 640 \times \text{CE (dS/m)}.$$

Vários outros parâmetros têm sido empregados para avaliar o risco de salinidade da água de irrigação, tais como: "salinidade potencial" (EATON, 1954); e "salinidade efetiva" (DONEEN, 1954).

#### **b. Composição iônica**

A composição iônica da água de irrigação não é estática, mas está continuamente variando (KOVDA *et alli*, 1973; YARON, 1973). Por isso, a avaliação de uma água de irrigação deve ser baseada no conhecimento da variação sazonal no seu conteúdo de sais.

A determinação da composição iônica da água é importante do ponto de vista do: 1) perigo de sódio; 2) perigo de bicarbonato; e 3) perigo de cloreto.

##### **b.1. Perigo de sódio (sodicidade)**

O sódio pode ser considerado um dos fatores mais importantes na qualidade da água, devido principalmente ao seu efeito sobre as propriedades do solo. Embora as plantas sensíveis possam sofrer danos como resultado da acumulação de sódio nas células dos tecidos foliares, este exerce um efeito primário sobre o solo e um secundário no crescimento da planta, através da deterioração das condições físicas do solo (HOORN, 1971; KOVDA *et alli*, 1973).

O perigo de sodificação, que resulta do uso de uma certa

água de irrigação, é determinado pelas concentrações absoluta ou relativa de sódio presentes na mesma e pode ser avaliado pela razão de adsorção de sódio (RAS) definida por RICHARDS (1954), que é o índice mais representativo do perigo de sodicidade ou tendência da água de irrigação para formar sódio trocável no solo (WILCOX & DURUM, 1967), e expressa pela equação:

$$RAS = Na^+ / [(Ca^{+2} + Mg^{+2})/2]^{1/2}$$

onde: a RAS é expressa em  $(mmol/l)^{1/2}$  e  $Na^+$ ,  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  representam as concentrações, em meq/l, dos respectivos ions.

### b.2. Perigo de bicarbonato

O ânion bicarbonato é importante na água de irrigação no que diz respeito à precipitação de cálcio e, até certo ponto, também de magnésio no solo (WILCOX & DURUM, 1967; KOVDA *et alii*, 1973).

De fato, nas águas ricas em ions bicarbonato, há uma tendência de o cálcio e o magnésio precipitarem-se no solo em forma de carbonatos à medida que a solução do solo se torna mais concentrada; o que provoca uma mudança na relação entre o sódio e a quantidade total de cátions, aumentando a sua concentração relativa e, conseqüentemente, o efeito do risco de sodicidade da água de irrigação (EATON, 1950; RICHARDS, 1954; WILCOX *et alii*, 1954; HOORN, 1971; ROHADES, 1972; YARON, 1973; BOHN *et alii*, 1985).

### b.3. Perigo de cloreto

O ion cloreto não é, geralmente, incluído nos sistemas de classificação de água modernos, por não ter efeito sobre as propriedades físicas do solo (YARON, 1973) e muitas plantas serem

menos sensíveis aos sais de cloreto do que aos de sulfato (STROGONOV, 1964; HOORN, 1971; KOVDA *et alii*, 1973).

Contudo, o excesso de cloreto pode ser de especial importância para algumas frutíferas arbóreas e para a videira (HOORN, 1971; AYERS & WESTCOT, 1985).

### c. Presença de elementos-traços

Entre os elementos-traços, o boro é o de maior interesse para a classificação da água de irrigação, sobretudo do ponto de vista nutricional, pois apesar de ser extremamente tóxico para certas plantas, a concentração na qual ele danifica as culturas sensíveis é frequentemente a necessária para o crescimento normal das culturas mais tolerantes (EATON, 1935, 1944; RICHARDS, 1954; WILCOX & DURUM, 1967; HOORN, 1971; RHOADES & LOVEDAY, 1990).

#### 2.1.2.2. Características do solo

O comportamento do solo em contato com água salina depende de suas propriedades físicas e conteúdo de sais iniciais (KOVDA *et alii*, 1973). Assim, o conteúdo de argila do solo afeta a capacidade de adsorção de íons que, por sua vez, influencia as propriedades físico-hídricas do mesmo.

Segundo KOVDA *et alii* (1973), visto que a composição química inicial do solo influencia os processos de troca durante o contato solo-água, a aplicação de uma água salina a um solo sem problema de salinidade tornar-lo-á salino, porém o uso desta mesma qualidade de água pode reduzir o nível de salinidade de um solo salino se a drenagem for adequada. Conseqüentemente, como a infiltração e a percolação de água podem variar bastante para

diferentes tipos de solo, diferentes graus de salinização podem ser esperados com a mesma quantidade e qualidade da água de irrigação (KOVDA *et alii*, 1973).

#### 2.1.2.3. Tolerância da cultura

Justamente porque o nosso maior interesse na classificação da água é com fins agronômicos, a cultura é o principal e mais importante fator a ser considerado.

Para HOORN (1971) e KOVDA *et alii* (1973), a avaliação de uma água deve ser baseada na tolerância de uma cultura específica, ou culturas em rotação, ao conteúdo de sais total ou concentração de um ion específico (sódio, cloreto, etc.).

Como o objetivo final de todo projeto de irrigação é uma agricultura rentável, uma redução dos benefícios econômicos ou sociais em decorrência do problema de salinidade é um fator decisivo para a execução do projeto. Segundo HOORN (1971), esta redução pode ser devida tanto a uma redução direta na produção quanto ao fato de se ter que mudar de culturas menos tolerantes para mais tolerantes à salinidade, que podem ser menos rentáveis sob determinado ponto de vista, por exemplo, a troca de uma hortaliça de alto valor comercial e que requeira bastante mão-de-obra por culturas forrageiras de baixo valor comercial e que empregue pouco trabalho.

#### 2.1.2.4. Condições climáticas

A evapotranspiração e a precipitação pluviométrica são os dois principais elementos a serem considerados para a avaliação da água de irrigação. A quantidade de água a ser aplicada durante

uma estação de irrigação depende da evapotranspiração, que afeta o regime de irrigação e, conseqüentemente, o movimento sazonal de sal no perfil do solo. Maior evapotranspiração requer uma maior quantidade de água de irrigação, que, por sua vez, leva a uma maior quantidade de sal e geralmente, apesar da lixiviação, a uma maior salinidade do solo (HOORN, 1971).

#### 2.1.2.5. Manejo da irrigação e drenagem

Os métodos de irrigação influenciam na acumulação de sais no solo e na planta. A aplicação de quantidades de água menores que o uso consumptivo das culturas resultará na acumulação de sais na zona radicular; aumentando-se a aplicação, no entanto, haverá lixiviação dos sais para fora da zona radicular, e um equilíbrio pode ser alcançado entre a concentração de sais da água e do solo (HOORN, 1971; KOVDA *et alii*, 1973).

Todavia, a falta de drenagem adequada, numa área com um lençol freático elevado, provocará uma ascensão capilar de água subterrânea, aumentando a salinidade do solo (KOVDA *et alii*, 1973).

Uma água relativamente salina aplicada por sulcos em solos permeáveis não trará nenhum efeito prejudicial ao crescimento da planta, enquanto a mesma qualidade de água aplicada por aspersão poderá causar redução na produtividade (KOVDA *et alii*, 1973; HOFFMANN *et alii*, 1983).

O aprimoramento do manejo da irrigação será indispensável, portanto, para se obter uma produção agrícola sustentável e atender às crescentes demandas de alimentos nos países em desenvolvimento (JENSEN *et alii*, 1990), como é o caso do Brasil.

## 2.2. Efeitos da Irrigação com Água Salina nos Solos

### 2.2.1. Generalidades

Quando uma água de irrigação é utilizada por vários anos, as propriedades do solo podem ser notadamente afetadas (KELLEY *et alii*, 1940). Pois, como todas as águas contêm certa quantidade de sais solúveis, algumas mudanças irão sempre ocorrer, tanto nas propriedades químicas quanto físicas dos solos, com a introdução da irrigação (SHALHEVET & KAMBUROV, 1976). No entanto, o uso da irrigação pode resultar tanto na melhoria como na deterioração das propriedades dos solos, dependendo da interação dos vários fatores envolvidos no processo.

Os efeitos destrutivos da irrigação sobre as propriedades dos solos têm sido tão drásticos que se tem veemente questionado se a agricultura irrigada pode ser uma prática permanente em terras áridas (PENMAN, *et alii*, 1973; CARTER, 1975). Contudo, a ação a longo prazo da água de irrigação nos diferentes tipos de solos depende das propriedades do próprio solo e, especialmente, das condições de drenagem e do balanço de água e sais do subsolo (AUBERT *et alii*, 1973).

Para YARON & VINK (1973), a agricultura irrigada perturba o relativo estado de equilíbrio dos solos, atuando como um novo e contínuo fator de formação do solo. Este processo induzido pelo homem é denominado metapedogênese. Segundo aqueles autores, enquanto nos processos naturais de formação do solo os fatores pedogenéticos agem, em geral, lentamente e por períodos de tempo prolongados; os fatores metapedogenéticos tendem a ter um efeito forte e, frequentemente, rápido nas propriedades do solo.

Portanto, em solos submetidos a cultivos irrigados, ocorrem normalmente modificações de ordem química, física e biológica num tempo relativamente curto, e numa intensidade que varia em função da qualidade e quantidade de água aplicada, manejo do solo, uso de fertilizantes e características químicas e físicas do solo (PEREIRA & SIQUEIRA, 1979; PEREIRA & CORDEIRO, 1987).

### 2.2.2. Mudanças nas propriedades físicas e químicas dos solos

As propriedades físico-mecânicas dos solos, tais como dispersão das partículas, estabilidade dos agregados, estrutura do solo, permeabilidade e infiltração, são muito sensíveis aos tipos de íons trocáveis presentes no solo (SHAINBERG, 1973, 1975; SHAINBERG & OSTER, 1978), cujas proporções no complexo de troca podem ser extremamente alteradas com o processo de salinização.

Íons divalentes, sobretudo o cálcio, são os responsáveis por muitas propriedades físicas favoráveis, típicas de um "bom" solo; enquanto o sódio adsorvido provoca a expansão e dispersão do solo (SHAINBERG, 1973, 1975; SHAINBERG & OSTER, 1978).

Os efeitos deletérios do sódio trocável nos solos agrícolas são bem conhecidos (RICHARDS, 1954; REEVE & FIREMAN, 1967; BLACK, 1968; KOVDA, *et alii*, 1973; YARDON *et alii*, 1973; POLJAKOFF-MAYBER & GALE, 1975), sabendo-se que uma percentagem de sódio trocável de apenas 10 a 15% é suficiente para causar dispersão do solo, redução da permeabilidade e prejudicar o crescimento da maioria das culturas.

A expansão e dispersão dos minerais de argila causam o desmoronamento estrutural e a redução da permeabilidade que, por

sua vez, resulta em dificuldades na irrigação e drenagem (SHALHEVET & KAMBUROV, 1976).

Por outro lado, os sólidos em suspensão na água de irrigação, bem como a migração de partículas minerais (argila e limo) no perfil do solo, constituem também um importante fator, devido ao papel dominante que desempenham na determinação da textura e permeabilidade dos solos submetidos à irrigação a longo prazo (PENMAN *et alii*, 1973).

A ocorrência de sólidos em suspensão, em alguns casos, pode ser benéfica, quando contribui para melhorar as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo (SCALLOPI & BRITO, 1986). Em outros, porém, pode ser prejudicial, especialmente quando um material estéril, derivado de subsolos de áreas erodidas, é depositado na superfície de um solo naturalmente fértil, resultando em diminuição da produtividade; ou quando a acumulação de sedimentos reduz a permeabilidade do solo e, conseqüentemente, a capacidade de infiltração, o que torna a prática da irrigação algo mais difícil (THORNE & PETERSON, 1954; SCALLOPI & BRITO, 1986).

PENMAN *et alii* (1973) destacam que o elevado intemperismo associado à maior movimentação da água no perfil do solo, particularmente em condições de irrigação com água salina, pode levar a notáveis mudanças na textura do solo. Segundo eles, os solos do *Salt River Valley*, no Arizona, mudaram de franco-arenosos para franco-argilosos, ou mesmo argilosos, após 28 anos de irrigação; o que foi atribuído à desestruturação dos fragmentos graníticos recém-formados no solo, acelerada, talvez, pelo uso de água de irrigação salina em várias épocas.

Algumas vezes, entretanto, um nível maior de sais na solução do solo pode proporcionar a floculação de suas partículas; pois a elevada concentração salina da solução do solo pode comprimir a camada de cátions adsorvidos, melhorando as propriedades físicas do solo, como estrutura e permeabilidade (VERHOEVEN, 1974; SHALHEVET & KAMBUROV, 1976).

Por sua vez, uma baixa concentração salina, especialmente quando há um predomínio de sódio no complexo de troca em relação ao cálcio e magnésio, aumenta a dispersão e movimentação de partículas finas para o interior dos poros, onde podem permanecer alojadas, bloqueando a passagem da água e do ar; causando assim, a deterioração da estrutura e, por conseguinte, a redução da permeabilidade daqueles solos que contêm quantidades significativas de argila (VERHOEVEN, 1974; SCALOPPI & BRITO, 1986).

SHAINBERG (1975) e SHAINBERG & OSTER (1978) destacam que a redução da porosidade, especialmente de macroporos, pode também resultar na redução da aeração e troca de gases, uma vez que os macroporos são os que drenam prontamente após uma irrigação ou chuva, desempenhando, assim, um importante papel.

Para PENMAN *et alii* (1973), a eluviação de argila dos horizontes superficiais e sua deposição nos horizontes inferiores pode ocorrer num grau acelerado sob irrigação, comparando-se com as condições de precipitações naturais, especialmente quando os solos são sódicos e têm uma significativa proporção de sódio no complexo de troca. Conforme esses autores, ainda, a migração de partículas de argila pode ser esperada em seguida ao uso de uma

água de irrigação de baixo conteúdo de sal, o que, por certo, afetaria a textura nos horizontes superficiais e inferiores.

Isto é o que ocorre quando as argilas de um solo sódico se dispersam em consequência da lixiviação do excesso de sais com a água de baixa salinidade (VERHOVEN, 1974; AYERS, 1977; AYERS & WESTCOT, 1985). E as argilas, uma vez dispersadas, podem se mover com a água de percolação até que sejam depositadas em algum outro lugar no perfil do solo (McNEAL, 1974).

A composição dos cátions trocáveis está relacionada com a concentração dos diferentes cátions presentes na solução do solo (RICHARDS, 1954; HOORN & ALPHEN, 1988; RHOADES & LOVEDAY, 1990). Assim, nos solos normais e produtivos das regiões áridas e semi-áridas, o cálcio e magnésio são os principais cátions encontrados na solução do solo e complexo de troca (RICHARDS, 1954; McNEAL, 1974; MOLEN, 1974).

Todavia, quando esses solos são submetidos a águas de irrigação ou subterrâneas salinas, contendo uma alta proporção de sódio, um excesso de sais solúveis pode acumular-se em seus perfis, onde o íon sódio, frequentemente, torna-se o cátion predominante na solução do solo (RICHARDS, 1954; McNEAL, 1974; RHOADES, 1974).

Sob tais condições, uma parte do cálcio e magnésio originalmente adsorvida é substituída pelo sódio. Tais mudanças são causadas pela precipitação e dissolução de minerais pouco solúveis, intemperização de outros minerais do solo, e liberação e adsorção de cátions pelos processos de troca iônica (McNEAL, 1974).

## 2.3. Efeitos da Salinidade no Crescimento e Produção das Culturas

### 2.3.1. Generalidades

Em geral, após cada irrigação, os sais solúveis - que são adicionados ao solo juntamente com a água aplicada - vão se concentrando na solução do solo à medida que as plantas extraem grande parte da água armazenada na zona radicular para os seus processos vitais, através da evapotranspiração (ET), deixando para trás quase todos os sais, em volumes de água remanescente no solo cada vez menores (RHOADES, 1972; KRAMER, 1983; AYERS & WESTCOT, 1985; RHOADES & LOVEDAY, 1990).

Como resultado da ET, a concentração salina da solução do solo remanescente pode aumentar de 4 a 10 vezes mais do que a da água de irrigação, dentro de 3 a 7 dias após a aplicação da mesma (Peterson, 1970, *apud* CARTER, 1975). Mas, se a água for aplicada em excesso e a infiltração e drenagem forem adequadas, a salinidade do solo poderá permanecer num nível baixo (BERNSTEIN, 1974).

Quando a remoção de sais da zona radicular é bastante restrita, no entanto, esta razão pode ser facilmente elevada para 20 vezes ou mais, com danos consequentes para muitas culturas (BERNSTEIN, 1974).

Além disso, se a água for parcamente fornecida, ou um lençol freático elevado for desenvolvido, impedindo a percolação do excesso de água, a concentração da solução do solo poderá atingir valores cerca de 40 a 80 vezes maiores do que o da água original (DONEEN, 1975).

Portanto, como a cada irrigação acrescenta-se cada vez mais sais ao solo, para se evitar perdas nos rendimentos das culturas motivadas por uma acumulação excessiva e conseqüente salização, parte desses sais deve ser eliminada por lixiviação e drenagem, mantendo-se na zona radicular uma concentração salina inferior àquela que afetaria o crescimento e a produção das culturas (AYERS & WESTCOT, 1985; RHOADES & LOVEDAY, 1990).

Muitas vezes, a salinidade pode reduzir bastante a produção sem, contudo, apresentar sintomas de danos, de maneira que o agricultor não tem noção de causa (CRUCIANI, 1987). Pois, mesmo sofrendo uma redução de até 25 a 50%, as plantas podem apresentar-se com um aspecto homogêneo, sem danos claramente visíveis (HOORN & ALPHEN, 1988).

### 2.3.2. Formas pelas quais a salinidade afeta as plantas

As plantas requerem certos elementos minerais para o seu crescimento normal e os absorve do solo, principalmente na forma de sais solúveis; porém, concentrações de sais excessivas são prejudiciais (BERNSTEIN, 1961a). Por isso, o grau no qual esses ions se encontram em excesso na solução do solo (sais solúveis) ou na fração trocável (sódio) representa uma medida do problema de salinidade (REEVE & FIREMAN, 1967).

De acordo com BERNSTEIN (1958), o grau de salinidade no solo varia desde um nível baixo, permitindo a maioria das culturas desenvolver-se bem, até níveis tão elevados em que nenhuma cultura consegue mais crescer (Tabela 1).

EPSTEIN (1972) ressalta que, numa escala universal, o mais importante componente prejudicial do solo é o sal, visto que ele

**TABELA 1 - Relação entre o conteúdo de sais na zona radicular e o crescimento das plantas, em solos de textura média (escala de Schofield adaptada).**

RESPOSTA DAS CULTURAS	CE <sub>es</sub> (dS/m)	CONTEÚDO DE SAL (% em peso seco)
Efeitos da salinidade desprezíveis.	0 - 2	0,05 - 0,10
Os rendimentos de culturas mais sensíveis (feijoeiro e a maioria das frutíferas) podem ser reduzidos.	2 - 4	0,10 - 0,20
Os rendimentos de muitas culturas são reduzidos.	4 - 8	0,20 - 0,40
Só dão bons rendimentos culturas tolerantes (para valores baixos do intervalo: algodão, colza, beterraba açucareira, cevada, a maioria das pastagens e alguns trevos; para valores altos do intervalo: algumas pastagens resistentes à salinidade.	8 - 16	0,40 - 0,80
Somente culturas altamente resistentes podem sobreviver.	> 16	> 0,80

Fonte: VERHOEVEN (1974).

consegue restringir o crescimento de plantas, em grandes áreas do globo, mais do que o faz qualquer outra substância inibidora que elas possam encontrar no ambiente natural. Segundo ele, o grau de salinidade do solo é, em grande parte, um dos principais fatos da vida vegetal, senão de toda vida sobre a face da Terra.

Porém, embora todo solo contenha uma certa mistura de sais solúveis, nem todo ele pode ser considerado salino. Além do que, segundo FEIGIN (1985), a concentração de nutrientes desejada no solo se encontra usualmente bem abaixo do nível necessário para causar um efeito de salinidade. E, aliás, muitos desses sais são essenciais e estimulam o crescimento da planta; enquanto outros

são inócuos, pelo menos quando presentes no meio em pequenas quantidades (RICHARDS, 1954; DAHIYA *et alii*, 1983; MAAS, 1985).

STROGONOV (1964) salienta, entretanto, que a acumulação, mesmo sendo de sais inócuos, reduz o potencial osmótico da solução do solo, tornando difícil o suprimento de água às plantas. Pois, a presença simultânea de nutrientes e sais na zona radicular pode influenciar a absorção iônica pelas plantas e afetar sua composição química (FEIGIN, 1985).

Segundo YARON *et alii* (1973), somente quando a acumulação de sais solúveis atinge um nível prejudicial ao crescimento da planta, é que se tem por desenvolvida a condição de salinidade no solo; ou seja, é a cultura que define a salinidade do solo, de modo que um solo com problemas de sais para uma dada cultura pode ser bem adequado para outra.

Para AYERS & WESTCOT (1985), existe problema de salinidade quando os sais se acumulam na zona radicular numa concentração tal que provoca perdas na produção.

Os íons que contribuem efetivamente para a salinidade dos solos e águas são os cations: sódio ( $\text{Na}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ) e os ânions: cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{--}$ ) e bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) (BERNSTEIN, 1961a, 1974; ALLISON, 1964; BLACK, 1968; MAAS & HOFFMAN, 1976; AYERS, 1977; BRESLER *et alii*, 1982).

Esses íons são, quase sempre, provenientes dos sais contidos nas águas de irrigação ou lençol freático elevado, e incorporados ao perfil do solo através do processo de irrigação (AYERS & WESTCOT, 1985).

Individualmente, cada um desses íons pode ter efeitos específicos, embora alguns efeitos sejam raramente encontrados;

Já em conjunto, os íons respondem pela concentração salina total que produz *efeitos osmóticos* (BRESLER *et alli*, 1982).

Portanto, o efeito da salinidade nas plantas resulta de duas ameaças distintas que são dois aspectos únicos e inerentes à própria salinidade: baixo potencial osmótico - que restringe a absorção de água -, e altas concentrações de íons específicos - que podem ser tóxicos e causar desordens fisiológicas nos tecidos da planta (EPSTEIN, 1972; BERNSTEIN, 1974; FEIGIN, 1985; MENGEL & KIRKBY, 1987).

#### 2.3.2.1. Efeitos osmóticos

A água e os nutrientes nela dissolvidos são absorvidos do solo pelas plantas, através dos pelos absorventes da raiz, de certo modo pelo processo físico de osmose. Assim, a água pode mover-se do solo para dentro da raiz, enquanto o potencial osmótico nas células dos pelos absorventes for menor do que aquele da água do solo (FOLLETT *et alli*, 1981).

Qualquer aumento no conteúdo de sais solúveis do solo, entretanto, provoca um decréscimo no potencial osmótico da solução que o permeia. Sendo assim, níveis de sal elevados no solo reduzem o potencial osmótico da água e, em consequência, o potencial hídrico do solo, diminuindo, pois, a quantidade de água disponível às plantas (FOLLETT *et alli*, 1981; MENGUEL & KIRKBY, 1987; RHOADES & LOVEDAY, 1990). E com isso, menos água flui do solo para as plantas, levando-as ao estresse hídrico, devido à dificuldade das raízes em absorver água.

Quanto mais aumenta a concentração salina da solução do solo, portanto, mais diminui o seu potencial osmótico. E, assim,

chega um determinado ponto em que as células das raízes das plantas não tendo a força de sucção suficiente para vencer o elevado potencial osmótico da solução ambiente, não podem mais absorver água do solo e, então, morrem; a menos que sejam capazes de se ajustarem osmoticamente através da acumulação de solutos (sais) inorgânicos ou fotossintetizados (HAYWARD & SPURR, 1943; BERNSTEIN, 1961b, EPSTEIN, 1972; KRAMER, 1983; KLAR, 1984; MENGEL & KIRKBY, 1987).

Diante do fato de que as células do tecido radicular das plantas, sob condições salinas e sem osmorregulação, são impedidas de absorver água do substrato ou fazem-no numa velocidade muito pequena, como resultado da inibição osmótica imposta pela elevada concentração salina da solução nutritiva, supunha-se (MAGISTAD *et alii*, 1943; GAUGH & WADLEIGH, 1945; BERNSTEIN & PEARSON, 1954), quando do início das investigações a respeito da natureza dos efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento vegetal, que a ação predominante dos sais solúveis, presentes no meio de crescimento, era do tipo osmótica.

EPSTEIN (1972) ressalta que o aspecto osmótico desse dilema, tem sido, tradicionalmente, o principal nas considerações tanto dos ecólogos (Schimper, 1935), bem como dos cientistas agrícolas (Bernstein & Hayward, 1958).

Isto se explica pelo fato de que a maioria das observações realizadas, até então, tinham se limitado à influência dos efeitos devidos tão-somente à salinidade. Uma vez que os principais contribuintes para o potencial osmótico das soluções nutritivas usadas consistiam de vários sais simples, ou de partes iguais de cloreto de sódio e de cálcio relacionados por um valor

de RAS suficientemente pequeno para excluir a possibilidade dos efeitos da composição iônica na redução do crescimento (LAGERWERFF & HOLLAND, 1960; STROGONOV, 1964).

Os efeitos osmóticos no crescimento da planta decorrem da concentração de eletrólitos, ou salinidade no sentido restrito, e não estão especificamente relacionados com a natureza do soluto envolvido (Richards & Wadleigh, 1952, *apud* LAGERWERFF & HOLLAND, 1960). Donde se depreende que, na ausência de efeitos de ions específicos, a redução no crescimento da planta está geralmente relacionada ao potencial osmótico da solução do solo na zona radicular (BERNSTEIN, 1958; MAAS & HOFFMAN, 1977; BRESLER *et alii*, 1982).

Por outro lado, além do efeito osmótico dos sais solúveis totais, muitas culturas são sensíveis a ions específicos presentes na água de irrigação e solução do solo (BOHN *et alii*, 1985).

Para MENGEL & KIRKBY (1987), o turgor adequado apresentado por plantas cultivadas em condições salinas implica que o efeito prejudicial dos sais solúveis no crescimento das plantas resulta muito mais de desordens fisiológicas induzidas pelo sal do que dos efeitos osmóticos *per se*. Isto foi demonstrado experimentalmente através da comparação do crescimento da planta em soluções isoosmóticas de potencial hídrico baixo com e sem efeito dos sais (LAGERWERFF & EAGLE, 1961).

LAUHLI & EPSTEIN (1984) sustentam a hipótese de que, em muitas glicófitas, a salinidade inibe o crescimento e o desenvolvimento da planta principalmente pelos ions específicos. Ainda, de acordo com esses autores, muitas pesquisas realizadas

no passado deram ênfase aos efeitos osmóticos, através dos quais a disponibilidade de água para as plantas é restringida; entretanto, suas pesquisas levam à conclusão de que os efeitos de ions específicos merecem, pelo menos, crédito semelhante como causa da redução de crescimento induzida pelo sal.

#### 2.3.2.2. Efeitos de ions específicos

Sabe-se que a salinidade excessiva retarda ou impede a germinação da semente e reduz a taxa de crescimento da planta. Embora estes efeitos estejam, muitas vezes, associados a baixos potenciais osmóticos da solução do solo que prejudicam a capacidade da planta para absorver água, alguns deles, no entanto, podem ser devidos ao desequilíbrio nutricional ou à toxicidade causados por ions específicos (BERNSTEIN, 1961a; REEVE & FIREMAN, 1967).

Segundo BRESLER *et alii* (1982), os efeitos da salinidade provocados pelos ions específicos são duplos, posto que um excesso de ions específicos tanto pode ser tóxico a vários processos fisiológicos quanto pode causar desordens nutricionais.

##### a. Tóxicos (diretos)

A toxicidade é um problema que ocorre internamente na planta e não é provocado pela deficiência hídrica, diferindo, portanto, do problema de salinidade (AYERS & WESTCOT, 1985).

Os problemas de toxicidade surgem quando certos elementos (ions) constituintes do solo ou da água são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos em concentrações suficientemente altas (tóxicas) para provocar danos e reduzir

seus rendimentos (WILCOX, 1960; AYERS & WESTCOT, 1985).

Para SMEDEMA & RYCROFT (1988), enquanto os problemas osmóticos são causados pela alta concentração da solução do solo, a causa dos problemas de toxicidade, ao que se supõe, deve-se a uma concentração elevada de um cátion ou ânion específico, ou a uma composição salina desfavorável na solução do solo, resultando numa excessiva ou desbalanceada absorção pelas plantas.

De fato, as condições específicas reinantes em solos salinos e/ou sódicos podem afetar notadamente diferentes processos metabólicos das plantas, tais como: assimilação de CO<sub>2</sub>, fotossíntese, síntese de proteínas, respiração, relações hídricas, reações enzimáticas e conversão de fitohormônios (STROGONOV, 1964; EPSTEIN, 1972; MEIRI & SHALHEVET, 1973; BERNSTEIN, 1975; SHANNON, 1979; MENGUEL & KIRKBY 1987).

Certos íons constituintes dos sais são especificamente tóxicos a algumas culturas. Entretanto, sabe-se que alguns íons são mais prejudiciais do que outros e que, por sua vez, certas culturas são capazes de tolerar altas concentrações de sal, enquanto outras são sensíveis a baixas concentrações (THORNE & PETERSON, 1954).

De acordo com STROGONOV (1964), o efeito prejudicial da toxicidade de sais no desenvolvimento das culturas é variável, dependendo do tipo e da concentração dos íons envolvidas, além da espécie ou variedade vegetal. Para AYERS & WESTCOT (1985), a magnitude dos danos depende não apenas da quantidade de íons absorvida, mas também da sensibilidade das plantas, de modo que certos íons tóxicos mesmo em pequenas concentrações (p. ex., 0,5 ppm de boro) podem causar danos às culturas mais sensíveis.

Toxicidades de íons específicos estão comumente associadas a espécies lenhosas e resultam de concentrações excessivas de sódio e cloreto (BERNSTEIN, 1975).

As toxicidades por cloreto, sódio e borato são as causas mais comuns de íons específicos, segundo ALLISON, 1964; MEIRI & SHAVELHET (1973), AYERS (1977) e AYERS & WESTCOT (1985); todavia, outros íons quando em concentrações suficientemente elevadas podem ser igualmente tóxicos, como por exemplo: bicarbonato e carbonato, sulfato, cálcio, magnésio, potássio, nitrato e lítio (EATON, 1942; THORNE & PETERSON, 1954; ALLISON, 1964; BLACK, 1968; EPSTEIN, 1972; MEIRI & SHALEVET, 1973; BERNSTEIN, 1974; BRESLER *et alii*, 1982; BOHN *et alii*, 1985; RHOADES & LOVEDAY, 1990).

Os sintomas de toxicidade também podem se manifestar quando as folhas, ao serem molhadas durante a aplicação de água por aspersão, absorvem íons tóxicos (MAAS, 1985); sendo que o sódio e o cloreto são os principais íons absorvidos por via foliar e a toxicidade, tanto de um deles quanto de ambos, pode causar problemas para as culturas sensíveis, como os citros (AYERS & WESTCOT, 1985).

Os níveis tóxicos destes íons diferem consideravelmente entre as plantas, e são mais altos para o cloreto e mais baixos para o boro (MEIRI & SHALEVET, 1973). A acumulação de níveis excessivamente elevados de íons nas folhas das plantas resulta na morte da célula e necroses (PEARSON, 1960; WILCOX, 1960; MEIRI & SHALHEVET, 1973).

#### **b. Nutricionais (indiretos)**

Os efeitos de íons específicos não necessariamente envolvem

a ação direta do sal ou ion no tecido vegetal; alguns se fazem sentir pelo desequilíbrio que provocam na absorção de nutrientes essenciais ao metabolismo normal da planta.

Embora não muito comumente, os efeitos nutricionais podem não apenas ser específicos a espécies, mas também altamente específicos a cultivares (BERNSTEIN, 1974). Tal é o caso de algumas variedades de alface que são susceptíveis a deficiência de cálcio induzida pelo sulfato (BERNSTEIN, 1964a).

O sódio não somente causa os sintomas de danos foliar específicos observados em culturas perenes, como também afeta a nutrição das plantas (BERNSTEIN, 1974).

Quando altas concentrações de sais simples são adicionadas a uma solução nutritiva base adequada, podem provocar desequilíbrio nutricional ou deficiências. Por exemplo, altas concentrações de sais de cálcio são muito pouco toleradas pelo feijoeiro que acumula avidamente o cálcio, o que acarreta com frequência desequilíbrio iônico (alta relação Ca/K) ou deficiências (K e/ou Mg), conforme BERNSTEIN (1974). O milho, por sua vez, requer um nível de cálcio elevado, sob condições salinas, para uma adequada nutrição de Ca (BERNSTEIN, 1964a). Quando misturas de sais são usadas, a maioria das culturas são um pouco mais tolerantes a maiores proporções de sais (BERNSTEIN, 1974).

Por outro lado, os efeitos de ions específicos podem virtualmente destruir a produção, mesmo quando o crescimento da planta tenha sido apenas moderadamente afetado. O *fundo preto* do tomateiro e o *amarellecimento interno* da alface, ambos causados por deficiência de cálcio sob certas condições salinas, podem provocar perdas quase total da colheita (BERNSTEIN, 1964a).

## 2.4. Tolerância das Plantas à Salinidade

### 2.4.1. Generalidades

A salinidade afeta as culturas agrícolas de diversas maneiras, de modo que o crescimento e a produção daquelas mais sensíveis são bastante afetados pelos seus efeitos deletérios.

Todavia, existem duas maneiras de se minimizar os problemas decorrentes da salinidade: 1) adotar práticas adequadas de manejo de solo e água para evitar ou reduzir ao máximo o acúmulo de sais no perfil do solo, e com isso proteger as plantas, ou seja, melhorar o solo para a adaptação das plantas; e 2) selecionar adequadamente as culturas ou cultivares que possam produzir economicamente sob condições salinas, isto é, melhorar as plantas visando a sua adaptação ao solo.

Sob determinadas circunstâncias, entretanto, em que a água disponível para irrigação é salina, a profundidade do lençol freático é pequena, a infiltração do solo é deficiente, ou ainda, a drenagem não pode ser melhorada o suficiente para evitar a formação de sais no solo, torna-se difícil ou antieconômico manter um nível de salinidade aceitável para a cultura em exploração.

Nestes casos, a única alternativa viável - que representa uma parte essencial do manejo bem sucedido de solos afetados por sais - é a seleção criteriosa de culturas que sejam, ao mesmo tempo, mais tolerantes à salinidade, assim como possam produzir economicamente (RICHARDS, 1954; BERNSTEIN, 1958; CARTER, 1975; FOLLETT *et alii*, 1981; FAGERIA *et alii*, 1981; DAHIYA *et alii*, 1983; MAAS, 1984; AYERS & WESTCOT, 1985; FAGERIA, 1984, 1989).

Mas, para que uma espécie vegetal possa ser melhorada por seleção, faz-se necessário que apresente variabilidade genética suficiente com relação à característica desejada. Pois, a seleção não cria variabilidade, mas sim atua sobre a já existente (ALLARD, 1971). Segundo FABERIA (1989), a variabilidade genética da planta refere-se a característica hereditária de uma espécie ou cultivar que mostra diferença de crescimento ou produção em comparação com outra espécie ou cultivar, sob condições ambientais ideais ou adversas.

Felizmente, nem todas as culturas respondem de maneira semelhante à salinidade; algumas são capazes de produzir satisfatoriamente em níveis de salinidade do solo elevados em que outras não o conseguiriam (AYERS & WESTCOT, 1985). Pois as plantas diferem amplamente em sua capacidade de tolerar os sais no solo (FOLLETT *et alii*, 1981).

Hayward e Wadleigh (1949), *apud* GHEYI *et alii* (1987), destacam que a tolerância à salinidade e sodicidade varia de cultura para cultura e, dentro de uma mesma espécie, de acordo com a cultivar e o ciclo fenológico; havendo casos em que as diferenças entre cultivares são maiores do que entre espécies (WITHERS & VIPOND, 1988).

É importante, portanto, que se conheça a tolerância de diferentes culturas e cultivares, a fim de que se possa plantar aquelas que darão as melhores produções sob condições de salinidade (BERNSTEIN, 1958, 1964b). Atualmente já é reconhecido, em várias partes do mundo, que existe variação genética na tolerância à salinidade dentro e entre espécies, e que esta variação pode ser usada para se desenvolver cultivares

especialmente adaptadas aos solos afetados por sais (EPSTEIN & RAINS, 1987).

Uma vez selecionadas as cultivares tolerantes, estas podem ser prontamente usadas para a produção, se forem economicamente produtivas, ou reutilizadas como banco de germoplasma, em programas de melhoramento genético, para a incorporação desta característica em outras cultivares agronomicamente mais promissoras (FAGERIA, 1989). Recentemente, tem aumentado o interesse por esta técnica, em virtude dos resultados animadores alcançados (AYERS & WESTCOT, 1985).

A literatura indica que, além de auxiliar na recuperação do solo, o uso de cultivares tolerantes à salinidade pode ser uma ação complementar para se produzir em solos salinizados; havendo, portanto, possibilidade de se solucionar o problema da salinidade através da seleção e melhoramento genético de plantas (FAGERIA *et alii*, 1981; KLAR, 1984; FAGERIA, 1984, 1989; AYERS & WESTCOT, 1985; GHEYI *et alii*, 1987).

#### 2.4.2. Classificação das culturas e cultivares com relação à tolerância à salinidade

As plantas são cultivadas com diversos propósitos, tais como: alimentação, produção de fibras e óleos, ornamentação e paisagismo. A seleção de plantas tolerantes à salinidade, para cada uma destas finalidades, pode envolver diferentes critérios. Por exemplo, a produção máxima não é provavelmente importante para fins de ornamentação e paisagismo, no entanto, é o principal elemento a ser considerado por aqueles que cultivam para sustentar a si e seus familiares (BRESLER *et alii*, 1982).

De acordo com Hayward & Wadleigh (1949), *apud* FAGERIA (1984, 1989), a tolerância de uma espécie ou cultivar aos sais pode ser avaliada segundo três critérios:

1) A tolerância pode ser considerada como a capacidade de sobrevivência da planta sob condições de elevada concentração salina. Uma espécie em meio com alta concentração de sais, embora permaneça viva, pode ou não crescer. Assim, a capacidade de sobrevivência de uma planta, quando submetida a aumentos crescentes de salinidade, é uma medida de tolerância aos sais. Este critério é muito utilizado pelos ecólogos.

2) A tolerância ao sal pode ser avaliada do ponto de vista da capacidade produtiva da planta, quando sujeita a um dado nível de salinidade. Por exemplo, algumas cultivares de uma mesma espécie podem ser testadas em um solo contendo um certo nível de salinidade, e a cultivar mais produtiva pode ser considerada a mais tolerante. Este critério é largamente utilizado pelos pesquisadores, pela sua importância agronômica, para comparar o comportamento de cultivares de uma mesma espécie.

3) A tolerância à salinidade pode ainda ser apreciada comparando-se o comportamento, em termos de produção relativa, de uma espécie ou cultivar submetida a um certo nível de salinidade com o seu comportamento em solo não salino. Este é o método mais vantajoso porque a comparação entre espécies é mais rapidamente avaliada.

MAAS & HOFFMAN (1977) concluíram, após uma vasta revisão dos dados de tolerância à salinidade, que a produção das culturas não é reduzida até que um limite crítico na concentração de sais do solo seja excedido; e que a tolerância das culturas pode ser

tipicamente expressa em termos de decréscimos de produção associados aos acréscimos de salinidade do solo, ou como produção relativa em solo salino versus solo não salino.

Os dados de tolerância à salinidade do solo, fornecidos em tabelas de classificação, indicam que a taxa de crescimento da planta decresce linearmente à medida que a salinidade aumenta acima de um nível crítico (salinidade limiar), a partir do qual a taxa de crescimento começa a decrescer. Segundo MAAS & HOFFMAN (1977), este decréscimo linear na produção está em concordância com os dados de campo em toda a faixa de variação usual da salinidade. Desvios da linearidade ocorrem apenas em produções consideravelmente menores que 50% da potencial, num nível em que a produção é economicamente inaceitável (MAAS & HOFFMAN, 1976, 1977).

Os níveis de salinidade a 0% de produção fornecem uma estimativa da salinidade máxima que as plantas podem tolerar e são usados para calcular necessidades de lixiviação (SHAINBERG & OSTER, 1978; BRESLER *et alii*, 1982; AYERS & WESTCOT, 1985).

A equação seguinte expressa a relação linear entre a salinidade e a produção:

$$Y = 100 - b (CE_{es} - SL)$$

onde: Y = produção potencial da cultura (%);

EC<sub>es</sub> = salinidade do extrato de saturação do solo (dS/m);

SL = nível de salinidade em que a produção começa a decrescer ou salinidade limiar (dS/m); e

b = decréscimo da produção por unidade de aumento na salinidade.

O valor  $b$  pode ser determinado a partir da seguinte expressão:

$$b = \frac{100}{EC_{es} \text{ a } 0\% \text{ de produção} - EC_{es} \text{ a } 100\% \text{ de produção}}$$

Os valores de  $EC_{es}$  associados a qualquer percentagem de produção potencial, que não a de 100%, podem ser calculados pela expressão resultante da equação de produção, desenvolvida por MAAS & HOFFMAN (1976), de forma rearranjada, como segue-se:

$$EC_{es} = \frac{100 + b.SL - Y}{b}$$

Os limites de tolerância relativa, embora arbitrários, são úteis na comparação entre culturas e para o planeamento geral (AYERS & WESTCOT, 1985). Segundo MAAS & HOFFMANN (1976, 1977) e MAAS (1986), as tolerâncias relativas das culturas são classificadas de acordo com os limites de tolerância constantes na Tabela 2.

#### 2.4.3. Mecanismos da tolerância à salinidade

À medida que aumenta a concentração salina da concentração do solo, aumenta a sua pressão osmótica e chega um momento em que as raízes das plantas não têm a força de sucção necessária para vencer essa pressão osmótica, e, em consequência, não absorve mais água do solo. É por isso que o carácter de halofismo (tolerância a habitats salinos) deve-se a adaptações morfológicas ou fisiológicas das plantas, que lhes permitem absorver água de soluções com elevada pressão osmótica (PIZARRO, 1985).

Segundo MAAS & NIEMAN (1978), o princípio da tolerância das plantas à salinidade está fundamentado em mecanismos de adaptação

**TABELA 2 - Limites para classificação da tolerância das culturas à salinidade do solo.**

Grupos de Tolerância Relativa	Nível de salinidade do solo ( $EC_{es}$ ) em que a produção (Y) começa a decrescer		
Sensíveis	<	1,3	dS/m
Moderadamente sensíveis	1,3 -	3,0	"
Moderadamente tolerantes	3,0 -	6,0	"
Tolerantes	6,0 -	10,0	"
Sem uso agrícola	>	10,0	"

Fonte: AYERS & WESTCOT (1985) e MAAS (1986).

de naturezas morfológica e fisiológica, como discutido a seguir:

#### 2.4.3.1. Mecanismo morfológico

A medida que a concentração salina aumenta acima de um limite tolerável, a taxa de crescimento e o tamanho final da maioria das espécies de plantas diminuem progressivamente (MAAS & HOFFMANN, 1977). Assim, um dos principais efeitos negativos da salinidade é, sem dúvida, o aumento da resistência à absorção de água pelas raízes das plantas (HAYWARD & SPURR, 1944).

Por outro lado, o mais evidente mecanismo da tolerância à salinidade é a adaptação morfológica das plantas. Portanto, nas espécies tolerantes ocorrem alterações morfológicas e anatômicas para superar a deficiência hídrica (MAAS & NIEMAN, 1978; SHANNON, 1979; FAGERIA, 1984, 1989).

A mudança de estrutura inclui: redução do tamanho e número de folhas, diminuição do número de estômatos e alteração na sua distribuição nas folhas, aumento na grossura da cutícula foliar e diminuição da diferenciação e do desenvolvimento do tecido vascular (MAAS & NIEMAN, 1978, SHANNON, 1979, FAGERIA, 1984, 1989).

Além do mais, a salinidade frequentemente inibe menos o crescimento das raízes do que o da parte aérea, resultando numa menor relação parte aérea/raiz (EATON, 1942; BERNSTEIN & PEARSON, 1954; MEIRI & POLJAKOFF-MAYBER, 1970; MAAS *et alii*, 1972; MAAS & HOFFMANN, 1977; SHANNON, 1979; FAGERIA, 1984, 1989). Com isso, a planta aumenta a sua capacidade de absorção de água e diminui a taxa de transpiração (FAGERIA, 1984, 1989).

Entretanto, nem todas as partes da planta são igualmente afetadas pela salinidade (MAAS & HOFFMANN, 1977), bem como essas adaptações variam tanto de espécie para espécie como de cultivar para cultivar (FAGERIA, 1984, 1989).

#### 2.4.3.2. Mecanismo fisiológico

As plantas tolerantes à salinidade são capazes de se ajustar ao estresse osmótico, ou seja, as células aumentam a sua concentração de solutos com decréscimos nos potenciais internos de água, que tornam-se suficientemente mais baixos que os potenciais de água externos (BRESLER *et alii*, 1982; KLAR, 1984; FAGERIA, 1984, 1989). O ajustamento osmótico envolve tanto a absorção e a acumulação de ions inorgânicos quanto à síntese de solutos orgânicos, como carboidratos e ácidos orgânicos (KRAMER, 1983; FAGERIA, 1984, 1989).

Por exemplo, *Salicornia herbacea* pode crescer em solos bastante salinos, devido a seu plasma celular ser muito permeável aos sais e ao fato de que acumula grandes quantidades de sais em seus órgãos, com o que eleva a pressão osmótica interior, que se aproxima à da solução do solo, facilitando a absorção de água.

Outras plantas halófitas acumulam substâncias orgânicas: *Salsola soda*, que acumula ácidos orgânicos, e *Artemisia maritima*, que acumula hidratos de carbono (PIZARRO, 1985).

Para FAGERIA (1984, 1989), a contribuição relativa de vários ions no ajustamento osmótico depende do mecanismo regulador do transporte de ions, como permeabilidade da membrana, cinética de transporte, energia e seletividade. Segundo ele, ainda, a taxa de absorção varia de ion para ion e, por isso, influencia o balanço iônico da planta. Por exemplo, o cloreto contribui muito mais para o ajustamento osmótico que o sulfato, porque a absorção de cloreto é muito mais rápida que a do sulfato. Quando a salinidade consiste predominantemente de cátions monovalentes e ânions divalentes, como  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , a taxa de absorção de cátions é maior que a de ânions (FAGERIA, 1984, 1989). Nesta situação, o balanço é alcançado através da síntese e da acumulação de ácidos orgânicos (MAAS & NIEMAN, 1978).

FAGERIA (1984, 1989) destaca que o mais importante mecanismo para regular o estresse osmótico talvez seja a absorção seletiva de ions; pois plantas tolerantes possuem a capacidade de adquirir nutrientes essenciais na solução salina em que a concentração de ions não essenciais (tóxicos) é muito maior que a de ions essenciais. Por exemplo, a concentração de sódio em solos salinos é maior que a de potássio. Entretanto, a relação Na/K, em plantas que crescem nesse tipo de solo, é, aproximadamente, um ou menos (FAGERIA, 1984, 1978). Esta alta especificidade para absorção de potássio está presente em várias espécies de plantas (PITMAN, 1970).

Apesar do ajustamento osmótico mediante absorção e síntese de solutos, mantendo um gradiente de potencial entre o ambiente e as células das plantas, a velocidade com que a água é absorvida pode ser tão baixa que o crescimento e o metabolismo em geral podem declinar consideravelmente; ademais, a capacidade da célula vegetal para acumular sais é limitada (KRAMER, 1983; KLAR, 1984). No entanto, a tolerância salina pode ser melhorada por seleção, aumentando a capacidade de ajuste osmótico e acumulação de sais (KLAR, 1984).

Em suma, a tolerância das culturas agrícolas à salinidade, provavelmente, não dependa de um único mecanismo da planta, mas, sobretudo, da adaptação total da planta ao ambiente, como no caso das plantas halófitas (Chapman, 1960; Weisel, 1972, *apud* FAGERIA, 1984, 1989).

#### 2.4.4. Fatores que influenciam a tolerância das culturas anuais à salinidade

A tolerância das espécies ou cultivares aos sais é expressa, geralmente, pela relação entre a condutividade elétrica do meio de crescimento e a produção (RICHARDS, 1954; MAAS & HOFFMANN, 1977; FEIGIN, 1985; FAGERIA, 1984, 1989).

Como a resposta da planta à salinidade, em termos de produção, não depende apenas da concentração de sais, um estudo rigoroso da tolerância das plantas à salinidade deverá considerar, além da quantidade de sais solúveis totais, outros fatores que frequentemente interferem na produção, tais como: planta, solo e clima (SHAINBERG & OSTER, 1978; AYERS & WESTCOT, 1985; PIZARRO, 1985; MAAS, 1985, 1986; FAGERIA, 1984, 1989).

#### 2.4.4.1. Fatores da planta

##### a) Estádio de crescimento

A salinidade afeta a planta durante todo o seu ciclo fenológico, entretanto, a sensibilidade das culturas geralmente varia com o estágio de crescimento da planta (SHAINBERG & OSTER, 1978; BRESLER *et alii*, 1982; FAGERIA, 1989). Por exemplo, o arroz, a aveia, o trigo e o milho são mais sensíveis durante os estádios de emergência e de plântula do que durante a germinação ou os estádios posteriores, inclusive desenvolvimento dos grãos, com exceção do arroz, que também é sensível durante o estágio de floração (SHAINBERG & OSTER, 1978; BRESLER *et alii*, 1982; FAGERIA, 1989). Culturas como beterraba e girassol, ao contrário, são mais sensíveis, durante a germinação (SHAINBERG & OSTER, 1978; BRESLER *et alii*, 1982; FAGERIA, 1989).

##### b) Cultivares

Diferenças varietais, com relação à tolerância à salinidade, também existem entre as cultivares de uma mesma espécie, no caso de culturas anuais (BRESLER *et alii*, 1982; MAAS, 1984, 1985, 1986; AYERS & WESTCOT, 1985; GHEYI *et alii*, 1987). Contudo, as maiores diferenças em tolerâncias parece ser entre cultivares de espécies com maior tolerância à salinidade (AYERS & WESTCOT, 1985).

Segundo FAGERIA (1984, 1989), os trabalhos realizados no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF) da EMBRAPA, mostraram diferenças significativas entre cultivares de arroz e feijão.

A tolerância da soja pode aumentar ou diminuir ao longo do desenvolvimento, dependendo da variedade (SHAINBERG & OSTER, 1978). Algumas variedades de trigo até variam em sua tolerância à salinidade em diferentes estádios de crescimento (BRESLER *et alii*, 1982).

#### 2.4.4.2. Fatores do solo

##### a) Fertilidade

A tolerância das culturas varia com o nível de fertilidade do solo, podendo aumentar, diminuir ou até mesmo não ser afetada, dependendo das interações fertilidade-salinidade que podem ocorrer (SHAINBERG & OSTER, 1978; BRESLER *et alii*, 1982; AYERS & WESTCOT, 1985; FAGERIA, 1989).

BERNSTEIN (1975) concluiu que níveis de nutrientes elevados não aumentam significativamente a tolerância, exceto quando a salinidade induz uma deficiência de nutriente, ou quando a má condição física do solo impede o desenvolvimento da raiz, induzindo assim a deficiência de nutrientes.

MAAS & HOFFMAN (1977) relatam que podem ocorrer reduções na tolerância à salinidade, como resultado de uma excessiva fertilização. No entanto, se a aplicação de fertilizante não causar desequilíbrio nutricional, não haverá efeito significativo na redução da tolerância das culturas aos sais.

##### b) Teor de umidade

A umidade do solo e a frequência de irrigação podem também afetar a tolerância das culturas à salinidade. Quanto mais seco o solo, mais baixos são os potenciais osmótico e matricial da

solução do solo, ademais o efeito inibitório destes potenciais no crescimento da planta tende a ser aditivo (SHAINBERG & OSTER, 1978; BRESLER *et alii*, 1982, RHOADES & LOVEDAY, 1990).

Com maior umidade, há maior diluição dos sais na solução do solo, diminuindo o efeito da toxidez e dos sais no crescimento das plantas (MAAS & HOFFMAN, 1977). A tolerância do pimentão foi aumentada quando a irrigação por gotejamento diária foi utilizada em substituição à irrigação por sulco menos frequente (BERNSTEIN & FRANCOIS, 1973).

#### c) Condições físicas

A compactação diminui a permeabilidade do solo, reduzindo, conseqüentemente, a infiltração de água no perfil do solo. O excesso de água, muitas vezes resultante nessas condições, diminui a aeração, principalmente em solos de textura argilosa. Por sua vez, a baixa aeração diminui a tolerância da planta aos sais, conforme Aceves *et alii* (1975), *apud* MAAS & HOFFMANN (1977) e FAGERIA (1984, 1989).

#### 2.4.4.3. Fatores do clima

O clima pode afetar a resposta da planta à salinidade (SHAINBERG & OSTER, 1978; AYERS & WESTCOT, 1985; MASS, 1985, 1986).

Em geral, a tolerância à salinidade é reduzida sob condições de altas temperaturas e de seca, sendo mais pronunciado nas culturas sensíveis; ao contrário, culturas cultivadas em climas frios ou no período do inverno são mais tolerantes à salinidade (SHEINBERG & OSTER, 1978; AYERS & WESTCOT, 1985; MAAS, 1986).

## **CAPÍTULO III**

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Localização do Experimento**

O presente estudo foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola (DEAg), no Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, em Campina Grande - PB, localizado a 7° 15' 18" de latitude Sul e 35° 52' 28" de longitude Oeste de Greenwich, a uma altitude de 550 m, durante o período de junho a outubro de 1991.

#### **3.2. Clima da Região**

Segundo a classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil (NAKATA & COELHO, 1978; COELHO & SONCIN, 1982), o clima da região é Tropical de Altitude do tipo Csa, isto é, clima mesotérmico, semi-úmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno, característico do Planalto da Borborema no Nordeste (NE oriental).

#### **3.3. Solo**

##### **3.3.1. Coleta do solo**

O solo utilizado no experimento, classificado por JACOMINE *et alii* (1972) como Podzólico Amarelo Equivalente Eutrófico, foi coletado de uma área já cultivada, à profundidade de 0 - 30 cm (horizonte A), na Estação Experimental de Lagoa Seca da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA-PB), em Lagoa Seca-PB.

### 3.3.2. Preparo do solo

Após ter sido seco ao ar, o solo foi destorroado, passado em peneira com malha de 2,0 mm e homogeneizado para se obter uma boa uniformidade. Em seguida, misturou-se ao solo cerca de 3,33%, em peso, de esterco de curral bem curtido e peneirado. As características físico-hídricas e químicas do solo, analisadas de acordo com as metodologias recomendadas por RICHARDS (1954) e EMBRAPA (1979), estão apresentadas na Tabela 3.

Colocaram-se 15 kg de solo em recipientes plásticos (bacias) com capacidade para 20 litros, nas seguintes dimensões: altura de 19 cm, diâmetro superior de 38 cm e inferior de 28 cm.

### 3.4. Delimitação Experimental

#### 3.4.1. Tratamentos

Para se estudar os efeitos da forma de aplicação e da qualidade da água de irrigação sobre a cultura do alho, foram utilizadas soluções com diferentes níveis de salinidade, medidos em condutividade elétrica (CE) e expressos em deciSiemens por metro ( $1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mmho/cm}$ ) à 25°C.

Foram testados cinco Níveis de Salinidade [NS] ( $NS_1 = 0,6$ ;  $NS_2 = 1,2$ ;  $NS_3 = 1,8$ ;  $NS_4 = 2,4$ ; e  $NS_5 = 3,0 \text{ dS/m}$ ) e duas Formas de Aplicação [FA] das águas de irrigação ( $FA_1 =$  aplicação das águas diretamente ao solo e sem molhar a parte aérea; e  $FA_2 =$  aplicação das águas molhando a parte aérea das plantas). Quando fatorialmente combinados, resultaram os seguintes tratamentos:

- |                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| 1) $NS_1 \text{ FA}_1$ | 6) $NS_3 \text{ FA}_2$  |
| 2) $NS_1 \text{ FA}_2$ | 7) $NS_4 \text{ FA}_1$  |
| 3) $NS_2 \text{ FA}_1$ | 8) $NS_4 \text{ FA}_2$  |
| 4) $NS_2 \text{ FA}_2$ | 9) $NS_5 \text{ FA}_1$  |
| 5) $NS_3 \text{ FA}_1$ | 10) $NS_5 \text{ FA}_2$ |

**TABELA 3 - Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento.**

DESCRIMINAÇÃO	UNIDADE	VALOR
<b>Características físico-hídricas</b>		
<b>Granulometria:</b>		
Areia	%	75,68
Limo	%	10,00
Argila	%	14,32
Textura		franco-arenosa
<b>Densidade:</b>		
Real	g/cm <sup>3</sup>	2,75
Global	g/cm <sup>3</sup>	1,47
<b>Retensão de umidade:</b>		
Percentagem de saturação	%	25,33
Capacidade de campo (CC)	%	15,53
Ponto de murcha (PM)	%	7,32
<b>Características químicas</b>		
pH (em H <sub>2</sub> O)		5,60
Matéria orgânica	%	2,43
<b>Complexo sortivo:</b>		
Cálcio	meq/100g	2,28
Magnésio	meq/100g	1,51
Sódio	meq/100g	0,04
Potássio	meq/100g	0,04
Alumínio	meq/100g	0,10
Hidrogênio	meq/100g	2,84
Fósforo assimilável	mg/100g	2,61
<b>Extrato de saturação:</b>		
pH da pasta de saturação		5,88
Condutividade elétrica (CE)	dS/m à 25°C	0,71
<b>Cátions:</b>		
Cálcio	meq/l	2,00
Magnésio	meq/l	3,13
Sódio	meq/l	1,00
Potássio	meq/l	0,88
<b>Ânions:</b>		
Cloreto	meq/l	2,75
Carbonato	meq/l	0,00
Bicarbonato	meq/l	1,20
Sulfato	(qualitativo)	ausente
Razão de adsorção de sódio (RAS)	(mmoles/l) <sup>1/2</sup>	0,62
Percentagem de sódio trocável (PST)	%	0,59

### 3.4.2. Instalação do experimento

O ensaio foi instalado no delineamento de blocos casualizados, com dez tratamentos, dispostos num esquema fatorial 2x5, em quatro repetições. Cada parcela experimental consistiu de um vaso, contendo, inicialmente, quinze plantas espaçadas entre si de aproximadamente 10 cm.

### 3.5. Preparo das Soluções Salinas

As soluções salinas (i.e., águas de irrigação) foram obtidas a partir da diluição de uma solução concentrada, previamente preparada em laboratório, mediante a adição de sais para análise (Tabela 4) à água do sistema de abastecimento da cidade de Campina Grande, proveniente do açude de Boqueirão, que é tratada e fornecida pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA).

À exceção do nível NS<sub>1</sub>, obtido pela diluição da água do sistema de abastecimento com água destilada, os demais níveis de salinidade (NS<sub>2</sub>, NS<sub>3</sub>, NS<sub>4</sub> e NS<sub>5</sub>) foram obtidos com base na curva de diluição da solução concentrada (Figura 1), a qual foi diluída com a mesma água do sistema de abastecimento.

Os resultados das análises químicas das águas, realizadas conforme as metodologias descritas em RICHARDS (1954), encontram-se resumidos na Tabela 5.

### 3.6. Plantio

#### 3.6.1. Cultivar

Utilizou-se, neste estudo, a cultivar *Branco de Cabaceiras* ou *Regional* (FARIAS, 1979; EMEPA-PB, 1989), proveniente do Vale da Ribeira, em Cabaceiras-PB.

TABELA 4 - Nomenclatura, fórmula e concentração dos sais adicionados à água do sistema de abastecimento para a composição da solução concentrada.

SAL		CONCENTRAÇÃO	
Nomenclatura	Fórmula	meq/l	ppm
Cloreto de Sódio	NaCl	20,0	1169
Cloreto de Cálcio	CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	8,0	588
Cloreto de Magnésio	MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	2,0	203
Bicarbonato de Sódio	NaHCO <sub>3</sub>	6,0	504
Bicarbonato de Potássio	KHCO <sub>3</sub>	2,0	200
Sulfato de Magnésio	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	2,0	246

TABELA 5 - Análise química da água do sistema de abastecimento (A. S. A.), solução concentrada (S. C.) e águas de irrigação (A. I.).

DETERMINAÇÃO	A. S. A.	S. C.	A. I.				
			NS <sub>1</sub>	NS <sub>2</sub>	NS <sub>3</sub>	NS <sub>4</sub>	NS <sub>5</sub>
pH	7,84	8,06	7,31	7,84	8,11	8,13	8,17
CE (dS/m)	1,19	4,52	0,61	1,19	1,80	2,40	3,04
Ca <sup>++</sup> (meq/l)	2,84	8,81	1,38	2,84	4,27	5,28	6,22
Mg <sup>++</sup> (meq/l)	2,60	5,40	1,27	2,60	3,07	3,58	4,09
Na <sup>+</sup> (meq/l)	6,64	34,13	3,37	6,64	10,94	16,24	21,34
K <sup>+</sup> (meq/l)	0,19	2,01	0,10	0,19	0,49	0,82	1,16
Cl <sup>-</sup> (meq/l)	8,98	36,80	4,46	8,98	14,00	19,36	23,74
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/l)	2,15	8,66	1,08	2,15	3,22	4,71	5,68
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq/l)	0,38	1,54	0,24	0,38	0,64	0,75	0,93
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l)	pres.*	pres.	pres.	pres.	pres.	pres.	pres.
RAS° (mmol/l) <sup>1/2</sup>	4,14	17,21	2,50	4,14	6,48	9,37	11,80

\* Presença (determinação qualitativa).

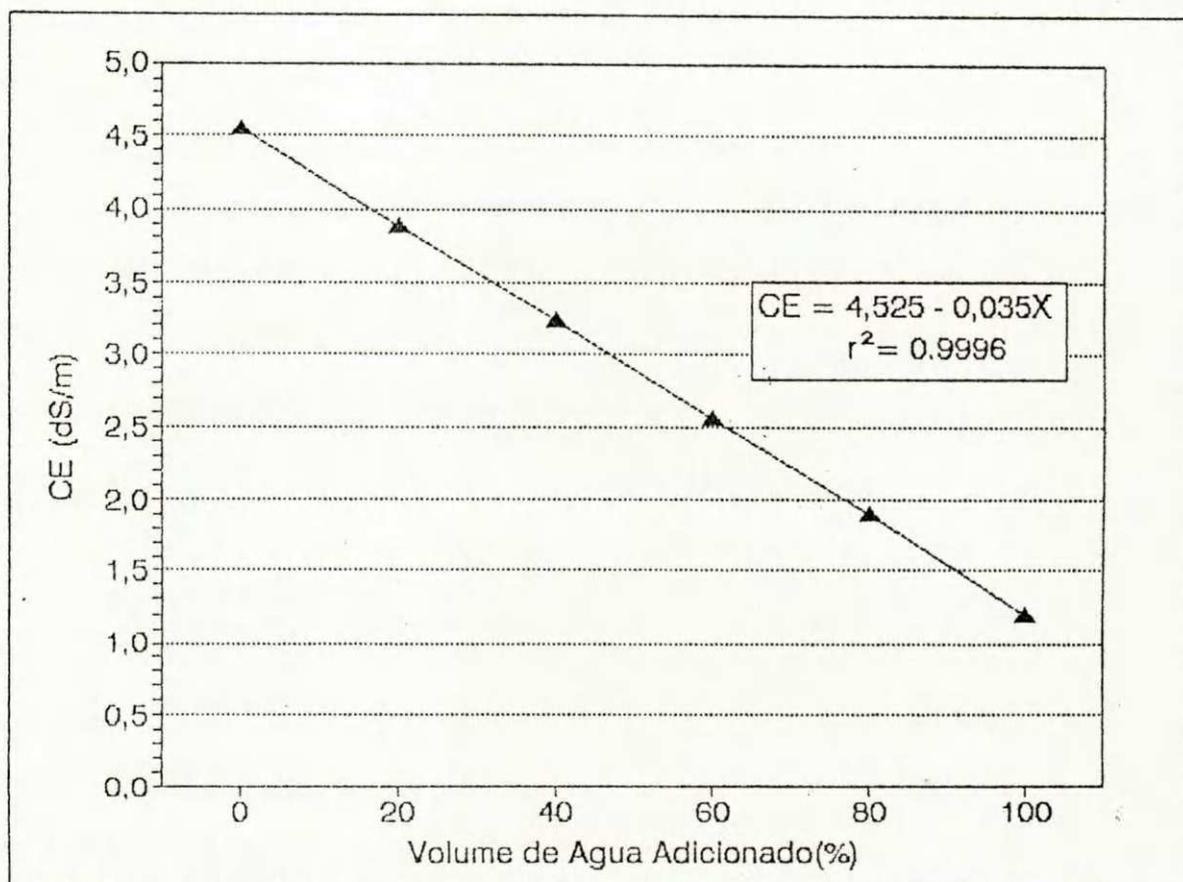


Figura 1 - Curva de diluição da solução concentrada em função do volume de água adicionado.

### 3.6.2. Preparo dos bulbilhos (alho-semente)

Para o plantio, debulhou-se o alho e fez-se uma seleção dos bulbilhos por peso (Couto, 1967, *apud* MASCARENHAS, 1978), ao mesmo tempo em que se eliminaram aqueles danificados, chochos ou atacados por pragas ou doenças, com objetivo de se obter plantas sadias e boa uniformidade no período de maturação, favorecendo a colheita (MÜLLER & SILVA, 1983).

Em seguida, procedeu-se ao tratamento dos bulbilhos com fungicidas à base de PCNB (Plantacol) e Benlate (Benomyl), nas doses de 5 e 2 g/kg de bulbilho, respectivamente, visando a prevenir a incidência de doenças, como a podridão branca (*Sclerotium cepivorum* Berk.), que é a mais comum.

### 3.6.3. Semeadura

O plantio foi efetuado no dia 21 de junho de 1991. Foram semeados quinze bulbilhos por vaso, a uma profundidade média de 3 cm, tendo-se o cuidado de colocá-los com o ápice voltado para cima a fim de favorecer uma brotação normal (Couto, 1967, *apud* MASCARENHAS, 1978; FILGUEIRA, 1972; MÜLLER & SILVA, 1983).

### 3.7. Adubação

As adubações foram realizadas em função das exigências nutricionais da cultura, cujos níveis críticos foram estabelecidos por SILVA *et alii* (1970) e recomendados por SOUZA (1978) e MAGALHÃES (1986).

Por ocasião do preparo do solo, efetuou-se uma adubação orgânica, misturando-se 0,5 kg de esterco a cada 15,0 kg de solo.

A adubação nitrogenada foi feita em cobertura, utilizando-se uréia nas doses de 2,4 e 1,8 g por parcela, respectivamente, aos 35 e 60 dias após o plantio.

Como fonte de fósforo, usou-se o ácido fosfórico a uma concentração de 10 ml/l de solução aquosa, neutralizada com  $\text{NH}_4\text{OH}$  a pH 6,0. Foram efetuadas duas aplicações, em cobertura, de 50 ml de solução em cada parcela, aos 20 e 50 dias pós-plantio.

A adubação potássica foi realizada, em cobertura, aos 40 dias após o plantio, aplicando-se 1,2 g de cloreto de potássio por parcela.

Para suprir eventuais deficiências de boro, foram realizadas três aplicações foliares, aos 20, 30 e 60 dias pós-plantio, utilizando-se o ácido bórico a 0,25%.

### **3.8. Irrigação**

Antes do plantio, fez-se uma irrigação uniforme para todas as parcelas, com a finalidade de deixar a umidade do solo próxima à capacidade de campo. Daí por diante, o volume de água a ser aplicado ou repostado a cada irrigação foi determinado através do processo de pesagem, quer dizer, pela diferença entre o peso do solo à capacidade de campo e o peso deste no momento em que a umidade sofria uma depleção de 20%.

As irrigações foram sistematicamente realizadas de duas formas distintas, conforme descrito no delineamento experimental (Item 3.4.1), e suspensas 15 dias antes da colheita, visando-se obter um produto de melhor qualidade (MENEZES SOBRINHO, 1978a; EMBRAPA, 1982).

Os volumes de água totais aplicados em cada tratamento estão apresentados na Tabela 6.

### **3.9. Tratos Culturais**

#### **3.9.1. Desbaste**

Efetuu-se o desbaste, quinze dias após o plantio, deixando-se em cada vaso as dez plantas mais vigorosas.

#### **3.9.2. Controle de plantas invasoras**

Manteve-se a cultura livre de plantas daninhas, eliminando-se manualmente as que eventualmente apareciam.

#### **3.9.3. Controle fitossanitário**

Realizou-se periodicamente o controle fitossanitário, em aplicações preventivas e curativas, empregando-se os fungicidas Dithane M-45 (Mancozeb) e Benlate (Benomyl) nas dosagens de 2,0 e 0,3 g/l, respectivamente, e o inseticida-acaricida Kelthane EC na dosagem de 2,0 ml/l.

Efetuu-se também um tratamento do solo com fungicida, quinze dias após o plantio, aplicando-se 2,5 ml por vaso de uma calda preparada com PCNB na dosagem de 3,0 g/l.

### **3.10. Colheita**

Colheu-se o alho ao final do ciclo vegetativo, 120 dias após o plantio, quando apresenta as características típicas de maturação, ou seja, amarelecimento e secagem da parte aérea e tombamento da planta (SATURNINO, 1978; EMBRAPA, 1982).

**TABELA 6 - Volumes de água totais, em litros, aplicados em cada tratamento sob diferentes níveis de salinidade (NS) e formas de aplicação (FA).**

NÍVEIS DE SALINIDADE (NS)	FORMAS DE APLICAÇÃO (FA)		TOTAIS
	FA <sub>1</sub>	FA <sub>2</sub>	
NS <sub>1</sub>	89,06	89,06	178,12
NS <sub>2</sub>	84,40	85,20	169,60
NS <sub>3</sub>	82,98	82,04	165,02
NS <sub>4</sub>	79,96	80,00	159,96
NS <sub>5</sub>	78,94	80,32	159,26
<b>TOTAIS</b>	<b>415,34</b>	<b>416,62</b>	<b>831,96</b>

### 3.11. Características de Crescimento Avaliadas

As características de crescimento observadas neste estudo, relativas ao desenvolvimento da cultura do alho, foram avaliadas em quatro épocas de amostragem (I, II, III e IV), respectivamente aos 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio. Os dados referentes aos três primeiros períodos de crescimento foram coletados de duas plantas por parcela e, à época da colheita (120 dias pós-plantio), de quatro plantas.

#### 3.11.1. Número de folhas

Contou-se o número de folhas de cada planta coletada por parcela, desprezando-se aquelas que se encontravam secas. Na época da colheita, não houve contagem do número de folhas, por estas estarem secas.

### 3.11.2. Altura da planta

Obteve-se a altura da planta tomando-se a medida do comprimento da parte aérea, em centímetros, do nível do solo (colo da planta) até a extremidade da folha mais alta (SILVA & ALVARENGA, 1984; SILENZI *et alii*, 1985).

### 3.11.3. Diâmetro do pseudocaule, diâmetro do bulbo e razão bulbar

Utilizando-se um paquímetro, efetuaram-se as medições em, milímetros, do diâmetro do pseudocaule e, a partir da segunda amostragem, do diâmetro da parte mediana do bulbo (SILVA & ALVARENGA, 1984). A razão bulbar foi obtida dividindo-se o diâmetro do pseudocaule pelo o do bulbo, segundo MANN (1952).

### 3.11.4. Peso do bulbo e número de bulbilhos

Após a limpeza dos bulbos colhidos, depois de três dias de cura (SILVA & ALVARENGA, 1984), determinou-se o peso fresco do bulbo, em gramas. Após a pesagem, os bulbos foram debulhados e, em seguida, efetuou-se a contagem do número de bulbilhos.

### 3.11.5. Pesos da matéria seca da parte aérea, do bulbo e da raiz

As raízes só foram coletadas na quarta amostragem, mediante a lavagem do solo com um jato d'água em peneira de 2,0 mm de malha, utilizando-se apenas duas repetições devido à meticulosidade do trabalho. Antes de cada pesagem, as diversas partes da planta eram separadas. Determinaram-se os pesos, em gramas, da matéria seca da parte aérea, do bulbo e da raiz, após secagem em estufa com circulação de ar forçada, à 65°C, até atingir peso constante (SILVA & ALVARENGA, 1985).

### 3.12. Análise do Solo Após o Experimento

Para a determinação das características químicas do solo ao final do experimento, após ser submetido aos diferentes níveis de salinidade das águas de irrigação, analisou-se o solo em cada tratamento de acordo com as metodologias descritas em RICHARDS (1954) e EMBRAPA (1979).

### 3.13. Análise Foliar

Realizou-se uma análise foliar por tratamento, depois da colheita, para determinar a composição, em percentagem, dos íons cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloreto nas folhas, conforme metodologia recomendada por MALAVOLTA *et alii* (1989).

### 3.14. Análise Estatística

Antes de se proceder às análises de variância, as variáveis número de folhas e número de bubilhos tiveram os seus dados submetidos à transformação do tipo  $(X+1)^{1/2}$ , com o propósito de estabilizar as variações entre os tratamentos (STEEL & TORRIE, 1980).

Foi aplicado o teste F às análises de variância, aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, e o teste de Tukey nas comparações dos contrastes de médias, ao nível de 5% de probabilidade (BANZATTO & KRONKA, 1989).

As variáveis estudadas foram submetidas a análises de regressão, a fim de se estabelecerem expressões matemáticas capazes de explicar as correlações entre estas e os níveis de salinidade testados (STEEL & TORRIE, 1980; BANZATTO & KRONKA, 1989).

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1. Efeito das Formas de Aplicação da Água de Irrigação no Crescimento do alho

##### 4.1.1. Épocas I, II e III

Os resumos dos resultados das análises de variância para os dados das características (variáveis) relativas ao crescimento do alho, avaliadas nas épocas I, II e III, respectivamente aos 30, 60 e 90 dias pós-plantio, são apresentados nas Tabelas 7, 8 e 9. Observando-se os valores dos quadrados médios, obtidos para as formas de aplicação das águas de irrigação, verifica-se que estes não foram significativos, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, para todas as características analisadas nas três primeiras épocas. Isto indica que as formas de aplicação das águas utilizadas na irrigação não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) entre si, quanto ao efeito sobre o crescimento da planta de alho, até os 90 dias após o plantio.

Os valores médios dos dados das características avaliadas, provenientes das duas formas de aplicação e dos cinco níveis de salinidade das águas de irrigação, encontram-se expressos na Tabela 10. Apesar de as diferenças entre as médias, obtidas para as duas formas de aplicação, nas três primeiras fases do desenvolvimento da planta, não terem sido significativas ( $p >$

TABELA 7 - Resumo das análises de variância dos dados de número de folhas, altura da planta, diâmetro do pseudocaule e peso de matéria seca da parte aérea do alho (*Allium sativum* L.) avaliados aos 30 dias após o plantio.

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		Número de Folhas <sup>1</sup>	Altura da Planta (cm)	Diâm. Pseudg caule (mm)	M. Seca da P. Aérea (g)
Formas de Aplic.(FA)	1	0,0032 <sup>ns</sup>	0,0250 <sup>ns</sup>	0,2250 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>
Níveis de Salin.(NS)	4	0,0009 <sup>ns</sup>	11,1500 <sup>ns</sup>	0,0219 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>
Interação (FA x NS)	4	0,0035 <sup>ns</sup>	11,4391 <sup>ns</sup>	0,1469 <sup>ns</sup>	0,0010 <sup>ns</sup>
Blocos	3	0,0184 <sup>ns</sup>	15,1125 <sup>ns</sup>	0,2917 <sup>ns</sup>	0,0022*
Resíduo	27	0,0067	10,7410	0,1296	0,0007
C.V. (%)		3,64	9,17	10,83	15,16

<sup>1</sup> Dados transformados em  $(X+1)^{1/2}$ .

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

<sup>ns</sup> Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 8 - Resumo das análises de variância dos dados de número de folhas, altura da planta, diâmetro do pseudocaule, diâmetro do bulbo, razão bulbar e pesos de matéria seca do bulbo e da parte aérea do alho (*Allium sativum* L.) avaliados aos 60 dias após o plantio.

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS						
		Número de Folhas <sup>1</sup>	Altura da Planta (cm)	Diâm. Pseudg caule (mm)	Diâmetro do Bulbo (mm)	Razão Bulbar	M. Seca do Bulbo (g)	M. Seca da P. Aérea (g)
Formas de Aplic.(FA)	1	0,0046 <sup>ns</sup>	7,1402 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,3516 <sup>ns</sup>	0,0020 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0017 <sup>ns</sup>
Níveis de Salin.(NS)	4	0,0141 <sup>†</sup>	48,2966 <sup>**</sup>	0,3043 <sup>**</sup>	0,2591 <sup>ns</sup>	0,0030 <sup>**</sup>	0,0005 <sup>**</sup>	0,0211 <sup>**</sup>
Interação (FA x NS)	4	0,0090 <sup>ns</sup>	1,3418 <sup>ns</sup>	0,0773 <sup>ns</sup>	0,3881 <sup>†</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0102 <sup>ns</sup>
Blocos	3	0,0350 <sup>**</sup>	16,2412 <sup>†</sup>	0,1592 <sup>†</sup>	0,2861 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0084 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	0,0040	5,3038	0,0531	0,1038	0,0006	0,0001	0,0040
C.V. (%)		2,63	5,64	5,70	4,29	4,44	9,84	13,29

<sup>1</sup> Dados transformados em  $(X+1)^{1/2}$ .

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

† Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

<sup>ns</sup> Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 9 - Resumo das análises de variância dos dados de número de folhas, altura da planta, diâmetro do pseudocaule, diâmetro do bulbo, razão bulbar e pesos de matéria seca do bulbo e da parte aérea do alho (*Allium sativum* L.) avaliados aos 90 dias após o plantio.

FONTE DE VARIÁÇÃO	S.L.	QUADRADOS MÉDIOS						
		Número de Folhas <sup>1</sup>	Altura da Planta (cm)	Diâm. Pseudg caule (mm)	Diâmetro do Bulbo (mm)	Razão Bulbar	M. Seca do Bulbo (g)	M. Seca da P. Aérea (g)
Formas de Aplic.(FA)	1	0,0123 <sup>ns</sup>	8,9303 <sup>ns</sup>	0,1051 <sup>ns</sup>	0,6126 <sup>ns</sup>	0,0023 <sup>ns</sup>	0,0031 <sup>ns</sup>	0,0342 <sup>ns</sup>
Níveis de Salin.(NS)	4	0,1031 <sup>§§</sup>	101,0448 <sup>§§</sup>	1,5396 <sup>§§</sup>	3,6753 <sup>§§</sup>	0,0030 <sup>‡</sup>	0,0094 <sup>‡</sup>	0,4085 <sup>§§</sup>
Interação (FA x NS)	4	0,0165 <sup>ns</sup>	8,4360 <sup>ns</sup>	0,2060 <sup>ns</sup>	0,5048 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>	0,0038 <sup>ns</sup>	0,0495 <sup>ns</sup>
Blocos	3	0,0850 <sup>§§</sup>	14,0905 <sup>ns</sup>	0,4507 <sup>ns</sup>	0,0787 <sup>ns</sup>	0,0027 <sup>ns</sup>	0,0021 <sup>ns</sup>	0,1250 <sup>‡</sup>
Resíduo	27	0,0122	7,4180	0,1766	0,5848	0,0010	0,0033	0,0326
C.V. (%)		4,43	5,84	9,14	6,46	8,30	14,85	19,05

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

<sup>§§</sup> Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

<sup>‡</sup> Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

<sup>ns</sup> Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

0,05) pelo teste de Tukey, nota-se que houve uma tendência para a aplicação das águas molhando a parte aérea (FA<sub>2</sub>) afetar mais o crescimento da planta do que a aplicação feita diretamente ao solo (FA<sub>1</sub>), principalmente aos 90 dias pós-plantio.

Sabe-se (MAAS, 1985 e 1986) que a susceptibilidade ao dano foliar, resultante da irrigação por aspersão com águas salinas, varia consideravelmente entre as espécies de planta, e que depende mais da taxa de absorção e das características da folha do que propriamente da tolerância da planta à salinidade do solo.

Por conseguinte, os efeitos da forma de aplicação FA<sub>2</sub> sobre o crescimento do alho, até os 90 dias após o plantio, podem ter sido minimizados pela ação conjunta de vários fatores, que, segundo MAAS (1985), afetam a quantidade de sais acumulada pelas folhas, tais como: 1) a planta de alho possuir folhas lanceoladas e de superfície lisa, com diferentes graus de cerosidade (MENEZES

TABELA 10 - Comparação de médias<sup>1</sup> dos dados das características de crescimento do alho (*Allium sativum* L.) avaliados nas quatro épocas de desenvolvimento.

CARACTERÍSTICA DE CRESCIMENTO	ÉPOCA	FORMAS DE APLICAÇÃO		D.M.S.	NÍVEIS DE SALINIDADE					D.M.S.
		FA <sub>1</sub>	FA <sub>2</sub>		NS <sub>1</sub>	NS <sub>2</sub>	NS <sub>3</sub>	NS <sub>4</sub>	NS <sub>5</sub>	
Número de Folhas <sup>2</sup>	I	2,2686a	2,2307a	0,0531	2,2742a	2,2484a	2,2627a	2,2634a	2,2497a	0,1196
	II	2,4012a	2,4226a	0,0411	2,4334ab	2,3837ab	2,4735a	2,3956ab	2,3713b	0,0924
	III	2,5045a	2,4696a	0,0717	2,6065a	2,5240ab	2,5606ab	2,4174bc	2,3270c	0,1613
Altura da Planta (cm)	I	35,7500a	35,7000a	2,1276	36,5625a	36,5938a	33,8438a	36,3438a	35,2813a	4,7868
	II	41,2725a	41,4275a	1,4954	43,6188a	41,5313ab	42,5313a	38,4000b	38,1688b	3,3643
	III	47,1075a	46,1625a	1,7682	49,9625a	50,4313a	46,7000ab	44,5125bc	41,8688c	3,9780
	IV	47,2235a	44,8245b	1,3692	51,3113a	47,3775b	45,7613bc	42,9238cd	42,3488d	3,0804
Diâm. do Pseudocaulo (mm)	I	3,2900a	3,4000a	0,2337	3,3750a	3,3125a	3,2500a	3,3750a	3,3125a	0,5258
	II	4,0475a	4,0425a	0,1496	4,2625a	4,0563abc	4,2001ab	3,9125bc	3,7938c	0,3366
	III	4,6475a	4,5450a	0,2728	5,0500a	4,8875a	4,7875ab	4,2125bc	4,0438c	0,6138
	IV	3,8680a	3,6050b	0,1631	4,3125a	3,8988b	3,7213bc	3,3938c	3,3563c	0,3669
Diâmetro do Bulbo (mm)	II	7,4175a	7,6050a	0,2092	7,6125a	7,4125a	7,7625a	7,3000a	7,4688a	0,4706
	III	11,7175a	11,9650a	0,4965	12,6625a	12,3875ab	11,7000abc	11,4438bc	11,0123c	1,1196
	IV	15,3175a	14,6155b	0,6211	17,4763a	15,5150b	14,8163bc	13,6075cd	13,4175d	1,3973
Razão Bulbar	II	0,5455a	0,5315a	0,0195	0,5600a	0,5475a	0,5413ab	0,5363ab	0,5075b	0,0358
	III	0,3960a	0,3810a	0,0205	0,4000a	0,3950a	0,4113a	0,3675a	0,3688a	0,0462
	IV	0,2535a	0,2470a	0,0112	0,2475a	0,2513a	0,2500a	0,2500a	0,2525a	0,0800
Número de Bulbilhos <sup>2</sup>	IV	2,7363a	2,5455b	0,1430	2,9955a	2,7818ab	2,5971bc	2,4955bc	2,3346c	0,3217
Peso Fresco do Bulbo (g)	IV	2,5010a	2,1540b	0,2315	3,3800a	2,4413b	2,2175bc	1,8538c	1,7450c	0,5209
Matéria Seca da P. Aérea (g)	I	0,1720a	0,1720a	0,0172	0,1763a	0,1750a	0,1588a	0,1863a	0,1638a	0,0386
	II	0,4825a	0,4695a	0,0411	0,5325a	0,4663ab	0,5263a	0,4238b	0,4313b	0,0924
	III	0,9770a	0,9185a	0,1172	1,1700a	1,1650a	0,9525ab	0,7925bc	0,6588c	0,2637
	IV	0,7130a	0,5675b	0,0533	0,8825a	0,6863b	0,6350b	0,5113c	0,4863c	0,1204
Matéria Seca do Bulbo (g)	II	0,1075a	0,1045a	0,0065	0,1025b	0,1013b	0,1188a	0,1000b	0,1075ab	0,0146
	III	0,3940a	0,3765a	0,0373	0,3950ab	0,4200a	0,3788ab	0,4025ab	0,3300b	0,0839
	IV	0,7820a	0,6810a	0,1257	1,0863a	0,8113ab	0,6900bc	0,5750bc	0,4950c	0,2828
Matéria Seca da Raiz (g)	IV	0,2330a	0,2190a	0,0563	0,3050a	0,2475ab	0,2325ab	0,1775ab	0,1725b	0,1325

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Dados transformados em  $(X+1)^{1/2}$ .

SOBRINHO, 1978b; YOKOYAMA, 1983), o que diminui, de certa forma, a taxa de absorção foliar (MAGALHÃES, 1986); 2) o posicionamento mais ereto, característico da cultivar, apresentado pelas folhas nas primeiras fases do desenvolvimento da planta, que pode ter favorecido o escoamento superficial da água; e 3) o intervalo entre as aplicações de água ter sido, em média, a cada dois dias, proporcionando um curto período de tempo para a absorção foliar dos íons, uma vez que o dano causado pelos sais aumenta com o aumento do tempo em que a superfície foliar permanece molhada (GRATTAN *et alii*, 1981; MAAS *et alii*, 1982; MAAS, 1985).

#### 4.1.2. Época IV

Na avaliação feita aos 120 dias após o plantio (época da colheita), entretanto, verificam-se entre as formas de aplicação, através das análises de variância apresentadas nas Tabelas 11 e 12, diferenças estatísticas significativas, ao nível de 1% de probabilidade, para as variáveis altura da planta, diâmetro do pseudocaule, número de bulbilhos, peso fresco do bulbo e peso de matéria seca da parte aérea; ao nível de 5% de probabilidade, para diâmetro do bulbo; e não significativas ( $p > 0,05$ ) para razão bulbar, peso de matéria seca do bulbo e peso de matéria seca da raiz, pelo teste F.

Observa-se, também, que nenhuma das interações testadas, entre os fatores formas de aplicação e níveis de salinidade, foi significativa ( $p > 0,05$ ) pelo teste F, para todas as variáveis analisadas (Tabelas 11 e 12). Isto evidencia que as duas formas de aplicação da água de irrigação apresentaram diferenças no efeito sobre a maioria das características de crescimento do

TABELA 11 - Resumo das análises de variância dos dados de altura da planta diâmetro do pseudocaule, diâmetro do bulbo, razão bulbar e número de bulbilhos do alho (*Allium sativum* L.) avaliados aos 120 dias após o plantio.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS				
		Altura da Planta (cm)	Diâm. caule (mm)	Pseudg Diâmetro Bulbo (mm)	Razão Bulbar	Número de Bulbilhos <sup>1</sup>
Formas de Aplic.(FA)	1	57,5520**	0,6917**	4,9280*	0,0004 <sup>ns</sup>	0,3641**
Níveis de Salin.(NS)	(4)	108,4181**	1,2408**	21,7371**	0,0000 <sup>ns</sup>	0,5250**
Regressão Linear	1	415,0061**	4,6754**	80,4005**	0,0001 <sup>ns</sup>	2,0690**
Regressão Quadrática	1	14,8556 <sup>ns</sup>	0,2074 <sup>ns</sup>	5,2550*	0,0000 <sup>ns</sup>	0,0204 <sup>ns</sup>
Desvios de Regressão	2	1,9054 <sup>ns</sup>	0,0402 <sup>ns</sup>	0,6465 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	0,0053 <sup>ns</sup>
Interação (FA x NS)	4	2,5032 <sup>ns</sup>	0,0418 <sup>ns</sup>	0,6634 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0267 <sup>ns</sup>
Blocos	3	2,8514 <sup>ns</sup>	0,0381 <sup>ns</sup>	1,0336 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0496 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	4,4482	0,0631	0,9152	0,0003	0,0485
C.V. (%)		5,58	6,72	6,39	7,21	8,34

<sup>1</sup> Dados transformados em  $(X+1)^{1/2}$ .

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

<sup>ns</sup> Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 12 - Resumo das análises de variância dos dados de peso fresco do bulbo e pesos de matéria seca da parte aérea, do bulbo e da raiz do alho (*Allium sativum* L.) avaliados aos 120 dias após o plantio.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		Peso Fresco do Bulbo (g)	M. Seca da P. Aérea (g)	M. Seca do Bulbo (g)	M. Seca da Raiz (g) <sup>1</sup>
Formas de Aplic.(FA)	1	1,2041**	0,2117**	0,1020 <sup>ns</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>
Níveis de Salin.(NS)	(4)	3,3931**	0,2024**	0,4287**	0,0120*
Regressão Linear	1	11,9042**	0,7488**	1,6103**	0,0449**
Regressão Quadrática	1	1,3202**	0,0417*	0,0897 <sup>ns</sup>	0,0012 <sup>ns</sup>
Desvios de Regressão	2	0,1739 <sup>ns</sup>	0,0095 <sup>ns</sup>	0,0074 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>
Interação (FA x NS)	4	0,2122 <sup>ns</sup>	0,0016 <sup>ns</sup>	0,0315 <sup>ns</sup>	0,0019 <sup>ns</sup>
Blocos	3	0,2833 <sup>ns</sup>	0,0032 <sup>ns</sup>	0,0256 <sup>ns</sup>	0,0029 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	0,1272	0,0068	0,0375	0,0031
C.V. (%)		15,32	18,84	26,48	24,54

<sup>1</sup> Resíduo com 9 graus de liberdade (g.l.) e blocos com 1 g.l.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

<sup>ns</sup> Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

alho, aos 120 dias pós-plantio, independentemente do nível de salinidade da água aplicada.

Pelos valores médios presentes na Tabela 10, constata-se que, aos 120 dias após o plantio, o efeito deletério da forma de aplicação FA<sub>2</sub> reduziu significativamente ( $p < 0,05$ ) a altura da planta, o diâmetro do pseudocaule, o diâmetro e o peso fresco do bulbo, o número de bulbilhos e o peso de matéria seca da parte aérea; enquanto a razão bulbar e os pesos de matéria seca do bulbo e da raiz não foram afetadas significativamente ( $p > 0,05$ ), pois não se verificou pelo teste de Tukey diferenças estatísticas entre as duas formas de aplicação, quanto a estas características de crescimento. Mas como se pode notar, através da comparação de médias destas três últimas variáveis (Tabela 10), a aplicação da água de irrigação molhando a parte aérea foi mais prejudicial ao crescimento da planta.

Observa-se, na Figura 2, que o peso médio de matéria seca da parte aérea foi mais reduzido (20,0%) pela forma de aplicação FA<sub>2</sub> que o do bulbo (12,9%) e o da raiz (6,8%), indicando que o crescimento da parte aérea da planta foi mais afetado do que o da parte subterrânea. Isto ocorreu, provavelmente, devido às maiores quantidades de íons sódio e cloreto absorvidas pelas folhas, em função da aplicação das águas molhando a parte aérea da planta (Tabela 13), posto que praticamente não houve diferença, entre as formas de aplicação, na quantidade de água aplicada (Tabela 6).

Aparentemente, o alho é uma cultura bastante sensível ao íon cloreto (MAGALHÃES, 1986). MAGALHÃES *et alii* (1979), estudando os nutrientes limitantes para a cultura, em solo do cerrado do Distrito Federal, através da diagnose por subtração, constataram

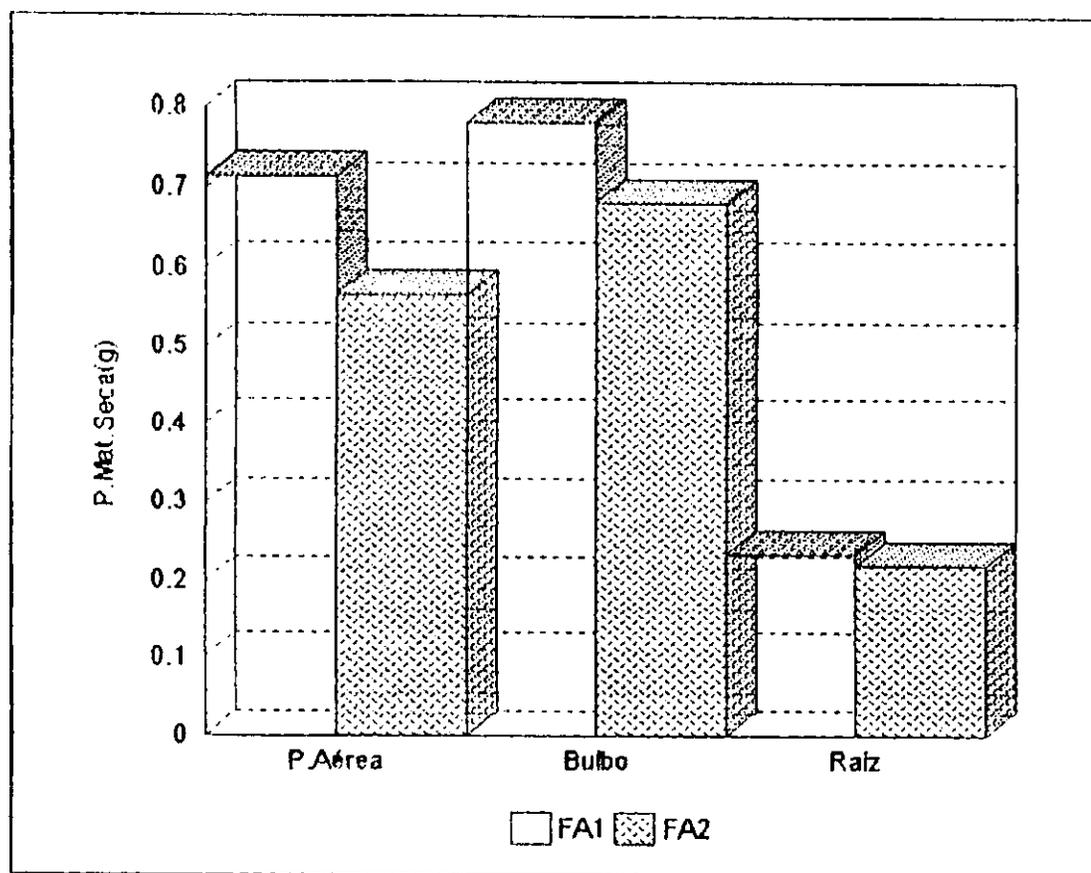


Figura 2 - Influência das formas de aplicação da água de irrigação na produção de matéria seca da parte aérea, do bulbo e da raiz do alho (*Allium sativum* L.), aos 120 dias após o plantio.

TABELA 13 - Conteúdos<sup>1</sup> de cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloreto nas folhas de alho, em função das formas de aplicação (FA) e níveis de salinidade (NS) da água de irrigação, aos 120 dias após o plantio.

ELEMENTOS	FORMAS DE APLICAÇÃO		NÍVEIS DE SALINIDADE				
	FA <sub>1</sub>	FA <sub>2</sub>	NS <sub>1</sub>	NS <sub>2</sub>	NS <sub>3</sub>	NS <sub>4</sub>	NS <sub>5</sub>
Cálcio	3,60	3,66	3,83	3,63	3,53	3,60	3,60
Magnésio	0,32	0,30	0,35	0,31	0,28	0,29	0,27
Sódio	0,20	0,33	0,13	0,21	0,22	0,37	0,42
Potássio	4,44	4,64	4,68	4,82	4,43	4,53	4,24
Cloreto	5,86	6,37	3,94	5,38	6,21	7,49	7,55

<sup>1</sup> Em percentagem.

um melhor crescimento da planta com a subtração daquele elemento.

Na Figura 3, verifica-se que, tanto o crescimento diâmetral médio do pseudocaule (6,8%) quanto o do bulbo (4,6%), foram reduzidos pela forma de aplicação FA<sub>2</sub>; por isso, a razão bulbar não foi afetada pelas formas de aplicação da água de irrigação.

Com relação aos pesos de matéria seca do bulbo e da raiz, a ausência de significância no efeito das formas de aplicação sobre estas duas características de crescimento pode ter sido devida à variabilidade nos dados dos pesos de matéria seca do bulbo e da raiz, como se pode verificar pelos altos valores dos coeficientes de variação obtidos (Tabela 12).

Vários estudos, documentados na literatura (HARDING *et alii*, 1958; BUSCH & TURNER, 1967; REEVE & FIREMAN, 1967; GOLDBERG & SHMUELI, 1971; GORNAT *et alii*, 1973; BERNSTEIN & FRANCOIS, 1973; GRATTAN *et alii*, 1981; MAAS *et alii*, 1982; MAAS, 1985, 1986), ressaltam os efeitos negativos no crescimento e produção de

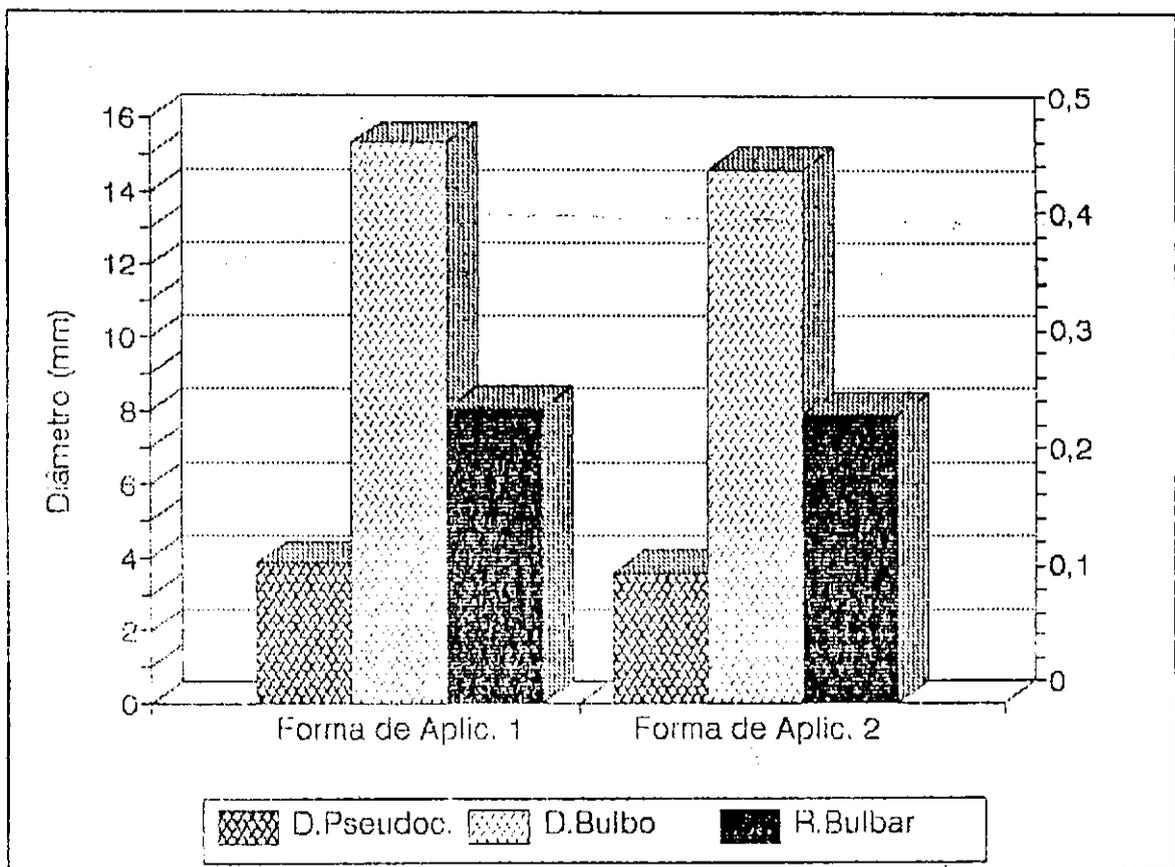


Figura 3 - Influência das formas de aplicação das águas de irrigação no crescimento diametral do pseudocaule e do bulbo e na razão bulbar do alho (*Allium sativum* L.), aos 120 dias após o plantio.

várias outras culturas, devido à irrigação por aspersão com águas salinas quando comparada com outros métodos de aplicação que não molham a folhagem das plantas.

Portanto, embora os efeitos tenham sido menos intensos nos três primeiros períodos de desenvolvimento, a aplicação das águas molhando a parte aérea das plantas (FA<sub>2</sub>) foi, para o crescimento do alho, mais prejudicial do que quando aplicadas diretamente ao solo (FA<sub>1</sub>). Isto porque a folhagem da planta, ao ser molhada pela aspersão com água salina, além dos efeitos resultantes da própria salinidade, está sujeita a danos adicionais causados pelo acúmulo nas células dos tecidos foliares de ions tóxicos, como o sódio e o cloreto, que são absorvidos diretamente pelas folhas (SHAINBERG & OSTER, 1978; AYERS & WESTCOT, 1985; MASS, 1985, 1986; RHOADES & LOVEDAY, 1990).

Os problemas de toxicidade frequentemente acompanham os de salinidade ou os de infiltração, e podem aparecer mesmo quando a salinidade for baixa; a absorção foliar, por sua vez, acelera a velocidade de acumulação do ion tóxico na planta, sendo, muitas vezes, a fonte principal de toxicidade (AYERS & WESTCOT, 1985).

Por isso, quando a água a ser utilizada na irrigação tem um certo potencial de toxicidade para a cultura que se pretende explorar, recomenda-se, não adotar o método da aspersão, evitando assim o contato da água com as folhas da planta; ou, pelo menos, irrigar no período noturno, uma vez que a absorção foliar é maior durante os períodos de alta temperatura e baixa umidade relativa, agravados frequentemente por ventos fortes.

## 4.2. Efeito dos Níveis de Salinidade da Água de Irrigação no Crescimento do Alho

### 4.2.1. Época I

Observa-se pelos valores dos quadrados médios, obtidos pelas análises de variância (Tabela 7) para os níveis de salinidade das águas de irrigação aos 30 dias após o plantio, que estes não foram significativos ( $p > 0,05$ ) pelo teste F, para todas as características avaliadas nessa época, provavelmente devido à planta se encontrar no início de seu desenvolvimento e ao curto período de tempo de aplicação dos tratamentos.

Portanto, nos primeiros 30 dias após o plantio, não se constatou diferenças estatísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre os níveis de salinidade das águas utilizadas na irrigação, quanto ao efeito sobre o crescimento da planta de alho, conforme se observa na Tabela 10.

### 4.2.2. Época II

Na avaliação feita aos 60 dias após o plantio, no entanto, verifica-se, através das análises de variância (Tabela 8), que houve diferenças estatísticas, entre os níveis de salinidade das águas, altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para as variáveis altura da planta, diâmetro do pseudocaule, razão bulbar e pesos de matéria seca do bulbo e da parte aérea; significativas ( $p < 0,05$ ) para número de folhas; e não significativas ( $p > 0,05$ ) para diâmetro do bulbo, pelo teste F.

Observa-se ainda, na Tabela 8, que só houve interação significativa ( $p < 0,05$ ), entre os fatores formas de aplicação e níveis de salinidade, para a variável diâmetro do bulbo, a qual não foi afetada significativamente ( $p > 0,05$ ) por nenhum dos dois fatores estudados isoladamente. Com relação às demais características, verifica-se que os níveis de salinidade das águas de irrigação apresentaram diferenças no efeito sobre o crescimento do alho, aos 60 dias pós-plantio, independentemente da forma como a água foi aplicada.

Através da comparação de médias pelo teste de Tukey (Tabela 10), percebe-se que os efeitos dos níveis de salinidade testados não estão bem definidos e são variados entre os níveis intermediários, aos 60 dias após o plantio. Não obstante, é possível notar-se que houve uma tendência para as características relativas à parte subterrânea serem menos afetadas do que aquelas relacionadas à parte aérea da planta; sendo que, com exceção do número de folhas, as variáveis altura da planta, diâmetro do pseudocaule e peso de matéria seca da parte aérea foram mais afetadas pelos níveis de salinidade mais altos ( $NS_4$  e  $NS_5$ ), que diferiam significativamente ( $p < 0,05$ ) do mais baixo ( $NS_1$ ).

O diâmetro do bulbo foi a única característica a não ser afetada significativamente ( $p > 0,05$ ) pelos níveis crescentes de salinidade aos 60 dias pós-plantio, provavelmente porque, nesse período do desenvolvimento da planta, o bulbo se encontrava no início de sua formação, não permitindo a constatação de nenhuma influência dos tratamentos sobre o seu crescimento (Tabela 10).

Já na razão bulbar, os efeitos foram notáveis, observando-se uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) do valor desta variável de

0,5600, no nível NS<sub>1</sub>, para 0,5075, no nível NS<sub>5</sub>, com o aumento do conteúdo de sais solúveis na água de irrigação (Figura 4). Este comportamento, entretanto, pode ser atribuído ao fato de os níveis crescentes de salinidade terem afetado o crescimento diâmetral do pseudocaule sem, contudo, afetar o do bulbo (Tabela 10), que estava em início de desenvolvimento. Pois, conforme afirmam Couto (1958), *apud* SILVA & ALVARENGUA (1984), SILVA *et alii* (1970) e SOUZA *et alii* (1978), a razão bulbar é uma característica de desenvolvimento do bulbo.

Quanto ao peso de matéria seca do bulbo, os efeitos sobre esta variável foram diversificados, sem caracterizar a influência dos níveis crescentes de salinidade (Tabela 10).

#### 4.2.3. Época III

Aos 90 dias após o plantio, verificam-se, pelas análises de variância (Tabela 9), diferenças estatísticas, entre os níveis de salinidade, altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para número de folhas, altura da planta, diâmetro do pseudocaule, diâmetro do bulbo e peso de matéria seca da parte aérea; e apenas significativas ( $p < 0,05$ ) para razão bulbar e peso de matéria seca do bulbo.

Não houve interação significativa ( $p > 0,05$ ) entre formas de aplicação e níveis de salinidade, para todas as características avaliadas (Tabela 9), revelando que também no terceiro período de desenvolvimento da cultura, as diferenças entre os níveis de salinidade, quanto ao efeito sobre o crescimento da planta, não dependeram das formas como a água de irrigação foi aplicada.

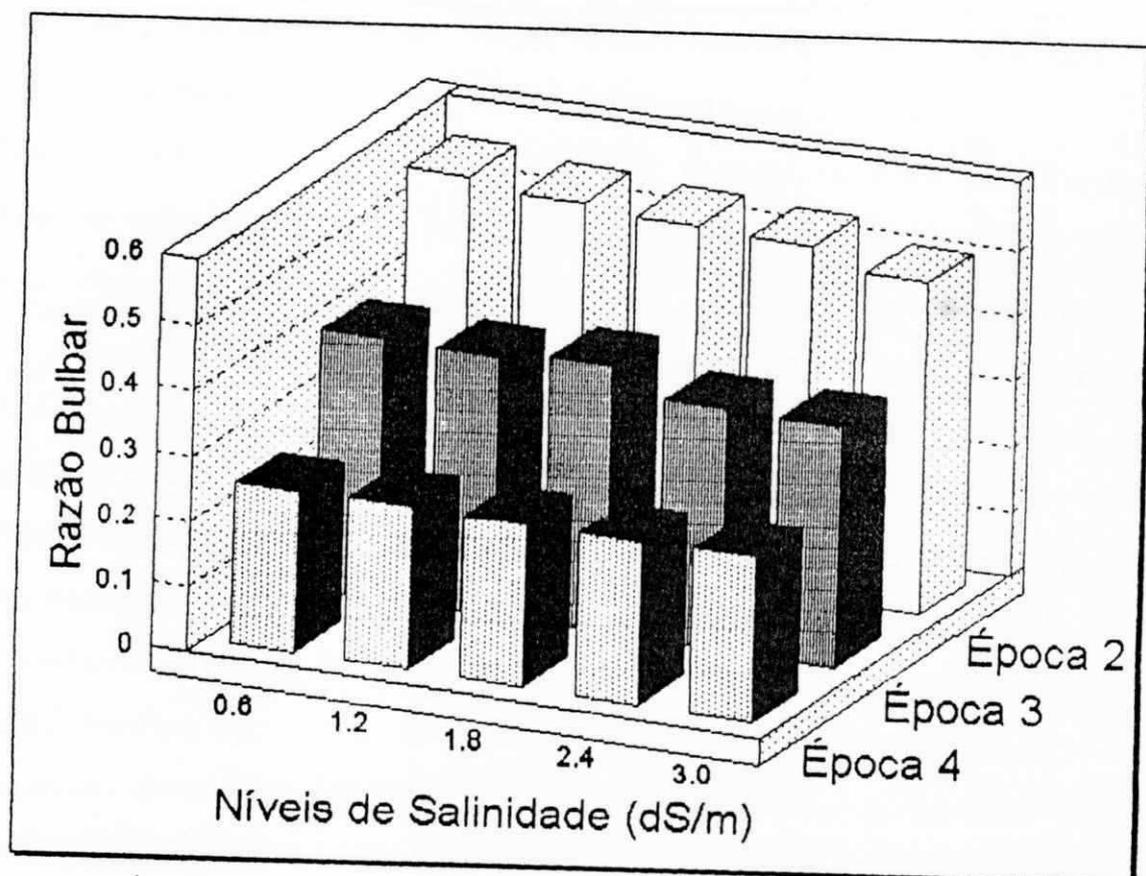


Figura 4 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação na razão bulbar do alho (*Allium sativum* L.), aos 60, 90 e 120 dias após o plantio.

De acordo com o teste de Tukey (Tabela 10), os efeitos prejudiciais da salinidade sobre o crescimento da planta já se mostram bem mais visíveis, na terceira fase do desenvolvimento, em comparação com a segunda, principalmente para as variáveis relacionadas à parte aérea. Portanto, aos 90 dias após o plantio, as várias características de crescimento do alho, excetuando-se a razão bulbar, foram afetadas significativamente ( $p < 0,05$ ) com o aumento da concentração salina das águas de irrigação.

Com relação às variáveis número de folhas, altura da planta, diâmetro do pseudocaule, diâmetro do bulbo e peso de matéria seca da parte aérea, o crescimento da planta se mostrou notadamente menor no nível  $NS_5$  que, apesar de não ter diferido significativamente ( $p > 0,05$ ) do nível  $NS_4$  e, apenas para o diâmetro do bulbo, do nível  $NS_3$ , diferiu dos demais níveis. Para as características altura da planta, diâmetro do pseudocaule e peso de matéria seca da parte aérea, o crescimento da planta foi significativamente ( $p < 0,05$ ) maior nos níveis  $NS_1$  e  $NS_2$ , embora estes não tenham diferido do nível  $NS_3$  (Tabela 10).

Quanto à razão bulbar, embora a análise de variância tenha revelado diferenças estatísticas entre os níveis de salinidade, pelo teste F (Tabela 9), não foi detectada nenhuma diferença significativa para esta variável pelo teste de Tukey (Tabela 10). Portanto, ao contrário da época II, a razão bulbar não foi afetada significativamente ( $p > 0,05$ ) pelos níveis crescentes de salinidade da água de irrigação. Isto se deve ao fato de tanto o crescimento diâmetral do pseudocaule quanto o do bulbo terem sido afetados, à medida que aumentou a concentração salina, já que o bulbo se encontrava mais desenvolvido nessa época, como se pode

comprovar pelos valores da razão bulbar (Figura 4). Pois, segundo MANN (1952) e SILVA *et alii* (1970), uma razão bulbar menor do que 0,5 indica definitivamente a formação do bulbo.

#### 4.2.4. Época IV

Na avaliação feita na época da colheita, 120 dias após o plantio, verificam-se, através das análises de variância (Tabelas 11 e 12), diferenças estatísticas, entre os níveis de salinidade das águas de irrigação, altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para altura da planta, diâmetro do pseudocaule, diâmetro do bulbo, número de bulbilhos, peso fresco do bulbo, pesos de matéria seca do bulbo e da parte aérea; significativas ( $p < 0,05$ ) para peso de matéria seca da raiz; e não significativas ( $p > 0,05$ ) para razão bulbar.

Assim como nas fases de crescimento anteriores, com exceção de um caso, na época II, que não tem interesse prático, não houve interação significativa ( $p > 0,05$ ), entre os dois fatores estudados, para nenhuma das variáveis avaliadas aos 120 dias pós-plantio (Tabelas 11 e 12). Isto indica não ter havido dependência entre os efeitos de formas de aplicação e níveis de salinidade da água de irrigação, ou melhor, o aumento na concentração salina da água de irrigação afetou o crescimento da planta de alho independentemente da forma pela qual a água foi aplicada e vice-versa.

Através da comparação de médias pelo teste de Tukey, nota-se que, aos 120 dias após o plantio (época da colheita), os efeitos dos níveis crescentes de salinidade foram bem marcantes sobre as várias características de crescimento do alho, nessa fase do

desenvolvimento da planta, estando mais caracterizados do que nas épocas II e III (Tabela 10). Pois, o crescimento da planta é bastante lento nos dois primeiros meses, com baixa absorção de nutrientes, aumentando a partir daí até o quarto mês (SILVA *et alii*, 1970; MAGALHÃES, 1986).

Ao analisar os valores médios das variáveis altura da planta, diâmetro do pseudocaule e peso de matéria seca da parte aérea, constata-se que não houve mais crescimento da parte aérea da planta aos 120 dias após o plantio, notando-se até mesmo uma diminuição no diâmetro do pseudocaule e no peso de matéria seca da parte aérea, em relação aos 90 dias pós-plantio; enquanto o diâmetro e o peso de matéria seca do bulbo aumentaram 1,4 e 2,8 vezes mais, respectivamente, no nível de salinidade mais baixo (0,6dS/m), nesse mesmo período (Figuras 5, 6 e 7).

SILVA & ALVARENGA (1984), estudando o efeito do choque frio sobre algumas características do alho, verificaram também que o desenvolvimento mais acentuado da planta, em altura, ocorreu até os 100 dias após o plantio, quando tende a se estabilizar.

É evidente que a redução no diâmetro do caule se deu devido ao murchamento da parte aérea e conseqüente seca ao final do ciclo vegetativo da planta, conforme indicado por SATURNINO (1978). Contudo, a redução no peso de matéria seca da parte aérea pode ter sido causada, em parte, pela translocação de nutrientes fotossintetizados nas folhas para o bulbo, como fonte de reserva. SILVA *et alii* (1970) também encontraram comportamento semelhante.

Na Figura 5, observa-se que a altura média da planta obtida no nível NS<sub>5</sub>, o qual só não diferiu do NS<sub>4</sub>, foi menor 17,5% em comparação à conseguida no nível NS<sub>1</sub>, que proporcionou a maior

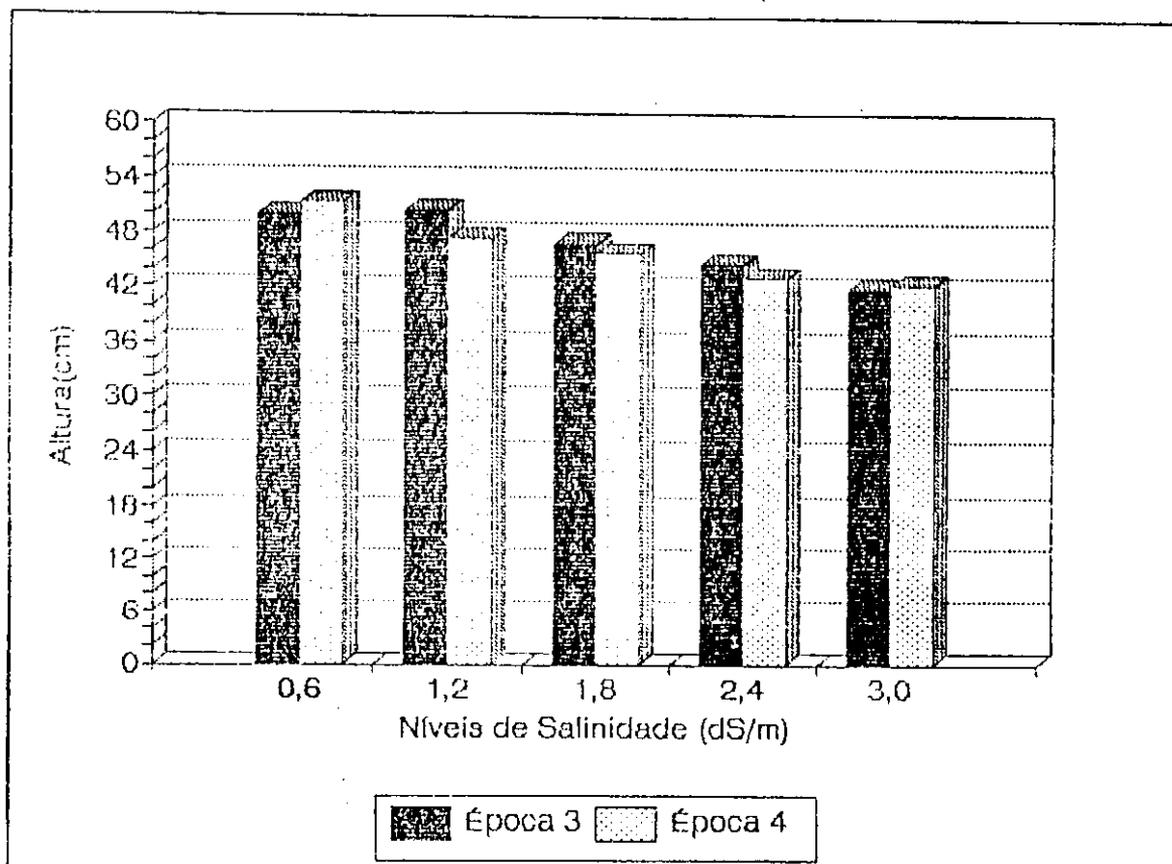


Figura 5 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação na altura da planta do alho (*Allium sativum* L.), aos 90 e 120 dias após o plantio.

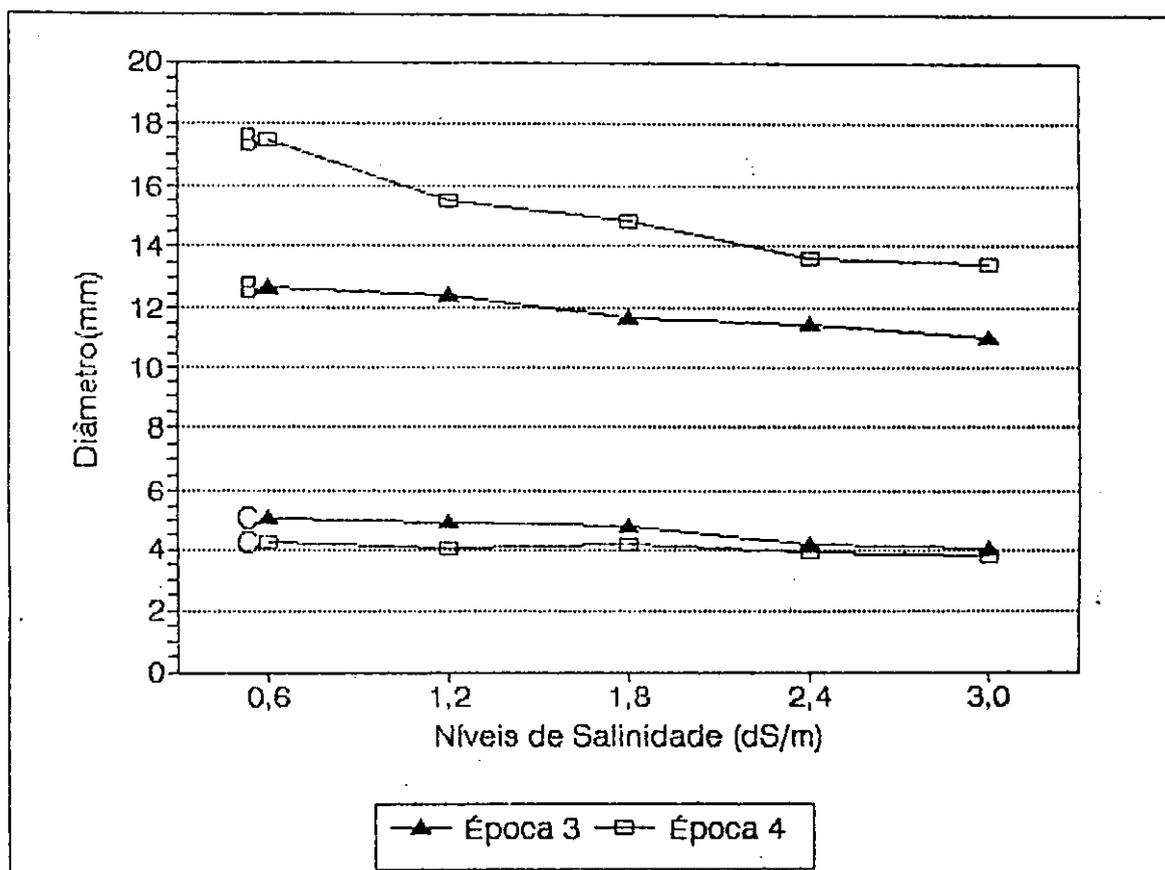


Figura 6 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação no crescimento diametral do pseudocaule e do bulbo do alho (*Allium sativum* L.), aos 90 e 120 dias após o plantio.

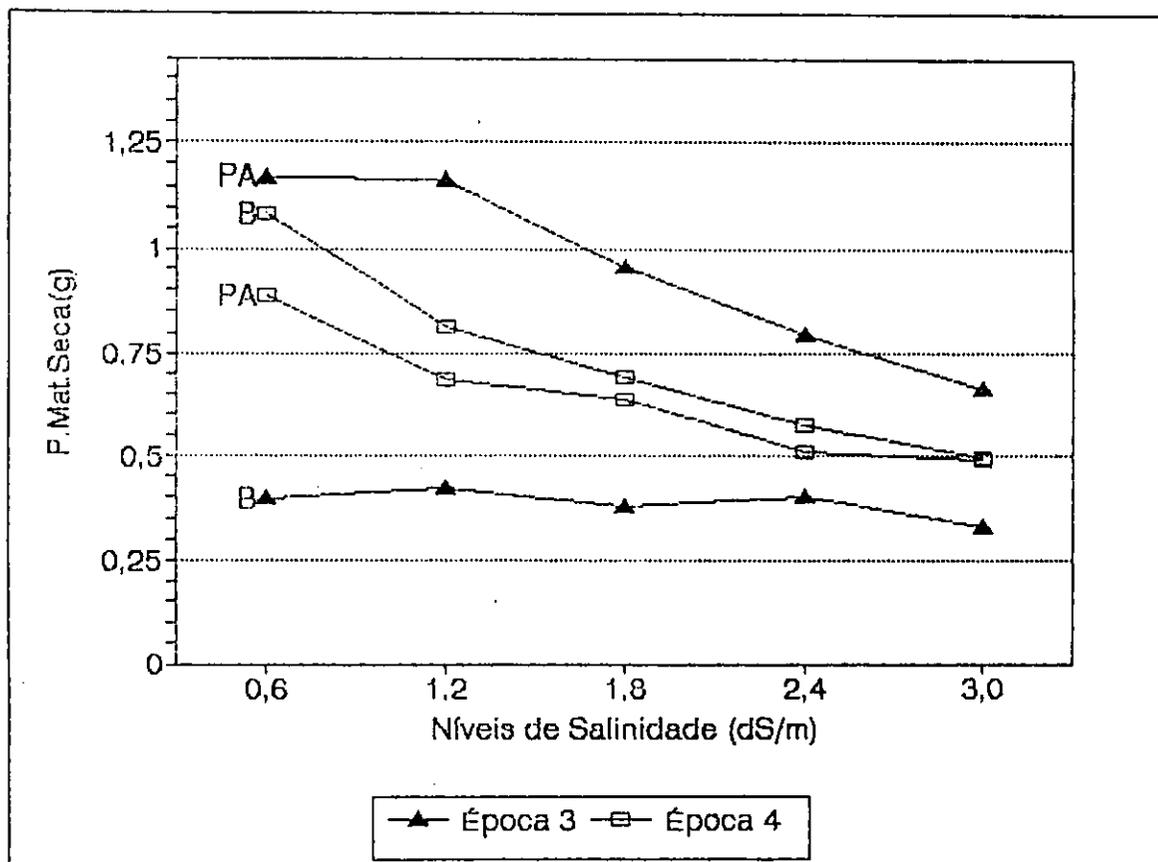


Figura 7 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação na produção de matéria seca da parte aérea e do bulbo do alho (*Allium sativum* L.), aos 90 e 120 dias após o plantio.

altura média da planta, diferindo dos demais níveis. Essa redução foi similar a ocorrida, aos 90 dias pós-plantio, entre os níveis extremos de salinidade, sendo de 16,2%. A altura da planta foi reduzida linearmente em função dos níveis crescentes de salinidade de acordo com a Equação:

$$Y = 52,857 - 3,8796.X$$

O crescimento diametral médio do pseudocaule no nível NS<sub>1</sub>, que diferiu dos demais, foi 22,2% maior que o ocorrido no nível NS<sub>5</sub>, no qual se obteve o menor diâmetro médio, só não diferindo do nível NS<sub>4</sub>. Observou-se, também, entre os níveis extremos, uma redução semelhante de 19,9% no diâmetro médio do pseudocule, aos 90 dias após o plantio (Figura 6). O crescimento diametral do pseudocaule foi influenciado pelos níveis de salinidade, segundo a Equação abaixo:

$$Y = 4,462 - 0,403.X$$

Analisando-se a Figura 6, verifica-se que o crescimento diametral médio do bulbo obtido no nível NS<sub>5</sub>, que não diferiu dos níveis NS<sub>4</sub> e NS<sub>3</sub>, sofreu uma redução de 23,2% em comparação ao diâmetro médio conseguido no nível NS<sub>1</sub>, o qual diferiu dos demais. O efeito dos níveis crescentes de salinidade no crescimento diametral do bulbo pode ser expresso pela Equação:

$$Y = 19,49025 - 3,837.X + 0,6017.X^2$$

Observa-se, na Figura 4, que a razão bulbar não foi afetada pelo aumento nos níveis de salinidade da água de irrigação, aos 120 dias após o plantio, visto que os diâmetros do pseudocaule e do bulbo foram afetados, praticamente, na mesma proporção com o aumento da concentração salina nas águas. A razão bulbar, por ser uma variável resultante da relação entre duas outras (diâmetro do

pseudocaule dividido pelo diâmetro do bulbo), portanto dependendo do comportamento individual de cada uma delas, não deve ser uma boa característica para se avaliar a tolerância do alho à salinidade.

O peso fresco médio do bulbo conseguido no nível NS<sub>1</sub>, que diferiu dos demais, foi maior 48,4% do que o peso fresco médio obtido no nível NS<sub>5</sub>, o qual não diferiu dos níveis NS<sub>4</sub> e NS<sub>3</sub> (Figura 8). A Equação abaixo representa o efeito dos níveis de salinidade no peso fresco do bulbo:

$$Y = 4,245 - 1,729.X + 0,3016.X^2$$

Na Figura 9, pode-se observar que o número médio de bulbilhos obtido no nível NS<sub>5</sub>, que só diferiu dos níveis NS<sub>1</sub> e NS<sub>2</sub>, foi menor 51,6% do que o conseguido no nível mais baixo de salinidade (NS<sub>1</sub>). O número de bulbilhos foi reduzido pelos níveis crescentes de salinidade conforme a Equação seguinte:

$$Y = 8,7553 - 0,92816.X$$

O peso médio de matéria seca da parte aérea foi reduzido no nível NS<sub>5</sub>, que não diferiu do NS<sub>4</sub>, em 44,9% comparando-se com peso médio obtido no nível NS<sub>1</sub>, o qual diferiu dos demais (Figura 7). A influência dos níveis de salinidade no peso de matéria seca da parte aérea pode ser expressa pela Equação:

$$Y = 1,066 - 0,354.X + 0,0536.X^2$$

Verifica-se, na Figura 7, que o peso médio de matéria seca do bulbo obtido no nível NS<sub>1</sub>, o qual não diferiu do NS<sub>2</sub>, sofreu uma redução de 54,4% em comparação com o peso médio de matéria seca conseguido no nível NS<sub>5</sub>, que não diferiu dos níveis NS<sub>4</sub> e NS<sub>3</sub>. A redução do peso de matéria seca do bulbo causada pelos níveis crescentes de salinidade é representada pela seguinte

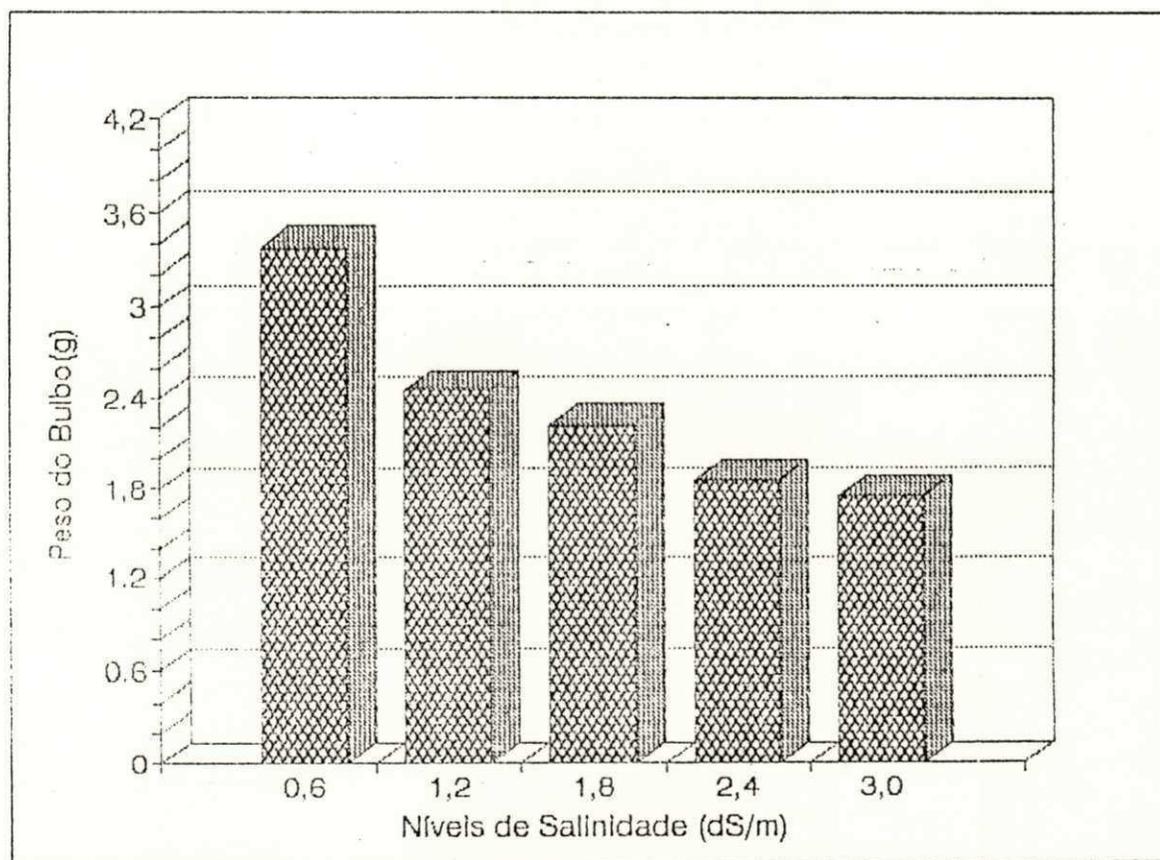
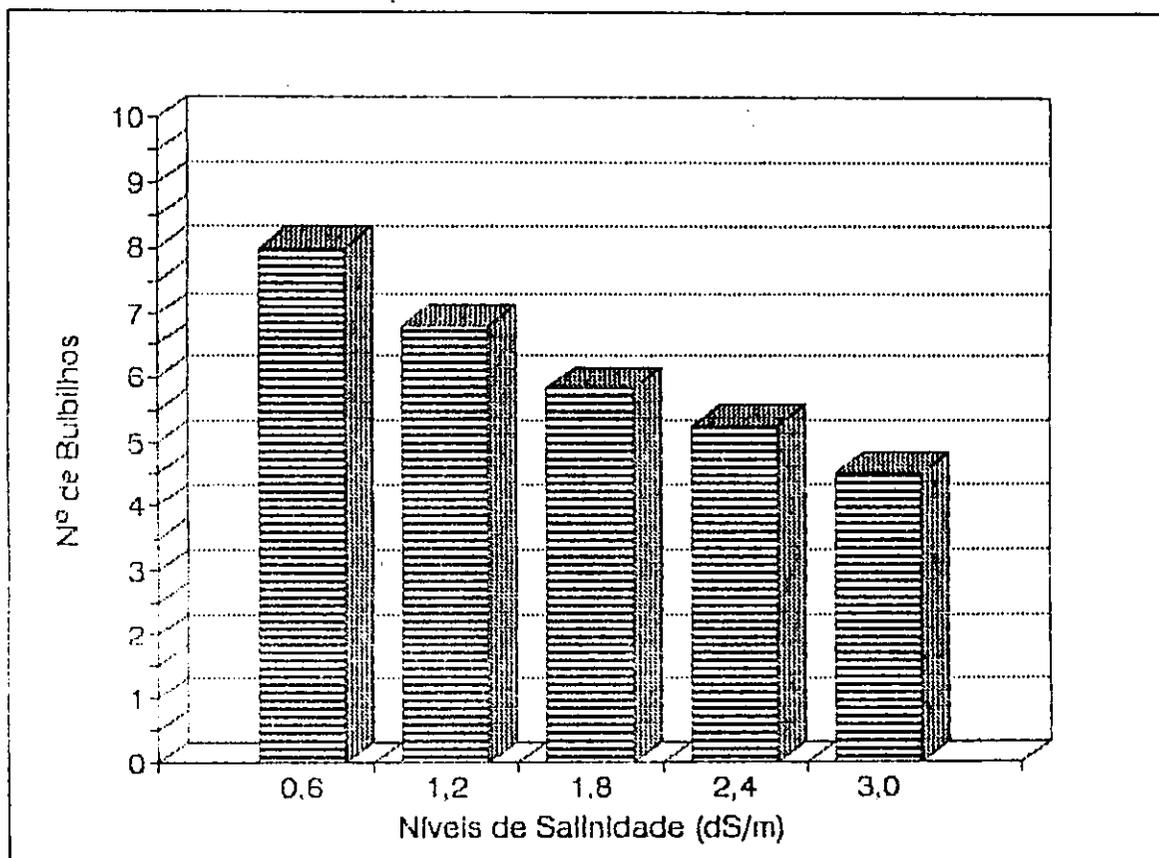


Figura 8 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação no peso fresco do bulbo do alho (*Allium sativum* L.), aos 120 dias após o plantio.



**Figura 9 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação no número de bulbilhos do alho (*Allium sativum* L.), aos 120 dias após o plantio.**

Equação:

$$Y = 1,157 - 0,2364.X$$

O peso médio de matéria seca da raiz obtido no nível de salinidade  $NS_1$  foi 43,4% maior do que o conseguido no nível  $NS_5$ , diferindo significativamente ( $p > 0,05$ ) apenas deste último (Figura 10). O peso de matéria seca da raiz foi reduzido segundo a Equação abaixo:

$$Y = 0,3275 - 0,05583.X$$

Como se pôde constatar analisando os resultados presentes na Tabela 10, aos 120 dias após o plantio, o crescimento da parte subterrânea da planta, avaliado em função do peso fresco do bulbo, número de bulbilhos e pesos de matéria seca do bulbo e da raiz, foi mais afetado que o da parte aérea, com o aumento na concentração de sais solúveis da água de irrigação, sendo que o número de bulbilhos e os pesos fresco e de matéria seca do bulbo foram as características mais afetadas, o que influi diretamente na produção do alho.

Estes resultados são inversos aos verificados nas épocas II e III, nas quais a parte aérea da planta foi a mais afetada (Tabela 10). Todavia, isto se deve ao fato de não ter mais havido crescimento da parte aérea da planta, depois da terceira fase do seu desenvolvimento (Figura 5); enquanto o bulbo apresentou a maior taxa de crescimento, neste mesmo período, em relação às duas épocas anteriores (Figuras 6 e 7), o que resultou numa realação parte aérea/raiz, em termos de peso de matéria seca menor, no nível mais baixo de salinidade (0,6dS/m) do que no mais alto (3,0dS/m), que foram de 0,63 e 0,73, respectivamente.

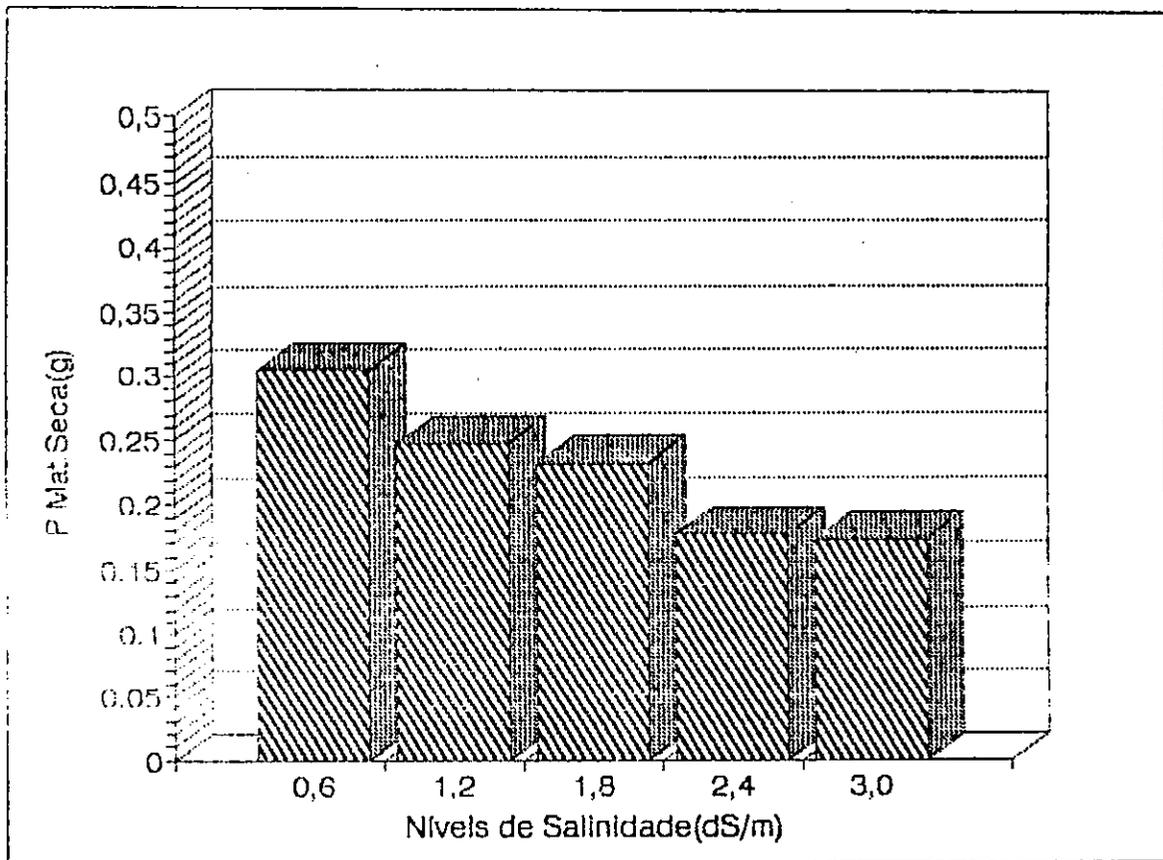


Figura 10 - Influência dos níveis de salinidade da água de irrigação na produção de matéria seca da raiz do alho (*Allium sativum* L.), aos 120 dias após o plantio.

Outros autores (BERNSTEIN & PEARSON (1954), MEIRI & POLJAKOFF-MAYBER (1970), MAAS *et alii* (1972), trabalhando com culturas como o tomateiro, pimentão, feijoeiro, soja e abóbora, constataram que o peso de matéria seca da parte aérea das plantas foi mais reduzido do que o da raiz, com o aumento dos níveis de salinidade.

Na Tabela 6, verificar-se que, apesar de praticamente não ter havido diferença no consumo de água com relação às formas de aplicação, houve, portanto, com respeito aos níveis de salinidade da água de irrigação, mesmo não se obtendo uma menor relação parte/raiz para o alho, aos 120 dias após o plantio.

Embora a salinidade frequentemente iniba menos o crescimento radicular do que o da parte aérea, resultando numa menor relação parte aérea/raiz (MEIRI & SHALHEVET, 1973; MAAS & HOFFMANN, 1977; SHANNON, 1979; FAGERIA, 1984, 1989), todavia, nem todas as partes da planta são igualmente afetadas, e qualquer correlação entre a resposta do crescimento e o nível de salinidade deve levar isto em consideração (MAAS & HOFFMANN, 1977).

Observa-se ainda, na Tabela 6, que o volume de água aplicado diminuiu com o aumento do teor de sais nas águas de irrigação. Comportamentos semelhantes foram verificados em outras culturas, como tomateiro (EATON, 1941), milho (HAYWARD & SPURR, 1944), feijoeiro (LUNIN *et alii*, 1961a, 1961b; MEIRI & POLJAKOFF-MAYBER, 1970) e bananeira (SANTOS, 1990; ARAÚJO FILHO, 1991). Isto porque há uma redução na taxa de transpiração e absorção de água pelas raízes com a diminuição do potencial osmótico da solução do solo (MEIRI & POLJAKOFF-MAYBER, 1970; MEIRE & SHALHEVET, 1973).

Na Tabela 14, constata-se que, em decorrência das aplicações

TABELA 14 - Características químicas do solo utilizado, antes e após a realização do experimento.

CARACTERÍSTICAS	SOLO INICIAL	FORMAS DE APLICAÇÃO		NÍVEIS DE SALINIDADE				
		FA <sub>1</sub>	FA <sub>2</sub>	NS <sub>1</sub>	NS <sub>2</sub>	NS <sub>3</sub>	NS <sub>4</sub>	NS <sub>5</sub>
pH Pasta Saturação	5,88	5,06	4,99	4,83	4,93	4,95	5,11	5,31
Percent. Saturação	25,33	25,27	25,41	25,41	25,31	25,36	25,18	25,44
Extrato de Saturação								
Cátions (meq/l)								
Cálcio	2,00	20,38	21,95	13,69	18,04	19,10	26,19	26,68
Magnésio	3,13	40,25	45,82	22,41	37,16	42,10	55,66	57,84
Sódio	1,00	26,35	29,19	7,09	18,00	25,88	39,50	47,00
Potássio	0,88	4,46	5,07	3,89	3,17	4,43	3,24	6,65
Anions (meq/l)								
Cloreto	2,75	83,51	90,95	31,19	66,19	87,85	131,91	119,04
Bicarbonato	1,20	1,57	1,39	1,37	1,37	1,40	1,46	1,80
Carbonato	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.
Sulfato	aus.	pres.	pres.	pres.	pres.	pres.	pres.	pres.
CE (dS/m)	0,71	10,97	11,94	5,40	9,14	10,99	15,13	16,63
RAS (mmol/l) <sup>1/2</sup>	0,62	4,70	5,29	1,68	3,58	4,70	5,92	7,18
Complexo Sortivo (meq/100g)								
Cálcio	2,28	2,41	2,57	2,11	2,28	2,46	2,68	2,92
Magnésio	1,51	1,00	1,12	1,17	1,21	1,03	0,93	0,96
Sódio	0,04	1,17	1,36	0,36	0,90	1,18	1,64	2,24
Potássio	0,04	0,45	0,48	0,40	0,45	0,48	0,48	0,53
Alumínio	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Hidrogênio	2,84	2,29	2,26	2,76	2,40	2,29	2,11	1,80
CTC	6,81	7,42	7,89	6,90	7,34	7,54	7,94	8,55
PST	0,59	15,77	17,24	5,22	12,26	15,65	20,65	26,20

de águas com diferentes concentrações salinas, em diferentes quantidades, houve um aumento significativo e gradual no nível de salinidade do solo, o que implica numa redução também gradual do seu potencial osmótico e, em consequência, do potencial hídrico. Isto diminui obviamente a disponibilidade de água para a planta, através do efeito osmótico, além de poder provocar efeito de íons específicos e deterioração das propriedades físicas e químicas do solo, justificando a redução no consumo de água pelas plantas em função do aumento na concentração de sais das águas de irrigação aplicadas.

Constata-se também, na Tabela 13, que, em função do aumento na concentração salina das águas, houve um aumento progressivo do conteúdo de sódio e cloreto nas folhas do alho; enquanto que os teores de cálcio e potássio tiveram pequenas variações e os de magnésio decresceram ligeiramente.

O aumento do teor de sódio no tecido foliar não influenciou a concentração de potássio nas folhas do alho. Estes resultados são semelhantes aos relatados por SINGH & ABROL (1985). Todavia, o nível de cálcio foi bastante elevado em relação ao obtido por SILVA *et alii* (1970) em condições não salinas.

Por sua vez, o maior acúmulo dos íons sódio e cloreto nas folhas, favorecido pelo aumento da concentração de sais solúveis nas águas de irrigação, também pode ter contribuído para a redução no crescimento da planta, em resposta aos efeitos tóxicos e desequilíbrio nutricional (MEIRI & SHALHEVET, 1973; BERNSTEIN, 1975).

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, nas condições em que o estudo foi realizado, permitem enumerar as seguintes conclusões:

1. Não houve diferença entre as duas formas de aplicação da água de irrigação, quanto ao efeito sobre o crescimento da planta de alho, até os 90 dias após o plantio.
2. A aplicação da água de irrigação molhando a parte aérea das plantas afetou mais o crescimento do alho do que quando a água foi aplicada diretamente ao solo, aos 120 dias após o plantio.
3. O crescimento da parte aérea da planta de alho foi mais reduzido do que o da parte subterrânea, pela aplicação da água molhando as folhas da planta, aos 120 dias após o plantio.
4. Não houve dependência ou interação entre os efeitos de formas de aplicação e níveis de salinidade da água de irrigação no crescimento da planta de alho.
5. Os níveis de salinidade começaram a afetar o crescimento da planta a partir dos 60 dias após o plantio; enquanto que este só foi afetado pelas formas de aplicação da água de irrigação aos 120 dias pós-plantio.

6. Aos 60 e 90 dias após o plantio, o crescimento da parte aérea da planta de alho foi mais reduzido do que o da parte subterrânea pelos níveis de salinidade da água de irrigação.
7. Aos 120 dias após o plantio, o crescimento da planta de alho começou a declinar à medida que os níveis de salinidade da água de irrigação aumentaram a partir de 1,2 dS/m.
8. O crescimento da parte subterrânea da planta de alho sofreu uma redução maior do que o da parte aérea, com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação, aos 120 dias após o plantio.
9. Aos 120 dias após o plantio, o bulbo foi a parte da planta de alho mais afetada pelos níveis crescentes de salinidade da água de irrigação, sofrendo uma redução em peso maior do que a em diâmetro.
10. A razão bulbar demonstrou não ser uma boa característica para se avaliar a tolerância do alho à salinidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R.W. Princípios do melhoramento genético das plantas. Rio de Janeiro: USAID, 1971. 381p.
- ALLISON, L.E. Salinity in relation to irrigation. Adv. Agron., n. 16, p.139-80, 1964.
- ARAR, A. Irrigation and drainage in relation to salinity and waterlogging. In: SALINITY SEMINAR, BAGHIDAD. Rome: FAO, 1971. p.86-108. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 7).
- ARAGUEZ LAFARGA, R. Adequación del agua para riego. Tenerife: INIA, 1982. (INIA. Curso Internacional de Riego Localizado, 3).
- ARAÚJO FILHO, J. B. de. Efeito da salinidade do solo no crescimento inicial de diferentes cultivares de bananeira. Campina Grande: UFPB, 1991. 83p. (Dissertação de Mestrado).
- AUBERT, G., KOVDA, V.A. Soils in relation to salinity, irrigation and drainage. In: KOVDA, V.A., BERG, C. van den, HAGAN, R.M. Irrigation, drainage and salinity. London: HUTCHINSON/FAO/UNESCO, 1973. cap.3, p.55-79. (FAO-UNESCO. An International Source Book).
- AYERS, R.S. Quality of water for irrigation. J. Irrig. Drain. Div., n.103, p.135-54, 1977. (ASCE. Proceeding Paper, 12993).
- AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1985. 174p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29).
- BANZATTO, D. A., KRONKA, S. do N. Experimentação agrícola. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247p.
- BERNSTEIN, L. Salt tolerance of grasses and forage legumes. Washington D. C.: U. S. Department of Agriculture, 1958. 7p. (USDA. Inform. Bull., 194).
- BERNSTEIN, L. Tolerance of plants to salinity. J. Irrig. Drain. Div., v.87, n.4, p.1-12, 1961a. (ASCE. Proceeding Paper, 3005).
- BERNSTEIN, L. Osmotic adjustment of plants to saline media. I. Steady-state. Amer. Jour. Bot., v.48, n.10, p.909-18, 1961b.
- BERNSTEIN, L. Effect of salinity on mineral composition and growth of plants. Plant Fert. Probl., n.4, p.25-45, 1964a
- BERNSTEIN, L. Salt tolerance of plants. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1964b. 23p. (USDA. Inform. Bull., 283).

- BERNSTEIN, L. Crop growth and salinity. In: SCHILFGAARD, J. van (ed.). *Drainage for agriculture*. Madison: Amer. Soc. Agron., 1974. cap.3, p.39-54. (Agronomy, 17).
- BERNSTEIN, L. Effect of salinity and sodicity on plant growth. *Annu. Rev. Phytopathol.*, n.13, p.295-311, 1975.
- BERNSTEIN, L., FRANCOIS, L.E. Comparison of drip, furrow and splinker irrigation. *Soil Sci.*, n.115, p.73-86, 1973.
- BERNSTEIN, L., PEARSON, G. A. Influence of integrated moisture stress achieved by varying the osmotic pressure of culture solutions on growth of tomato and pepper plants. *Soil Sci.*, n.77, p. 355-68, 1954.
- BLACK, C.A. *Soil-plant relationships*. 2nd.ed. New York: J. Wiley & Sons, 1968. v.1, 792p.
- BOHN, H.L., McNEAL, B.L., O'CONNOR, G.A. *Soil chemistry*. 2.ed. New York: J. Wiley & Sons, 1985. 341p.
- BOSE, T.K., SOM, M.G. *Vegetables crops in India*. Calcutta: India, 1986.
- BRESLER, E., McNEAL, B.L., CARTER, D.L. *Saline and sodic soils: principles, dynamic, modeling*. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 236p.
- BUSCH, C.D., TURNER, F. Jr. Sprinkler irrigation with high salt-content water. *Trans. ASAE*, n.10, p.494-6, 1967.
- CAMARGO, C.D., BARRERA, P. *Alho: uma planta mágica com um futuro garantido no mercado nacional*. 2.ed. São Paulo: Icone, 1985. 98p. (Coleção Brasil Agrícola).
- CARTER, D.L. Problems of salinity in agriculture. In: POLJAKOFF-MAYBER, A., GALE, J. (eds.). *Plants in saline environments*. Berlin: Springer-Verlag, 1975. cap.2., p.25-35. (Ecological Studies, 15).
- CHRISTIANSEN, J.E., OLSEN, E., WILLARDSON, L.S. Irrigation water quality evaluations. *J. Irrig. Drain. Div.*, n.103, p.155-69, 1977.
- COELHO, M.A., SONCIN, N.B. *Geografia do Brasil*. São Paulo: Ed. Moderna, 1982. 368p.
- COSTA, R.G., GHEYI, H.R. *Variação da qualidade da água de irrigação da Mirorregião Homogênea de Catolé do Rocha, PB. Pesq.agrope.bras.*, v.19, n.8, p.1021-5, ago. 1984.
- CRUCIANI, D.E. *A drenagem na agricultura*. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1987, 337p.

- DAHIYA, S.S., DAULTA, B.S., AHLAWAT, V.P. Salt tolerance of fruit crops: a review. *Haryana J. Hort. Sci.*, v.12, n.1-2, p.52-62, 1983.
- DAKER, A. *A água na agricultura*. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1988. 543p. 3 v. V. 3: Irrigação e drenagem.
- DARGAN, K.S. Agronomic and cultural practices for crop production in salt affected soils. *Curr. Agric.*, v.3, n.1-2, p.1-20, 1979.
- DONEEN, L.D. Salinization of soil by salts in the irrigation water. *Trans. Am. Geophys. Union*, n.35, p.943-950, 1954.
- DONEEN, L.D. Water quality for irrigated agriculture. In: POLJAKOFF-MAYBER, A., GALE, J. (eds.). *Plants in saline environments*. Berlin: Springer-Verlag, 1975. cap.4, p.56-76. (Ecological Studies, 15).
- EATON, F.M. Boron in soils and irrigation waters and its effect on plants, with particular reference to the San Joaquin Valley of California. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1935p. (USDA. Tech. Bul., 448).
- EATON, F.M. Water uptake and root growth as influenced by inequalities in concentration of the substrate. *Plant Physiol.*, n.16, p.545-64, 1941.
- EATON, F.M. Toxicity and accumulation of chloride and sulfate salts in plants. *Jour. Agr. Res.*, n.64, p.357-99, 1942.
- EATON, F.M. Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. *Jour. Agr. Res.*, n.69, p.237-77, 1944.
- EATON, F.M. Significance of carbonates in irrigation water. *Soil Sci.*, n.69, p.123-33, 1950.
- EATON, F.M. Formulas for estimating leaching and gypsum requirements of irrigation waters. *Texas Agr. Exp. Sta. Misc. Publ.*, n.111, p.1-18, 1954.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979. [n.p.]
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. *Cultivo do alho (*Allium sativum* L.)*. Brasília: EMBRAPA-CNPq, 1982. 15p. (EMBRAPA-CNPq. Instruções Técnicas, 2).
- EMEPA-PB. Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba. *Tecnologias geradas ou adaptadas e recomendações da pesquisa*. João Pessoa: EMEPA-PB, 1989. 136p. (EMEPA-PB. Documentos, 14).
- EPSTEIN, E. *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. New York: J. Wiley and Sons, 1972. 412p.

- EPSTEIN, E., RAINS, D.W. Advances in salt tolerance. *Plant and Soil*, n.99, p.17-29, 1987.
- FAGERIA, N.K. *Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz*. Rio de Janeiro: Ed. Campus; Goiânia: EMBRAPA, 1984. cap.10, p.302-2.
- FAGERIA, N.K. *Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas*. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 18).
- FAGERIA, N.K., BARBOSA FILHO, M. P., GHEYI, H.R. Avaliação de cultivares de arroz para tolerância à salinidade. *Pesq. agropec. bras.*, v.16, n.5, p.677-81, 1981.
- FARIAS, J.M.L. de. *Cultura do alho*. João Pessoa: EMATER-PB, 1979. 27p.
- FEIGIN, A. Fertilization management of crops irrigated with saline water. *Plant and Soil*, n.89, p.285-99, 1985.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1972. 451p.
- FOLLETI, R.H., MURPHY, L.S., DONAHUE, R.L. *Fertilizers and soil amendments*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1981. 557p.
- GAUGH, H.G., WADLEIGH, C.H. Effects of high salt concentrations on growth of bean plants. *Bot. Gaz.*, n.105, p.379-87, 1942.
- GHEYI, H.R., BARRETO, A.N., GARRI, A. C. R. C., ALMEIDA, A.M. Seleção de cultivares de arroz irrigado para solos salino-sódicos. II. Ensaio de campo. *Pesq. agropec. bras.*, v.22, n.11/12, p.1195-9, 1987.
- GOLDBERG, D., SHMUELI, E. Sprinkle and trickle irrigation of green pepper in arid zone. *Hort. Sci.*, v.6, n.6, p.559-62, 1971.
- GORNAT, B., GOLDBERG, D., RIMON, D., BEN-ASHER, J. The physiological effect of water quality and method of application on tomato, cucumber and pepper. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, n.98, p.202-5, 1973.
- GRATTAN, S., MAAS, E.V., OGATA, G. Foliar uptake and injury from saline aerosol. *J. Environ. Qual.*, n.10, p.406-409, 1981.
- HARDING, R.B., MILLER, M.P., FIREMAN, M. Absorption of salts by citrus leaves during sprinkling with water suitable for surface irrigation. *Am. Soc. Hort. Sci.*, n.71, p.248-56, 1958.
- HAYWARD, H.E., SPURR, W.B. Effects of isosmotic concentrations of inorganic and organic substrates on entry of water into corn roots. *Bot. Gaz.*, n.105, p.152-64, 1943.

- HILGARD, E.W. Soils, their formation, properties, composition, and relations to climate and plant growth. New York: Macmillan, 1906. 593p.
- HOFFMANN, G.J., AYERS, R.S., DOERING, E.J., McNEAL, B.L. Salinity in irrigated agriculture. In: JENSEN, M.E. Design and operation of farm irrigation systems. Rev. Print. St. Joseph: Amer. Soc. of Agric. Engineers, 1983. cap.5, p.145-85.
- HOORN, J.W. van. Quality of irrigation water, limits of use of long-term effects. In: SALINITY SEMINAR, BAGHIDAD. Rome: FAO, 1971. p.117-35. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 7).
- HOORN, J.W. van, ALPHEN, J.G. van. Salinity control: salinity control, salt balance and leaching requirement of irrigated soils. Wageningen: Agricultural University of Wageningen, 1988. (Lectures notes for the Twenty-ninth International Course on Land Drainage, 1990).
- IBGE. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.
- KAMPHORST, A., BOLT, G.H. Saline and sodic soils. In: BOLT, G.H., BRUGGENT, M. G. M. (eds.). Soil chemistry. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1976. v.1, cap.9, p.171-91. (Developments in Soil Science, 5A).
- KELLEY, W.P., BROWN, S.M., LIEBIG Jr., G.F. Chemical effects of saline irrigation water on soils. Soil Sci., n.49, p.95-107, 1940.
- KENT, L. M., LAUCHLI, A. Germination and seedling growth of cotton: salinity-calcium interactions. Plant, Cell and environment, n.8, p.155-9, 1985.
- KLAR, A.E. A água no sistema solo-panta-atmosfera. São Paulo: Nobel, 1984. 408p.
- KOVDA, V.A., YARON, B., SHALHEVET, Y. Quality of irrigation water. In: KOVDA, V.A., BERG, C. van den, HAGAN, R.M. (Eds.). Irrigation, drainage and salinity. London: HUTCHINSON/FAO/UNESCO, 1973. cap.7, p.177-205. (FAO-UNESCO. International Source Book).
- KRAMER, P.J. Water relations of plants. Orlando: Academic Press, 1983. 489p.
- LAGERWERFF, J.V., EAGLE, H.E. Transpiration related to ion uptake by beans from saline substrates. Soil Sci., n.93, p.420-30, 1961.
- LAGERWERFF, J.V., HOLLAND, J.P. Growth and mineral content of carrots and beans as related to varying osmotic composition affects in saline-sodic sand culture. Agron. J., n.52, p.603-8, 1960.

- LAUCHLI, A., EPSTEIN, E. Mechanism of salt tolerance in plants. *Calif. Agric.*, v.38, n.10, p.18-20, 1984.
- LUNIN, J., GALLATIN, M.H., BATCHELDER, A.R. The effect of stage of growth at time of salinization on the growth and chemical composition of beans I. Total salinization accomplished in one irrigation. *Soil Sci.*, n.91, p.194-202, 1961a.
- LUNIN, J., GALLATIN, M.H., BATCHELDER, A.R. The effect of stage of growth at time of salinization on the growth and chemical composition of beans. II. Total salinization in one irrigation compared with gradual salinization. *Soil Sci.*, n.92, p.194-201, 1961b.
- LUNIN, J., GALLATIN, M.H., BATCHELDER, A.R. Saline irrigation of several vegetable crops at various growth stages. I. Effect on yields. *Agron. J.*, v.55, n.2, p.107-10, 1963.
- JACOMINE, P.K.T., RIBEIRO, M. R., MONTENEGRO, J. O., SILVA, A.P. da, MELO FILHO, H. F. R. de. Levantamento - exploratório - reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: MINTER/SUDENE/DRN, 1972. 670p. (Boletim Técnico, 15, Série Pedológica, 8).
- JENSEN, M.E., RANGELEY, W.R., DIELEMAN, P.J. Irrigation trends in world agriculture. In: STEWART, B.A., NIELSEN, D.R. (co-eds.). *Irrigation of agricultural crops*. Madison: Amer. Soc. Agron., 1990. cap.3, p.31-67. (Monograph, 30).
- MAAS, E.V. Crop tolerance. *Calif. Agric.*, v.38, n.10, p.20-1, 1984.
- MAAS, E.V. Crop tolerance to saline sprinkling water. *Plant and Soil*, n.89, p.273-284, 1985.
- MAAS, E.V. Salt tolerance of crops. *Applied Agric. Research*, v.1, n.1, p.12-26, 1986.
- MAAS, E.V., GRATTAN, S.R., OGATA, G. Foliar salt accumulation and injury in crops. *Irrig. Sci.*, n.3, p.157-8, 1982.
- MAAS, E.V., HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance: evaluation of existing data. In: INTERNATIONAL SALINITY CONFERENCE, 1976, Lubbock, Texas. p.187-98.
- MAAS, E.V., HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance: current assessment. *J. Irrig. Drain. Div.*, n.103, p.115-34, 1977.
- MAAS, E.V., NIEMAN, R. H. Physiology of plant tolerance to salinity. In: JUNG, G.A. (ed.). *Crop tolerance to suboptimal land conditions*. Madison: Amer. Soc. Agron., 1978. cap.1, p.277-9. (Special Publication, 32).
- MAAS, E.V., OGATA, G., BARBER, M.J. Influence of salinity on Fe, Mn and Zn uptake by plants. *Agron. J.*, n.64, p.793-5, 1972.

- MAGALHÃES, J.R. de. Nutrição mineral do alho. *Inf. Agropec.*, v.12, n.142, p.20-30, 1986.
- MAGALHÃES, J. R. de, MENEZES SOBRINHO, J. A. de, FONTES, R. R., SOUZA, A.F. Diagnose por subtração, visando o levantamento dos nutrientes limitantes para a cultura do alho em solo do cerrado do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 19., Florianópolis, 1979. Resumos... Florianópolis: EMPASC, 1979. v.11, p.197-8.
- MAGISTAD, O.C., AYERS, A.D., WADLEIGH, C.H., GAUGH, H.G. Effect of salt concentration, kind of salt, and climate on plant growth in sand cultures. *Plant Physiol.*, n.18, p.151-66, 1943.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A.de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MANGAL, J. L., SINGH, R. K., YADAV, A. C., LAL, S., PANDEY, U. C. Evaluation of garlic cultivars for salinity tolerance. *J. Hortic. Sci.*, v.65, n.6, p.657-8, 1990.
- MANN, L.K. Anatomy of the garlic bulb and factors affecting bulb development. *Hilgardia*, v.21, n.8, p.195-251, 1952.
- MARTINEZ BELTRÁN, J. Drenaje agrícola. Madrid: IRYDA, 1986. v.1, 239p. (IRYDA. Manual Técnico, 5).
- MASCARENHAS, M.H.T. Plantio e espaçamento na cultura do alho. *Inf. Agropec.*, v.4, n.48, p.31-34, 1978.
- McNEAL, B.L. Soil salts and their effects on water movement. In: SCHILFGAARD, J. Van (ed.). Drainage for agriculture. Madison: Amer. Soc. Agron., 1974. cap.15, p.409-31c. (Agronomy, 17).
- MEDEIROS, J.F. de. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos estados de RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado).
- MEIRI, A., POLJAKOFF-MAYBER, A. Effect of various salinity regimes on growth, leaf expansion and transpiration rate of bean plants. *Soil Sci.*, v.109, p.26-34, 1970.
- MEIRE, A., SHALHEVET, J. Crop growth under saline conditions. In: YARON, B., DANFORS, E., VAADIA, Y. (eds.) Arid zone irrigation. Berlin: Springer-Verlag, 1973. cap.6, p.277-90. (Ecological Studies, 5).
- MENEZES SOBRINHO, J.A. de. Irrigação na cultura do alho. *Inf. Agropec.*, v.4, n.48, p.39-41, 1978a.

- MENEZES SOBRINHO, J.A. de. Origem e botânica do alho. *Inf. Agropec.*, v.4, n.48, p.14, 1978b.
- MENGUEL, K. & KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. 4.ed. Bern: Intern. Potash. Inst., 1987. 687p.
- MOLEN, W.H. van der. Salt balance and leaching requirement. In: INTERNATIONAL INSTITUTE OF LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT. *Drainage principles and applications*. Wageningen: ILRI, 1974. v.2, cap.9, p.59-100. (ILRI. Publication, 16).
- MUELLER, S. & BIASI, J. Comportamento de cultivares de alho plantio de janeiro, no Planalto Catarinense. *Pesq. agropec. bras.*, v.25, n.5, p.783-8, 1990.
- MÜLLER, J.J.V. & SILVA, A.C.F. da. Semente, plantio e espaçamento na cultura do alho. In: EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *A cultura do alho em Santa Catarina*. Florianópolis: EMPASC, 1983. p.40-3.
- NAKATA, H. & COELHO, M. de A. *Geografia geral: geografia física, geografia humana e geografia econômica*. São Paulo: Moderna, 1978. 257p.
- PALACIOS V.,D., ACEVES N., E. *Instructivo para el muestro, registro de datos e interpretacion de la calidad del agua para riego agrícola*. Chapingo: Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, 1970. 49p. (Rama de Riego y Drenaje, 15).
- PEARSON, G. A. *Tolerance of crops to exchangeable sodium*. Washington D. C.: U. S. Department of Agriculture, 1960. 4p. (USDA. Inform. Bull., 216).
- PENMAN, F., MINASHINA, N.G., KONONOVA, M.M., MALINKIN, N.P. Some effects of irrigation and drainage on soils. In: KOVDA, V.A., BERG, C. van den, HAGAN, R.M. *Irrigation, drainage and salinity*. London: HUTCHINSON/FAO/UNESCO, 1973. cap.12, p.387-429. (FAO-UNESCO. An International Source Book).
- PEREIRA, J.R. & SIQUEIRA, F.B. Alterações nas características químicas de um oxissolo sob irrigação. *Pesq. agropec. bras.*, v.14, n.2, p.189-95, 1979.
- PEREIRA, J.R. & CORDEIRO, G.G. Efeito da irrigação e adubação sobre algumas características químicas de um vertissolo. *Pesq. agropec. bras.*, v.22, n.6, p.627-33, 1987.
- PITMAN, M. Ion transport in plant cell. In: SKORYNA, S.C., EDWARD, D.W. (ed.). *Intestinal absorption of metal ions, trace elements and radio nuclides*. Oxford: Pergamon Press, 1970. p.115-33.
- PIZARRO, F. *Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos*. 2.ed. Madrid: Editorial Agrícola Española, 1985. 542p.

- POLJAKOFF-MAYBER, A., GALE, J. (eds.). *Plants in saline environments*. Berlin: Springer-Verlag, 1975. 213p. (Ecological Studies, 15).
- REEVE, R.C. & FIREMAN, M. Salt problems in relation to irrigation. In: HAGAN, R.M., HAISE, R.H. & EDMINSTER, T.W. (eds.). *Irrigation of agricultural lands*. Madison: Amer. Soc. Agron., 1967. cap.51, p.988-1008. (Agronomy, 11).
- RHOADES, J.D. Quality of water for irrigation. *Soil Sci.*, n.113, p.277-84, 1972.
- RHOADES, J.D. Drainage for salinity control. In: SCHILFGBAARD, J. van (ed.). *Drainage for agriculture*. Madison: Amer. Soc. Agron., 1974. cap.3, p.433-62. (Agronomy, 17).
- RHOADES, J.D., LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, B.A., NIELSEN, D.R. (co-eds.). *Irrigation of agricultural crops*. Madison: Amer. Soc. Agron., 1990. cap.9, p.31-67. (Agronomy, 30).
- RICHARDS, L.A. (ed.). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington D.C.: U.S. Depart. of Agricul., 1954. 160 p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- RUSH, D. W. & EPSTEIN, E. Differences between salt-sensitive and salt-tolerant genotypes of the tomato. *Plant Physiol.*, n.57, p.162-6, 1976.
- SANTOS, J.B.R. dos. *Crescimento da bananeira (Musa sp.) sob diferentes qualidades de água de irrigação*. Campina Grande: UFPB, 1990. 76p. (Dissertação de Mestrado).
- SATURNINO, H. M. Colheita, cura, preparo, embalagem, comercialização e armazenamento do alho. *Inf. Agropec.*, v.4, n.48, p.51-61, 1978.
- SCALLOPI, E.D., BRITO, R.A.L. Qualidade da água e do solo para irrigação. *Inf. Agropec.*, v.139, n.12, p.80-94, 1986.
- SHAINBERG, I. Ion exchange properties of irrigated soils. In: YARON, B., DANFORS, E., VAADIA, Y. (eds.) *Arid zone irrigation*. Berlin: Springer-Verlag, 1973. cap.4, p.155-64. (Ecological Studies, 5).
- SHAINBERG, I. Salinity of soils: effects of salinity on the physics and chemistry of soils. In: POLJAKOFF-MAYBER, A., GALE, J. (eds.). *Plants in saline environments*. Berlin: Springer-Verlag, 1975. cap.3, p.39-55. (Ecological Studies, 15).
- SHAINBERG, I., OSTER, J. D. *Quality of irrigation water*. Bet Dagan: International Irrigation Center, 1978. 65p.

- SHALHEVET, J. Irrigation with saline water. In: YARON, B., DANFORS, E., VAADIA, Y. (eds.). *Arid zone irrigation*. Berlin: Springer-Verlag, 1973. cap.6, p.263-76. (Ecological Studies, 5).
- SHALHEVET, J., KAMBUROV, J. *Irrigation and salinity: world-wide survey*. New Delhi: International Commission on Irrigation and Drainage, 1976. 106p.
- SHANNON, M.C. In quest of rapid screening techniques for plant salt tolerance. *Hort. Sci.*, v.14, n.5, p.587-9, 1979.
- SILENZI, J.C., MORENO, A.M., LUCERO, J.C. Efectos del riego con aguas salinas sobre la brotación de bulbillos de ajo Colorado (*Allium sativum* L.). *IDIA*, n.433-436, p.17-21, 1985.
- SILVA, W. L. de C. e, CARRIJO, O. A., OLIVEIRA, C. A. da S., MENEZES SOBRINHO, J.A. de. *Irrigação na cultura do alho no Distrito Federal*. Brasília: EMBRAPA/CNPH, 1981. 36p. (EMBRAPA-CNPH. Circular Técnica, 1).
- SILVA, J.L.O. da, ALVARENGA, M.R.A. Efeitos do choque frio sobre algumas características agronômicas do alho Chonan. I. Características morfológicas. *Pesq. agropec. bras.*, v.19, n.11, p.1353-57, 1984.
- SILVA, J.L.O. da, ALVARENGA, M.R.A. Efeitos do choque frio sobre algumas características agronômicas do alho Chonan. II. Características fisiológicas. *Pesq. agropec. bras.*, v.20, n.9, p.1051-59, 1985.
- SILVA, N. da, OLIVEIRA, G.D. de, VASCONCELOS, E.F.C., HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças: absorção dos nutrientes pela cultura do alho. *O Solo*, v.62, n.1, p.6-17, 1970.
- SINGH, S.B., ABROL, I.P. Effect of exchangeable sodium percentage on growth, yield and chemical composition of onion and garlic. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, n.33, p.358-61, 1985.
- SMEDEMA, L.K., RYCROFT, D.W. *Land drainage: planning and design of agricultural drainage systems*. London: B.T. Batsford Ltd., 1988. 376p.
- SOUZA, R.J. de. Solos, calagem e adubação para a cultura do alho. *Inf. Agropec.*, v.4, n.48, p.24-30, 1978.
- SOUZA, R.J. de, CASALI, V.W.D., MASCARENHAS, M.H.T., SATURNINO, H.M. Caracteres morfológicos de 18 cultivares de alho (*Allium sativum* L.). In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. *Relatório anual de 75/76: projeto olericultura*. Belo Horizonte: EPAMIG, 1978. p.39-48.
- STEEL, R.G.D., TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. New York: McGraw-Hill Book Co., 1980. 481p.

- STROGONOV, B.P. Physiological basis of salt tolerance of plants. Jeruzalem: Israel Prog. Sci. Transl., 1964. 279p.
- SZABOLCS, I., DARAB, K. Water quality for irrigation and salinization problems. In: SYMPOSIUM OF C.I.E.C. ON WATER AND FERTILIZER USE FOR FOOD PRODUCTION IN ARID AN SEMIARID ZONES, 3., Benghazi, 1979. Proceedings... Benggazi: University of Garyounis, 1979. p.51-69.
- TANJI, K.K., HANSON, B.R. Drainage and return flows in relation to irrigation management. In: STEWART, B.A., NIELSEN, D.R. (co-eds.). Irrigation of agricultural crops. Madison: Amer. Soc. Agron., 1990. cap.35, p.1057-87. (Monograph, 30).
- THORNE, D.W., PETERSON, H.D. Irrigated soils: their fertility and management. New York: McGraw-Hill, 1955. 483p.
- VERHOEVEN, B. Saline soils. In: INTERNATIONAL INSTITUTE OF LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT. Drainage principles and applications. Wageningen: ILRI, 1974. v.1, cap.3, p.83-98. (ILRI. Publication, 16).
- WILCOX, L.V. Boron injury to plants. Washington D. C.: U. S. Department of Agriculture, 1960. 7p. (U.S.D.A. Inform. Bull., 211).
- WILCOX, L.V., BLAIR, G.Y., BOWER, C.A. Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation. Soil Sci., n.77, p.259-66, 1954.
- WILCOX, L.V., DURUM, W.H. Quality of irrigation water. In: HAGAN, R.M., HAISE, R.H. & EDMINSTER, T.W. (eds.). Irrigation of agricultural lands. Madison: Amer. Soc. Agron., 1967. cap.9, p.104-22. (Agronomy, 11).
- WITHERS, B., VIPOND, S. Irrigação: projeto e prática. São Paulo: Nobel, 1988. 339p.
- YARON, B. Water suitability for irrigation. In: YARON, B., DANFORS, E., VAADIA, Y. (Eds.). Arid zone irrigation. Berlin: Springer-Verlag, 1973. cap.2, p.71-85. (Ecological Studies, 5).
- YARON, B., DANFORS, E., VAADIA, Y. (eds.). Arid zone irrigation. Berlin: Springer-Verlag, 1973. 434p. (Ecological Studies, 5).
- YARON, B., VINK, A.F.A. Soil survey for irrigation. In: YARON, B., DANFORS, E., VAADIA, Y. (Eds.). Arid zone irrigation. Berlin: Springer-Verlag, 1973. cap.5, p.203-13. (Ecological Studies, 5).
- YOKOYAMA, S. Características botânicas do alho, alho rei e alho poró. In: EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. A cultura do alho em Santa Catarina. Florianópolis: EMPASC, 1983. p.19-26.