

MARIA RUTE DE SOUSA

**COMPORTAMENTO DO FEIJOEIRO ( *Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza)  
SUBMETIDO A DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

**Orientador**

Prof. Dr.\* LUÍZ ANTÔNIO LIMA

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1995

FICHA CATALOGRÁFICA PREPARADA PELA SEÇÃO DE CATALOGAÇÃO E  
CLASSIFICAÇÃO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFLA

Sousa, Rute de

Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*  
L. cv. Eriparza) submetido a diferentes níveis de  
salinidade da água de irrigação / Maria Rute de  
Sousa. --Lavras : UFLA, 1995.

94 p. : il.

Orientador: Luiz Antônio Lima.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão - Irrigação. 2. Feijão - Salinidade  
- Efeito. I. Universidade Federal de Lavras. II.  
Título.

CDD-635.652

MARIA RUTE DE SOUSA

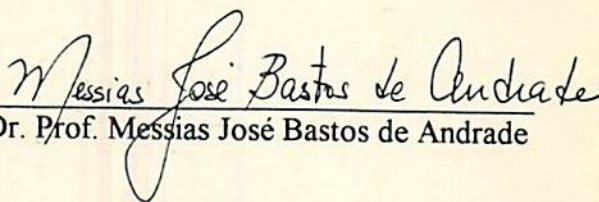
**COMPORTAMENTO DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza)  
SUBMETIDO À DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

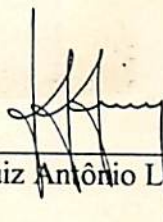
**APROVADA** em 09 de março de 1995.



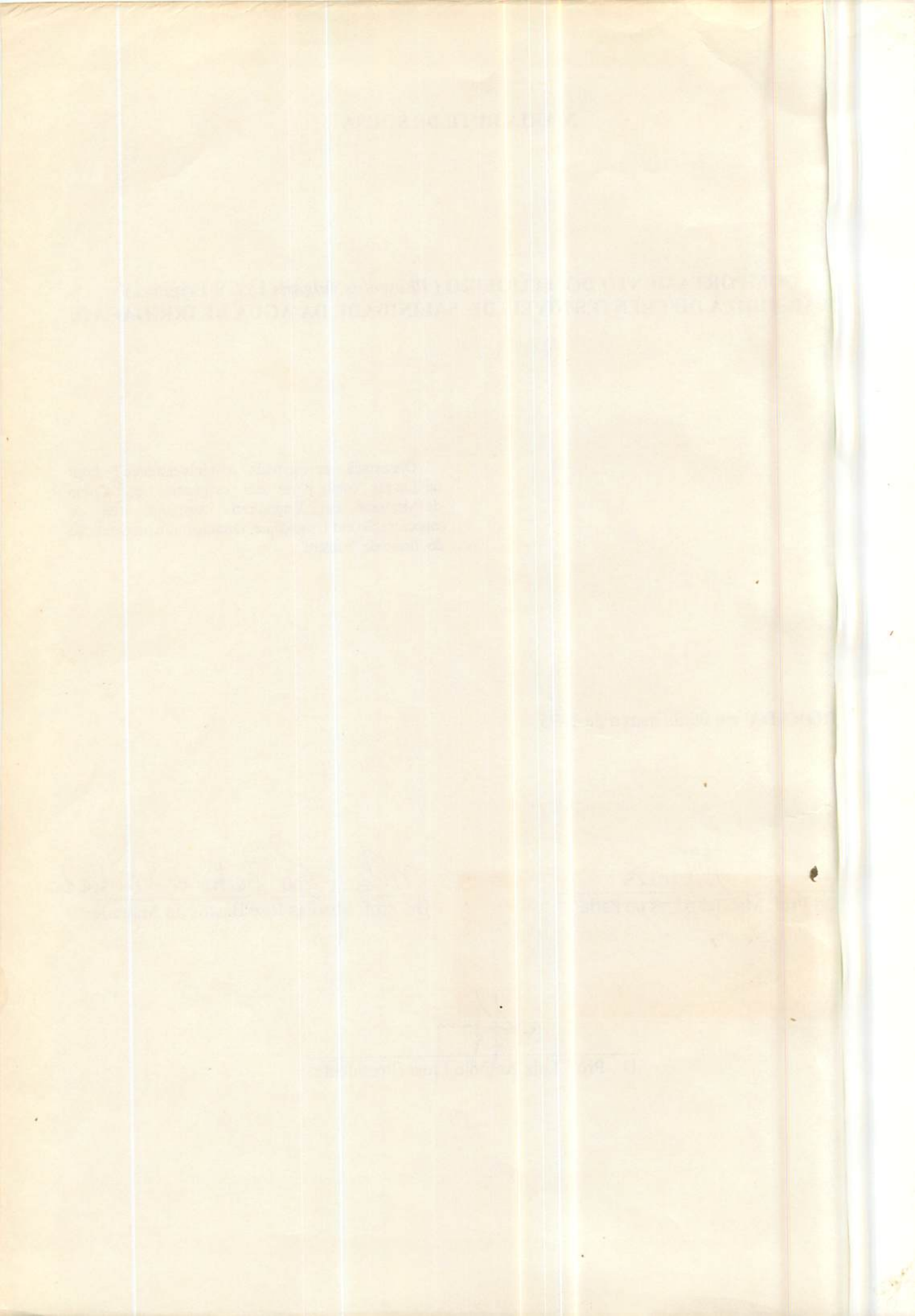
Dr. Prof. Manoel Alves de Faria



Dr. Prof. Messias José Bastos de Andrade



Dr. Prof. Luiz Antônio Lima (Presidente)



## AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade concedida.

À Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba pela liberação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores Dr. Luiz Antônio Lima, Dr. Manoel Alves de Faria, Dr. Antônio Marciano da Silva e Dr. Alberto Colombo pela orientação, amizade, paciência e carinho, que foram fundamentais para o êxito deste trabalho.

Aos professores Dr. Rubens Delly Veiga, Dr. Valdemar Faquim, Dr. Magno Antonio Patto Ramalho e Ms. Elson Soares Santos pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia, especialmente aos funcionários Tânia, Oswaldo, Lindeberg, Fátima, Cristina e Terezinha, pelo apoio e incentivo para realização deste trabalho.

Aos amigos, Marcus Metri, Silvio, Aureo, Luiz Artur, Renatão, Gonzaga, Antonio Barreto, José Aparecido, Othon e demais companheiros do mestrado que com o apoio e amizade, conseguiram transformar o labor do dia a dia num agradável encontro de vida, pelo compartilhar de emoções e sabedoria que muito contribuíram para a realização do meu sonho de ser.

**DEDICO**

**À DEUS** pela sabedoria

**À minha filha Ellyda** pelo companheirismo

**Aos meus pais e irmãos** pelo incentivo e apoio

**Ensina aos discípulos**  
o mestre das técnicas  
as relações da terra  
na gênese da vida

**Anseia os discípulos**  
a elevação do ser.  
No saber do mestre  
a **RAZÃO** do viver...

**OFEREÇO**

**Aos professores e amigos**

## INDICE

	PÁGINA
LISTA DE QUADROS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE QUADROS (ANEXO).....	X
RESUMO.....	XII
SUMMARY.....	XIV
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Qualidade de água para irrigação.....	3
2.2 Efeito da salinidade nas culturas.....	8
2.3 Efeito da salinidade na disponibilidade de água para as plantas.....	17
2.4 Produtividade da cultura.....	21
3 MATERIAL E MÉTODO.....	23
3.1 Localização e clima.....	23
3.2 Solo.....	24
3.2.1 Tipo de solo.....	24
3.2.2 Características físicas e químicas.....	24
3.2.3 Extrato de saturação do solo.....	26
3.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	27
3.4 Sais para salinização da água de irrigação.....	29
3.5 Cultivar do feijão utilizada e forma de cultivo.....	31
3.6 Irrigação.....	33
3.7 Características avaliadas.....	34
3.7.1 Altura da planta.....	34
3.7.2 Número de folhas.....	35
3.7.3 Produção de matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas.....	35
3.7.4 Número de vagens e número e peso de grãos.....	36
3.7.5 Teores foliares de cálcio, magnésio, potássio, sódio e cloro.....	36

3.7.6	Área foliar.....	36
3.7.7	Salinidade e fertilidade do solo.....	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1	Altura da planta.....	38
4.2	Teores foliares de macro e micronutrientes.....	45
4.3	Características química, osmótica e de salinidade do solo após o ensaio.....	46
4.4	Produção de grãos.....	58
4.5	Número de grãos por vaso.....	60
4.6	Número de vagens.....	62
4.7	Produção de matéria seca da parte aérea e raízes da planta.....	63
4.8	Número de folhas.....	66
4.9	Área foliar.....	71
5	CONCLUSÕES.....	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
	ANEXO.....	83



## LISTA DE QUADROS

QUADRO	página
1 Resultados das análises granulométrica e química do solo empregado no experimento. UFLA, Lavras-MG, 1994.	25
2 Identificação dos tratamentos.....	28
3 Teste de comparação das linhas de regressão para a variável altura de plantas.....	42
4 Teores foliares de macro e micronutrientes da cultivar do feijão Eriparza em função de irrigação com solução da NaCl e CaCl <sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividade elétricas. UFLA Lavras-MG, 1994.....	49
5 Teores de macro e micronutrientes do solo em função de irrigação com solução da NaCl e CaCl <sub>2</sub> de diferente níveis de condutividade elétricas. UFLA Lavras-MG, 1994.....	50
6 Evolução de pressão osmótica do solo irrigado com solução de NaCl (atm), durante a condução do ensaio com cultivar cv. Eriparza em diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG. 1994.....	51
7 Evolução de pressão osmótica do solo irrigado com solução de CaCl <sub>2</sub> (atm), durante a condução do ensaio com cultivar cv. Eriparza em diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG. 1994.....	51
8 Evolução da condutividade eléctrica do extrato saturado do solo irrigado com solução de CaCl <sub>2</sub> , durante o ensaio com a cultivar cv. Eriparza, com diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG. 1994.....	55
9 Evolução da condutividade eléctrica do extrato saturado do solo irrigado com solução de NaCl, durante o ensaio com a cultivar cv. Eriparza, com diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG. 1994.....	55

- 10 Teste de comparação das linhas de regressões para a variável condutividade elétrica do extrato saturado do solo.....57
- 11 Valores médios de algumas características avaliadas no cultivar cv. Eriparza, em função da irrigação com solução de NaCl e CaCl<sub>2</sub> com diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....60
- 12 Teste de comparação das linhas de regressões para a variável número de folhas.....70

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	página
1 Curva característica de umidade do solo empregado, obtidas antes do início do experimento. UFLA, Lavras-MG, 1994.....	26
2 Esquema de distribuição dos vasos na casa de vegetação.....	28
3 Relação entre concentração e condutividade elétrica das soluções salinas de NaCl e CaCl <sub>2</sub> 2H <sub>2</sub> O, UFLA, Lavras-MG, 1994.....	30
4 Evolução de altura de plantas da cultivar cv. Eriparza irrigada com solução de NaCl e CaCl <sub>2</sub> com diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....	40
5 Linhas de regressão entre altura e idade da cultivar cv. Eriparza, em função da irrigação com soluções de NaCl e CaCl <sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....	41
6 Taxa de Crescimento Relativo acumulado em (altura de plantas) da cultivar de feijão cv. Eriparza irrigado com soluções de NaCl e CaCl <sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....	44
7 Condutividade eléctrica do extrato saturado do solo em função de irrigação com soluções de NaCl e CaCl <sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....	54
8 Linhas de regressões entre a condutividade eléctrica do extrato saturado do solo e idade da planta de feijão, cv. Eriparza, em função da irrigação com soluções do com CaCl <sub>2</sub> e NaCl de diferentes condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....	56

- 9 Produção de grãos de feijão da cv. Eriparza em função de irrigação com solução de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....59
- 10 Número de grãos de feijão da cv. Eriparza em função de irrigação com solução de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....61
- 11 Número médio de vagens por vaso em função da condutividades elétricas da água de irrigação e do tipo de sal, UFLA, Lavras-MG, 1994.....63
- 12 Produção de matéria seca da parte aérea do feijão cv. Eriparza em função da irrigação com soluções de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....65
- 13 Produção da matéria seca das raízes do feijão cv. Eriparza em função da irrigação com soluções de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....65
- 14 Número de folhas do feijão cultivar cv. Eriparza em função de irrigação com solução de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....68
- 15 Linhas de regressões entre número de folhas e idade da planta do feijão cv. Eriparza, em função da irrigação com soluções de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....69
- 16 Área foliar da cultivar cv. Eriparza em função de irrigação com soluções de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.....72

## LISTA DE QUADRO (ANEXO)

QUADROS	página
1A Diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação.....	84
2A Efeito relativo de materiais fertilizantes sobre a solução do solo.....	85
3A Níveis deficientes, adequados e tóxicos de nutrientes encontrados no tecido foliar de feijoeiro.....	86
4A Interpretação dos resultados da análise do solo...	86
5A Dados de temperatura observados durante a condução do experimento.....	87
6A Dados de T.C.R. acumulado do feijoeiro irrigado com solução de NaCl.....	88
7A Dados da T.C.R. acumulado do feijoeiro irrigado com solução de CaCl <sub>2</sub> .....	89
8A Análise de variância para altura de planta do feijoeiro irrigado com soluções salinas.Lavras-MG, 1994.....	90
9A Análise de variância para condutividade elétrica do extrato saturado do solo irrigado com soluções salinas.Lavras-MG, 1994.....	90
10A Análise de variância para produção do feijoeiro irrigado com soluções salinas.Lavras-MG, 1994.....	91
11A Análise de variância para número de grãos do feijoeiro irrigado com soluções salinas.Lavras-MG, 1994.....	91

- 12A Análise de variância para número de vagens  
feijoeiro irrigado com soluções salinas.Lavras-MG,  
1994.....92
- 13A Análise de variância para peso da matéria seca da  
parte aérea do feijoeiro irrigado com soluções  
salinas. Lavras-MG, 1994.....92
- 14A Análise de variância para peso da matéria seca das  
raízes do feijoeiro irrigado com soluções salinas.  
Lavras-MG,1994.....93
- 15A Análise de variância para número de folhas do  
feijoeiro irrigado com soluções salinas.Lavras-MG,  
1994.....93
- 16A Análise de variância para area foliar do feijoeiro  
irrigado com soluções salinas.Lavras-MG, 1994.....94

## RESUMO

SOUSA, Maria Rute de, *Comportamento do feijoeiro (Phaseolus vulgaris, L. cv. Eriparza) submetido à diferentes níveis de salinidade da água de irrigação*. Lavras, UFLA, 1995. 94p. (Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola /Irrigação e Drenagem).\*

Este trabalho foi desenvolvido com o propósito de avaliar o comportamento do feijoeiro, variedade Eriparza, à salinidade da água de irrigação. O experimento foi instalado em casa de vegetação, próximo ao Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Lavras, com início em dezessete de maio e término em quatorze de agosto. Foram utilizados dois tipos de sais para salinizar a água destilada, o NaCl e o CaCl<sub>2</sub> com quatro níveis de condutividades elétricas, 0,7; 1,4; 2,1; 2,8 dS/m à 25°C e uma testemunha com água destilada. O controle da irrigação foi feito pelo método de pesagem dos vasos, restabelecendo a capacidade de campo ou seja 0,1 atm, com base no consumo de água, acompanhado de lâmina de lixiviação.

---

\* Orientador: Dr. Luiz Antônio Lima. Membros da Banca: Dr. Manoel Alves de Faria; Dr. Messias José Bastos de Andrade.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (2x4) com parcela adicional, resultando em nove tratamentos com três repetições. Foram analisadas as variáveis altura da planta, números de folha, peso da matéria seca da parte aérea e raízes, número de vagens por planta, número e peso de grãos, teores foliares de nutriente, área foliar, condutividade elétrica do extrato saturado do solo e fertilidade. Os resultados obtidos deste trabalho indicam ser o feijoeiro, variedade eriparza, tolerante ao íon  $\text{Cl}^-$ , e sensível à salinidade conforme reduções observadas nas variáveis de crescimento e produção.



## SUMMARY

**The behavior of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Eriparza) irrigated with saline water**

The main objective of this work was to evaluate the tolerance of bean plants (Eriparza variety) irrigated with saline water. The experiment was set up in greenhouse, at the Hydraulics Laboratory of Federal University of Lavras, planted on May 17<sup>th</sup> and harvested on August 14<sup>th</sup>. Two salts were used to prepare the water, NaCl and CaCl<sub>2</sub>, with four levels of electrical conductivity, 0.7, 1.4, 2.1 and 2.8 dS/m at 25°C. Distilled water was also used to irrigate the pots, considered as a control. The irrigation management was done by daily weighting the pots, recovering the soil moisture to field capacity, accompanied by leaching procedures to keep constant the electrical conductivity of soil solution.

## 1 INTRODUÇÃO

Entre os vários fatores que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas, constam os problemas de salinidade que originam-se da acumulação de sais solúveis no solo e do encharcamento (alagamento) do perfil. Estimativas feitas pelo WORLD WATCH INSTITUTE, permitem concluir que aproximadamente 25% da área irrigada já está seriamente afetada por sais. Os efeitos da salinidade podem ser observados no crescimento das plantas e no rendimento da cultura, podendo atingir casos extremos, quando se tem a perda total da produção.

Problemas de salinidade têm sido associados frequentemente ao teor de sais na água de irrigação e à presença de lençol freático elevado junto ao sistema radicular. As regiões onde os efeitos da salinidade são mais notórios, são aquelas localizadas nas zonas áridas e semi-áridas, sujeitas a intensas evaporações e baixas precipitações. Na região nordeste, por exemplo, existem cerca de 600 mil hectares irrigados, que embora correspondendo a apenas um décimo da área potencialmente

irrigável, então sujeitos aos problemas de salinidade, principalmente com o mau uso dos recursos água e solo.

A exploração dessas áreas requer o uso da irrigação, fazendo com que os sais possam ser transportados pela própria água utilizada e depositados no solo, onde se acumulam a medida que a água evapora-se ou é consumida pela cultura.

No entanto, nem todas as culturas são igualmente afetadas pela presença de sais. Entre as culturas consideradas susceptíveis aos efeitos da salinidade encontra-se o feijão, uma cultura que faz parte da base alimentar dos brasileiros, hoje também cultivado em regiões de clima árido e semi-árido. Segundo dados publicados pelo BNB (Banco do Nordeste do Brasil), um terço da área agrícola nordestina é cultivada com feijão.

Entretanto, os dados disponíveis sobre o cultivo do feijão em condições de salinidade são limitados e restringem-se à pesquisa conduzida fora do Brasil, para outras variedades, tornando necessários estudos que possam orientar os agricultores para a prevenção e controle da salinidade. Por esta razão, decidiu-se avaliar o comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidades da água de irrigação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Qualidade de água para irrigação

O conceito de qualidade da água refere-se às características que podem afetar as necessidades do usuário, definidas por uma ou mais características físicas, químicas e/ou biológicas. Assim, uma água pode ser considerada de melhor qualidade se produzir melhores resultados.

A dependência da agricultura irrigada ocorre em várias partes do mundo, principalmente em regiões áridas e semi-áridas. A grande manutenção ou mesmo aumento da área irrigada somente será concretizada com melhores conhecimentos sobre a qualidade de água para a irrigação. Sabe-se que civilizações antigas entraram em decadência em virtude do manejo inadequado da água e do solo, e sofreram conseqüências graves decorrente da salinização e alcalinização. Atualmente, ainda que não se disponham de dados exatos sobre a extensão desses problemas no mundo,

estimativas da FAO, segundo Szabolcs (1985), permitem concluir que aproximadamente 10 milhões de hectares são abandonados a cada ano em razão dos citados problemas.

Na região nordeste do Brasil, segundo Goes(1978), aproximadamente 25% da área dos perímetros irrigados do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) estão salinizados. Em 1978, 24% da área de operação do perímetro irrigado de São Gonçalo-PB estava afetada; enquanto que em levantamento conduzido por Cordeiro, Barreto e Carvajal (1988) nos solos referentes a 20 setores do perímetro, cerca de 40% da área estava afetada.

As águas usadas em irrigação nas zonas áridas podem depositar, em média, de 200 a 5000 kg de sal por hectare em uma aplicação de 300 mm de água, sendo que é comum aplicar-se anualmente lâminas iguais ou superiores à 1500 mm. Pode-se considerar como sendo de 1.000 a 10.000 kg/ha por ano (em média 5.000 kg/ha) a quantidade de sais depositada nos solos pelas águas usadas na irrigação nas regiões áridas e semi-áridas. De fato, Daker(1970), Souza(1971), Israelsen e Hansen(1973) e Black (1975), concordam que nas regiões áridas e semi-áridas a água de irrigação é capaz de introduzir no solo de 1000 a 25000 kg de sais por hectare ano.

Rebouças(1973) mediu as concentrações de  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$  e  $Cl^-$  na água de chuva, da região nordeste do Brasil e concluiu que o total de sais é de

5,1 ppm, correspondendo a uma contribuição de apenas 8 Kg por hectare ano.

A água usada na irrigação contém em geral sais solúveis em níveis variados e quando aplicada ao solo, produz acúmulo desses sais na zona radicular em concentrações prejudiciais a planta (Shalhévet, 1973; Bernstein, 1974; Black, 1975; Fageria, Barbosa Filho e Carvalho, 1981). Esses problemas podem variar significativamente segundo o tipo e quantidade de sais dissolvidos. A adequação da água de irrigação depende também do solo, do clima, e do conhecimento do sistema água-solo-planta e atmosfera. A relação entre as propriedades físico-químicas da água de irrigação e do solo também é importante na avaliação da adaptabilidade de água para irrigação, afirma Frenkel (1984). De fato, os problemas mais comuns, segundo os quais se avaliam a qualidade da água para irrigação, são relacionados com a salinidade, a velocidade de infiltração da água no solo, toxicidade e outros problemas como a corrosão de equipamentos, entre outros (FAO, 1991).

Os principais solutos encontrados na água de irrigação são os cátions: cálcio, magnésio, sódio e potássio, e os ânions: bicarbonato, sulfato, cloreto, flúoreto e nitrato, normalmente presentes em baixas, porém significantes concentrações (Richards, 1954; Wilcox e Durum, 1967; Souza, 1971).

Hilgard, em 1906 (apud Wilcox e Durum, 1967) foi um dos primeiros a reconhecer a importância da qualidade da água para irrigação e propôs padrões baseados na composição e concentração dos sais dissolvidos, chegando a estabelecer para a irrigação na Califórnia um limite superior de 680 ppm de sais.

Em 1931, o Serviço de Extensão Agrícola da Universidade da Califórnia introduziu o primeiro esquema de classificação da água com base na condutividade elétrica e na concentração de boro, sódio e sulfato (Souza, 1971). Em seguida, Taylor et al em 1935, (apud Wilcox e Durum 1967), propuseram uma equação empírica conhecida como "índice de sal". Wilcox (1948) também apresentou uma proposta de classificação com base na concentração total dos sais e percentagem de sódio, que foi modificada por Thorne e Thorne (1951). Posteriormente foi publicado um outro diagrama de classificação, combinando a adsorção de sódio e concentração total de sais, pelo Laboratório Americano de Salinidade (U.S. Salinity Laboratory, 1954), que estabeleceu um critério com base em condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, cloro, sódio e boro.

As análises de laboratório necessárias para a interpretação da qualidade de água para irrigação são similares aquelas apresentadas no Quadro 1A (anexo). Nos resultados das análises normalmente é reconhecida uma exatidão de  $\pm 5\%$ . Os procedimentos de laboratório

recomendados podem ser encontrados em outras publicações (Richard, 1954; Dewis e Freitas, 1970; Rhoades e Clark, 1978; APHA, 1980). Na execução destas análises, devem-se utilizar os métodos mais apropriados, levando-se em conta os equipamentos disponíveis, o número de amostras necessárias, os recursos financeiros disponíveis e outros aspectos.

Características como salinidade, infiltração da água, toxicidade e outras são utilizadas na avaliação da qualidade da água. Entretanto, deve-se levar em consideração que os problemas de qualidade, quando combinados, são mais complexos e podem afetar a produção das culturas de forma muito mais grave que um problema isolado.

A classificação proposta pelos técnicos do Laboratório Americano de Salinidade baseia-se, em geral, na condutividade elétrica (CE), que indica o perigo de salinidade e na razão de adsorção de sódio (RAS) como indicador de sodicidade definida como:

$$\text{RAS} = \text{Na} / \sqrt{\text{Ca} + \text{Mg} / 2} \quad (\text{Equação 1})$$

A condutividade elétrica é o inverso da resistência elétrica, expresso em mhos/cm ou S/cm, à temperatura de 25°C.



As águas dividem-se em quatro classes de acordo com a concentração total de sais solúveis (C1, C2, C3 e C4), ou com condutividade elétrica (0-0,25; 0,25-0,75; 0,75-2,25 e 2,25-5,00 dS/m), respectivamente.

De acordo com a acumulação de sódio, as águas são divididas em quatro classes (S1, S2, S3 e S4), correspondendo respectivamente a razão de adsorção de sódio (menor que 18,67 - 4,44 logCE; entre 18,67 - 4,44 logCE e 31,31 - 6,66 logCE; entre 31,31 - 6,66 logCE e 43,75 - 8,87 logCE e maior que 43,75 - 8,87 logCE).

## 2.2 Efeito da salinidade nas culturas

Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade: algumas produzem rendimento aceitáveis à níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Essas diferenças evidenciam a melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm permitido que absorvam, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água. Esta capacidade é que permite selecionar culturas mais tolerantes e de maior produtividade.

Sabe-se que os sais afetam as plantas diretamente por acumulação de íons tóxicos nos tecidos, aumento de pressão osmótica e alteração na nutrição mineral. A presença de sais na solução de solo faz com que aumentem as forças de retenção, por seu efeito de

osmose ampliando, portanto, a magnitude do problema de escassez de água na planta. Em geral pode-se dizer que, devido a afinidade dos sais com a água, as plantas têm que exercer mais força de embebição para extrair do solo uma quantidade de água com sais, do que para extrair outra que seja isenta deles (FAO, 1991).

Borella(1986) constatou em seu trabalho que somente a qualidade da água interferiu na demanda de água pelas plantas. Com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, houve um decréscimo no consumo, obedecendo uma função linear, em consequência da componente osmótica, causando um desequilíbrio entre a demanda e o consumo efetivo.

Bernstein(1961) cita que a capacidade de absorção de água pelas culturas é pouco afetada pelo stress osmótico o que é atribuído ao processo de aumento da pressão osmótica intracelular visando manter o turgor a medida que cresce a pressão osmótica na solução do solo próximo das raízes.

Ehrler(1960) atribui a redução de crescimento das plantas ao aumento na pressão osmótica relativa à presença de íon nos solos salinos. Afirma também ainda que o arroz é mais sensível ao cloreto, muitas outras gramíneas ao cálcio, e o feijão ao magnésio.

Certos íons exercem efeitos específico sobre o crescimento, independentemente da pressão osmótica, que

podem ser de natureza tóxica e nutricional, como acontece com o  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HBO}_3^{--}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ .

Rader, Whinte e Whittaker (1943) determinaram o índice de salinidade (Quadro 2A), como sendo uma medida de tendência do adubo em aumentar à pressão osmótica da solução do solo, em comparação à de igual peso de nitrato de sódio, cujo valor é igual a 100. Quanto menor o índice salino, menor o risco de causar danos às plantas.

Segundo Epstein(1975), as plantas que toleram alta concentração de sais são conhecidas como holófitas, e nelas o  $\text{Na}^+$  é translocado para as folhas. As plantas glicófitas absorvem pouco  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , translocando o mínimo de  $\text{Na}^+$  para as partes aéreas das plantas. Esse mecanismo chama-se exclusão de sal.

Em relação a nutrição, as plantas reagem a salinidade de forma complexa devido a inúmeros fatores envolvidos. Por exemplo, um excesso de  $\text{Na}^+$  geralmente vem acompanhado de baixo teor de  $\text{Ca}^{++}$  e tem efeito contrário na absorção de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{K}^+$  (Awad,1966).

Segundo Bernstein (1974) na presença de baixa salinidade, com boas condições físicas no meio radicular, a porcentagem de  $\text{Na}^+$  afeta mais as plantas do que em porcentagem alta de salinidade, indicando não haver efeito aditivo de sais ao  $\text{Na}^+$ .

O  $\text{Cl}^-$  pode-se concentrar em proporções de 10.000 a 20.000 ppm na matéria seca vegetal quando a sua

concentração no solo é de 700 a 1.500 ppm, ocasionando queimaduras e morte de plantas (Allison ,1964).

De acordo com Awad(1966) culturas sensíveis ao  $\text{Cl}^-$  apresentam sintomas de toxidez mesmo sob níveis relativamente baixos (2.000 a 10.800 ppm), enquanto as culturas tolerantes suportam concentrações de até 40.000 ppm. Segundo o mesmo autor o  $\text{CaCl}_2$  produz maior absorção de  $\text{Cl}^-$  que o  $\text{NaCl}$  em fruteiras.

Bataglia (1991) afirma que o íon  $\text{Cl}^-$  é necessário para a fotólise da água, sendo importante na fotossíntese pelo seu papel no estímulo do transporte de elétrons. O mesmo autor cita que Wasburg 1944 já havia descoberto que a reação de Hill em cloroplastos isolados necessitava de cloretos.

Concentrações de Na, menores que 500 ppm nas folhas, produzem efeitos semelhantes ao do  $\text{Cl}^-$ . A planta responde ao  $\text{Na}^+$  intercambiável com diferentes formas, tais como efeito tóxico em espécies sensíveis, efeito imediato que afeta a estrutura do solo ou causando efeitos nutricionais na planta.

Outros íons interferem na nutrição das plantas, tais como o  $\text{SO}_4^{--}$  em excesso, que pode reduzir a absorção do  $\text{Ca}^{++}$ , o qual, por sua vez, pode reduzir a absorção de  $\text{K}^+$  no feijão.

Kaddah(1963) verificou que a água com 1500 e 2000 ppm de  $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$  na irrigação provocou sintomas de queima nas pontas das folhas do feijoeiro.

Segundo Brown, Waldleigh e Hayward (1953), o principal efeito da mistura ( $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ ) é devido ao acúmulo de  $\text{Cl}^-$  nas folhas da cultura.

Segundo George (1967), em certos níveis a concentração de sais dentro das células altera a relação das reações metabólicas de acordo com a espécie, causando certas distorções a nível celular. Esses efeitos podem ser visíveis na parte aérea das plantas sob forma de áreas necrosadas, queimadura apical e dos bordos da folha, e incapacidade da planta para desenvolver seu ciclo normal.

Oertli (1968) afirma que o alongamento da célula vegetal ocorre quando a pressão hidrostática vacuolar interna excede a pressão externa resultante das tensões das paredes e membranas celulares e das pressões exercidas pelas células circunvizinhas. Com isso, a pressão de turgor aumenta e a parede da célula ganha elasticidade e plasticidade, permitindo sua expansão.

Segundo Aceves, Stolzy e Mchuys (1975), quando as células da planta iniciam seus processos de alongamento o excesso de sais modifica as atividades metabólicas, limitando de certa forma a elasticidade da parede celular reduzindo o alongamento da célula e, como consequência, o crescimento da planta.

Os resultados de Bernstein e Hayward (1958) levam a concluir que a redução do crescimento é uma consequência do reflexo adverso na nutrição mineral das

plantas, na redução da absorção de água ou numa combinação de ambas.

Terry e Waldron (1984), trabalhando com beterraba, concluíram que a salinidade induzia redução na área foliar disponível à fotossíntese, e não na taxa de fotossíntese por área.

Lunin e Gallatin (1960) identificaram que em solos salinizados a composição da solução tem maior efeito sobre a composição catiônica das plantas do que a concentração de cátions intercambiáveis no solo.

O feijoeiro é considerado por muitos pesquisadores como uma cultura mais sensível a salinidade (Gauch e Wadleigh, 1944; Awad, 1966; Villagarcia, 1966 e Ayers, 1977).

Bower, Reitemeier e Fireman (1952) indicam que a salinidade pode reduzir em 25% os rendimentos, sem que se perceba os sintomas na planta.

Os efeitos da salinidade variam com o estágio de desenvolvimento da planta. Devido ao fracasso da germinação nos solos salinizados, concluiu-se ser o período de germinação o mais sensível, mas segundo Bernstein e Hayward (1958) esta afirmativa é incorreta. Seus estudos mostraram que a germinação não é mais sensível aos efeitos dos sais que os estágios posteriores de crescimento.

Por outro lado, Lunim, Gallatin e Batchelder (1961) observaram que o feijoeiro é mais sensível à

salinidade nos estágios iniciais do crescimento do que nos estágios posteriores de desenvolvimento.

Devido às forças de embebição dos colóides das sementes, 60% da água que elas necessitam para germinar é absorvida sem considerar a concentração dos sais na solução do solo. O restante (40%) é indispensável à germinação e sofre os efeitos da concentração salina (Strogonov, 1965).

Segundo Donnen e Mac-Gillivray(1943), a taxa de germinação das sementes decresce com o aumento da tensão na solução do solo e que cada semente possui seus próprios valores de tensão para germinação. Para o feijão esse valor é de 6.6atm.

Ravikovith e Porath (1967), estudando o comportamento do feijão em relação à salinidade, encontraram que a germinação é pouco retardada em solos levemente salinos, e de forma notável em solos de média salinidade.

Prisco e O'Leary(1970), estudando os efeitos tóxicos e osmóticos da salinidade produzida por NaCl e Carbomax 1540 sobre a germinação de sementes de feijão, determinaram que as sementes sujeitas à tensão osmótica de 0 a 8 bares, produzida por NaCl, sofreram principalmente por efeito osmótico e que à 12 bares o efeito foi osmótico e tóxico.

Segundo Maas (1984), a tolerância de algumas culturas no estágio de germinação está bem definida. O

feijoeiro, por exemplo, tem sua germinação reduzida em 50% quando o extrato de saturação do solo chega a 8,0 dS/m.

Gaugh e Wadleigh(1944) demonstraram redução progressiva no crescimento do feijoeiro cultivado em soluções salinas. Dos efeitos dos sais de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{++}$ , de acordo com os ânions presentes ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ), deduziram que é mais importante a concentração total de solutos do que a natureza química dos mesmos.

Haywarde, Long e Whwits(1946) obtiveram resultados indicando que os efeitos da concentração total podem ser modificados pela composição salina da solução em igual pressão osmótica. Os cloretos são mais tóxicos e reduzem mais o crescimento das plantas que os sulfatos. Segundo os autores, independente do sal, as plantas morreram quando a tensão osmótica passou de 3,0 atmosferas.

Pearson (1967) verificou que o aumento do sódio na solução incrementa sua absorção pelas plantas, acumulando-se principalmente no caule e nas raízes secundárias. Quando grandes quantidades de sódio são absorvidas, cerca de 59% passa para as folhas.

Segundo Oliveira e Thung(1988), para diagnosticar o estado nutricional da cultura, torna-se necessário a análise química para comparar os dados com tabelas previamente elaboradas. Para a cultura do feijão, são apresentados os Quadro 3A e 4A( anexos) para análise foliar e análise do solo, respectivamente.



D'Arrigo, Radoelli e Sambuco (1979) constataram em feijoeiro cultivado e soluções salinas, uma elevação dos teores de N e um decréscimo do K nas folhas. Tendências de redução nos teores de Ca e Mg nas folhas também foram observadas. Na raiz, houve notável acúmulo de Na, enquanto que a quantidade de K aumentou até a aplicação de 16 meq/l (936 ppm) de NaCl. Posteriormente, o acúmulo reduziu quando o cultivo foi realizado com solução com 83 meq/l (4855 ppm) de NaCl. Resultados semelhantes foram obtidos por Abd-el-Rahman(1983) para o feijoeiro.

Para os micronutrientes, D' Arrigo, Rodoelli e Ioppolo (1983) verificaram no feijoeiro que os teores de Mn, Zn e Fe aumentaram com a salinidade, enquanto que o do Cu não apresentou variação significativa.

Ravikovith e Porath (1967) indicaram que, em níveis reduzidos de nutrientes, as plantas de feijão se tornam pequenas, com menor número de folhas e pecíolos mais curtos e menores, mas na presença de nutrientes o desenvolvimento das plantas é adaptado a solos salinos.

Segundo Gaugh e Waldleigh (1944), a composição das plantas de feijão que usualmente contém mais cálcio que outras espécies, varia com a presença de sais, ou seja, a maior absorção deste elemento será responsável pelas variações da concentração de cálcio. Com base em meq/g de matéria seca o conteúdo de cálcio nas folhas é 3,3 vezes maior que o Mg. Observaram também que quando

adicionaram NaCl e Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, houve pequenas variações na presença de Na<sup>+</sup>, concluindo que o Na<sup>+</sup> é eliminado pelas plantas. Os mesmos autores definiram que a capacidade das plantas em acumularem seletivamente mais Cl<sup>-</sup> que SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, deve-se à melhor mobilidade do primeiro na planta.

Lunim e Gallatin (1965) não identificaram significância quanto à tolerância do feijão à salinidade relacionada ao aumento do teor de nitrogênio, mas quanto ao fósforo ocorreu danos à tolerância da cultura à salinidade.

Hoffman, Maas e Rawlins (1973) concluíram que o feijão cultivado em clima frio é mais tolerante à salinidade, e que alta umidade atmosférica geralmente beneficia as culturas sensíveis, incrementando seus rendimentos. Resultados similares foram encontrados por Magistad e Reitemeir (1943).

### 2.3 Efeito da salinidade na disponibilidade de água para as plantas

A percentagem de umidade do solo não mantém-se constante devido às diferentes forças que contribuem para a sua variação. Wadleigh e Ayres (1945) e Richard e Ogata (1961) determinaram efeitos equivalentes para pressões matriciais e osmóticas no desenvolvimento das plantas.

Forsythe (1966) recomenda o cálculo da pressão osmótica e pressão total a partir dos valores da

condutividade elétrica. De fato, segundo Campbell, Bower e Richards (1948)

$$P.O. (atm) = 0,36 \times CE (dS/m) \quad (\text{Equação } 2)$$

sendo que:

PO = pressão osmótica (atm)

CE = condutividade elétrica (dS/m)

Langerwerff e Eagle (1961) encontraram que a partir de 1,3 atm de pressão osmótica, as plantas de feijão são afetadas por osmose.

Ayers, Wadleigh e Magistad (1943), estudando o comportamento do feijão irrigado com água salina contendo 1000, 2000 e 4000 ppm de NaCl e três níveis de tensão (0, 2,5 e 7,5 atm), constataram uma diminuição de rendimento de 55, 75 e 90%; 59, 80 e 97% respectivamente, para cada aumento de salinidade e de tensão. Observaram ainda que o crescimento foi maior com o aumento de frequência de irrigação nos tratamentos com igual conteúdo de sais. Resultados semelhantes foram obtidos por Wadleigh e Ayers (1945), concluindo que a cultura pode tolerar altos índices de salinidade em condições de baixo stress matricial.

Gauch e Waldleigh (1942), cultivando feijão em soluções salinas com 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 atm de pressão osmótica, produzidas por NaCl e CaCl<sub>2</sub> separadamente, verificaram que nos dois casos, existe

relação linear entre a redução de rendimentos e a pressão osmótica.

Wadleigh e Ayers (1945), controlando a irrigação do feijão em três níveis, quando consumidos 40-60, 60-65, e 90-100% da água disponível, observaram que a matéria seca decresceu, respectivamente em 16 e 38% em relação aos 60 - 65%.

Bernard (1970) conseguiu obter a máxima produtividade do feijoeiro irrigando quando o potencial matricial da água no solo atingiu no máximo 0,5 atm à 10 cm de profundidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Forsythe e Legardo (1978), com 0,6 atm à 15 cm de profundidade.

Aceves, Stolzye e Mchuys (1975) verificaram que a evapotranspiração da cultura do feijão foi reduzida em 78 a 95% quando as plantas foram submetidas à pressão osmótica de -12 atm, produzidas por NaCl e KCl<sub>2</sub>, respectivamente. Situação semelhante é atribuída por Lunin, Gallatin e Batchelder (1961), sendo inversamente proporcional ao nível de salinidade do solo por ocasião da colheita e não significativamente afetado pelo estágio de crescimento no qual foi submetido à salinização.

O desenvolvimento de pressões osmóticas nos tratamentos com NaCl é mais alto devido à diminuição da relação  $K/(Ca+Mg)$  no solo que, segundo Thomas e Hipp, citados por Mascaranhas et al. (1981), reflete a relação encontrada nas folhas.

Gingrich e Russel (1957) identificaram que o crescimento radicular, o aumento de peso úmido e a umidade, são reduzidos com o aumento da tensão de umidade e sucção osmótica entre 1/3 e 12 atm.

Magistad e Reitemeier (1943) determinaram que uma pressão de 0,4 atm, permite 100% de rendimento relativo no feijão, enquanto reduz em 46% quando é de 2,4 atm e em 100% quando atinge 4,4 atm, traduzindo uma relação quase linear.

Kramer(1969) conclui que o estresse hídrico pode reduzir a área foliar.

Abrol e Bhumbra (1973) afirma que o mecanismo mais comum para a remoção de sais solúveis no solo é a lavagem do perfil. Para lavar um solo com problema de sais, a água deve ser adicionada em quantidade suficiente para dissolver os sais solúveis e removê-los para o sistema de drenagem.

Pizarro(1976) cita que o tratamento de solos salinos mediante lixiviação é composto de duas fases, a lavagem de recuperação e lavagem de manutenção. Estas lavagens podem ser feitas de maneira contínua ou intermitente. A lâmina de lixiviação pode ser calculada, segundo FAO(1991), como sendo

$$LX = Fc * Pf ( CEes - CEai ) / (CEdes - CEai) \quad ( \text{Equação 3} )$$

LX = Lâmina de lixiviação (mm)

Fc = Fator de correção (0,45 p/ turfa; 0,1 p/ arenoso)

Pf = Profundidade de solo a ser lixiviado (mm)

CEes = Condutividade elétrica do extrato saturado do solo (dS/m).

CEai = Condutividade elétrica da água de irrigação (dS/m).

CEdes = Condutividade elétrica desejada no solo (dS/m).

Segundo Franklin (1976), até 1950 a quantidade de água aplicada ao solo para lixiviar o excesso de sais em tratamento de recuperação, era determinada experimentalmente.

Moura (1989), utilizando varias equações verificou que a equação de Revel (1955), superestima a lâmina de lixiviação, com um acréscimo de 20 à 229% em relação ao valor utilizado.

#### 2.4 Produtividade da cultura

O'Leary (1975) pesquisando o comportamento da cultura de feijão em solução salina de 0 a 9800 ppm de NaCl, em casa de vegetação, verificou que o número de vagens foi mais proporcional aos níveis de salinidade do que a redução do crescimento vegetativo, produção e número de grãos, sendo que os grão apresentaram melhor qualidade nos tratamentos salinos.

Borella (1986) observou, trabalhando com a cultura do feijão, que a produção total de grãos decresceu linearmente com o acréscimo na condutividade elétrica da água de irrigação.

Villa (1989), estudando lâminas de água salina na cultura do feijão em três condutividades elétricas (750, 1500 e 2250  $\mu\text{mhos/cm}$  a  $25^\circ\text{C}$ ), não encontrou diferença entre os tratamentos em relação à produção, possivelmente, porque o processo de salinização iniciou-se quando as plantas já estavam estabelecidas.

Segundo Mass e Hoffman (1977), a máxima salinidade permissível no extrato de saturação para que não ocorra redução na produção de feijão é de 1  $\text{mmho/cm}$  a  $25^\circ\text{C}$ .

A cultura do feijão é considerada uma cultura sensível à salinidade e pode alcançar seu potencial máximo de rendimento (100%) quando a água de irrigação tem salinidade menor que 0,7  $\text{dS/m}$ . Com condutividade de 1,0; 1,5; 2,5 e 4,2  $\text{dS/m}$ , tem suas produções reduzidas em 10, 25, 50 e 100% respectivamente (Maas citado pela FAO, 1991).

Segundo Ayres (1977), a condutividade elétrica máxima tolerada para o feijão é de 13  $\text{dS/m}$  a  $25^\circ\text{C}$ .

Como a maioria das informações citadas reservam-se exclusivamente a variedades estrangeiras, deseja-se neste trabalho analisar o efeito da salinidade sobre o desenvolvimento da variedade Eriparza.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e clima

O estudo foi conduzido em casa de vegetação localizada próximo ao Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Lavras situa-se na região sul de Minas Gerais, definida geograficamente pelas coordenadas de 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste com altitude de 910 m. As médias anuais de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar são 19,3 °C, 1.411mm e 77,7 % respectivamente (FAO,1985)

O clima da região é do grupo cwb, de acordo com os critérios proposto por W Koppen, caracterizado como temperado com inverno seco e verão úmido.

As médias de temperatura e precipitação de todos os meses são maiores que 15°C e 16 mm respectivamente, e cerca de 66% da precipitação ocorre no período de novembro à fevereiro, quando ocorrem as maiores temperaturas médias mensais.



## 3.2 Solo

### 3.2.1 Tipo de solo

O material de solo usado no presente trabalho foi coletado no dia 08 de abril de 1994, em área próxima ao Laboratório de Hidráulica e classificado, como Latossolo Vermelho Amarelo. O material coletado foi seco ao ar e à sombra, destorroado e passado na peneira com malha de 2,0mm, (terra fina seca ao ar ou TFSA)

### 3.2.2. Características físicas e química

Os resultados da análise granulométrica, bem como da análise química para avaliação da fertilidade e salinidade inicial do solo usado no experimento, encontram-se no Quadro 1

QUADRO 1 Resultados das análises granulométrica e química do solo empregado no experimento. UFLA, Lavras-MG, 1994. (1)

Características	unidades	valores
pH em água		5,5
Potássio trocável	ppm	28,0
Fósforo	ppm	1,1
Alumínio trocável	meq/100cc	0,1
Calcio trocável	meq/100cc	0,6
Magnésio trocável	meq/100cc	0,6
H <sup>+</sup> + Al <sup>+++</sup>	meq/100cc	1,5
Areia	%	41
Argila	%	45
Limo	%	13
Textura		Argilosa

(1) Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, Lavras-MG, 1994.

A determinação da retenção de água no solo foi feita em amostra deformada, adotando-se o método descrito por Richard(1961). Na câmara de pressão, foram aplicadas as tensões de 0,33; 1,00; 5,00 e 15,00 atm e no funil as tensões de 0,02; 0,04; 0,06; 0.10 atm. A Figura 1 apresenta o gráfico de retenção de água no solo, com base em peso, obtidos antes do início do experimento.

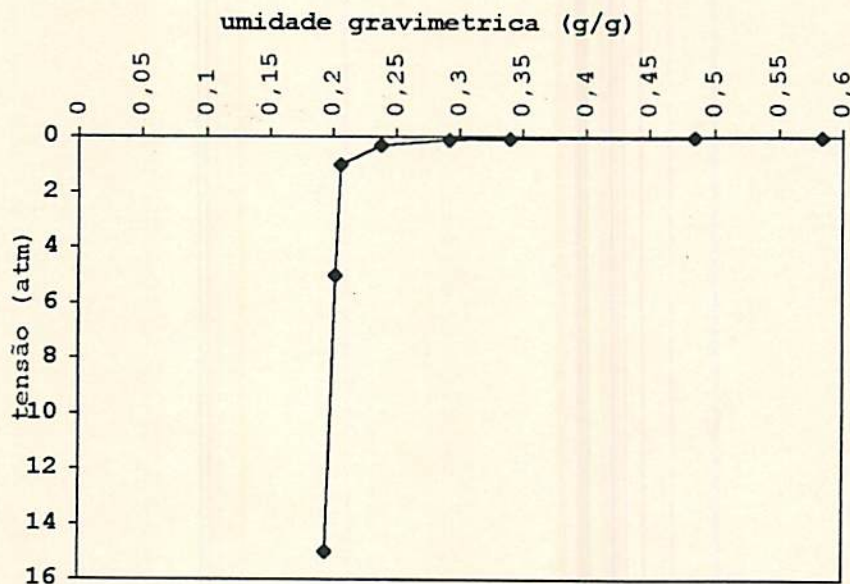


FIGURA 1 Curva característica de umidade do solo empregado, obtida antes do início do experimento. UFLA, Lavras-MG, 1994.

### 3.2.3 Extrato de saturação do solo

Para obter o extrato de saturação do solo, foi preparada uma solução de 1:5 (10g de solo e 50g de água destilada), que foi agitada e depois deixada em repouso por vinte e quatro horas, para decantação das partículas de solo. Em seguida, coletou-se 10 ml da solução filtrada em uma proveta e mediu-se a condutividade elétrica com condutivímetro YSI modelo 31. Com o emprego da Equação 4, a seguir, obteve-se a condutividade elétrica do extrato saturado. Esta Equação foi obtida com o próprio solo utilizado, irrigado com diferentes

concentrações de sais e extraíndo-se soluções do solo com base em peso nas razões 1:5 e pasta saturada, segundo método descrito pela EMBRAPA (1979).

$$CE_{es} = -0,6281 + 7,7266 CE_{1:5} \quad r^2 = 0,9322 \quad (\text{Equação 4})$$

$CE_{es}$  = Condutividade elétrica do estrato saturado do solo ( dS/m).

$CE_{1:5}$  = Condutividade elétrica do extrato 1:5 (dS/m)

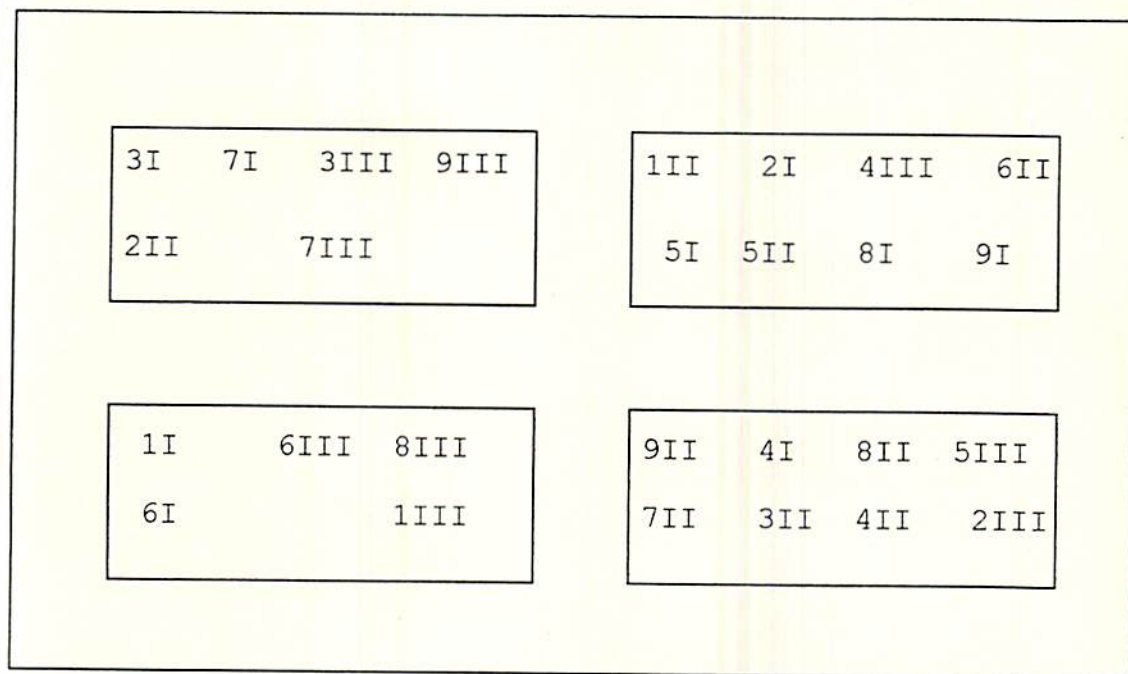
### 3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x4 com uma parcela adicional, compreendendo dois tipos de sais NaCl e CaCl<sub>2</sub>, quatro níveis de condutividade elétrica (0.7, 1.4, 2.1, 2.8 dS/m) e uma testemunha, totalizando nove tratamentos (Quadro 2), com três repetições.

Cada parcela foi constituída por um vaso de PVC, com 20 cm de diâmetro e 12 cm de altura. Os vasos foram distribuídos aleatoriamente sobre mesas de madeira de 70 cm de altura, no interior da casa de vegetação, conforme esquema apresentado na Figura 2.

QUADRO 2 Identificação dos tratamentos

TRATAMENTO	SOLUÇÃO	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA dS/m
01	Testemunha	0.0
02	NaCl	0.7
03	NaCl	1.4
04	NaCl	2.1
05	NaCl	2.8
06	CaCl <sub>2</sub>	0.7
07	CaCl <sub>2</sub>	1.4
08	CaCl <sub>2</sub>	2.1
09	CaCl <sub>2</sub>	2.8



I, II e III - Repetições

FIGURA 2 Esquema de distribuição dos vasos na casa de vegetação

### 3.4 Sais para salinização da água de irrigação

Os sais utilizados, quimicamente puros e solúveis em água foram o cloreto de cálcio hidratado ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e o cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ).

Com o objetivo de determinar a quantidade de sal necessária para produzir os níveis de condutividade elétrica desejados, preparou-se soluções salinas  $\text{NaCl}$  e  $\text{CaCl}_2$  com concentrações (200, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 8, 6, 4 e 2 meq/l). Após feita as leituras da condutividade elétrica das soluções foram preparadas as curvas da relação concentração versus condutividade elétrica para cada sal (Figura 3). Posteriormente, ajustou-se aos dados uma equação de regressão de acordo com o modelo  $y = a + bx + cx^2$ , que foi utilizada na quantificação dos sais necessários para se produzir a solução eletrolítica com condutividades elétricas de 0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS/m à 25°C.

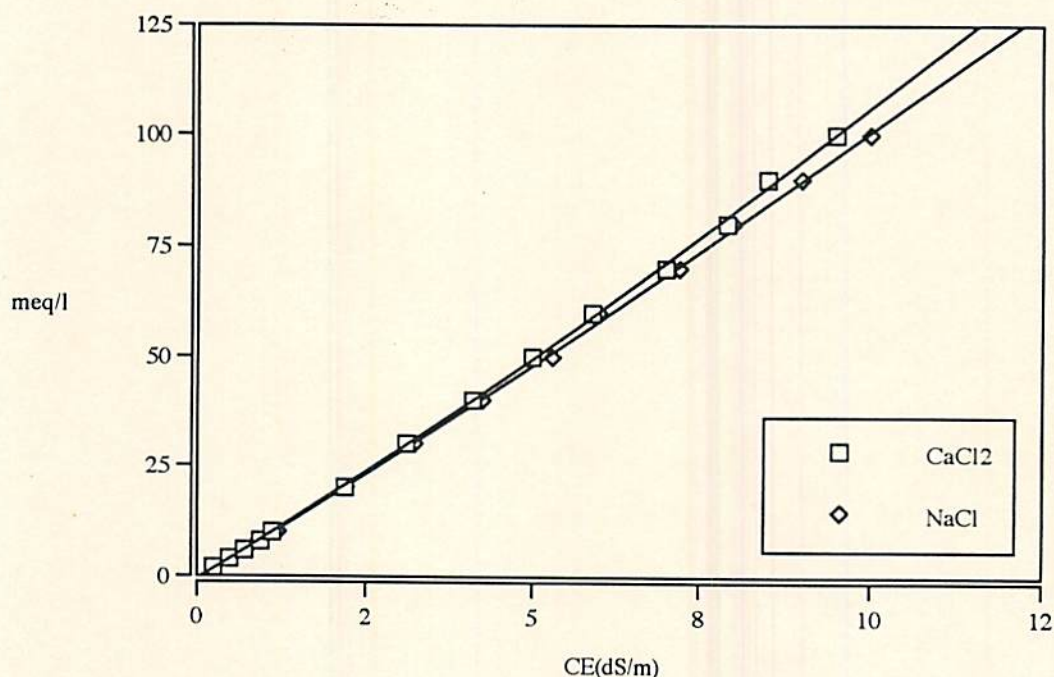


FIGURA 3 Relação entre concentração e condutividade elétrica das soluções salinas de NaCl e CaCl<sub>2</sub>. UFLA, Lavras-MG, 1994.

A partir das equações de regressão listadas abaixo, foram determinadas as concentrações de 349,5; 719,5; 1102,4; 1.520,9 ppm de NaCl, bem como 332,9; 707,5; 1.089,3 e 1.477,7 ppm de CaCl<sub>2</sub>, para se obter, respectivamente soluções com condutividade elétrica de 0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS/m à 25°C.

$$\text{Meq/l de NaCl} = -0.801 + 9.362 \text{ CE} + 0.078\text{CE}^2 \quad (\text{equação 5})$$

$$\text{Meq/l de CaCl}_2 = -0.609 + 9.364\text{CE} + 0.13\text{CE}^2 \quad (\text{equação 6})$$

### 3.5 Cultivar do feijão utilizada e forma de cultivo

Utilizou-se a cultivar de feijão Eriparza, de ciclo curto (71 dias), sementes de coloração amarela crescimento determinado e hábito de crescimento tipo (II), cujas sementes foram fornecidas pelo Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Após preparado conforme descrito em 3.2.1, a T.F.S.A. recebeu calagem com calcário dolomítico (35% CaO, 14% MgO e PRNT= 100%). Após a incorporação, deixou-se incubar por um período de 15 dias. Para a adubação foram utilizadas recomendações do Departamento de Ciências do Solo da UFLA para adubação de vaso, levando em consideração não só a necessidade da cultura mas também o índice de salinidade do fertilizante (Radier, 1943). Devido à estas considerações, foram usados uréia, nitrato de potássio, superfosfato simples e superfosfato triplo, nas quantidades de 200, 150, 30 e 170 ppm dos nutrientes respectivamente. Foram aplicados ainda os micronutrientes boro, cobre e zinco ( $H_3BO_3$ ,  $CuSO_4$  e  $ZnSO_4$ ). Após à adubação, determinou-se a condutividade elétrica do extrato saturado do material, obtendo-se uma CE de valor igual a 1,95 dS/m. A terra foi acondicionada em vasos de PVC com capacidade para 4,0 litros, sendo que 3,2 litros foram ocupados com terra e cerca de 10% deste volume com adubo orgânico (0,29 l). A colocação da terra nos vasos foi realizada em camadas, procurando-se acomodá-



lo com volumes iguais, de forma a se obter uma densidade aparente semelhante para todos os vasos ( $0,89 \text{ g/cm}^3$ ).

A sementeira foi realizada no dia 17 de maio de 1994, em casa de vegetação, colocando-se cinco sementes por vaso, à 3,0 cm de profundidade. A emergência ocorreu sete dias após o plantio em todos os tratamentos. Após a determinação da condutividade elétrica do extrato do solo, foi iniciada a irrigação com a solução eletrolítica.

O desbaste foi realizado aos quinze dias após a sementeira, deixando-se, duas plantas por vaso. Realizou-se a adubação de cobertura com nitrato de potássio e uréia aos 15 e 30 dias após a sementeira e com uréia em face de sintomas visuais de deficiência de nitrogênio aos 40 e 60 dias.

Verificou-se a incidência de oídio (*Erisiphe polygoni*) que foi controlada com fungicida à base de enxofre (Kumulus).

Utilizou-se água destilada como testemunha. Nos demais tratamentos, esta foi salinizada artificialmente com quatro níveis de concentração para irrigação.

A colheita foi realizada quando no mínimo setenta por cento das vagens se mostraram maduras, tendo sido concluída em todos os tratamentos, em 14 de agosto de 1994, com 89 dias após plantio, e duas semanas após a suspensão da irrigação.

### 3.6 Irrigação

As soluções obtidas da maneira descrita no item 3.4 e a água destilada (testemunha), foram acondicionadas em garrafas plásticas de dois litros para facilitar a irrigação.

O controle dos níveis de água nos vasos foi inicialmente realizado duas vezes ao dia, através da pesagem dos vasos, restabelecendo o peso calculado em condições de umidade próximo à capacidade de campo (0.1 atm).

Aos 7 dias após a germinação, sendo constatada a baixa temperatura, a irrigação foi aplicada diariamente à tarde, e aos 30 dias a irrigação passou a ter uma frequência de 2 em 2 dias. Semanalmente, foi obtido o extrato do solo em solução de 1:5, que foi corrigido pela Equação 4, obtendo-se a condutividade elétrica correspondente à do extrato saturado. Objetivando o controle da salinidade no solo, empregou-se a relação proposta pela FAO (1991) para determinar a lâmina de lixiviação calculada pela (Equação 3), colocando-se uma vez por semana, a água diretamente sobre o solo, tomando cuidado para não formar lâmina na superfície, embora não tenha sido possível evitar totalmente o fluxo na interface solo/vaso. Esta lâmina foi aplicada até o estabelecimento da cultura.

$$LX = Fc \times Pf(CEes - CEai)/(CEdes - CEai) \quad (\text{Equação 3})$$

A irrigação foi suspensa no dia 02 de agosto de 1994 quando 50% das vagens apresentaram-se amareladas.

### 3.7 Características avaliadas

No feijoeiro foram avaliadas as características altura da planta, número de folhas, peso da madeira seca da parte aérea e das raízes, número de vagens por planta, peso de grãos e teores foliares de macro e micro nutrientes. O solo foi avaliado quanto à condutividade elétrica do extrato de saturação e fertilidade.

#### 3.7.1 Altura da planta

O crescimento em altura foi determinado à partir da emergência das plantas (ou sete dias após a semeadura) com frequência de dois dias. Utilizando-se de uma trena milimetrada mediu-se a altura entre o colo da planta até o ápice do fóliolo central da última folha trifoliada.

Com base nos resultados obtidos do crescimento em altura, determinou-se a taxa de crescimento relativo (T.C.R.) utilizando a expressão:

$$TCR = (\ln P_2 - \ln P_1) / (T_2 - T_1), \text{ em que}$$

TCR = Taxa de crescimento relativo (cm/cm/dia)

$\ln P_2$  = logaritmo neperiano da altura no tempo 2 (cm/cm)

$\ln P_1$  = logaritmo neperiano da altura no tempo 1 (cm/cm)

$T_1 - T_2$  = intervalo de tempo entre as medidas (dias)

### 3. 7. 2 Número de folhas

Para observar o desenvolvimento dos tratamentos quanto ao seu aspecto vegetativo, determinou-se o número de folhas à partir da emergência da emissão da primeira folha trifoliada numa frequência de dois dias até o início da frutificação.

### 3. 7. 3 Produção de matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas

Após a colheita, as plantas foram cortadas rente a superfície do solo, acrescidas de todo material senescente, coletado durante o ciclo e levados para secar em estufa a 70°C, até atingir o peso constante, sendo então pesado em balança de precisão, obtendo-se, desta forma, a matéria seca da parte aérea.

Após o corte das plantas, as raízes foram separadas da terra de cada vaso pelo processo de lavagem sobre peneira de arame com malha de 2,0 mm e sob jato de água de corrente. Com este material, de maneira análoga à parte aérea, foi obtida a matéria seca das raízes.

### 3. 7. 4 Número de vagens e número e peso de grãos

Por ocasião da colheita fez-se a contagem do número de vagens e do número total de grãos por vaso bem como determinou-se o rendimento de grão e peso médio do grãos, definido pela relação entre peso total dos grãos / número total de grãos (PTG/NTG).

### 3. 7. 5 Teores foliares de cálcio, magnésio, potássio, sódio e cloro.

Feita a secagem das folhas em estufa à 70°C, estas foram maceradas. Utilizou-se o metodologia definida por Alban e Kellog (1959) para se determinar cálcio, magnésio, potássio e sódio. Determinou-se o cloro de acordo com o procedimento recomendado por Chapman y Pratt (1961) através de titulação com nitrato de prata 0,05 N.

### 3. 7. 6 Área foliar

Durante o ciclo da cultura foram recolhidas todas as folhas, colocadas para secar em estufa à 70°C e pesadas em balança de precisão, transformando-se o peso em área de acordo

com a relação obtida das amostras em disco, tendo sido observado que cada  $\text{cm}^2$  de folha havia pesado 0.0045g.

### 3. 7. 7 Salinidade e fertilidade do solo

A análise da condutividade elétrica do solo foi medida segundo padrões do U.S. Salinity Laboratory Staff (1954) que pode ser expressa como condutividade elétrica do extrato saturado do solo em  $\text{dS/m}$  à  $25^\circ \text{C}$ . Com o objetivo de estabelecer comparações foram obtidos valores no início, na condução e no final do experimento, nos vários tratamentos.

Após a colheita, os vasos foram desmontados, e as amostras de cada vaso coletadas para análise química de pH, condutividade elétrica, capacidade de troca cationica, cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloro.

Para o cálculo da pressão osmótica utilizou-se a fórmula encontrada por Campbell, Bower e Richards(1948), para relacionar a condutividade elétrica com a pressão osmótica

$$\text{P.O. (atm)} = 0,36 \times \text{CE (dS/m)} \quad (\text{Equação 2})$$

Registrou-se também valores de temperatura através de um termômetro, colocado dentro da casa de vegetação durante a condução do experimento( Quadro 5A em anexo).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

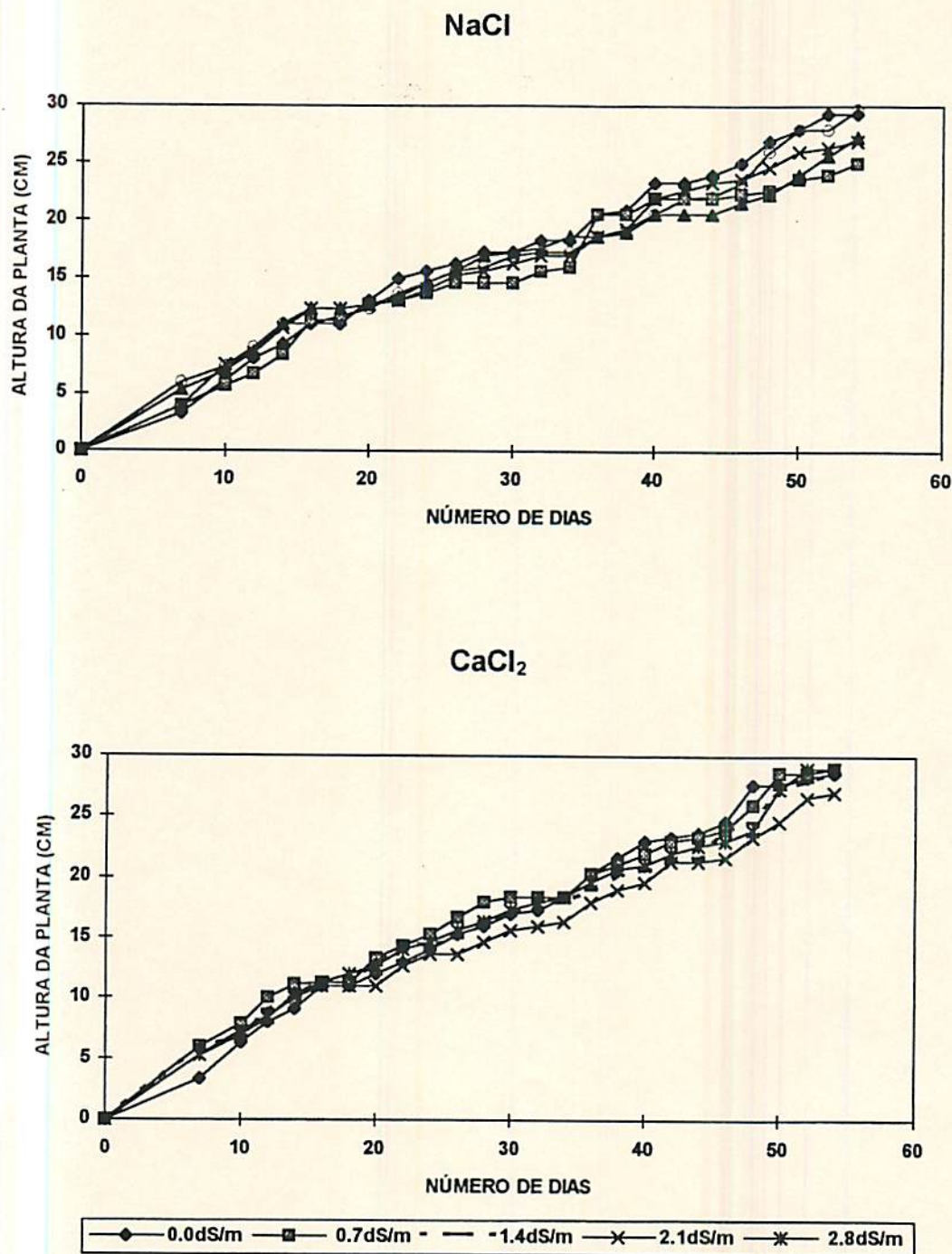
### 4.1 Altura da planta

Observa-se na análise estatística (Quadro 8A, anexo) que o crescimento em altura foi diferenciado para o tipo de sal utilizado na água de irrigação. Verifica-se que as plantas irrigadas com solução de  $\text{CaCl}_2$  apresentaram um melhor desenvolvimento em altura. Para as demais fontes de variação não foi identificada significância.

A Figura 4 apresenta o crescimento real da cultura nos períodos vegetativo e floração. Para comparar os resultados, fez-se um teste de comparação da inclinação das linhas de regressão, segundo Snedecor e Cochran(1980), cujos resultados encontram-se apresentados no Quadro 3. Os números revelam que o tratamento testemunha, irrigado com água destilada, em comparação com os demais, apresentou resultados significativos ao desenvolvimento em tamanho. Comprova-se visualmente este comportamento nas linhas de regressão (Figura 5). Este fato leva-nos a inferir que independente dos resultados econômicos, há diferença no crescimento do

feijoeiro irrigado com água pura quando comparado às plantas irrigadas com água de condutividade elétrica igual ou superior a 0,7 dS/m. Esta conclusão coincide com observações da FAO (1991) de que a produtividade do feijoeiro decresce 25% quando a CEai supera 0,7 dS/m.





**FIGURA 4** Evolução de altura de plantas da cultivar cv. Eriparza irrigada com solução de NaCl e CaCl<sub>2</sub> com diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.

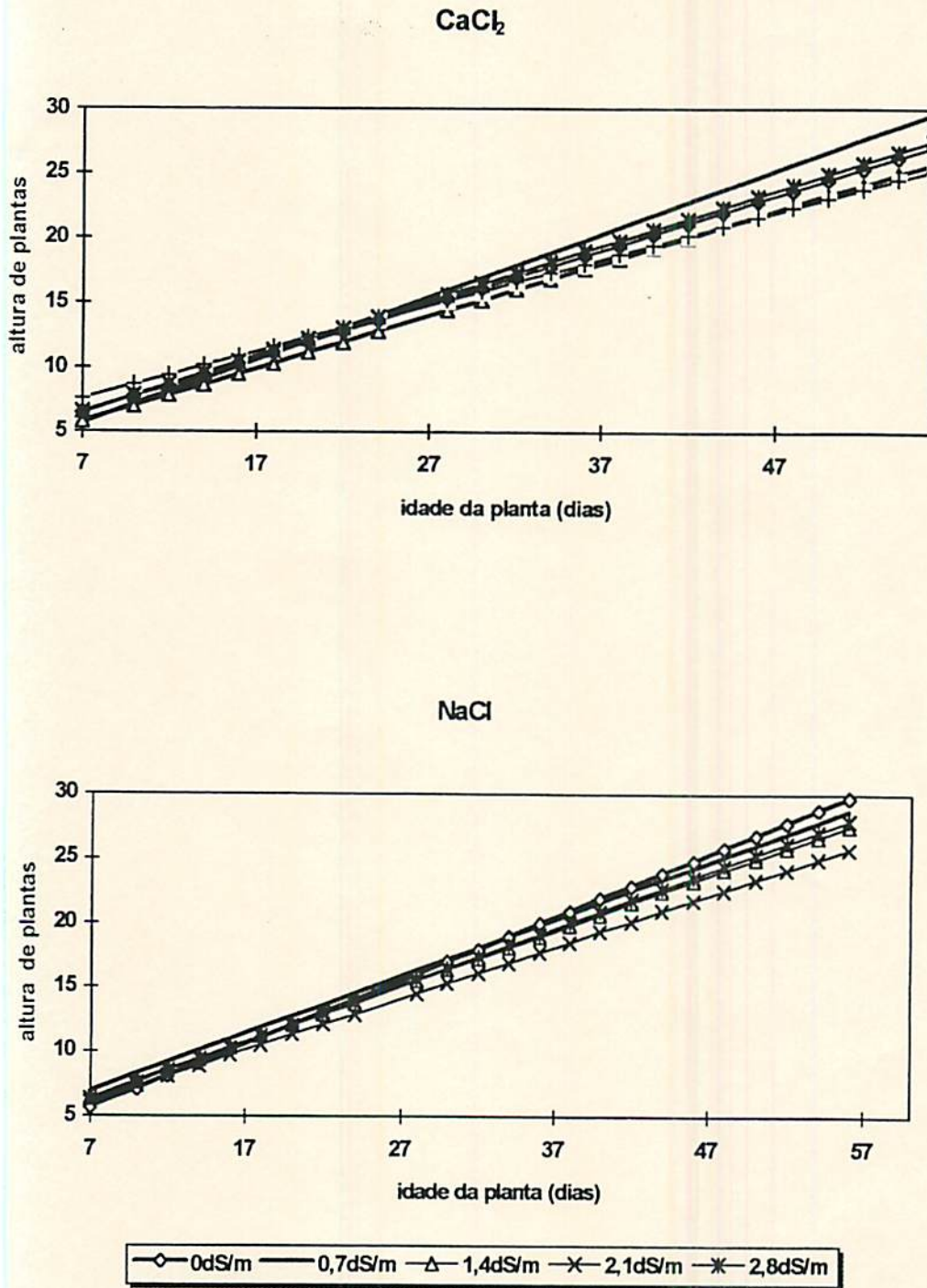


FIGURA 5 Linhas de regressão entre altura e idade da cultivar cv. Eriparza, em função da irrigação com soluções de  $\text{NaCl}$  e  $\text{CaCl}_2$  de diferentes níveis de condutividades elétricas UFLA, Lavras-MG, 1994.

QUADRO 3 Teste de comparação das linhas de regressão para a variável altura de plantas.

Tratamento	tratamento	F
testemunha	NaCl 0,7	14,5376**
"	"	45,8433**
"	"	18,6698**
"	"	17,1436**
NaCl 0,7	"	3,8047
"	"	0,0729
"	"	0,0089
NaCl 1,4	"	7,0811*
"	"	3,7965
NaCl 2,1	"	0,1568
testemunha	CaCl <sub>2</sub> 0,7	7,3172**
"	"	15,2510**
"	"	43,2532**
"	"	5,3838*
CaCl <sub>2</sub> 0,7	"	1,2111
"	"	11,2277**
"	"	0,0278
CaCl <sub>2</sub> 1,4	"	4,7981*
"	"	1,4269
CaCl <sub>2</sub> 2,1	"	10,7571**

\*. \*\* ; significativas a níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Determinou-se a T.C.R. (taxa de crescimento relativo) acumulada em altura de plantas do feijoeiro, (Figura 6 e nos Quadros 6A e 7A do anexo). Observa-se na Figura 6 que o crescimento das plantas irrigadas com solução de NaCl foi diferenciado na presença dos diferentes níveis de condutividades elétricas. Verifica-se que a taxa de crescimento relativo das plantas irrigadas com CEai de 2.1 dS/m foi menor do que no tratamento com CEai de 2.8 dS/m. Analisando-se os Quadros 4 e 5, verifica-se que o tratamento CEai 2.1 dS/m não demonstra teores diferenciados de nutrientes em relação aos demais. Observa-se nas figuras 4 e 5 um comportamento de crescimento em altura inversamente proporcional a CEai, sendo o tratamento com CEai 0.0 > 0.7 > 1.4 > 2.8 > 2.1 dS/m, comprovando resultados anteriores encontrado por Oertli (1968) Aceves, Stolzy e Mchuys (1975), Borella (1986). Visualiza-se na Figura 6, que nos tratamentos com aplicação de solução contendo CaCl<sub>2</sub> ocorreu um comportamento similar da T.C.R acumulada em todos os níveis de condutividades elétricas, ou seja, independente da CEai. De fato, observa-se nos Quadros 4 e 5 que não houve diferenças dos elementos absorvidos pelas plantas.

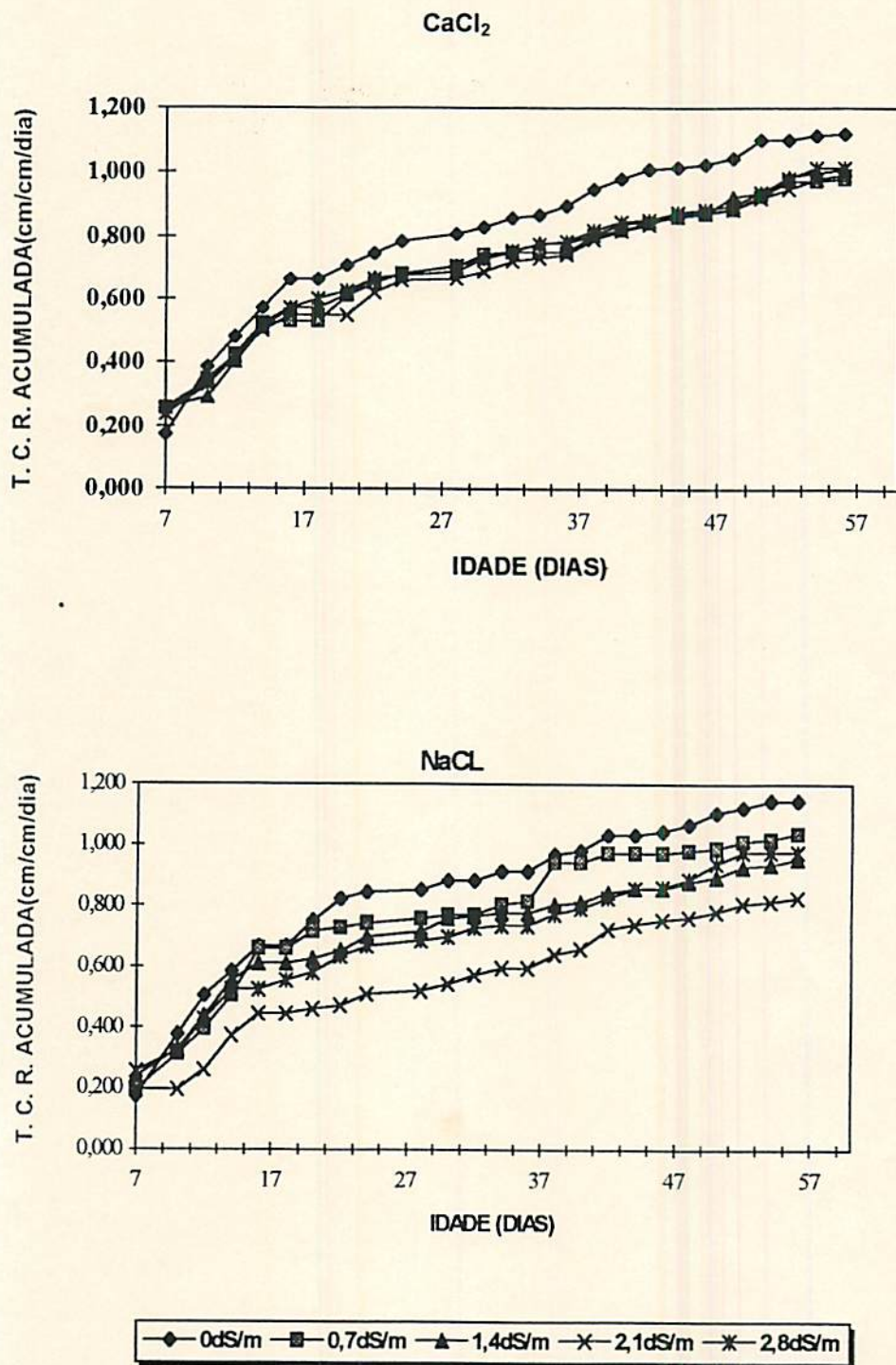


FIGURA 6 Taxa de Crescimento Relativo acumulada em (altura de plantas) da cultivar de feijão cv. Eriparza irrigado com soluções de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### 4. 2 Teores de foliares de macro e micronutriente

No Quadro 4 é apresentado o resumo das análises químicas do tecido foliar. Observa-se que o  $\text{Cl}^-$  apresenta-se em alta concentração, principalmente nos tratamentos com  $\text{CaCl}_2$ , superando os demais elementos e demonstrando que as plantas absorvem mais facilmente íons  $\text{Cl}^-$ . Analisando os dados dos tratamentos de  $\text{CaCl}_2$ , pode-se observar uma variação na concentração de  $\text{Cl}^-$  nas folhas, após transformação dos dados, de 33.390 à 147.000 ppm, que cresceu proporcionalmente à CEai, comprovando que o cloro acumula nas plantas podendo provocar um desequilíbrio nutricional. Segundo Bataglia (1991), o cloro tem uma participação ativa na fotossíntese, não havendo estudos mais profundos com relação ao seu papel na nutrição.

A presença de concentrações de  $\text{Cl}^-$  nas folhas dos tratamentos com água destilada (testemunha) demonstra que o feijoeiro tem grande habilidade em absorver o  $\text{Cl}^-$ , confirmando Awad (1966) que cita ter encontrado concentrações de  $\text{Cl}^-$ , nas plantas de 10 à 20.000 ppm. Neste trabalho foram identificados concentrações de  $\text{Cl}^-$  nas folhas de 33.390 à 147.000 ppm.

Analisando o conteúdo de P, identificou-se que existe alta concentração deste elemento na solução do solo e uma baixa concentração na planta (análise foliar), onde

deduziu-se o desbalanceamento nutricional, que foi justificado pela presença de altas concentrações de ferro que segundo Malavolta (1980) é muitas vezes associada com a capacidade de absorção do P, ocorrendo uma reação inversa, dentro dos limites, entre os dois elementos, citando Kabata-Pendis e Pendis, que identificaram competição dos anions de fosfato com o ferro na planta que interferiu não só na absorção mas também no transporte interno do nutriente.

Com relação à absorção do potássio, sabe-se que o seu conteúdo no tecido foliar é função de sua concentração no solo e depende também das concentrações de  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ , onde sabe-se que as concentrações baixas de  $\text{Ca}^{++}$  são essenciais para absorção do  $\text{K}^+$ . Sendo assim, o efeito do  $\text{K}^+$  proporcionando altas produções, poderá não aparecer por uma presença excessiva de  $\text{Ca}^{++}$ .

#### 4.3 Características química, osmótica e de salinidade do solo após o ensaio.

No Quadro 5 é apresentado o resumo das análises químicas do solo. Observa-se que o  $\text{Cl}^-$  encontrado na solução do solo apresenta-se em pequena quantidade em relação aos teores foliares da planta. Analisando os dados dos tratamentos, podemos observar uma variação na concentração de  $\text{Cl}^-$  que cresceu proporcionalmente à CEai. Awad (1966) cita



ter encontrado concentrações de  $\text{Cl}^-$  na solução do solo de 700 à 1500 ppm enquanto nas plantas apresentava-se concentrações de 10 à 20.000 ppm. Neste trabalho foram identificadas concentrações de  $\text{Cl}^-$  no solo de 441 à 4.942 ppm e nas folhas do feijoeiro estudado, encontrou-se 33.390 à 147.000 ppm de  $\text{Cl}^-$ .

Considerando os efeitos dos sais sobre a sucção da água no solo, é inevitável que concentrações salinas aumentem a pressão osmótica a níveis superiores aos normalmente suportados pela planta. É possível observar nos Quadros 6 e 7, onde encontra-se os valores de pressão osmótica para os cinco níveis de condutividade elétrica estabelecidas inicialmente, que os tratamentos foram mantidos próximo a capacidade de campo (pressão matricial de 0,1 atm), mas que houve aumento expressivo da pressão osmótica superando dados anteriores que indicam para obtenção de uma produtividade máxima de até 80% da produtividade potencial do feijão, a necessidade de manter na profundidade efetiva das raízes uma tensão de 0.6 à 2,0 bar. Tensões a partir de 4.0 bar reduzem mais de 50% o rendimento do feijoeiro. Analisando-se a Figura 8, nota-se que a partir do tratamento com CEai 0.7 dS/m houve redução da produção, o que sugere determinar que as plantas estiveram sujeitas tanto aos efeitos tóxicos quanto aos problemas de pressão osmótica que inviabilizam a absorção de nutrientes. Nesse caso, o aumento da pressão osmótica mostrou

ser diretamente proporcional aos valores de CEai (Quadros 6 e 7). De fato, Meiri e Poljakoff-Mayber (1969) identificaram ser o  $\text{Cl}^-$  o ion responsável pelo desequilíbrio hídrico foliar, devido sua tendência em aumentar a pressão osmótica dentro da planta.

De acordo com Pearson (1967), o aumento do sódio na solução do solo produz um aumento da absorção de  $\text{Na}^+$  pelas plantas do feijão, embora aparentemente a cultura não seja ávida por esse elemento, pois este é excluído pela planta com grande facilidade. Trabalhos desenvolvidos por Epstein (1975) demonstram que altas concentrações de cálcio reduzem o efeito da absorção do cloreto de sódio no feijão, justificando os valores encontrados no Quadro 5 onde comparando com a Figura 8 percebe-se a influência dos ions cálcio na produção do feijão, já que no tratamento com NaCl de CEai 2.1 dS/m, onde observa-se menor quantidade de cálcio, houve redução na produção.

**QUADRO 4** Teores foliares de macro e micronutrientes da cultivar do feijão Eriparza em função de irrigação com solução de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividade elétricas. UFLA Lavras-MG, 1994.

	test.	tratamento							
		NaCl				CaCl <sub>2</sub>			
		0.7	1.4	2.1	2.8	0.7	1.4	2.1	2.8
N %	2.38	2.54	2.39	3.50	2.82	2.46	2.10	2.04	2.97
P %	0.09	0.15	0.10	0.14	0.16	0.10	0.10	0.12	0.15
K %	3.85	4.16	3.97	4.34	4.40	2.87	3.85	3.36	3.73
Ca %	4.41	4.04	3.75	3.13	3.42	5.77	5.11	4.36	6.80
Mg %	0.64	0.65	0.44	0.44	0.53	0.56	0.57	0.54	0.62
S %	0.94	0.72	0.82	0.74	1.22	0.64	0.82	0.70	0.64
Cl %	3.93	7.38	9,27	9,61	13,61	7,72	11,06	11,13	14,70
B ppm	97,30	49.80	58.70	48.40	54.10	60.30	52.60	60.30	5.60
Cu ppm	8.00	9.00	10.00	10.00	8.00	7.00	7.00	8.00	9.00
Mn ppm	161	210	133	131	165	193	157	143	187
Zn ppm	13.4	16.6	17.0	18.1	16.2	12.4	11.2	21.2	14.10
Fe ppm	634	835	937	971	790	877	591	728	443



**QUADRO 6** Evolução de pressão osmótica do solo irrigado com solução de NaCl (atm), durante a condução do ensaio com cultivar cv. Eriparza em diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG. 1994.

Idade (semana)	tratamento CEai (dS/m)				
	0.0	0.7	1.4	2.1	2.8
1	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
2	2,31	1,92	2,46	1,61	3,31
3	1,69	1,69	1,92	3,54	3,31
4	2,23	1,23	1,95	1,97	3,52
5	1,61	2,00	2,20	2,75	2,95
6	1,28	1,48	2,44	2,20	2,87
7	0,89	1,72	3,16	2,59	2,85
8	0,35	0,99	1,48	2,72	3,65
9	3,24	3,24	2,36	4,63	5,63
10	2,20	2,08	4,94	4,32	4,83
11	0,61	1,30	4,52	3,62	2,98
12	1,30	2,33	8,31	5,60	6,56
13	1,30	4,65	14,59	12,25	8,67
14	2,28	3,70	8,03	8,67	12,04

**QUADRO 7** Evolução de pressão osmótica do solo irrigado com solução de CaCl<sub>2</sub>(atm), durante a condução do ensaio com cultivar cv. Eriparza em diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG. 1994.

Idade (semanas)	tratamento CEai (dS/m)				
	0.0	0.7	1.4	2.1	2.8
1	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
2	2,00	2,08	1,92	2,69	7,64
3	1,23	1,77	1,61	2,46	3,70
4	2,87	1,69	2,62	2,20	5,78
5	1,92	2,36	2,23	2,28	3,52
6	0,81	0,97	1,69	2,20	3,90
7	0,97	2,93	2,00	2,77	6,79
8	0,61	1,79	1,69	2,10	4,75
9	0,97	2,54	2,87	5,35	3,90
10	0,84	1,87	0,97	13,46	4,75
11	0,14	1,25	2,00	3,57	4,19
12	0,07	3,54	4,47	6,35	9,24
13	0,30	4,91	6,97	13,36	16,73
14	0,69	3,11	6,76	9,16	10,81

Verifica-se na análise estatística que para a variável condutividade eléctrica (Quadro 9A, anexo), ocorreu significância tanto para o tipo de sal quanto aos níveis de CEai. A comparação do modelo também foi significativa. Observa-se que a média do tratamento fatorial superou a média da testemunha, onde conclui-se que ocorreu aumento de condutividade eléctrica proporcional aos níveis dos tratamentos, mesmo sendo aplicadas lâminas de lixiviação. Pode-se detectar nas Figura 7 e nos dados da evolução (Quadros 8 e 9) de salinidade do solo que estão expressos em dS/m de condutividade eléctrica do extrato de saturação do solo, que o efeito da água de irrigação na solução do solo, é diretamente proporcional à concentração da água de irrigação. Estes resultados também foram encontrados por Borella(1986) e Shalhevet (1973). Observa-se também uma maior variação na condutividade eléctrica da solução do solo irrigado com água contendo  $\text{CaCl}_2$  (Quadro 8).

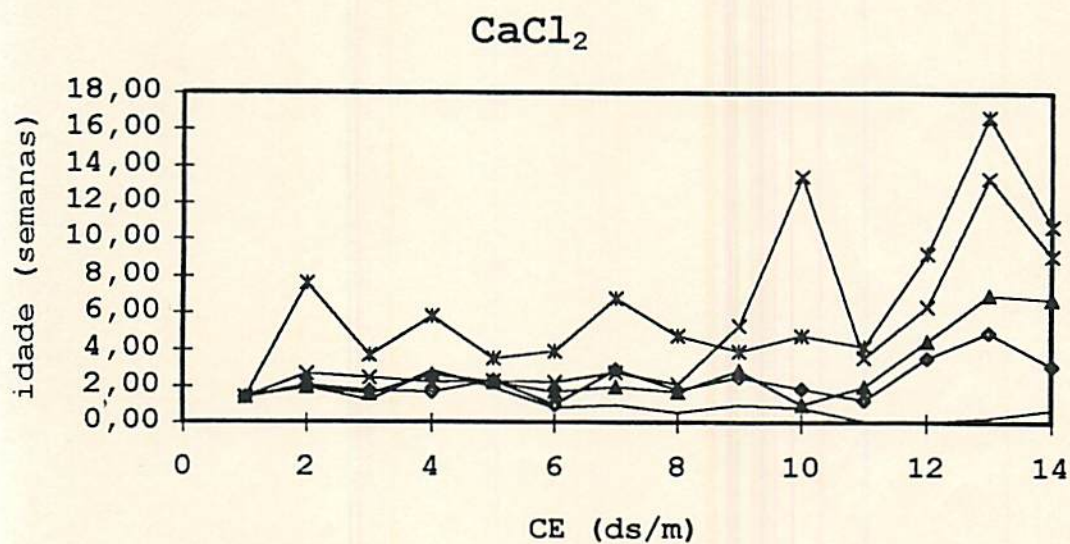
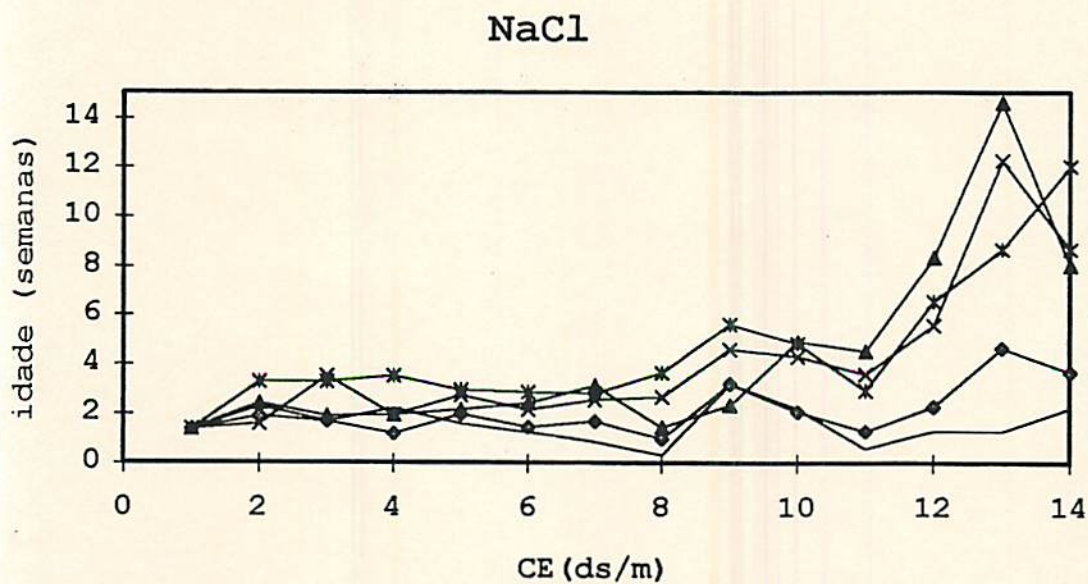
Fez-se o teste de comparação da inclinação de linhas de regressão segundo Snedecor e Cochran (1980) cujo resultados encontrados na Figura 8 e Quadro 10, concordaram com resultados estatísticos anteriores.

Observou-se redução na produção total de grãos, proporcional a condutividade eléctrica da água de irrigação que assemelha-se à resultados encontrados por Borella (1986) e difere de resultados encontrado por Villa (1989) que não apresentou redução da produtividade

devido a lâmina de lixiviação no estabelecimento da cultura.

Pode-se observar também no Quadro 5 um aumento significativo de  $\text{Cl}^-$  na solução do solo, visto que, tanto a condutividade elétrica quanto os níveis de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  solúveis no solo aumentaram em função da quantidade dos sais aplicados na água de irrigação. Verifica-se também um excesso de  $\text{Na}^+$  acompanhado de baixo teor de  $\text{Ca}^{++}$  o que pode ter causado efeito na absorção de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{K}^+$  (Award, 1966)

A condutividade eléctrica do extrato saturado do solo (Quadro 8 e 9), que no decorrer da experimentação alcançou 16,73 dS/m à 25°C no tratamento  $\text{CaCl}_2$  de CEai 2,8 dS/m, difere de resultados encontrados por Ayres (1977) onde a condutividade eléctrica máxima tolerada para o feijão é de 13 dS/m à 25°C.



— 0ds/m —◆— 0,7ds/m —▲— 1,4ds/m —×— 2,1ds/m —\*— 2,8ds/m

FIGURA 7 Condutividade eléctrica do extrato saturado do solo em função de irrigação com soluções de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades eléctricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.

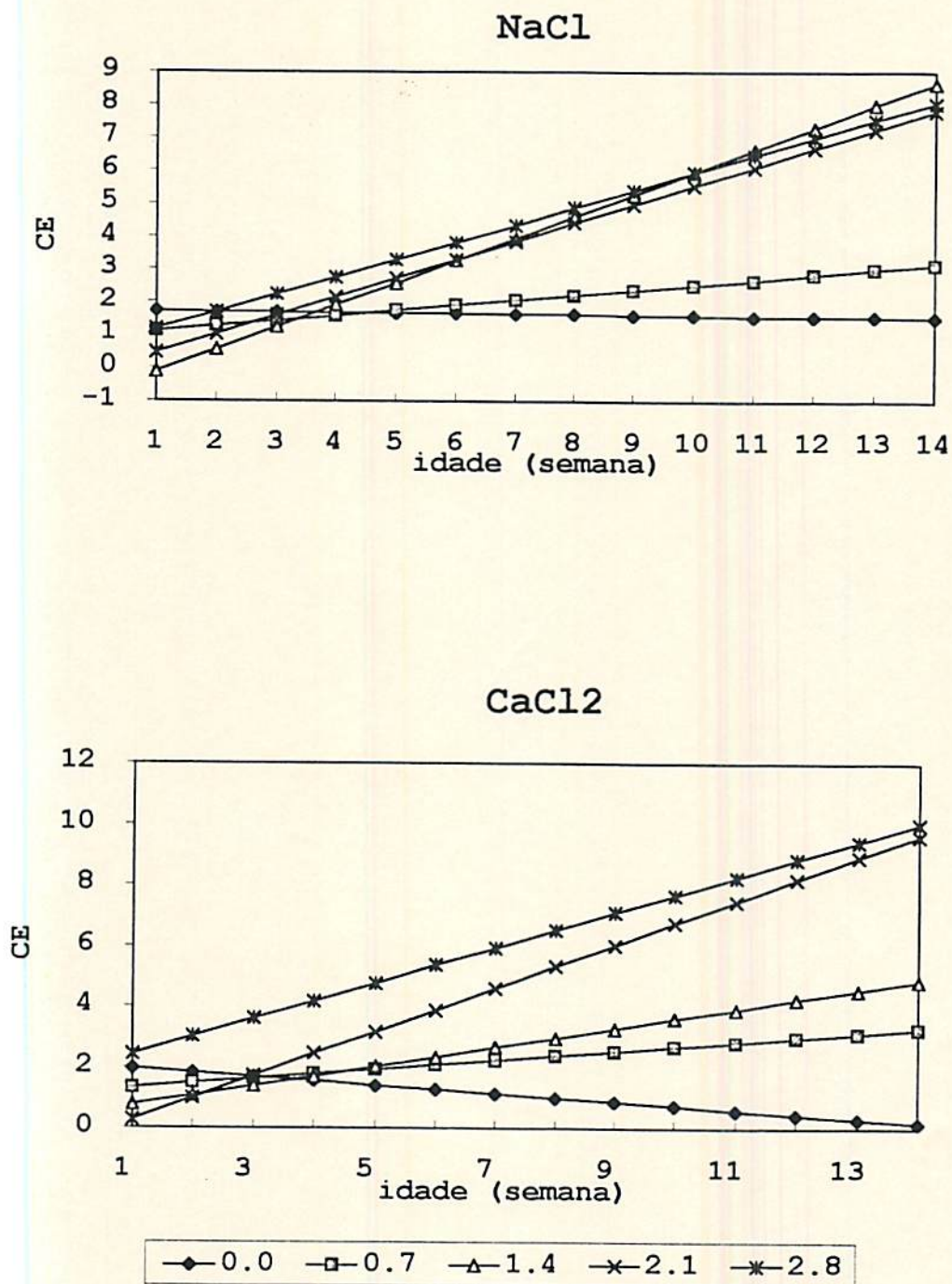


**QUADRO 8** Evolução da condutividade eléctrica do extrato saturado do solo irrigado com solução de  $\text{CaCl}_2$ , durante o ensaio com a cultivar cv. Eriparza, com diferentes níveis de condutividades eléctricas. UFLA, Lavras-MG. 1994.

idade (semanas)	tratamento CEes (dS/m)				
	0.0	0.7	1.4	2.1	2.8 [LABHID1]
1	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
2	2.00	2.08	1.92	2.69	7.64
3	1.23	1.77	1.61	2.46	3.70
4	2.87	1.69	2.62	2.20	5.78
5	1.92	2.36	2.23	2.28	3.52
6	0.81	0.97	1.69	2.20	3.90
7	0.97	2.93	2.00	2.77	6.79
8	0,61	1,99	1,69	2,10	4,75
9	0.97	2.54	2.87	5.35	3.90
10	0.84	1.87	0.97	13.46	4.75
11	0.14	1.25	2.00	3.57	4.19
12	0.07	3.54	4.47	6.35	9.24
13	0.30	4.91	6.97	13.36	16.73
14	0.69	3.11	6.76	9.16	10.81

**QUADRO 9** Evolução da condutividade eléctrica do extrato saturado do solo irrigado com solução de  $\text{NaCl}$ , durante o ensaio com a cultivar cv. Eriparza, com diferentes níveis de condutividades. UFLA, Lavras-MG. 1994.

idade (semanas)	tratamento CEai (dS/m)				
	0.0	0.7	1.4	2.1	2.8
1	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
2	2,31	1.92	2.46	1.61	3.31
3	1.69	1.69	1.92	3.54	3.31
4	2.23	1.23	1.95	1.97	3.52
5	1.61	2.00	2.20	2.75	2,95
6	1.28	1.48	2.44	2.20	2.87
7	0.89	1.72	3.16	2.59	2.85
8	0.35	0.99	1.48	2.72	3.65
9	3.24	3.24	2.36	4.63	5.63
10	2.20	2.08	4.94	4.32	4.83
11	0.61	1.30	4.52	3.62	2.98
12	1.30	2.33	8.31	5.60	6.56
13	1.30	4.65	14.59	12.25	8.67



**FIGURA 8** Linhas de regressões entre a condutividade eléctrica do extrato saturado do solo e idade da planta de feijão, cv. Eriparza, em função da irrigação com soluções do com  $\text{CaCl}_2$  e  $\text{NaCl}$  de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.

QUADRO 10 Teste de comparação das linhas de regressões para a variável condutividade elétrica do extrato saturado do solo

Tratamento	tratamento	F
Testemunha	NaCl 0.7	3,3107
"	"	12,1540**
"	"	11,5676**
"	"	15,8633**
NaCl 0.7	"	7,2141*
"	"	5,8560*
"	"	8,3359**
NaCl 1.4	"	0,3416
"	"	0,2408
NaCl 2.1	"	0,0196
Testemunha	CaCl <sub>2</sub> 0.7	12,9516**
"	"	13,9600**
"	"	14,0796**
"	"	10,9329**
CaCl <sub>2</sub> 0.7	"	1,5346
"	"	6,0417*
"	"	4,2478*
CaCl <sub>2</sub> 1.4	"	2,7957
"	"	1,7544
CaCl <sub>2</sub> 2.1	"	0,0578

\*. \*\* : significativas à níveis de 1 e 5% de probabilidade,

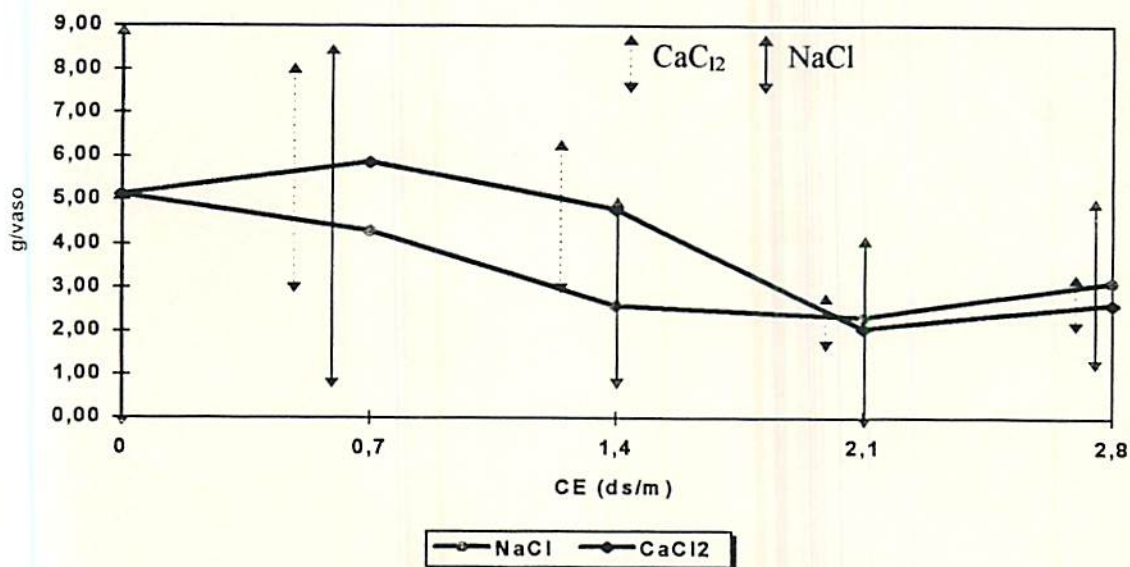
respectivamente.

#### 4.4 Produção de grãos

As análises estatísticas apresentadas no Quadro 10A anexo, demonstram que ocorreram diferenças estatísticas significativas para a produção de grãos. Em todos os fatores de variação, detectou-se maior influência pelos níveis de CE, onde verifica-se um aumento de produção aos níveis de CE menores. No Quadro 11 encontram-se as médias e os respectivos intervalos de confiança destas, podendo-se notar que algumas médias de certos tratamentos estão superiores ou inferiores ao intervalo de confiança. Visualiza-se na Figura 9 um comportamento diferenciado entre os tratamentos NaCl e CaCl<sub>2</sub>, em particular para a condutividade eléctrica de 0,7 dS/m. No caso do Cl<sup>-</sup> unido ao Ca<sup>++</sup>, ocorreu um aumento da produção no tratamento com condutividade eléctrica de 0.7 dS/m à 25°C, e um certo declínio da produção quando a CEai chegou à 2.1 dS/m. O comportamento, algo diferente no caso do Cl<sup>-</sup> unido ao Na<sup>+</sup>, parece indicar que o efeito da salinidade na produção do feijoeiro não é definido apenas pelo efeito da condutividade eléctrica, mas também pelo tipo de sal, devido provavelmente aos efeitos que estes exercem na absorção de alguns nutrientes. Em trabalho realizado anteriormente por Borella(1986), utilizando NaCl na água de irrigação, também identificou-se redução na produtividade do feijoeiro quando a CEai ultrapassou à 0,7 dS/m 25° C.

Apesar do baixo coeficiente de variação encontrado, verificou-se ainda uma grande variação entre as produções nas repetições dos tratamentos, o que na Figura 9 é demonstrado através de barras verticais. É possível recomendar de antemão que em estudos futuros desta natureza, o número de repetições seja maior que 3. No tratamento com  $\text{CaCl}_2$  estas variações entre repetições são menores.

Deve ser observado ainda que no caso do  $\text{NaCl}$  o decréscimo da produção com o aumento da condutividade elétrica é mais nítido, provavelmente em função da pressão osmótica ou mesmo do efeito específico dos ions  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ .



**FIGURA 9** Produção de grãos de feijão da cv. Eriparza em função de irrigação com solução de  $\text{NaCl}$  e  $\text{CaCl}_2$  de diferentes condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.

**QUADRO 11** Valores médios de algumas características avaliadas no cultivar cv. Eriparza, em função da irrigação com solução de NaCl e CaCl<sub>2</sub> com diferentes condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.

Tratamento	Produção	Número de vagem	Número de grãos/vaso	Área foliar	Matéria seca aérea	Matéria seca raiz
I.C.	2,1-4,8	6,8-11,9	11,4-21,2	1075-1400	8,8-12,2	2,9-5,6
test	*5,10	*12,00	20,00	1191,85	11,45	4,37
NaCl 0,7	4,29	9,67	17,00	1342,22	11,54	*5,97
NaCl 1,4	2,57	7,67	12,00	**1036,30	** 8,27	3,00
NaCl 2,1	2,29	7,00	12,33	1261,48	10,09	4,28
NaCl 2,8	3,11	10,33	20,00	1356,30	11,19	3,74
I.C.	1,9-5,8	5,1-12,9	9,0-20,8	1038-1899	8,3-17,7	2,9-6,8
CaCl <sub>2</sub> 0,7	*5,87	*13,00	19,67	1644,44	15,47	4,64
CaCl <sub>2</sub> 1,4	4,87	10,33	19,33	1380,00	12,28	6,18
CaCl <sub>2</sub> 2,1	2,06	5,33	9,00	** 900,74	** 7,23	**2,78
CaCl <sub>2</sub> 2,8	2,62	6,33	11,33	1663,70	12,67	3,93

I.C. - Intervalo de confiança com 95% de probabilidade

\*,\*\* - Médias acima e abaixo do I.C., respectivamente.

#### 4.5 Número de grãos por vaso

A análise de variância (Quadro 11A, anexo) mostrou significância dos tratamentos sobre esta característica. Verifica-se que tanto o tipo de sal quanto os níveis condutividades elétricas foram responsáveis pela variação no comportamento da produção de número de grãos, mas na comparação da testemunha com o tratamento fatorial não foi observado diferença estatística. Observando a Figura 10, nota-se que as variações entre repetições, evidenciadas através das barras

verticais, também demonstram ser maiores para os tratamentos com NaCl. Pode-se verificar também uma tendência de comportamento similar da variável produção de grãos para os tratamento de NaCl e  $\text{CaCl}_2$ . Entretanto, nos tratamento irrigados com CEai 2.8 dS/m houve um incremento na produção de número de grãos, sendo menor para o tratamento com  $\text{CaCl}_2$ .

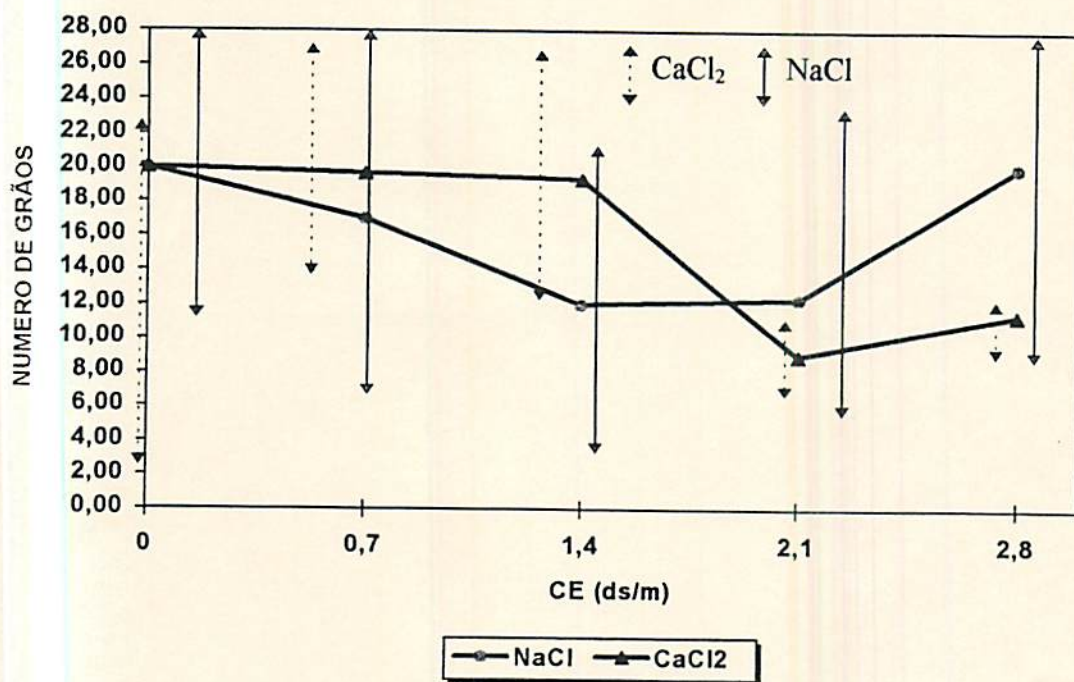


Figura 10 Número de grãos de feijão da cv. Eriparza em função de irrigação com solução de NaCl e  $\text{CaCl}_2$  de diferentes condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.

#### 4.6 Número de vagens

De modo similar, o número de vagens por planta foi afetado significativamente pelas fontes de variações estudadas, principalmente com relação ao fator níveis de condutividades elétricas (Quadro 12A, anexo). No teste de comparação da testemunha com o tratamento fatorial, este apresentou que a média da testemunha foi maior que a do fatorial.

Na Figura 11, nota-se um comportamento similar às demais variáveis analisadas, possibilitando questionar O' Leary (1975) que identificou número de vagens mais proporcional ao nível de salinidade que os demais parâmetros. Observa-se também nesta Figura que no tratamento  $\text{CaCl}_2$  e  $\text{NaCl}$  de CEai 2,8 dS/m houve um incremento no número de vagens. Percebe-se também variações entre repetições, que na figura são identificadas com setas, sendo estas menores nos tratamentos irrigados com solução de  $\text{CaCl}_2$ .



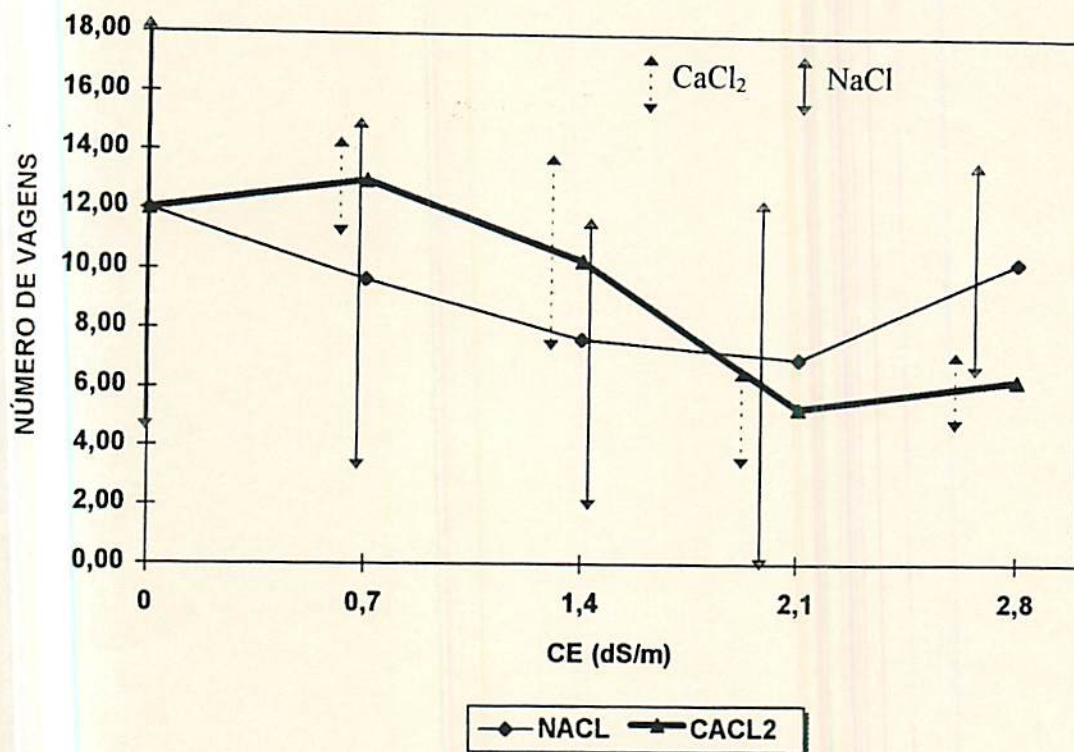


FIGURA 11 Número médio de vagens por vaso em função da condutividade elétrica da água de irrigação e do tipo de sal. UFLA, Lavras-MG, 1994

#### 4.5. Produção de matéria seca da parte aérea e raízes da planta

A análise estatística destas variáveis são apresentadas (Quadro 13A e 14A, anexo), onde verifica-se que para as variáveis produção de matéria seca da parte aérea e raízes da planta, há significancia para o fator de variação dos níveis de condutividades elétrica.

Estudando a Figura 9, identifica-se que a maior produção ocorreu nos tratamentos com  $\text{CaCl}_2$ , com uma média de 12,98g; no entanto, constatou-se redução na produção média da matéria seca com o incremento dos sais na água de irrigação constituindo-se em resultados similares aos encontrados por Bernstein(1958), Pearson(1959), Aceves, Stolzy e Mchuys(1975) e Borella(1986).

Vê-se na figura 13 que o comportamento da produção de matéria seca das raízes apresenta alguma diferença em relação as demais variáveis analisadas, ocorrendo grande oscilação nos valores. Esta oscilação que impossibilita uma análise coerente destes resultados, embora tenha ocorrido uma redução na matéria seca da raízes diretamente proporcional a produção de grãos é inversamente proporcional à condutividades elétrica. Pode-se concluir que a interação dos fatores de variação dos tratamentos prejudicaram o desenvolvimento do sistema radicular.

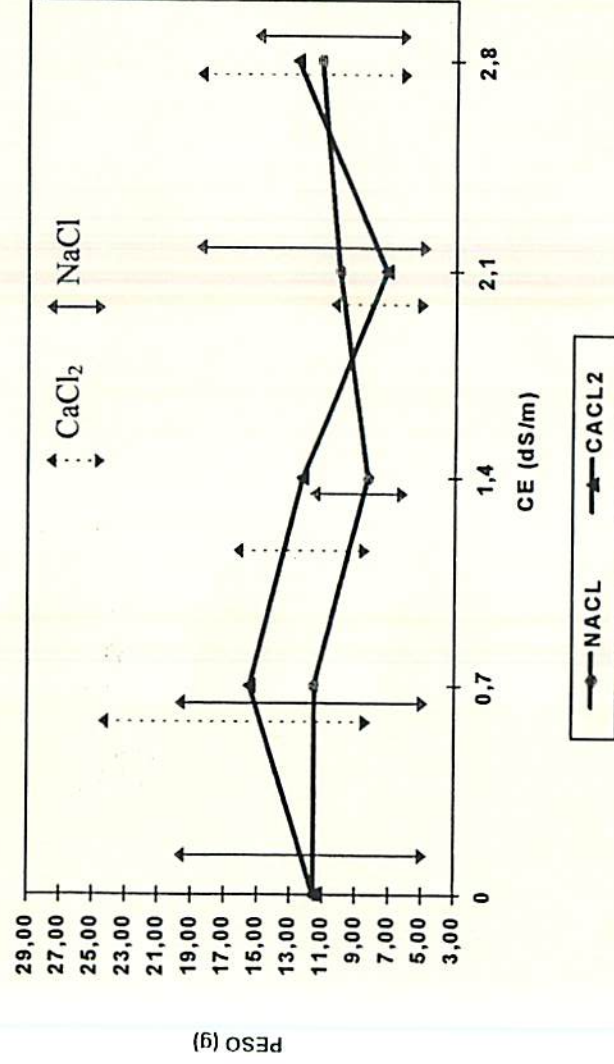


FIGURA 12 Produção de matéria seca da parte aérea do feijão cv. Eriparza em função da irrigação com soluções de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.

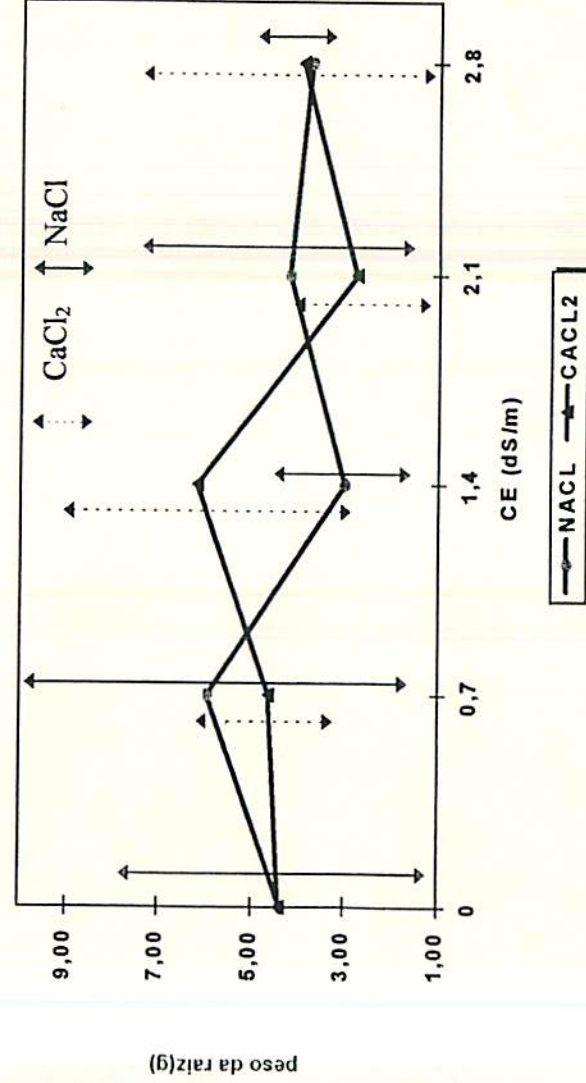


FIGURA 13 Produção de matéria seca das raízes do feijão cv. Eriparza em função da irrigação com soluções de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.

#### 4.7 Número de folhas

Á analisa estatística da variável número de folhas (Quadro 15A, anexo) apresentou significancia para o fator de variação tipo de sal

Verifica-se na Figura 14 um comportamento similar aos demais parâmetros, onde o tratamento irrigado com solução de  $\text{CaCl}_2$  de CEai 2,1 dS/m, apresentou número de folhas diferenciado ao tratamento de CEai 2,8 dS/m, principalmente a partir da segunda metade do ciclo. O mesmo comportamento ocorreu nos tratamentos irrigados com solução de NaCl. Observa-se na Figura 14 que em todos os tratamentos o desenvolvimento de número de folhas até aos 30 dias, período de estabelecimento da cultura, quando foram aplicadas lâminas de lixiviação, foi homogêneo. Após este período, verifica-se uma tendência diferenciada entre os tratamentos inversamente proporcional à condutividade elétrica, que sugere a redução do numero de folhas como uma consequência da adaptação à salinidade, vindo a confirmar conclusões de Ravikovith e Porath (1967).

Visualmente detectou-se certa variação no comportamento entre os tratamentos. Portanto, realizou-se o teste de comparação da inclinação das linhas de regressão (Figura 15), considerando as três repetições. O Quadro 12 apresenta os dados em que pode-se observar significância entre os tratamentos irrigados com solução de  $\text{CaCl}_2$  e NaCl. Este teste permite dar suporte ainda



maior à conclusão de que as plantas reduzem o número de folhas para adaptarem-se à salinidade.

## NaCl

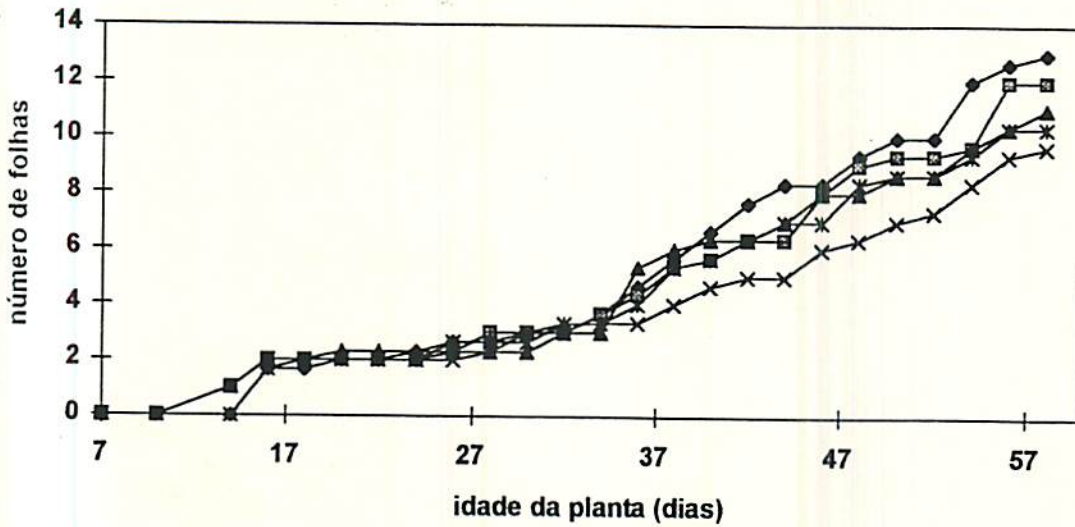
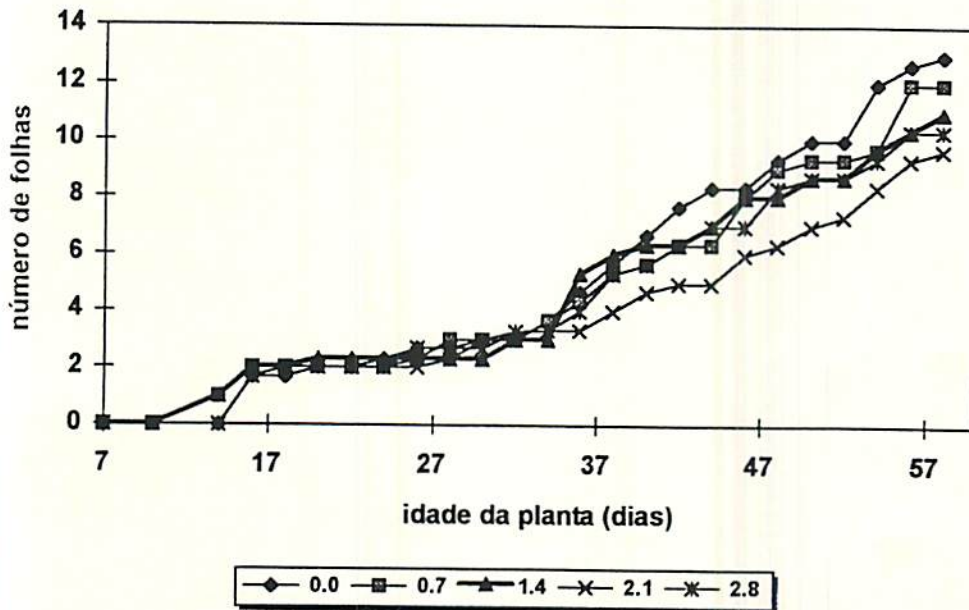
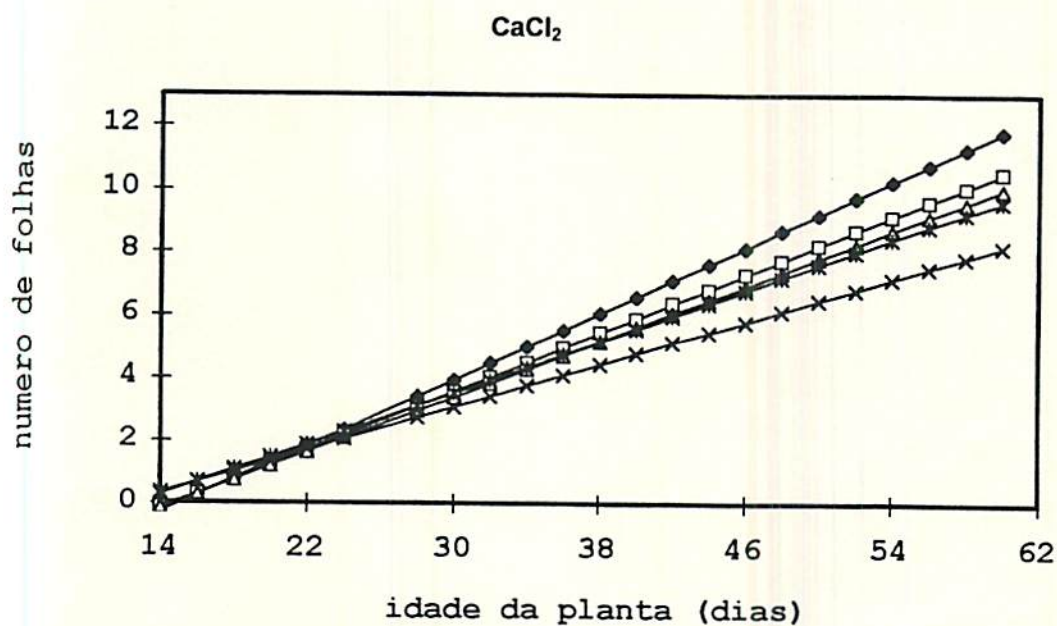
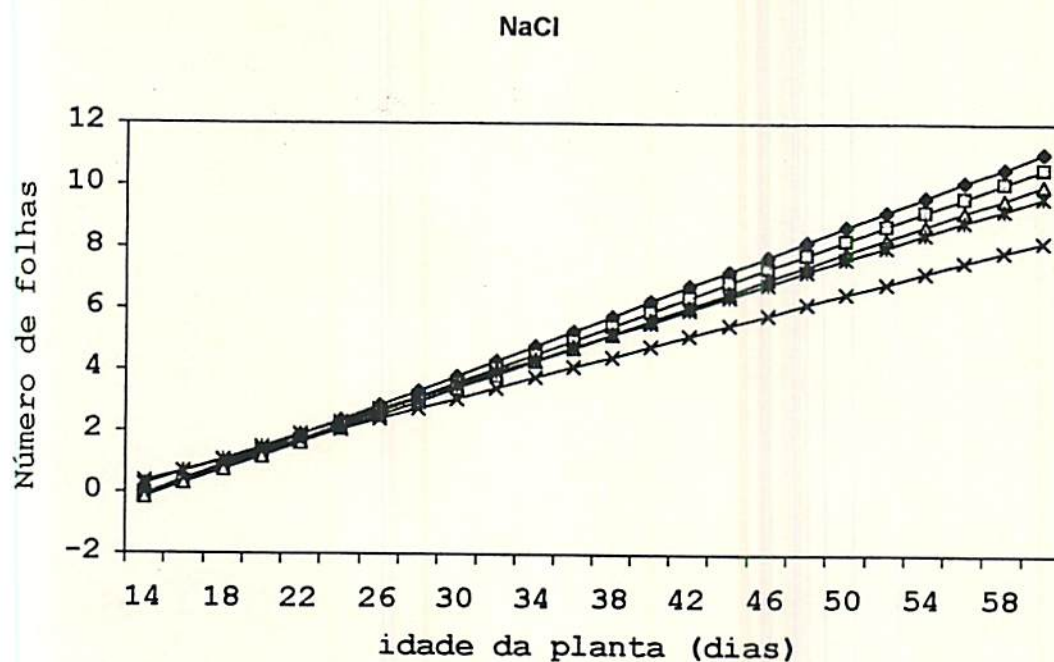
CaCl<sub>2</sub>

FIGURA 14 Número de folhas do feijão cultivar cv. Eriparza em função de irrigação com solução de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.



◆ 0.0   □ 0.7   ▲ 1.4   ✕ 2.1   ✱ 2.8

**FIGURA 15** linhas de regressões entre número de folhas e idade da planta do feijão cv. Eriparza, em função da irrigação com soluções de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.



QUADRO 12 Teste de comparação das linhas de regressões para a variável número de folhas

Tratamento	tratamento		F
Testemunha	NaCl	0.7	3,2844
"	"	1.4	7,5881**
"	"	2.1	4,8687*
"	"	2.8	2,1843
NaCl 0.7	"	1.4	0,7843
"	"	2.1	0,1825
"	"	2.8	0,1514
NaCl 1.4	"	2.1	0,1866
"	"	2.8	1,7201
NaCl 2.1	"	2.8	0,6734
Testemunha	CaCl <sub>2</sub>	0.7	1,6163
"	"	1.4	3,2369
"	"	2.1	15,9540**
"	"	2.8	4,7861*
CaCl <sub>2</sub> 0.7	"	1.4	0,3174
"	"	2.1	6,8605*
"	"	2.8	0,4711
CaCl <sub>2</sub> 1.4	"	2.1	3,7313
"	"	2.8	0,0000
CaCl <sub>2</sub> 2.1	"	2.8	5,7864*

\*. \*\* ; significativas à níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

#### 4.8 Área foliar

Verifica-se no Quadro 16A anexo, através da análise de variância, que ocorreram diferenças na comparação do modelo, entre a testemunha e o tratamento fatorial. A média do fatorial foi maior que a média da testemunha. Analisando a Figura 16, nota-se maior desenvolvimento da área foliar nos tratamentos com  $\text{CaCl}_2$  comparados aos tratamentos com  $\text{NaCl}$ , sob quase todos os níveis de condutividades eléctricas, com exceção no tratamento irrigado com CEai de 2.1 dS/m à 25°C, onde ocorreu uma redução da área foliar. Entretanto, houve um incremento na área foliar quando à CEai chegou à 2.8 dS/m. Nos tratamentos com  $\text{NaCl}$ , a redução máxima ocorreu com CEai 1.4 dS/m, apresentando logo após uma produção de área foliar que cresceu com à CEai em níveis de 2.1 e 2.8 dS/m. De acordo com resultados, detecta-se que a área foliar reduziu com o aumento dos níveis de sais, visto no desdobramento das médias do fatorial, justificado por Terry e Waldron (1984) que afirmam ocorrer redução da área foliar e da fotossíntese como forma de adaptação à salinidade.

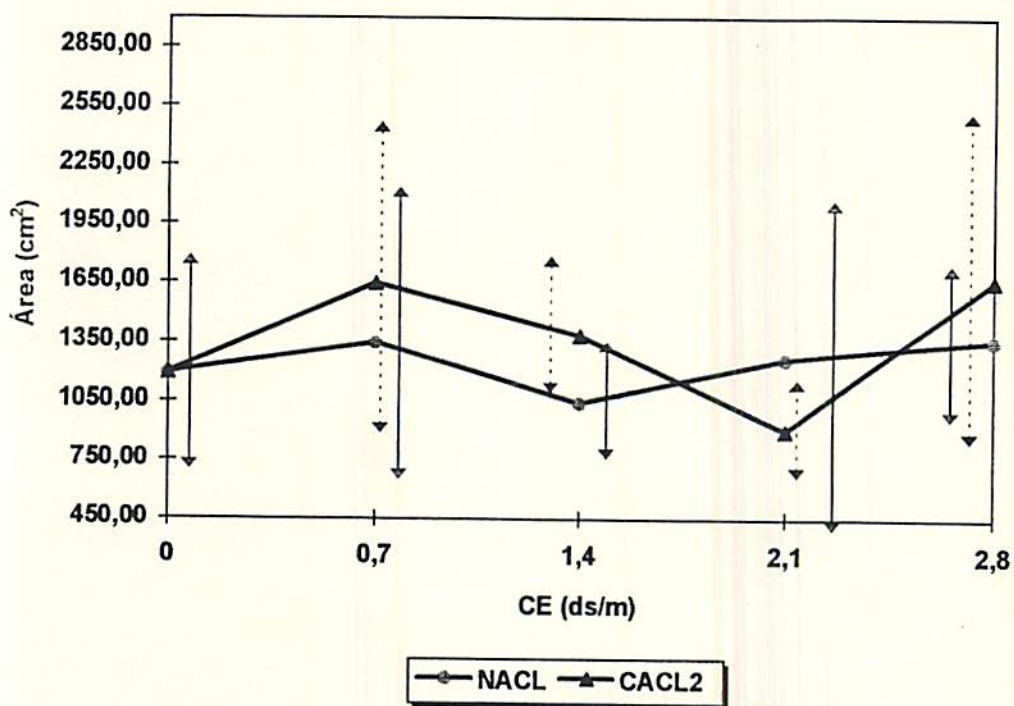


FIGURA 16 Área foliar da cultivar cv. Eriparza em função de irrigação com soluções de NaCl e CaCl<sub>2</sub> de diferentes níveis de condutividades elétricas. UFLA, Lavras-MG, 1994.

## 5 CONCLUSÕES

A produtividade do feijoeiro em vasos irrigados reduziu quando a condutividade elétrica da água de irrigação superou 0,7 dS/m à 25°C, onde pode-se deduzir que a partir deste valor as plantas do feijoeiro estiveram sobre efeitos tóxicos, osmóticos e/ou desbalanceamento nutricional, sendo verificado menores danos aos tratamentos irrigados com solução de  $\text{CaCl}_2$ . Esta redução se verificou também para as variáveis peso da matéria seca, número de vagens, número de folhas, e área foliar. Para a variável altura de planta é possível concluir que os sais afetaram o crescimento do feijoeiro.

A variedade Eriparza mostrou-se tolerante à absorção de altos teores de cloro, apresentando na análise foliar concentrações que variaram de 33.000 à 147.000 ppm. Estes valores foram superiores ao valor de 10.000 ppm sugerido na literatura para plantas tolerantes, e foram diretamente proporcionais à condutividade elétrica da água de irrigação.

A condutividade elétrica da solução do solo apresentou-se diretamente proporcional à condutividade elétrica da água de

irrigação, sendo maior nos tratamentos irrigados com solução de NaCl.

Dada a alta variação nos níveis das variáveis obtidas entre repetições, recomenda-se em estudos desta natureza empregar número de repetições superior a três.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-RAMAN, A. A. Salinity effects on growth and water relations of some desert range plants. *Flora*, v.161, n.5/6, p.495-508, 1983.
- ABROL, I. P.; BHUMBLA, D. R. Field studies on salt-leaching in a highly saline sodic. *Soil Science*, Baltimore, v.15, n.6, p.429-433, 1973.
- ACEVES, N. E.; STOLZY, L. H.; MCHUYS, G. R. Effects of soil osmotic potential produced with two salt species on plant water potential, growth and grain yield of wheat. *Plant and soil*, The Hague, n.42, p.619-27, 1975.
- ALBAN, L. A.; KELKOG, M. *Methods of analysis as usual in the Oregon State Soil Testing Laboratory*. Oregon: Agricultural Experimental Station, 1959. 9 p. (Miscellaneous Paper, 65)
- ALLISON, L. E. Salinity in relation to irrigation. *Advances in agronomy*, New York, n.16, p.139-178, 1964.
- APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 15. ed. Washington: APHA-AWWA-WPCF, 1980. 1000 p.
- AWAD, M. Las plantas en los suelos salinos y alcalinos. In: SIMPOSIO SOBRE SALINIDAD, La Molina, Perú, 1966. Lima, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Dirección Regional para la Zonas Andina, Programa de Zonas Áridas, 1966. s.p.

- AYERS, A. D.; WADLEIGH, C. H.; MAGISTAD, O. C. The interrelationships of salt concentration and soil moisture content with the growth of beans. **Journal of the American Society of Agronomy**, Washington, n.35, p.796-810, 1943.
- AYERS, R.S. Quality of water for irrigation. **Journal of The Irrigation and Drainage Division**, New York, v.103, n.IRZ, p. 135-154, 1977.
- BATAGLIA, O. C. Ferro. In: SIMPOSIO SOBRE MICRONUTRIENTE NA AGRICULTURA. Jaboticabal: Potafos/CNPq, 1991. p.161-163.
- BERNARDO, S. Efeito dos níveis de água no solo sobre a produção feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.). In: SEMINARIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO, Porto Alegre, 1970. 238 pag
- BERNSTEIN, L. Crops growth and salinity. In: SCHILFGACADE, J. VAN, (ed.). **Drainage for Agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1974. n.17, p. 39-99.
- BERNSTEIN, L. Osmotic adjustment of plant to saline mean. Steady State. **Anais Journal Botanic**, Lancarter, n. 48, p. 909-918, 1961.
- BERNSTEIN, L. ; HAYWARD, H. E. Physiology of salt tolerance. **Plant physiological**, Washington, n.9, p 24-6, 1958.
- BLACK, C. A. **Relaciones suelo-planta**. Buenos Aires: editorial Hemisfério Sul, 1975. n.1, p. 391-444.
- BORELLA, j. W. Efeito da irrigação com água salina e da lâmina de lixiviação na produção de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) e na salinização do solo. Piracicaba: USP, 1986. 182p. (Tese-Mestrado em Engenharia Agrícola).
- BOWER, C. A., REITMEEIER, R. F.; FIREMAN, M. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. **Soil Science**, Maryland, v.73, n.4, p. 251-261, 1952.
- BROWN, J. W.; WADLEIGH, C.H.; HAYWARD, H. E. Foliar analysis of stone fruit and almond trees on saline substrates. **Society Horticultural Science Proceedings**, St Joseph, n. 61, p. 49-35, 1953.

- CAMPBELL, R.B.; BOWER, C. A.; RICHARDS, L.A. Change of electrical conductivity with temperature and the relation of osmotic pressure to electrical conductivity and ion concentration for soil extracts. *Soil Science*, Maryland, v. 13, n. 1, p.66-67, 1948.
- CHAPMAN, H. D.; PRATT, P. F. **Methods of soil analysis for soils, plants and waters.** California: University of California, 1961. 309 p.
- CORDEIRO, G. G., BARRETO, A. N.; CARVAJAL, A. C. N. **Levantamento das condições de salinidade e sodicidade do projeto de irrigação de São Gonçalo (2o parte)**, Petrolina: EMBRAPA, 1988. 57 P.
- DAKER, A. Irrigação e drenagem na agricultura. In \_\_\_\_\_. **A água na Agricultura.** Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1970. v.3, 453p.
- D'ARRIGO, C. M.; RADOELLI, L. IOPPOLO, A.; SAMBUCCO, G. L'influenza de NaCl sull'assorbimento de alcuni micraelemento in planta de fagiolo (*Phaseolus vulgaris* L). In: *Sódio nella nutrizione minerale*, *Agrochimica*, v. 26, n. 2/3, p. 165-172. 1983.
- D'ARRIGO, C. M.; RADOELLI, L.; SAMBUCCO, G. L'influenza de sódio nella nutrizione cationica e amonica di planta de fagiolo alligate in ambiente controllato. In: *Sódio nella nutrizione minerale*, *Técnica Agrícola*, v. 31, n. 1, p. 5-14. 1979.
- DEWIS, J.; FREITAS, F. **Physical and chemical methods of soil and water analysis.** Rome: FAO, 1970. 275 p. (FAO soils bulletin, 10)
- DONNEN, L. D.; MACGILLIVRAY, J.H. Germination of vegetable seeds as affected by different soil moisture conditions. *Plant Physiology*, Lancaster, n. 18, p.524-529, 1943.
- EHRLER, W. Some effects of salinity on rice. *Botanical Gazette* Chicago, n.122, p. 102-104, 1960.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional Levantamento e Conservação de Solo. **Manual de métodos de análise do solo.** Rio de Janeiro, 1979.



- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas.** São Paulo: UNESP, 1975. p. 341.
- FAGERIA, N. K., BARBOSA FILHO, M.P.; CARVALHO, J.R. Influencia de ferro no crescimento e na absorção de P, K, Ca e Mg pela planta de arroz em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 4, p. 483-48, 1981.
- FAO. **Dados agroclimatológico para America Latina y el Caribe.** Rome, 1985. (coleccion FAO: Production y Proteccion vegetal, 24)
- FAO. **A qualidade de água na irrigação.** Campina Grande, UFPB. 1991. 218 p. (Estudo FAO Irrigação e Drenagem, 29).
- FORSYTHE, W. M. El manejo de la succión total en suelo salinos y el rendimiento de las cosechas. In: SIMPOSIO SOBRE SALINIDADE, La Medina, Peru, 1966. Lima, I.I.C.A., Dirección Regional para la Zonas Andina, Programa de Zonas Áridas, 1966. s.p.
- FORSYTHE, W. N.; LEGARDO, B.L. Soilwater and red bean production. In: Mean maximum soil moisture suction. **Turrialba**, Turrialba, v. 28, n. 1 p. 81-86, jan/mar. 1978.
- FRANKLIN, W. T. **Salinity and soil water management.** Colorado: College of Agriculture Science, Department of Agronomy Colorado State University, 1976. 292 p.
- FRENKEL, H. Reassersment of water quality criteri for irrigation. IN Shainberg, I e Shalhevet, J. (ed.) **Soil salinity under irrigation, processes and management.** Berlin: Springer-Verlag, 1984. p.143-167. (Ecological studies, 51).
- GAUCH, B.C ; WADLEIGH, C.H. The influence of saline substrates upon the absorption of nutrients by bean plants. **American of Society the Horticultural Science Proceeding**, Geneva, v.14, p.365-369, 1942.
- GAUGH, H.G.; WADLEIGH, C.H. Efects of high salt concentrations of bean on growth plants. **Botanical Gazette**, Chicago, v.105, n.3, p.379-87, 1944.
- GEORGE, L. V. Accumulation of sodium and calcium by seedlings of sems cereal crops under saline conditions. **Agronomy journal**, Madison, v.59, n.40, p. 297-299, 1967.

- GINGRICH, J. R.; RUSSELL, M. B. . Acomparason of effects of soil moisture tension and osmotic stress on root growth. **soil Science**, Maryland, v.84, n.3, p.185-194, 1957
- GOES, E. S. O problema de salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vista a seu equacionamento. REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM AREAS IRRIGADAS. Fortaleza, 5, 1978. **Quinta ... Fortaleza**, 1978. p. 4-24
- HAYWARDE, H.E; LONG, E. M.; VHWITS, R. **Effect of chloride and sulphate salts on the growth and development of the rliberto peach on shalil and lovell rootstocks.** US Departament of Agriculture, 1946. 47p. (Techical Bulletin, 922)
- HOFFMAN, G.T., MAAS, E.V.; RAWLINS, S.L. Salinity-ozone interactive effects on yield and water relations of pinto beans. **Journal of Enviromental quality**, n.2, p. 148-152, 1973.
- ISRAELSEN, O. W.; HANSEN, V. E. **Principios y aplicacions del riego.** 2. ed. Barcelona: Editorial Revetè, 1973. 396p.
- KADDAH, M.T. Salinity effects on growth of rice at the seedling and inflorescence stage of development. **Soil Science**, Baltimore, n. 96, p. 105-11, 1963.
- KRAMER, P. I. **Plant e soil water relationships: a modern synthesis.** New York: Macgraw Hitl, 1969. 482p.
- LANGERWERFF, J. F.; EAGLE, H.E. Osmotic and specific effects of excess salts on beans. **Plant Physiology**, Washington, v.36, n.4, p. 472-477, 1961
- LUNIN, J.; GALLATIN, M.H. Effect of saline water on the growth and chemical compositon of beans: Influence of soil dilution. **Soil Science**, Maryland, v.24, n.3, p.231-234, 1960.
- LUNIN, J.; GALLATIN, M. H. Zonal salinization of the root system in relation to plant growth. **Soil Science**, Madison, v.29, p.608-612, 1965.
- LUNIN, J., GALLATIN, M.H.; BATCHELDER, A.R. Effect of growth at time of salinization on Nrowth and chemical composition of beans. **soil science**, Baltimore, v.91, p.194-202, 1961.

- MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. In: CRISTIE, B.R. (ed.) **The handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton: Florida.C.R.C. Press, 1984.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance-current assessment. **Journal of the irrigation and drainage**, New York, n.103, p.115-134, june 1977.
- MAGISTAD, O. C.; REITEMEIER, R. F. Soil solution concentration at the wilting point and their correlation with plant growth. **Soil Science**, Maryland, v.55, n.1, p. 351-360, 1943.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronomica Ceres, 1980. 253p.
- MASCARANHAS, H. A. A.; FALIVENE, S. M. P.; HIROCI, R.; MANFREDINI, S.; ANGECCCI, L.R. Efeito da salinidade do solo sobre dois cultivos de soja. **Revista Brasileira de Ciencia do solo**, Piracicaba, v. 5, p. 105-9, 1981.
- MEIRE, A.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Effect of variations in substrate salinity of the water balance and ionic composition of bean leaves. **Israel Journal of botany**, Jerusalem, v.18,n.3, p.99-112, 1969.
- MOURA, R. F. **Lixiviação em material de solo salinizado do perimetro irrigado do projeto de gorutuba-MG**, Viçosa: UFV. 1989. 68 p. (Tese-Mestrado em Engenharia Agrícola)
- OERTLI, J. J. Effects of external salt concentrations on water relations in plants. U Significance of external water potencial and salt-transport, Kinetics on rate of cell expansion. **Soil Science**, Baltimore, no 105, p.216-221, 1968
- O'LEARY, J.W. Short communication, High humidity overcomes lethal levels of salinity hidroponically grown salt-sensitive, **Plant and soil**, The Hague, n. 42, p.17-721, 1975.
- OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M. D. T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMAM, M. J.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.175-212.

- PEARSON, G. A. Absorption and translocation of sodium in beans and cotton. *Plant Physiology*, Washington, v.42, n 9, p.1171-1175, 1967.
- PIZARRO, F. *Drenagem agrícola y recuperation de suelos salinos*. Madrid: Editora agrícola, Española, 1976. 521 p.
- PRISCO, J. T.; O'LEARY, J. W. Osmotic and "toxic" effects of salinity en germination of *Phaseolus vulgaris* L. Seeds. *Turrialba*, Turrialba, v. 20, n. 2, p.177-184, 1970.
- RADER Jr, L. F.; WHINTE, L.M.; WHITTAKER, C. W. Salt index for fertilizers. *Soil Sciencie*, Baltimore, v.55, p. 201-208, 1943.
- RAVIKOVITCH, S. ; PORATH, A. The effect of nutrients on the salt tolerance of crops. *Plant and Soil*, The Hague, v. 26, n.1, p.49-71, 1967.
- REBOUÇAS, A. C. *Le problème de l'eau dans la zones semi aride du Brésil*. Strasburg: L'université Louis Pasteur de Strasburg, 1973. 219p. (Tese-Doutorado)
- RHOADES, J. D.; CLACK, M. *Sampling procedures and chemical methods in use at the United States Salinity Laboratory for characterizing salt-effected soils and waters*. Riverside: U.S. Salinity Laboratory, 1978.
- RICHARD, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soil*. Washington: USDA, 1954. 160 p.
- RICHARD, L. A. ; OGATA, G. Psychrometric measurements of soil samples equilibrated on pressure membranes. *Soil Science*, Baltimore, v.25, n. 4, p. 456-59, 1961.
- SHALHEVET, J. Irrigation with saline water . In Yaron, B; Danfors, E. e Vaadia, Y. (eds.) *Arid zone irrigation*. New York: Springer-Valag, n. 5, p.163-276, 1973.
- SOUZA, R. *Qualidade da água de irrigação controle da salinidade do solo e sua reabilitação*. Recife: MINTER- GEIDA/SUDENE, 1971. 66p.
- SNEDECOR, G. W. ; COCHAN, W. G. *Statiscal methods*. Iowa, The Iowa state University press, 1980. p.385-387.

- STROGONOV, B. P. **Physiological basic of salt tolerance of plants:** As affected by various typs of salinity, Jerusalem: Israel Program Scientif, 1965. 279p.
- SZABOLCS, I. Agronomical and ecological impact of irrigation en soil water salinity. **Soil Science**, New York, n. 4, p.189-218, 1985.
- TERRY, N. ; WALDRON, J.L. Salinity, photosynthesis and leaf growth. **California Agriculture**, Berkeley, v.38, n. 10, p. 38-39, oct. 1984.
- THORNE, J.P. ; THORNE, D. W. **Irrigation waters of Utah.** Longan: Utah agricultural Experement Station, 1951. 63p (Bulletin, 346)
- U.S. Salinity laboratory Staff. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: USDA. 160P( Handbook,60) 1954.
- VILLA, S. T. **Efeito da irrigação com água salina e da lâmina de lixiviação na salinização do solo e na produção do feijão (Phaseolus vulgaris L.).** Piracicaba: ESALQ, 1989. 94p. (Tese-Mestrado em Engenharia Agrícola).
- VILLAGARCIA, H. S. Fertilización de los cultivos tolerantes a la salinidade. In SIMPOSIO SOBRE SALINIDAD, La Molina, Peru, 1966. Lima, I.I.C.A., Dirección Regional, Zona Andina, Programa de Zonas Áridas, 1966. n.p.
- WADLEIGH, C. H.; AYERS, A.D. Growth and biochemical composition of bean plants as conditioned by soil moiture tension and salt concentration. **Plant Phisiology**, Lancaster, n. 20, p.106-132, 1945.
- WILCOX, L. V. **The quality of water for irrigation.** Washington: Department of Agriculture, 1948. 40p (USDA TECHNICAL, Bulletin, 962)
- WILCOX, L. V.; DURUM, W. H. Quality of irrigation water. In: HAGAN, R. M. et al, (eds.) **qIrrigation of agriculture land.** Madison: America society of Agronomy, 1967. n. 11, p.104-122.

ANEXOS

**QUADRO 1A** Diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação

problema	unidades	grau de restrições para uso		
		nenhuma	ligeira e moderada	severa
<b>potencial</b>				
<b>salinidade</b>				
CEa	ds/m	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
ou				
SDT	mg/l	< 450	450 - 2000	> 2000
<b>Infiltração</b>				
RAS = 0-3 e CEa=		> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
= 3-6	=	> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
= 6-12	=	> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
=12-20	=	> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
=20-40	=	> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9
<b>Toxicidade de íons específico</b>				
<b>Sódio (Na)</b>				
<b>IRRIGAÇÃO</b>				
Superfície	RAS	< 3	3 - 9	> 9
Aspersão	meq/l	< 3	> 3	-
<b>Cloreto (Cl)</b>				
<b>IRRIGAÇÃO</b>				
Superfície	meq/l	< 4	4 - 10	> 10
Aspersão	meq/l	< 3	3	-
Boro (B)	mg/l	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
<b>Outros</b>				
Nitrogênio	mg/l	< 5,0	5,0 - 30	> 30
Bicarbonato	meq/l	< 1,5	1,5 - 8,5	> 8,5
pH		Faixa normal	6,5 - 8,5	

QUADRO 2A Efeito relativo de materiais fertilizantes sobre a  
solução do solo

Material fertilizante	índice de salinidade	índice de salinidade por unidade de nutriente
Amônia anidra	47,1	0,572
Bifosfato de amônia	29,9	1,614
Carbonato de cálcio	4,7	0,083
Calnitro 13,5%	105,9	8,475
Calnitro 17,5%	109,4	6,253
Cianamida de cálcio	31,0	1,476
Cloreto de potássio 50%	109,4	2,189
" " " 60%	116,3	1,936
" " " 63%	114,3	1,812
Cloreto de sódio	153,8	2,899
Dolomita	0,8	0,042
fosfato de amônia	26,9	2,442
Monofosfato de amônia	34,2	2,453
Monofosfato de cálcio	15,4	0,274
Nitrato amoniacal	61,1	2,982
Nitrato de amônia	104,7	2,990
Nitrato de potássio	73,6	5,336
Nitrato de cálcio	52,5	4,409
Nitrato de sódio	100,0	6,060
Solução nitrogenada 37%	77,8	2,104
" " " 40%	70,4	1,724
Sulfato de amônia	69,0	3,253
" de cálcio	8,1	0,247
" de potássio	46,1	0,853
Superfosfato 16%	7,8	0,487
" 20%	7,8	0,390
" 45%	10,1	0,224
" 48%	10,1	0,210
Uréia	75,4	1,618

Fonte: Rader (1943)



QUADRO 3A Níveis deficientes, adequados e tóxicos de nutrientes encontrados em tecido foliar de feijoeiro.

Elemento	deficiente	adequado	tóxico
		%	
N	< 2,5	2,3 - 6,0	-
P	< 0,2	0,25 - 0,5	-
K	< 1,5	1,8 - 2,5	-
Ca	< 0,5	0,8 - 3,0	-
Mg	< 0,2	0,25 - 0,7	-
		ppm	
Fe	< 50	100 - 450	> 500
Zn	< 15	20 - 100	> 200
Mn	< 20	30 - 300	> 500
B	< 20	30 - 60	> 200
Cu	< 5	10 - 20	> 30

QUADRO 4A Interpretação dos resultados da análise do solo

Elementos	unidade	níveis				
		baixo	médio	bom	ótimo	
P	ppm	0 - 3	3 - 7	7 - 10	> 10	
K	ppm	0 - 20	20 - 40	40 - 60	> 60	
Ca+Mg	e.mg/100cm <sup>3</sup> solo	0 - 2,0	2,1-5,0	5,1- 8,0	> 8,0	
Acidez		muito alta	alta	média	baixa	m.baixa
pH		> 4,2	4,2-4,7	4,8-5,1	5,2-5,5	>5,5
Al	e.mg/100cm <sup>3</sup> solo	> 1	1,0	0,4-1,0	0,0-0,3	-
		baixa	média	boa	alta	
T		0 - 5,0	5,1 - 1,0	-	> 10	
S		0 - 2,5	2,6 - 5,5	-	> 5,5	
V		0 - 40	41 - 60	61 - 80	> 80	
M		0 - 15	16 - 35	36 - 50	> 50	

T = Capacidade de troca

S = Soma de base

V = Índice de saturação de bases

M = Saturação de alumínio

**QUADRO 5A** Dados de temperatura observados durante a condução do experimento.

DATA	TEMPERATURA (°C)		DATA	TEMPERATURA (°C)	
	9 h	15 h		9 h	15 h
17/05	16	26	01/07	22	28
18/05	18	28	02/07	21	
19/05	20	24	03/07	22	
20/05	18	26	04/07	23	
21/05	20	24	05/07	18	22
22/05	24	26	06/07	17	27
23/05	22	28	07/07	15	30
24/05	20	30	08/07	25	28
25/05	18	32	09/07	24	30
26/05	22	32	10/07	20	
27/05	22	32	11/07	18	25
28/05	21	24	12/07	20	24
29/05	21	24	13/07	18	27
30/05	28	24	14/07	20	27
31/05	27		15/07	17	27
01/06	26		16/07	20	
02/06	30		17/07	22	
03/06	18	28	18/07	20	30
04/06	22		19/07	20	30
05/06	28		20/07	21	30
06/06	28		21/07	20	29
07/06	28		22/07	23	30
08/06	30		23/07	23	
09/06	28		24/07	23	
10/06	27		25/07	17	29
11/06	28		26/07	19	30
12/06	26		27/07	22	30
13/06	28		28/07	23	31
14/06	25		29/07	22	32
15/06	28		30/07	24	32
16/06	29		31/07	22	30
17/06	30		01/08	23	32
18/06	24		02/08	16	29
19/06	26		03/08	18	30
20/06	30		04/08	22	30
21/06	32		05/08	14	25
22/06	20		06/08	22	
23/06	20	26	07/08	20	
24/06	16	24	08/08	16	28
25/06	21		09/08	22	25
26/06	18		10/08	22	31
27/06	08	24	11/08	24	31
28/06	18	24	12/08	22	30
29/06	21	24	13/08	20	28
30/06	18	27	14/08	22	

**QUADRO 6A** Dados de T.C.R. acumulado do feijoeiro irrigado com solução de NaCl

DIAS	Tratamento				
	0.0	0.7	1.4	2.1	2.8
7	0,172	0,198	0,239	0,198	0,256
10	0,377	0,314	0,329	0,198	0,322
12	0,507	0,395	0,436	0,260	0,425
14	0,584	0,506	0,555	0,374	0,525
16	0,666	0,660	0,612	0,446	0,525
18	0,666	0,660	0,612	0,446	0,555
20	0,750	0,716	0,626	0,460	0,582
22	0,821	0,729	0,651	0,473	0,634
24	0,843	0,741	0,699	0,510	0,669
28	0,853	0,759	0,716	0,521	0,686
30	0,883	0,771	0,757	0,543	0,696
32	0,883	0,771	0,766	0,575	0,726
34	0,911	0,804	0,776	0,595	0,736
36	0,911	0,814	0,776	0,595	0,736
38	0,971	0,943	0,803	0,642	0,773
40	0,979	0,943	0,812	0,659	0,791
42	1,032	0,974	0,846	0,724	0,824
44	1,032	0,974	0,854	0,739	0,855
46	1,046	0,974	0,854	0,753	0,859
48	1,066	0,981	0,878	0,761	0,885
50	1,105	0,989	0,893	0,781	0,939
52	1,123	1,010	0,929	0,807	0,976
54	1,146	1,017	0,936	0,814	0,976
56	1,146	1,038	0,956	0,826	0,976

QUADRO 7A Dados da T.C.R. acumulado do feijoeiro irrigado com solução de  $\text{CaCl}_2$

dias	tratamento				
	0	0,7	1,4	2,1	2,8
7	0,172	0,256	0,256	0,239	0,239
10	0,386	0,345	0,291	0,345	0,330
12	0,482	0,424	0,402	0,419	0,417
14	0,571	0,522	0,510	0,501	0,524
16	0,662	0,529	0,571	0,548	0,571
18	0,662	0,529	0,571	0,548	0,599
20	0,706	0,611	0,612	0,548	0,627
22	0,746	0,647	0,668	0,619	0,665
24	0,783	0,681	0,674	0,657	0,676
28	0,806	0,702	0,685	0,663	0,705
30	0,827	0,740	0,728	0,686	0,725
32	0,857	0,749	0,748	0,719	0,755
34	0,867	0,749	0,776	0,730	0,774
36	0,895	0,749	0,776	0,740	0,783
38	0,947	0,801	0,803	0,788	0,818
40	0,979	0,817	0,837	0,816	0,843
42	1,008	0,840	0,845	0,833	0,851
44	1,015	0,863	0,861	0,873	0,874
46	1,023	0,870	0,869	0,873	0,882
48	1,043	0,884	0,920	0,881	0,897
50	1,101	0,924	0,934	0,918	0,938
52	1,101	0,973	0,985	0,946	0,983
54	1,113	0,973	0,997	0,979	1,012
56	1,119	0,978	1,009	0,991	1,012

**QUADRO 8A** Análise de variância para altura de planta do feijoeiro irrigado com soluções salinas.Lavras-MG, 1994.

Fontes Variação	G.L	S.Q	Q.M	F	P>F
Tratamento	8	68,2963	8,5370	0,3029	0,955
SAL	1	24,0000	24,0000	1,1141	0,307
CE	3	14,3333	4,7777	0,2218	0,880
SAL X CE	3	21,0000	7,0000	0,3250	0,807
Test X Fatorial	1	5,6712	5,6712	0,2012	0,659
Residuo	18	507,3333	28,1851		

Média geral 27,70 cm  
CV 55,38%

**QUADRO 9A** Análise de variância para condutividade elétrica do extrato saturado do solo irrigado com soluções salinas.Lavras-MG, 1994.

Fontes Variação	G.L	S.Q	Q.M	F	P>F
Tratamento	8	292 1745	36,5218	14,2674	0,000
SAL	1	5,2543	5,2543	1,8395	0,195
CE	3	200,6847	66,8949	23,2915	0,000
SAL X CE	3	1,2676	0,4225	0,1471	0,930
Test X Fatorial	1	41,5203	41,5203	16,2201	0,001
Residuo	18	46,0766	2,5598		

Média geral 7,29 dS/m  
CV 21,00%

Comparação do modelo

Média da fatorial 7,9269 a  
Média do testemunha 2,2822 b

**QUADRO 10A** Análise de variância para produção do feijoeiro irrigado com soluções salinas.Lavras-MG, 1994.

Fontes Variação	G.L	S.Q	Q.M	F	P>F
Tratamento	8	45,9387	5,7423	1,4337	0,245
SAL	1	3,1901	3,1901	1,1344	0,303
CE	3	27,9286	9,3095	3,3105	0,047
SAL X CE	3	7,3643	2,4547	0,8729	0,476
Test X Fatorial	1	3,3550	3,3550	0,8377	0,372
Residuo	18	72,0944	4,0052		

Média geral 3,61 g/vaso  
CV 55,38%

Comparação do modelo  
Média da testemunha 5,10 a  
Média do fatorial 3,42 b

**QUADRO 11A** Análise de variância para número de grãos do feijoeiro irrigado com soluções salinas.Lavras-MG, 1994. (1)

Fontes Variação	G.L	S.Q	Q.M	F	P>F
Tratamento	8	8,4076	1,0509	0,7332	0,662
SAL	1	0,0663	0,0663	0,0507	0,825
CE	3	4,2112	1,4037	1,0723	0,389
SAL X CE	3	3,3195	1,1065	0,8452	0,489
Test X Fatorial	1	0,5898	0,5898	0,4115	0,529
Residuo	18	25,8010	1,4333		

Média geral (2) 3,85  
CV 31,05%

(1) Dados transformados em  $\sqrt{x+0,5}$

(2) Dados não transformado

**QUADRO 12A** Análise de variância para número de vagens feijoeiro irrigado com soluções salinas. Lavras-MG, 1994. (1)

Fontes Variação	G.L	S.Q	Q.M	F	P>F
Tratamento	8	4,9998	0,6249	1,0088	0,463
SAL	1	0,0509	0,0509	0,0891	0,769
CE	3	2,8357	0,9452	1,6518	0,217
SAL X CE	3	1,4470	0,4823	0,8429	0,490
Test X Fatorial	1	0,5094	0,5094	0,8222	0,377
Residuo	18	11,1514	0,6495		

Média geral (2) 9,07  
CV 26,27%

Comparação do modelo  
Média da testemunha 12,00 a  
Média do fatorial 2,94 b

(1) Dados transformados em  $\sqrt{x+0,5}$

(2) Dados não transformados

**QUADRO 13A** Análise de variância para peso da matéria seca da parte aérea do feijoeiro irrigado com soluções salinas. Lavras-MG, 1994.

Fontes Variação	G.L	S.Q	Q.M	F	P>F
Tratamento	8	141,8837	17,7354	0,4926	0,846
SAL	1	16,1540	16,1540	0,4677	0,504
CE	3	78,6578	26,2190	0,7590	0,533
SAL X CE	3	46,7278	15,5759	0,4509	0,720
Test X Fatorial	1	7,9657	7,9659	0,2213	0,644
Residuo	18	648,0513	36,0028		

Média geral 11,13 g/vaso  
CV 53,00%

QUADRO 14A Análise de variância para peso da matéria seca das raízes do feijoeiro irrigado com soluções salinas. Lavras-MG, 1994.

Fontes Variação	G.L	S.Q	Q.M	F	P>F
Tratamento	8	32,4892	4,0611	0,6165	0,753
SAL	1	0,1457	0,1457	0,0244	0,878
CE	3	11,5684	3,8561	0,6451	0,597
SAL X CE	3	20,7648	6,9216	1,1579	0,356
Test X Fatorial	1	0,4826	0,4826	0,0733	0,790
Residuo	18	118,5670	6,5870		
Média geral	4,31 g				
CV	59,00%				

QUADRO 15A Análise de variância para número de folhas do feijoeiro irrigado com soluções salinas. Lavras-MG, 1994. (1)

Fontes Variação	G.L	S.Q	Q.M	F	P>F
Tratamento	8	0,4319	0,5399	0,3175	0,949
SAL	1	0,1087	0,1087	0,7118	0,411
CE	3	0,1774	0,0591	0,3873	0,764
SAL X SAL	3	0,1282	0,0427	0,2799	0,839
Test X Fatorial	1	0,0000	0,0000	0,0000	0,998
Residuo	18	3,0613	0,1700		
Média geral (2)	10,44				
CV	12,00%				

(1) Dados transformados em  $\sqrt{x+0,5}$

(2) Dados não transformados



QUADRO 16A Análise de variância para area foliar do feijoeiro irrigado com soluções salinas.Lavras-MG, 1994.

Fontes Variação	G.L	S.Q	Q.M	F	P>F
Tratamento	8	1511223,65	188902,95	0,3928	0,910
SAL	1	131684,60	131684,60	0,2630	0,615
CE	3	814099,36	271366,45	0,5420	0,660
SAL X CE	3	519470,67	173156,89	0,3458	0,793
Test X Fatorial	1	425677,90	425677,90	0,8850	0,359
Residuo	18	8657373,04	480965,16		

Média geral 1308,56 cm<sup>2</sup>  
CV 52,99%

Comparação do modelo  
Média do fatorial 1323,14 a  
Média da testemunha 1191,85 b