

VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA

**EFEITOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E DA FRAÇÃO
DE LIXIVIAÇÃO SOBRE A CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus
vulgaris* L.) EM CONDIÇÕES DE LISÍMETRO DE DRENAGEM**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Curso de Engenharia
Agrícola, para obtenção do título de
Doctor Scientiae

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
NOVEMBRO – 1998

Para Abdon, Naiara, Ian e Marcela,
fonte de inspiração.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal da Paraíba, especialmente o Departamento de Engenharia Agrícola, pelo apoio para realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro, que tornou possível a realização deste curso.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente aos Departamentos de Engenharia Agrícola e de Solos, pela oportunidade em realizar este curso.

Ao professor Paulo Afonso Ferreira, pela orientação e confiança durante o curso.

Aos professores Antonio Carlos Ribeiro e Paulo Roberto Cecon, pelas contribuições e pelos conselhos.

À Márcia, pelo afeto.

Aos meus amigos Marcelo e Marcus Metri, Víctor Oliveira, Jadir, Fred, Silvana, José Geraldo, Edvaldo, Natércia, Claudinha, Anderson, Daniel Mill, Ronaldo, Sílvio e Nori, pela agradável convivência.

Aos professores José Eustáquio, Gil Luna, Ilda Tinoco, Marco Oliva, Carlos Scheffer, Sediayama e Paulo Emílio, pelas sugestões, pelo apoio e pela amizade.

Aos demais professores do Departamento de Engenharia Agrícola, especialmente Everardo, Martinez, Matos, Pruski, Márcio, Denículi e Helvécio.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, em especial, Dona Zuza, Edna, Marcos, Zé Mauro, Lucimar, Seu Francisco, Seu Altair, Galinari, Chiquinho e demais pessoas, pela atenção e amizade.

Aos meus pais Seu Severino e Dona Margarida, e aos meus irmãos Antonio, Manuel, Daniel e Carlos, pelo incentivo e carinho e a Geyza (in memoriam).

A Tio Man, Anginha, Dela-Bianca e Alusca, pela amizade e confiança.

Aos meus queridos Abdon, Naiara, Ian e Marcela, pelo apoio, carinho e incentivo em todos os momentos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA, filha de Severino Antunes de Lima e Margarida de Melo Lima, nasceu na Fazenda Baixa Verde, Pedra Lavrada, PB.

Em 1984, graduou-se em Engenharia Agrícola, pela Universidade Federal da Paraíba.

Foi Escrevente Ad-hoc do Cartório do Registro Civil de Sossego, PB, no período de 1979 a 1982.

De 1979 a 1983, ministrou aulas de matemática para o primeiro e segundo graus na Escola Estadual de Sossego, PB.

No período de 1984 a 1987, atuou como engenheira na Empresa Tecnosan Engenharia S/A, em João Pessoa, PB.

Em 1991, concluiu mestrado em Engenharia Civil com concentração em Recursos Hídricos, pela Universidade Federal da Paraíba.

Em 1994, ingressou no curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em nível de Doutorado, defendendo tese em 28 de setembro de 1998.

Desde 1991, exerce atividade docente no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba.

CONTEÚDO

EXTRATO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Considerações gerais	4
2.2. Qualidade da água de irrigação	9
2.3. Fração de lixiviação	16
2.4. Monitoramento dos efeitos da água de irrigação no solo	18
2.5. Efeitos dos sais sobre as culturas.....	20
2.6. Algumas pesquisas desenvolvidas com feijão	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Localização	27
3.2. Clima.....	27
3.3. Construção e preparo dos lisímetros.....	28
3.3.1. Preenchimento dos lisímetros.....	29
3.4. Material de solo	32
3.4.1. Curva de Retenção de umidade	34
3.5. Água de Irrigação.....	34
3.6. Tratamentos	35

3.7. Condução do primeiro ensaio	36
3.8. Segundo ensaio	36
3.8.1. Irrigação	37
3.9. Cultura	37
3.10. Características avaliadas	38
3.10.1. Duração dos estádios fenológicos	38
3.10.2. Altura do dossel vegetativo	38
3.10.3. Área foliar	39
3.10.4. Estande final de plantas	39
3.10.5. Produção de matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas	39
3.10.6. Componentes da produção	39
3.11. Salinidade do solo	40
3.11.1. Extrato de saturação do solo	40
3.12. Análises estatísticas	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1. Fenologia da cultura.....	44
4.2. Altura da planta e área foliar	48
4.3. Estande final de plantas	55
4.4. Produção de matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas	59
4.5. Componentes da produção	65
4.6. Salinidade do solo	77
5. RESUMO E CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

EXTRATO

LIMA, Vera Lucia Antunes de, Universidade Federal de Viçosa, novembro de 1998. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem.** Orientador: Paulo Afonso Ferreira. Conselheiros: Antonio Carlos Ribeiro e Paulo Roberto Cecon.

Neste trabalho objetivou-se avaliar os efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a produção do feijoeiro e a salinidade do solo. O experimento foi conduzido em 16 lisímetros de drenagem, instalados na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial de quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação ($C = 0,8; 1,4; 2,0$ e $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ à temperatura de 25°C), obtidos pela adição de cloreto de sódio e cloreto de cálcio di-hidratado à água natural de condutividade elétrica $0,05 \text{ dS m}^{-1}$ a 25°C , e quatro frações de lixiviação ($F = 0,10; 0,15; 0,20$ e $0,25\%$ da lâmina de irrigação). Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Avaliaram-se a duração dos estádios fenológicos, estande final, altura de planta, área foliar, matéria seca da parte aérea e das raízes da planta, produção de grãos e evolução da salinidade do solo.

A altura e a área foliar máximas estimadas foram 39,75 cm e 1033,80 cm², respectivamente, obtidas para F igual a 0,25 da lâmina de irrigação, e C igual a 0,8 dS m⁻¹. A salinidade da água de irrigação retardou os estádios de desenvolvimento iniciais da planta e antecipou os estádios finais. O estande final de plantas foi drasticamente reduzido com o aumento da salinidade. A matéria seca da parte aérea e das raízes sofreram influência negativa da salinidade, com os efeitos minimizados pela influência da fração de lixiviação. A máxima produtividade estimada foi 3.132,06 kg grãos ha⁻¹, correspondendo a C igual a 0,8 dS m⁻¹, e F igual a 0,25 da lâmina de irrigação requerida. Esta produção está acima da média nacional, obtida para a cultura irrigada. A salinidade do solo evoluiu na ordem de 1,53 vezes acima da salinidade inicial, para C igual a 2,6 dS m⁻¹, em todos os níveis de fração de lixiviação aplicados.

ABSTRACT

LIMA, Vera Lúcia Antunes da, Universidade Federal de Viçosa, November 1998. **Effects from irrigation water quality and leaching fraction on the bean cropping (*Phaseolus vulgaris* L.) under drainage lysimeter conditions.** Adviser: Paulo Afonso Ferreira. Committee members: Antonio Carlos Ribeiro and Paulo Roberto Cecon.

The objective of this study was to evaluate the effects from irrigation water quality and the leaching fraction on green bean yield and soil salinity. The experiment was carried out in 16 drainage lysimeters installed on the experimental area of the Departamento de Engenharia Agrícola, at the Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. The treatments were arranged on a factorial scheme with four electric conductivity levels of irrigation water ($C = 0.8; 1.4; 2.0$ and 2.5 dS/m at 25° C temperature), obtained by addition of sodium chloride and dihydrated calcium chloride to the natural water with an electric conductivity of 0.05 dS/m at 25° C, and four leaching fractions ($F = 0.10; 0.15; 0.20$ and 0.25% of the irrigation water depth). The randomized experimental block design was used with four replicates. Evaluation was made for phenological stage duration, final stand, plant height, leaf area, aerial part dry matter and the root dry matter, grain yield and the evolution of soil salinity. The maximum estimated plant height and leaf area were 39.75 cm and 1033.80 cm²

respectively, which were obtained for F equal to 0.25 irrigation water depth and C equal to 0.8 dS/m. The irrigation water salinity retarded the plant initial development stages and also anticipated the final stages. The plant final stand was drastically reduced with salinity increase. The root and aerial part dry matter were negatively influenced by salinity with the effects minimized by influence of the leaching fraction. The maximum estimated productivity was 3.132.06 kg ha⁻¹, which corresponds to C equalizing 0.8 dS/m and F equalizing 0.25 from the irrigation water depth required. This productivity is above the irrigated crop national average. The soil salinity evolved on the order of 1.53 times above the initial salinity for C equal to 2.6 dS/m in all applied levels of the leaching fraction.

1. INTRODUÇÃO

A acumulação de sais na superfície e no perfil do solo, em áreas irrigadas, é um fenômeno influenciado por vários fatores e condições. Como resultado da evapotranspiração, os sais dissolvidos na água de irrigação concentram-se na solução do solo.

A acumulação de sais na rizosfera e a conseqüente redução do potencial osmótica impõem um estresse hídrico à cultura, podendo conduzir a um decréscimo de produtividade e, em casos severos, a um colapso na produção agrícola.

Diversos pesquisadores afirmam que um dos meios mais efetivos, para controlar o problema da salinidade, consiste na lixiviação dos sais pela aplicação de uma lâmina extra de irrigação, e no rebaixamento do lençol freático, construindo-se sistemas de drenagem subterrânea que possibilitem coletar e conduzir a água salina de drenagem para fora do perímetro irrigado.

As águas de percolação da irrigação normalmente contêm, além de sais de Na, Ca e Mg, nutrientes e outros produtos químicos, de modo que o efluente da zona radicular constitui uma das principais fontes poluidoras das águas superficiais e subterrâneas.

Por outro lado, a demanda crescente por recursos hídricos para atender ao consumo humano, à indústria e à agricultura irrigada tem motivado no sentido de

otimização na utilização desses efluentes, juntamente com a água de irrigação, principalmente em regiões de climas árido e semi-árido, nas quais a disponibilidade limitada de água constitui obstáculo importante ao seu desenvolvimento.

O uso da água de drenagem requer práticas de manejo apropriadas, bem como o entendimento sobre os efeitos desta água no solo e nas plantas.

Algumas tecnologias vêm sendo propostas para a recuperação e reuso da água de drenagem na agricultura. Dentre elas, as mais promissoras são o desenvolvimento de um plano de irrigação de culturas tolerantes à salinidade e, ou, o uso de duas fontes de água, sendo uma de alta qualidade e outra de baixa qualidade, de modo que da mistura dessas águas resulte uma água adequada ao uso agrícola.

As águas de irrigação, utilizadas neste trabalho, foram preparadas usando-se os sais cloreto de sódio e cloreto de cálcio di-hidratado na proporção 2:1. Tanto os sais utilizados, quanto as proporções e amplitude de concentração salina das águas de irrigação, são similares àqueles encontrados nas águas de drenagem dos perímetros irrigados do Nordeste brasileiro.

Vale destacar que a utilização das águas de drenagem, na região, constitui uma possibilidade de expansão das áreas irrigadas, e redução nos custos de produção, uma vez que os dispêndios com a captação e adução da água de drenagem são insignificantes. Mas, para tanto, é necessário determinar as proporções da mistura com água de boa qualidade e a fração de lixiviação adequada a cada tipo de solo e cultura, conforme a sensibilidade aos íons específicos e à adaptação osmótica.

No polo agroindustrial de Petrolina-Juazeiro, a exemplo de outros perímetros irrigados do Nordeste, entre as culturas exploradas, o feijão *phaseolus*, feijão *vigna*, melancia, milho, melão, pimentão, tomate industrial, cebola, uva e banana têm sido as mais promissoras. O feijão foi escolhido como planta-teste, neste trabalho, por ser um produto básico na alimentação do brasileiro, em geral, além de ser uma cultura sensível à salinidade.

Neste trabalho, objetivaram-se :

- Acompanhar os estádios fenológicos do feijão, avaliar a área foliar, a altura e o estande final de planta;
- Determinar os efeitos de quatro concentrações salinas da água de irrigação e de quatro frações de lixiviação sobre o crescimento e produção do feijão, em condições de lisímetros de drenagem; e
- Acompanhar a salinidade do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização

O trabalho foi conduzido em lisímetros de drenagem, construídos na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola, localizada no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – MG, cujas coordenadas geográficas são: 20°45' de latitude sul, 42° 45' de longitude oeste e altitude de 651 m. Compreenderam duas etapas, denominadas primeiro e segundo ensaios. A primeira etapa abrangeu o período entre 20 de março e 06 de junho, objetivando ao ajuste dos tratamentos, e a segunda entre 24 de setembro e 27 de novembro de 1997.

3.2. Clima

O tipo climático local é Cwa, conforme os critérios propostos por W Köppen, isto é, caracterizado como temperado quente com inverno seco e verão chuvoso.

As médias anuais de umidade relativa do ar, de precipitação pluvial e temperatura são 81 %, 1.221,4 mm e 19,4°C, respectivamente, sendo julho o mês mais frio e fevereiro o mais quente, com médias de 15,4°C e 22,3°C (BRASIL, 1992).

3.3. Construção e preparo dos lisímetros

Na área experimental, foram construídos 16 lisímetros de drenagem constituídos de caixas de cimento amianto com capacidade de $1,23 \text{ m}^3$, medindo 1,10 m de largura, 1,60 m de comprimento e 0,70 m de profundidade, e área de exposição de $1,76 \text{ m}^2$.

Para cada lisímetro, foi construída uma cobertura removível, a fim de proteger o experimento da interferência de chuvas e de irrigações da bordadura no controle da salinidade do solo. As 16 coberturas removíveis, construídas de vergalhão com diâmetro de 10 mm e medindo 2,00 m de comprimento, 1,50 m de largura e 1,00 m de altura, foram cobertas com filme plástico transparente, recortado nas laterais em forma de persianas, visando promover ventilação em seu interior. As coberturas eram utilizadas somente à noite e eventualmente durante o dia, em caso de ocorrência de chuva ou durante as irrigações da área da bordadura. A Figura 1 ilustra esta situação e apresenta uma visão geral do experimento.



Figura 1 – Visão geral do experimento.

Os lisímetros foram posicionados à equidistância de 1,00 m nas duas direções, e as caixas assentadas a 0,60 m de profundidade, ficando uma borda de 0,10 m acima da superfície do solo para evitar a entrada de água de chuva ou de irrigação proveniente do escoamento superficial.

O sistema de drenagem de cada lisímetro foi constituído de: a) três tubos de PVC de 20 mm de diâmetro, paralelos, colocados no fundo da caixa. Estes tubos tinham perfurações de 5 mm de diâmetro (Figura 2); b) uma camada de brita zero de, aproximadamente, 10 cm de espessura; c) uma camada de areia lavada de igual espessura; e d) uma tubulação interligando o sistema de drenagem à plataforma de coleta e medição do efluente (Figura 3).

3.3.1. Preenchimento dos lisímetros

Em cada lisímetro foram colocados 800,00 kg de solo passados na peneira de 4,00 mm. Para garantir perfeita uniformidade do perfil, quanto as propriedades físicas e químicas, era feita a adubação de 20 em 20 kg de solo, e quando completava-se 100 kg de solo adubado, este era transportado para um lisímetro. Em seguida, preparava-se mais 100 kg e transportava-se para um outro lisímetro e assim por diante até completar 800 kg em cada um. A adubação foi feita de acordo com a recomendação da Comissão de Fertilizante do Solo de Minas Gerais.

A acomodação do solo nas caixas dos lisímetros foi obtida através de saturação realizada de baixo para cima do lisímetro.

A Figura 4 mostra a distribuição dos lisímetros na área experimental com seus principais elementos e dimensões básicas.



Figura 2 – Lisímetro equipado com tubos perfurados.



Figura 3 – Plataforma de coleta do efluente.

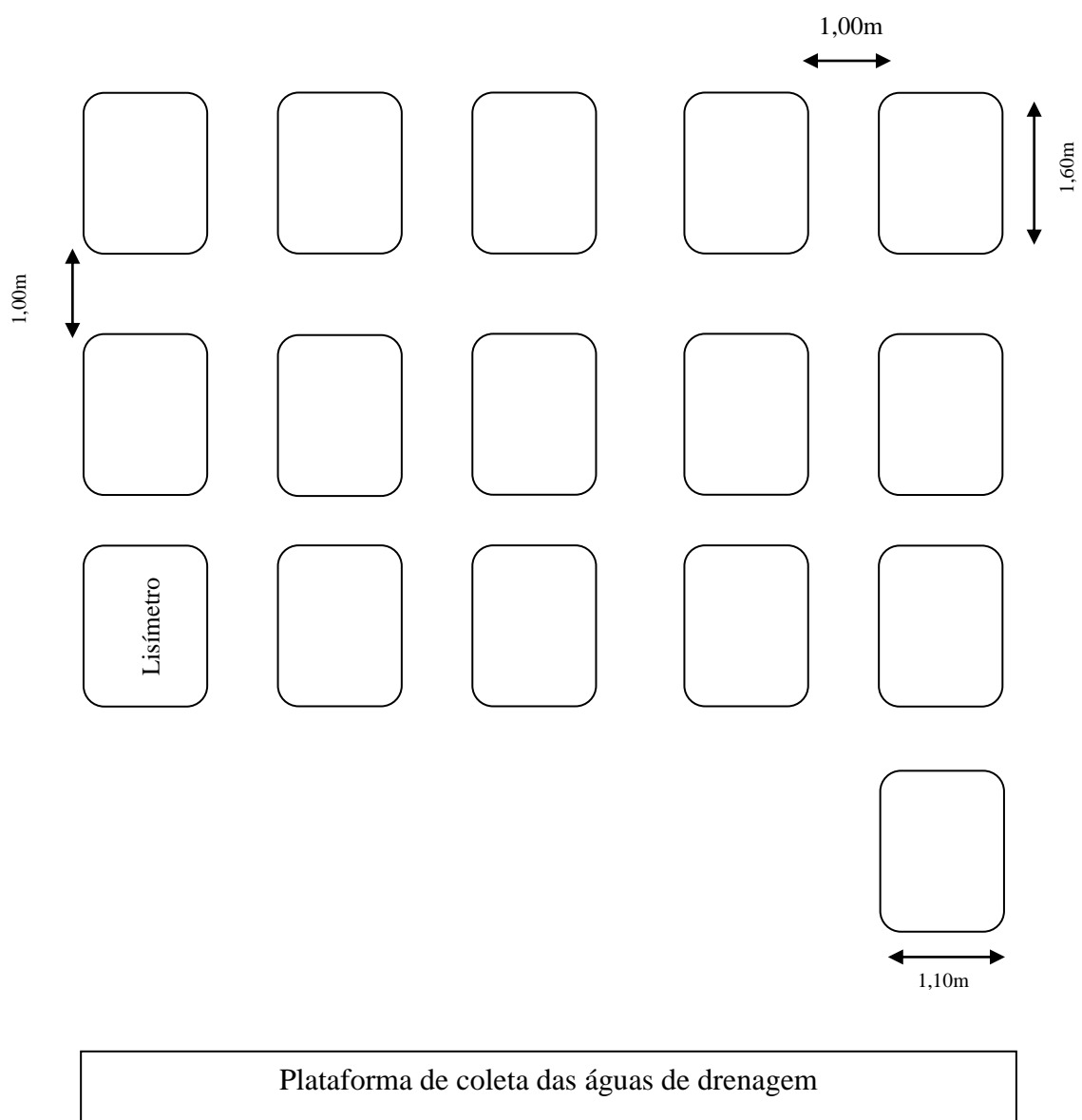


Figura 4 – Distribuição dos lisímetros na área experimental.

3.4. Material de solo

O material de solo utilizado no presente trabalho, que daqui por diante será denominado de solo, foi coletado em 30 de janeiro de 1997, do perfil natural de um Podzólico Vermelho escuro Eutrófico Tb localizado na base da serra de São Geraldo no Município de São Geraldo, MG. O material coletado foi seco ao ar, destorroado e passado na peneira de 4,0 mm.

Foram retiradas amostras para análises físicas e químicas e para avaliação da fertilidade e salinidade inicial do solo. A salinidade foi expressa pela condutividade elétrica do extrato de saturação, CEes, a 25 °C. Os resultados encontram-se nos Quadros 2, 3 e 4.

Quadro 2 – Características físicas do solo

Areia			Silte	Argila	Densidade Partículas	Classificação Textural
(%)					g/cm ³	
Grossa	Fina	Total				
13	12	25	8	67	2,73	Muito Argilosa

Análises realizadas em Laboratório do Departamento de Solos da UFV.

Quadro 3 – Características químicas do solo (primeiro ensaio)

Amostra	PH H ₂ O	P	K	H+Al	Ca	Mg	SB	CTC	V (%)	CEes DS m ⁻¹
		mg/dm ³								
1	6,0	3,1	7	2,4	5,5	2,0	7,48	9,88	86,6	0,96
2	6,0	3,0	8	2,4	4,7	2,0	6,72	8,38	9,12	0,96

Análises realizadas em Laboratório do Departamento de Solos da UFV. Os símbolos significam:

PH em água, relação 1:2,5;

P e K – extrator de Mehlich;

H +Al – extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0;

Ca, Mg e Al – extrator KCl – 1 mol/L

SB – soma de bases;

CTC – capacidade de troca catiônica;

V – saturação de bases; e

CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação.

Quadro 4 – Características químicas do solo usado no segundo ensaio, por tratamento

Trata- mento	PH H ₂ O	P mg/dm ³	K	H+AL	Ca	Mg Cmolc/dm ³	SB	CTC	V (%)	CEes dS m ⁻¹
1	5,9	31,5	65	1,2	6,8	0,8	7,77	8,97	86,6	1,91
2	6,2	38,8	67	1,5	5,8	0,9	6,88	8,38	82,1	1,89
3	6,2	45,3	56	3,0	5,9	1,0	6,98	9,98	69,9	1,86
4	6,0	31,5	70	1,8	5,7	0,9	6,78	8,58	79,0	1,76
5	6,0	42,8	64	1,8	5,8	0,9	6,88	8,68	79,3	2,54
6	6,0	32,7	72	3,3	6,8	0,8	7,74	11,04	70,1	2,50
7	6,0	38,8	57	1,8	6,0	0,9	7,05	8,85	79,7	2,28
8	6,0	35,0	51	1,8	5,5	0,7	6,30	8,10	77,8	2,21
9	5,9	36,3	59	2,4	6,0	0,9	7,07	9,47	74,7	3,58
10	6,1	38,8	70	3,9	6,8	0,8	7,71	11,61	66,4	3,54
11	6,1	37,6	58	1,5	5,9	0,9	7,00	8,50	82,4	3,32
12	6,1	31,5	50	1,8	5,4	0,9	6,41	8,21	78,1	2,93
13	6,2	30,4	54	1,5	6,1	0,8	7,05	8,55	82,4	4,10
14	6,0	36,3	57	0,3	6,9	0,8	7,82	8,12	96,3	3,84
15	5,9	37,6	75	1,5	5,7	0,9	6,85	8,35	82,0	3,33
16	6,0	45,5	60	1,8	5,4	0,9	6,44	8,24	78,2	3,26

Análises realizadas no Laboratório do Departamento de Solos da UFV, sob condições idênticas àquelas verificadas para o Quadro 3.

3.4.1. Curva de retenção de umidade

A determinação da curva de retenção de umidade do solo foi feita com três repetições, adotando-se o método apresentado por Richards, 1961, citado por SOUZA (1995). A Figura 5 apresenta a curva característica do solo e os teores de umidade em equilíbrio com as seguintes pressões: 33,43; 101,3; 303,9; e 1519,5 kPa.

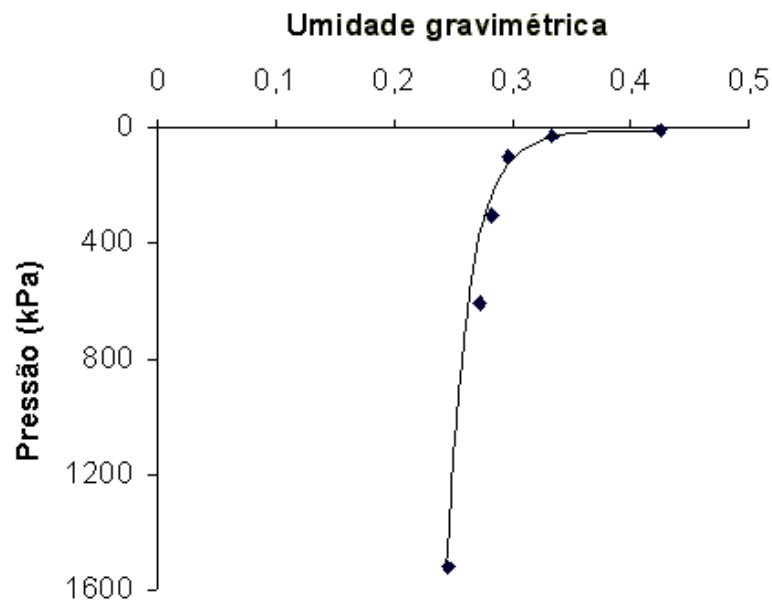


Figura 5 – Curva característica de umidade do solo obtida antes do preenchimento dos lisímetros.

3.5. Água de irrigação

Utilizou-se água natural proveniente de mina perene, com condutividade elétrica de $0,05 \text{ dS m}^{-1}$ a 25°C , a qual foi misturada a uma solução-estoque, preparada com água de drenagem e uma solução salina. A mistura era realizada de modo a obter águas com quatro níveis de concentração, isto é, C_1 , C_2 , C_3 e C_4 , correspondentes as condutividades elétricas de 0,8; 1,4; 2,1; e $2,8 \text{ dS m}^{-1}$ a 25°C .

A condutividade elétrica era estimada empregando-se a equação de AYERS et al. (1991)

$$C_{nf} = (C_{na} \cdot Q_a / Q_t) + (C_{nb} \cdot Q_b / Q_t) \quad (6)$$

em que

C_{nf} – condutividade elétrica da mistura, $dS\ m^{-1}$;

C_{na} – condutividade elétrica da solução estoque, $dS\ m^{-1}$;

C_{nb} – condutividade elétrica da água de mina, $dS\ m^{-1}$;

Q_a – volume da solução estoque, L^3 ;

Q_b – volume da água de mina, L^3 ; e

Q_t – volume total de água ($Q_a + Q_b$).

Os sais utilizados, quimicamente puros e solúveis em água, foram o cloreto de sódio (NaCl) e o cloreto de cálcio diidratado ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$), na proporção três para dois (3:2). A escolha destes sais e as proporções usadas de 60% de NaCl e 40% de $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ basearam-se em resultados obtidos de estudos realizados em fontes de água, localizadas nos Estados da Paraíba, Ceará e Rio grande do Norte, por MEDEIROS (1992).

3.6. Tratamentos

Os tratamentos foram dispostos num arranjo fatorial com quatro níveis de qualidade de água de irrigação, C, denominadas C_1 , C_2 , C_3 e C_4 , correspondendo às condutividades elétricas de 0,8; 1,4; 2,1; e 2,8 $dS\ m^{-1}$ a $25^\circ C$, obtidas pela adição de cloreto de sódio e cloreto de cálcio diidratado à água natural com condutividade elétrica de 0,05 $dS\ m^{-1}$ a $25^\circ C$ e quatro lâminas de lixiviação, F, denominadas F_1 , F_2 , F_3 e F_4 , correspondentes a 10, 15, 20 e 25% da lâmina de irrigação. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os 16 tratamentos são:

C ₁ F ₁	C ₂ F ₁	C ₃ F ₁	C ₄ F ₁
C ₁ F ₂	C ₂ F ₂	C ₃ F ₂	C ₄ F ₂
C ₁ F ₃	C ₂ F ₃	C ₃ F ₃	C ₄ F ₃
C ₁ F ₄	C ₂ F ₄	C ₃ F ₄	C ₄ F ₄

3.7. Condução do primeiro ensaio

A semeadura do feijão foi realizada em 20 de março de 1997, em sulcos espaçados de 0,40 cm, utilizando-se 25 sementes por metro linear. A emergência ocorreu cinco dias após o plantio. O desbaste foi realizado dez dias após a emergência, de forma a obter uma população final de 300.000 plantas.ha⁻¹, correspondendo a 52 plantas por lisímetro de estande final.

Do plantio ao desbaste, os lisímetros foram irrigados com mesma quantidade de água. Após estabelecimento do estande iniciaram-se os tratamentos, ou seja, a irrigação com águas salinas.

O estado fitossanitário da cultura foi bom, durante todo o ciclo, não tendo incidência de pragas ou doenças. Uma capina manual foi realizada aos 22 dias após a emergência, para controle de ervas daninhas.

A colheita foi realizada, manualmente, em 06 de junho de 1997, aos 78 dias após a semeadura e uma semana e meia após a suspensão das irrigações. Os resultados obtidos não foram analisados, uma vez que este ensaio serviu apenas para prover uma condição de solo melhor acomodado, nos lisímetros; elevar o teor salino, pois em seu estado natural o solo apresentou uma condutividade elétrica do extrato de saturação muito baixa (Quadro 4); assim como estabelecer a amplitude dos tratamentos usados no segundo ensaio.

3.8. Segundo ensaio

O segundo ensaio correspondeu a um segundo plantio, mantendo-se as condições de salinidade do solo resultantes das irrigações do primeiro plantio, isto é, sem lixiviação de pré-plantio.

A sementeira, feita em sulcos no espaçamento de 0,40 cm entre linhas, utilizando 25 sementes por metro linear foi realizada em 24 de setembro de 1997. A emergência ocorreu entre cinco e oito dias após o plantio. O desbaste foi realizado dez dias após a emergência, de modo a obter uma população final de 300.000 plantas.ha⁻¹, obtendo-se 52 plantas, em cada lisímetro distribuídas em quatro fileiras.

A irrigação com água salina foi iniciada desde o plantio. Os tratamentos culturais foram os mesmos adotados no primeiro ensaio.

A colheita foi realizada, manualmente, em 05 de dezembro 1997, aos 72 dias após a sementeira e uma semana e meia após a suspensão das irrigações.

3.8.1. Irrigação

A irrigação foi realizada utilizando-se água com quatro diferentes concentrações salinas, isto é, 0,8; 1,4; 2,0; e 2,6 dS m⁻¹ a 25°C e quatro frações de lixiviação correspondentes a 0,10; 0,15; 0,20; e 0,25 da lâmina de irrigação exigida.

Conforme recomendação de BERNARDO et al. (1970), as irrigações foram aplicadas quando o potencial matricial da água no solo estava em torno 50,65 kPa. O controle foi efetuado, comparando-se os resultados da umidade atual medida em estufa com a curva de retenção de umidade do solo previamente determinada.

3.9. Cultura

A cultura utilizada foi o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade goiano precoce, de ciclo médio (80 dias). Esta variedade é do tipo I, isto é, tem hábito de crescimento determinado arbustivo, com ramificação ereta e fechada, segundo Zimmermann e Teixeira, 1996, citados por LIMA et al. (1998). As sementes foram fornecidas pelo CNPAF (Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão), EMBRAPA – Goiânia-GO.

3.10. Características avaliadas

3.10.1. Duração dos estádios fenológicos

Diariamente era feita observação visual dos estádios de desenvolvimento das plantas, a fim de determinar a duração de cada estágio de acordo com os critérios definidos no Quadro 5.

3.10.2. Altura do dossel vegetativo

A altura das plantas foi determinada a partir do estágio vegetativo V2-primeira trifoliada (ou quatorze dias após a semeadura) iniciar a floração, numa frequência de sete dias.

Quadro 5 – Caracterização dos estádios de desenvolvimento da planta de feijão – Adaptado de VALADÃO (1994)

Estádio	Etapa de desenvolvimento		Evento com que inicia cada etapa
	Código	Nome	
Vegetativa	V0	Germinação	Semente em condições favoráveis para germinar
	V1	Emergência	Os cotilédones de 50% das plantas aparecem ao nível do solo
	V2	Folhas primárias	As folhas primárias de 50% das plantas estão totalmente abertas
	V3	Primeira trifoliada	A primeira folha trifoliada de 50% das plantas estão totalmente abertas
	V4	Terceira trifoliada	A terceira folha trifoliada de 50% das plantas estão totalmente abertas
Reprodutiva	R5	Préfloração	Aparecem os primeiros botões ou ráculos em 50% das plantas
	R6	Floração	Abre-se a primeira flor em 50% das plantas
	R7	Formação vagens	A corola murcha e aparece pelo menos uma vagem em 50% das plantas
	R8	Enchimento vagens	Formação de sementes na primeira vagem em 50% das plantas
	R9	Maturação	Mudança de cor em pelo menos uma vagem em 50% das plantas

3.10.3. Área foliar

A medição da área foliar foi realizada a partir do estágio vegetativo V2-primeira trifoliada (ou quatorze dias após a semeadura), até iniciar a floração, numa frequência de sete dias utilizando-se um equipamento Li-cor, modelo Li 3000.

3.10.4. Estande final de plantas

O estande final de plantas foi determinado pela contagem do número de plantas de cada parcela, por ocasião da colheita.

3.10.5. Produção de matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas

A colheita foi realizada, removendo-se as plantas dos lisímetros e separando seus componentes, isto é, vagem, folhas, caule e raiz. As raízes foram separadas da terra por meio do processo de lavagem sobre peneira de arame com malha de 2,0 mm e sob jato de água corrente. Esses materiais foram, depois, secados em estufa a 70°C até atingir em peso constante, e, em seguida, colocados em dissecadores, pesados em balança de precisão de 0,001g, obtendo-se, desta forma, a matéria seca dos componentes da parte aérea e das raízes.

3.10.6. Componentes da produção

Por ocasião da colheita, foi feita a contagem do número de vagens e número total de grãos. Os grãos de cada fileira foram pesados, sendo o peso médio dos grãos definido pela relação entre o peso total de grãos e o número total de grãos (PTG/NTG) por fileira. Com o peso médio dos grãos, determinou-se a produção por fileira. A produção por fileira foi transformada em kg de grãos ha⁻¹.

3. 11. Salinidade do solo

A salinidade do solo foi medida antes do plantio, no início da prefloração, no início do enchimento de vagens e final do ciclo da cultura. As medições foram realizadas de acordo com os padrões do U.S. Salinity Laboratory Staff, apresentados por RICHARDS,(1954), sendo a salinidade expressa como a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo em dS m^{-1} a 25° .

3.11.1. Extrato de saturação do solo

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, ao longo do experimento, foi estimada aplicando-se o modelo

$$Y = 5,8774X - 0,6433 \quad (7)$$

em que

Y – Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; e

X – Condutividade elétrica do líquido sobrenadante.

Para determinação do modelo matemático para estimar a estimativa da CEes a partir da $CE_{1:5}$ (equação 7) foi feita a incubação do solo, já adubado, seco ao ar e passado na peneira de 2 mm. Para a incubação, foram usados os sais NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ às concentrações de 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 e 16 cmol.kg^{-1} e na proporção 3:2, ou seja, a mesma usada na água de irrigação. Para cada concentração, utilizou-se 1 kg de solo.

Após a incubação, cuja duração foi de dez dias, nos quais a umidade do solo foi mantida em torno da umidade de capacidade de campo, foram analisadas dez amostras, com três repetições, em relação a CEes e $CE_{1:5}$. A Figura 6 apresenta os dados da CEes à temperatura de 25°C , em função das concentrações dos sais de sódio e cálcio usadas.

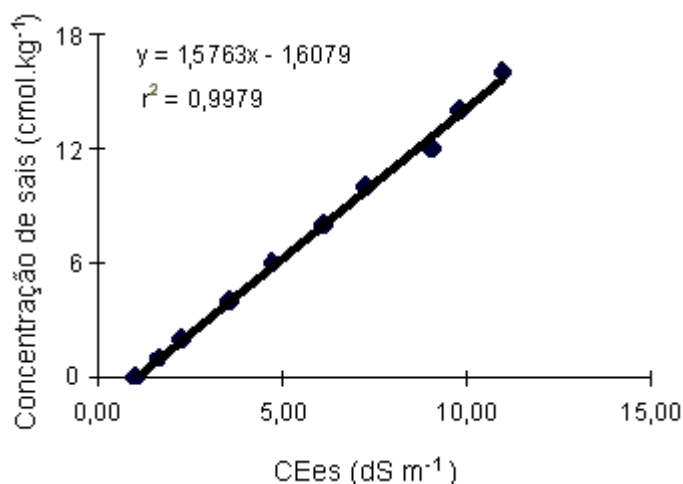


Figura 6 – Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) à temperatura de 25°C, em função das concentrações dos sais de sódio e cálcio usadas na incubação do solo.

A CE_{1:5} foi determinada, segundo o procedimento descrito por Loveday, 1974, citado por SLAVICH e PETERSON (1993), colocando-se, em um “becker”, dez gramas do solo previamente incubado seco ao ar, adicionando-se 50 ml de água destilada, e agitando-se em seguida. A solução foi deixada em repouso por um período de 24 horas, para decantação das partículas do solo, sendo a leitura da CE feita, em seguida, com a célula do condutímetro colocada na suspensão solo/água, sempre com referência à temperatura de 25°C.

A pasta de saturação foi preparada segundo o método padrão de RICHARDS (1954), ou seja, para 200g de solo previamente incubado, adicionava-se água destilada misturando-a manualmente ao solo, até obter uma pasta brilhante. Essa pasta era mantida em repouso por 24 horas e, após este período, o extrato era retirado através de bomba de vácuo, sendo em seguida realizada a leitura da CE à temperatura de 25°C. A relação entre CEes e CE_{1:5} é apresentada na Figura 7.

A Figura 8 apresenta a regressão entre os valores de condutividade elétrica do solo, medidos no extrato de saturação da pasta, e aqueles estimados pelo modelo, ou

$$CE_{es} = 5,8774 CE_{1:5} - 0,6433 \quad (8)$$

em que

CE_{es} – condutividade elétrica do extrato de saturação; e

$CE_{1:5}$ – condutividade elétrica da solução sobrenadante, da mistura de solo e água na proporção 1:5.

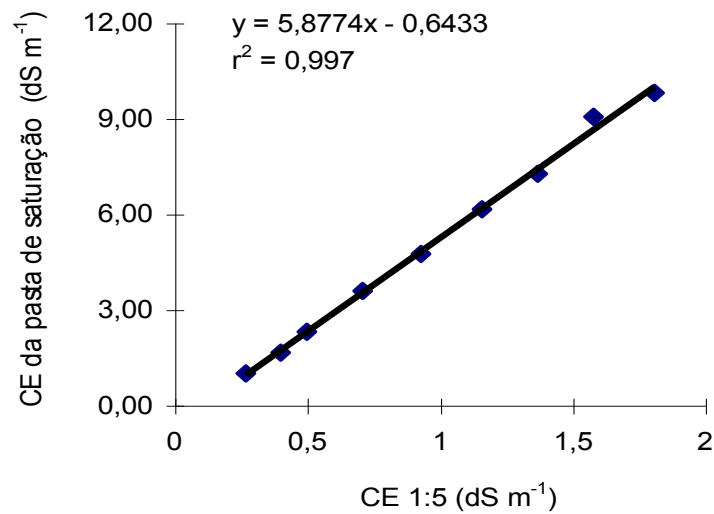


Figura 7 – Relação entre a condutividade elétrica do extrato (CE 1:5) e da pasta de saturação.

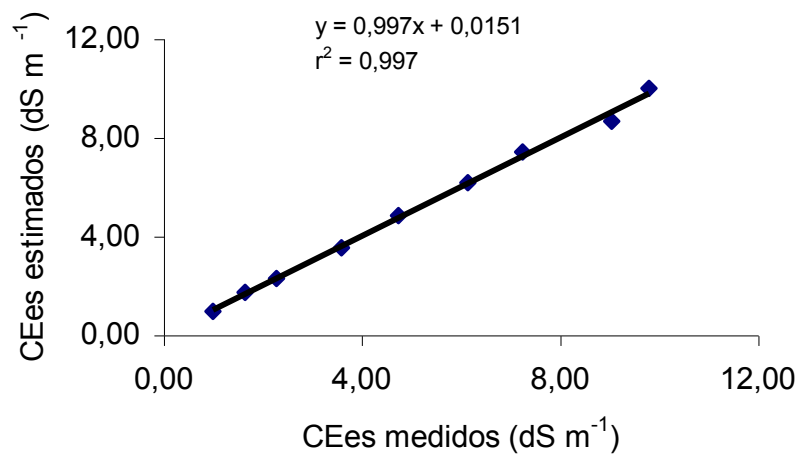


Figura 8 – Dados da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo medidos (CEes medidos) e estimados (CEes estimados).

3.12. Análises estatísticas

Para as variáveis estande final de plantas, produção de matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas e componentes da produção, os tratamentos foram dispostos num esquema fatorial 4 x 4 (quatro níveis de condutividade elétrica C₁, C₂, C₃ e C₄; quatro níveis de fração de lixiviação F₁, F₂, F₃ e F₄) no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

Para as variáveis área foliar e altura de planta, os tratamentos foram dispostos num esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas o esquema fatorial 4 x 4 (quatro níveis de condutividade elétrica C₁, C₂, C₃ e C₄; quatro níveis de fração de lixiviação F₁, F₂, F₃ e F₄) e, nas subparcelas, as épocas de observação (T₁, T₂, T₃ e T₄) correspondentes ao 14°, 21°, 28° e 35° dia do ciclo da cultura, no delineamento inteiramente ao acaso com quatro repetições.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e regressão, aplicando-se a metodologia de superfície de resposta.

Os modelos foram escolhidos, com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste de “t” de Student, adotando o nível de 5% de probabilidade e os coeficientes de determinação, R².

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKHAVAN-KHARAZIAN, M., CAMPBELL, W.F., JURINAK, J.J, DUDLEY, L.M., Effects of CaSO₄, CaCl₂, and NaCl on leaf nitrogen, nodule weight, and acetylene reduction activity in Phaseolus Vulgaris L. **Arid Soil Res. Rehabil.**, v.5, n.1, p.97-103, 1991.
- AMORIN, V. B. **Diagnóstico e avaliação de desempenho de drenagem subterrânea no perímetro irrigado de Bebedouro-PE**. Campina Grande, PB: UFPB, 1995. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, 1995.
- AUDRY, P., SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino**. Recife: CNPq, 1995. 128p.
- ARAÚJO, C. A. S. **Avaliação de feijoeiros quanto a tolerância a Salinidade em Solução Nutritiva**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 87p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- AYERS, R.S., WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.
- BERNARDO, S., GALVÃO, J.D., GUERRINIE, H., CARVALHO, J.B., Efeito dos níveis de água do solo sobre a produção do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.). **Seiva**, v. 30, p.7-13, 1970.
- BHIVARE, V. N., CHAVAN, P. D., Effect of salinity on translocation of assimilates in french bean. **Plant and Soil**, v.102, n.2, p.295-297, 1987.

- BORELLA, J.E. **Efeito da irrigação com água salina e da lâmina de lixiviação na produção do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e na salinização do solo.** Piracicaba: ESALQ, 1986, 82p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, 1986.
- BOUWER, H., IDELOVITCH, E. Quality requirements for irrigation with sewage water. **J. Irrig. Drain. Div.**, v.113, n. 4, p. 516-535,1987.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional da Irrigação. Departamento de Meteorologia. **Normais Climatológicas 1961-1990.** Brasília, DF: EMBRAPA, 1992. 84p.
- BRESLER, E., Mc NEAL, B.L., CARTER, D.L. **Saline and sodic soils.** Berlin: W. Germany, 1982. 236p.
- BRUGNOLI, E., LAUTERI, M. Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C₃ non-halophytes. **Plant Physiol.**, v.95, n.2, p. 628-635,1991.
- CANTARELLA, H., ANDRADE, J.C. O sistema internacional de unidades e a ciência do solo. **Boletim Informativo**, v.17, n.3, p.91-102, 1992.
- CHESSEMAN, J. M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. **Plant Physiol.**, v.87, n.3, p.547-550. 1988.
- CHOROM, M., RENGASAMY, P., Carbonate chemistry, pH, and physical properties of on alkaline sodic soil affected by various amendments. **Aust. J. Soil Res.** v.35, n.1, p.149-61. 1997.
- COELHO, S. A. **Avaliação de eficiência de irrigação a nível de parcela, no projeto de irrigação do Estreito - BA.** Viçosa, MG: UFV, 1986. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- CHRISTIANSEN, J. E, OLSEN, E.C., WILLARDSON, L.S. Irrigation water quality evaluation. **J. Irrig. Drain. Div.**, v.103, n.2, p. 155-169, 1977.
- DANTAS NETO, J. **Modelos de decisão para otimização do padrão de cultivo, em áreas irrigadas, baseados nas funções de resposta das culturas a água.** Botucatu, SP: UNESP, 1994. 125p. 1994. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, 1994.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A. H., **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 1994. 306p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. **Manual de métodos de análises do solo**. Rio de Janeiro, 1979. 60p.
- FAGERIA, N.K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, v.88, n.2 p.237-243, 1985.
- FERREIRA, P. A., **Qualidade de água e manejo água-planta em solos salinos**. Brasília, DF: ABEAS, Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1996. 141 p. (ABEAS. Curso de engenharia e manejo de irrigação. Módulo, 10).
- GARDNER, W.R. Some steady-state solution of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. **Soil Sci.**, v.85, n.4, p.228-232, 1958.
- GOES, E. S. **O problema de salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e ação de pesquisa com vistas ao seu equacionamento**. Recife: SUDENE, 1978. 20p.(Mimeografado).
- GRATTAN, S.R., RHOADES, J.D. Irrigation with saline ground water and drainage water. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. Cap.20, p.432-449.
- HANSON, B.R. Methods and economics of drainage reduction through improved irrigation. **J. Irrig. Drain. Eng.**, v.120, n.2, p.454-468, 1994.
- HASEGAWA, P.M., BRESSAN, R. A., HANDA, A. K. Cellular mechanisms of salinity tolerance. **HortScience**, v.21, n.6, p.1317-1323, 1986.
- HILLEL, D. **Solo e água – fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231p.
- HOFFMAN, G.J., MAAS, E.V., RAWLINS, S.R., Salinity-Ozone interactive effects on yield and water relations of pinto bean. **J. Environ. Qual.**, v.2, n.1, p.148-152. 1973.
- HOFFMAN, G.J. Leaching fraction and root zone salinity control. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. Cap.12, p.237-261.
- IRURTIA, C.B., PEINEMANN, N. Efecto de la relacion de absorcion de sodio y la concentracion de sales sobre as conductividad hidraulica de diferentes suelos. **Ciencia del Suelo**, v.2, n.1, p.165-177. 1986.

- JURINAK, J.J., The chemistry of salt-affected soils and waters. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. Cap.3, p.42-63.
- LAL, R., STEWART, B.A. **Soil processes and water quality**. Boca Raton, Flórida: Lewis Publishers, 1994. 398p.
- LÄUCHLI, A., EPSTEIN, E. Plant response to saline and sodic conditions. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. Cap. 6, p.113-137.
- LEAL, M. V. P. **Determinação da eficiência de irrigação, a nível de parcela, no projeto de irrigação de bebedouro - Petrolina - PE**. Viçosa, MG: UFV. 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1979.
- LIMA, V. L. A. L., FERREIRA, P.A., RIBEIRO, A. C., SILVA, F. A., Efeitos da salinidade da água de irrigação e da lâmina de lixiviação sobre a cultura do feijão, cultivado em lisímetros de drenagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, v.2, p.148-150.
- LYNCH, J., CRAMER, G.R., LAUCHLI, A. salinity reduces membrane-associated calcium in corn root protoplasts. **Plant Physiol.**, v.83, n.2, p.390-394, 1987.
- MAAS, E.V. Crop salt tolerance. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. Cap.13, p.262-304.
- MAAS, E. V., HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – current assesment. **J. Irrig. Drain. Eng.**, v.103, n.2, p.115-134, 1977.
- MAÑAS, F.M., VALERO, J. A. **Agronomía del riego**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 519p.
- MARTINS, D. P. **Avaliação do sistema de irrigação por superfície, no projeto Tatui-I. Sobradinho - Ba**. Viçosa, MG: UFV, 1990. 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo gat, nos estados do RN, PB e CE**. Campina Grande, PB: UFPB. 1992. 137p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, 1992.

- NOUR EL-DIN, M.M., KING, I.P., TANJI, K.K. Salinity management model: I. development. **J. Irrig. and Drain. Eng.**, v.113, n.4, p.440-453, 1987.
- O'LEARY, J.W., High humidity overcomes lethal levels of salinity in hydroponically grown salt-sensitive plants. **Plant and Soil**, v.42, n.3, p.717-721, 1975.
- ORON, G. Recycling drainage water in San Joaquin Valley, California. **J. Irrig. Drain. Eng.**, v.119, n.2, p.265-285, 1993.
- PACHECO, R.G. **Efeitos de espaçamento e adubação sobre dois cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no outono-inverno**. Viçosa, MG: UFV, 1993. 64p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- PESCOD, M.B. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992. 125p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 47).
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola Y recuperacion de suelos salinos**. Madrid: Agrícola Espanola, 1978. 521p.
- PRATT, P.F., SUAREZ,D.L. Irrigation water quality assessments. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. Cap.11, p.220-236.
- RENGASAMY, P. Importance of calcio in irrigation with saline-sodic water – a viewpoint. **Agric. Water Manag.** v.12, n.1, p.207-219, 1987.
- RHOADES, J. D., Overview: Diagnosis of salinity problems and selection of control practices. In: TANJI,K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. Cap.2, p.18-41.
- RHOADES, J.D., KANDIAH, A., MASHALI, A.M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992.133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C.: US Department of agriculture, 1954. 160p.
- ROBBINS, C. W. Field and laboratory measurements. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. Cap.10, p.201-219.

- SLAVICH, P.G, PETERSON, G.H., Estimating a electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 soil: water suspensions and texture. **Australian J. Soil Res.**, v.31, n.1, p.73-81, 1993.
- SMITH, R.J., HANCOCK, N.H. Leaching requirement of irrigated soils. **Agric. Water Manage.**, v.11, n.1, p.13-22, 1986.
- SOUZA, M.R. **Comportamento do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.** Lavras, MG: UFLA, 1995. 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola) – Universidade Federal de Lavras. 1995.
- SZABOLCS, I. Amelioration of soils in salt affected areas. **Soil Tecnology**, v.2, n.2, p.331-344, 1989.
- TANJI, K.K. Nature and extend of agricultural salinity. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management.** New York: ASCE, 1990. Cap.1. 17p.
- VALADÃO, L. T. **Evapotranspiração e coeficientes de cultura do feijoeiro (phaseolus vulgaris L.) em dois níveis do lençol freático.** Botucatu, SP: UNESP. 1994, 112p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, 1994.
- 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. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, 1989.
- YADAV, B., RAO, N.H., PALIWAL, K.V., SARMA, P.B.S. Comparison of different methods for measuring soil salinity under field conditions. **Soil Science**, v.127, n.6, p.335-339, 1979.