



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



DISSERTAÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**EVOLUÇÃO DA SALINIDADE EM SOLO LUVISSOLO CULTIVADO
COM MELÃO IRRIGADO POR GOTEJAMENTO**

NILDO DA SILVA DIAS

Campina Grande - Paraíba
FEVEREIRO- 2001

NILDO DA SILVA DIAS

Engenheiro Agrônomo

**EVOLUÇÃO DA SALINIDADE EM SOLO LUVISSOLO
CULTIVADO COM MELÃO IRRIGADO POR GOTEJAMENTO**

Orientador: Prof. Dr. **HANS RAJ GHEYI**

Co-orientador: Prof. Dr. **JOSÉ FRANCISMAR DE MEDEIROS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Irrigação e Drenagem, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

CAMPINA GRANDE

Estado da Paraíba

Fevereiro-2001

Ficha catalográfica

635.61

D 541 e Dias, Nildo da Silva.

Evolução da salinidade em solo luvissole cultivado com melão irrigado por gotejamento/Nildo da Silva Dias.—Campina Grande-PB: UFPB, 2001.

72p.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia – Universidade Federal da Paraíba.

Palavras-Chave: Melao
Salinidade
Qualidade de água

DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COPEAG - PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

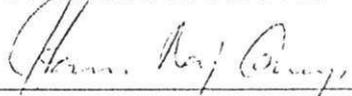
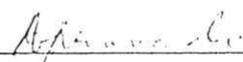
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRADO

NILDO DA SILVA DIAS

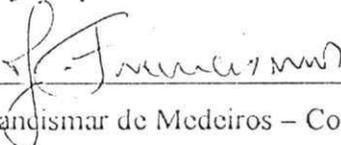
Título: Evolução da salinidade em solo Luvissole cultivado com melão irrigado por gotejamento

BANCA EXAMINADORA

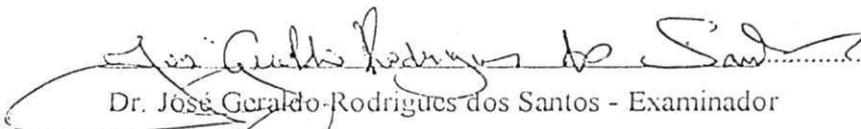
PARECER

..... 

Dr. Hans Raj Ghayi - Orientador

..... APROVADO

Dr. José Francismar de Medeiros - Co-orientador

..... APROVADO

Dr. José Geraldo Rodrigues dos Santos - Examinador

..... APROVADO

Dr. Maurício de Oliveira - Examinador

Campina Grande, Fevereiro de 2001

“Fica proibido o uso da palavra liberdade, a qual será suprimida dos dicionários e do pântano enganoso da boca. A partir deste instante, a liberdade será algo vivo e transparente como um jogo ou um rio, e a sua morada será sempre o coração do homem”.

(Thiago de Melo)

*Com gratidão aos meus pais, Neusa e Manoel Dias,
pela confiança em mim depositada;
Em homenagem a todos que contribuíram com a
minha formação política, intelectual e humanista.*

DEDICO

*Às famílias brasileiras sem-
terra, sem-teto, sem educação, sem
esperança e, sobretudo, sem futuro.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela fé e perseverança concedida em todos os momentos (“... A força que as coisas parecem ter quando elas precisam acontecer”);

Ao meu orientador, Dr. Hans Raj Gheyi, meu muito obrigado pela dedicação e fácil acesso em todos os momentos solicitados durante a realização do curso de mestrado.

Ao co-orientado, Dr. José Francismar de Medeiros pela amizade e dedicada atenção durante a realização deste trabalho.

Ao professor, amigo Nilson de Souza Sathler que ao seu lado ampliei meus conhecimentos; nos méritos de minhas conquistas tem a sua presença.

À Escola Superior de Agricultura de Mossoró, pelas condições oferecidas durante a realização deste trabalho.

À Fazenda São João – Ltda, pelo apoio na instalação e condução do experimento.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia da ESAM que ajudaram na realização do trabalho, especialmente Pedro Franco;

Aos professores que muito tenho respeito e admiração: Olga Nogueira de Moura, Antonio Roberto Brigido, Mauricio de Oliveira, Maria Zuleide de Negreiros, José Torres Filho, Hamilton Medeiros de Azevedo, Hugo Orlando Carvalho Guerra e José Dantas Neto.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFPB que pela presença das Secretárias Maria Sônia, Rivanilda Diniz e Aldaniza sempre terá razão para existir;

Aos meus grandes amigos Cardoso Neto, Pedro dos Santos, Jean Carlos, Gualter, Fábio de Galvanini, Celso Luiz, Miguel Ferreira, Francisco Valfísio, Alexandre Lima, Patricia Lígia, Priscila Regina e Adriana Américo, pelas dificuldades e vitórias que vivenciamos;

Aos colegas Thiago Abrantes, Leonardo Porpino, Adilson, Sueldo, Marcelo Cleon, Celso Mariano, Alison Rogério, Kaliana, Mara, Marcirio de Lemos e Diógenes, pela importante contribuição nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos colegas de curso, em especial Lovânia, Florício, Severino, Aristóteles, Reginaldo, Marcelo Tavares, Frederico Soares, Armino, Carlos e Ermano, pelo proveitoso convívio;

E finalmente, a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho, meus agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE APÊNDICES	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Considerações Gerais.....	3
2.2 Efeito dos Sais no Solo e na Planta.....	5
2.2.1 Efeito dos Sais Sobre as Plantas.....	5
2.2.2 Efeito dos Sais Sobre o Solo.....	7
2.3 Qualidade da Água de Irrigação.....	9
2.4 Balanço de Sais na Zona Radicular e Necessidade de Lavagem.....	10
2.5 Salinidade Integrada no Espaço e no Tempo.....	13
2.6 Freqüência de Irrigação.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Localização e Caracterização da Área Experimental.....	18
3.2 Tratamentos Estudados e Delineamento Estatístico.....	19
3.3 Preparo das Águas e Controle das Irrigações.....	21
3.4 Instalação e Condução do Experimento.....	23
3.4.1 Preparo do solo.....	23
3.4.2 Plantio.....	23
3.4.3 Irrigação.....	24
3.4.4 Adubação.....	26
3.4.5 Parâmetros Avaliados.....	27
3.4.5.1 Avaliação da Salinidade Dentro do Bulbo Úmido Usando Extratores de Solução.....	27
3.4.5.2 Evolução da Salinidade do Solo Medida a Partir de Amostras de Solo.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação Utilizando-se Extratores.....	30
4.2 Evolução da Salinidade do Solo na Zona Radicular do Melociro Determinada por Amostragem de Solo.....	30
4.3 Potencial Mático do Solo Medido no Bulbo Molhado.....	41
4.4 Variação do pH do Solo Determinados na Amostra de Solo.....	42
4.5 Salinidade no Bulbo Úmido Medida por Extratores.....	45
5 CONCLUSÕES	50
6 REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	51
APÊNDICES	58

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página	
1	Valores diários da temperatura média ($T_{\text{méd}}$); máxima ($T_{\text{máx}}$) e mínima ($T_{\text{mín}}$) e da Umidade relativa (UR) – (a) e da evapotranspiração (ET_o) e da precipitação (P) – (b), durante o ciclo cultural do melão.....	19
2	Croqui do experimento e “layout” do sistema de irrigação.....	20
3	Relação entre a CE_e s e $CE_{1;2}$ e seus coeficientes de determinação encontrados para as amostras coletadas nas camadas de 0-15 e 15-30 cm e 30-45 cm para o método padrão e do extrator.....	31
4	Equações de regressão entre as condutividades elétricas do extrato de saturação obtida pelo método padrão e extrator para as amostras coletadas nas camadas de 0-15 e 15-30 cm e para 30-45 cm.....	32
5	Perfis de salinidade do solo cultivado com melão, expressos em CE_{ese} , para as diferentes salinidade de água e frequência de irrigação aos 21 e 72 dias após a semeadura.....	33
6	Evolução da salinidade do solo ao longo do ciclo do meloeiro para cada camada de solo e, para cada salinidade da água e frequência de irrigação.....	35
7	Perfis transversais de salinidade do solo, medidos aos 35 e 68 DAS para em parcelas irrigadas com água de baixa salinidade (S1) e altamente salina (S3), para as duas frequências de irrigação (F1 e F2).....	37
8	Evolução da salinidade do solo ao longo do ciclo da cultura do melão na camada de 0-45 cm, para as diferentes salinidades de água.....	40
9	Salinidade do solo na camada 0-45 cm, para as diferentes épocas de amostragem, em função da salinidade da água de irrigação.....	40
10	Evolução da salinidade do solo ao longo do ciclo da cultura do melão na camada de 0-45 cm, para as diferentes frequências de irrigação e cultivar ...	41
11	Perfis do pH do solo cultivado com melão, para as diferentes salinidades de água e frequência de irrigação aos 21 e 72 dias após a semeadura	44
12	Variação do pH do solo para as diferentes salinidades de água de irrigação, durante o período de cultivo, na camada de 0-45 cm.....	45
13	Relação entre a salinidade do solo ao longo do ciclo da cultura do melão na camada de 0-45 cm e a salinidade da água de irrigação, medidas por extratores.....	46
14	Evolução da salinidade do solo determinada através de análise de solo e a obtida dos extratores em campo (E) para as diferentes água de irrigação (S) na camada de 0-45 cm.....	48
15	Relação entre CE determinada através de análise de solo (CE_{ese}) e a obtida dos extratores em campo (CE_{ex}).....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Características físicas do solo da área experimental.....	18
2	Análise das águas utilizadas na irrigação.....	22
3	Lâminas médias diárias e acumuladas de água aplicada, em mm, por época de aplicação para as diferentes salinidades de água, frequência de irrigação e cultivar de melão.....	25
4	Parâmetros da equação de retenção de água no solo nas camadas de 0-30 e 30-45.....	26
5	Umidade de saturação medida nas pastas de saturação para os amostras de solos irrigados por diferentes níveis de salinidade.....	30
6	Resumo da ANAVA e médias de salinidade do solo (dS.m^{-1}) ao longo do tempo nas camadas de 0-15, 15-30 e 30-45 cm, para as salinidades de água, frequência de irrigação e cultivar.....	36
7	Resumo da ANAVA e médias de salinidade do solo (dS.m^{-1}) ao longo do tempo nas camadas de 0-30 e 30-45 cm, para as salinidades de água, frequência de irrigação e cultivar.....	38
8	Médias do módulo do potencial mátrico do solo das 3 posições horizontais* e em cada período, em cm.c.a nas profundidades de 15, 30 e 45 cm, para diferentes salinidades de água e frequência de irrigação.....	42
9	Resumo da ANAVA e médias do pH do solo nas camadas de 0-30, 15-30 e 30-45 cm, para as salinidades de água, frequência de irrigação e cultivar, aos 21, 45 e 72 dias após a semeadura.....	44
10	Valores médios da condutividade elétrica na camada de 0-45 cm medida por extratores a 0, 20 e 30 cm do gotejador para as três épocas de amostragem.....	46
11	Valores médios da umidade atual do solo (θ_{as}), umidade de saturação do solo (θ_{ss}) e da relação θ_{as}/θ_{ss} , expressos em g.g^{-1} , para os diferentes níveis de salinidade de água de irrigação aos 21, 45 e 72 dias após a semeadura (DAS)).....	48
12	Valores médios da CE da solução obtida por extratores (CE _{ex}), de CE _{ese} e da CE da solução do extrator corrigida para a umidade de saturação do solo (CE _{ex} corrigido), para os diferentes níveis de salinidade de água de irrigação aos 21, 45 e 72 dias após a semeadura (DAS).....	49

LISTA DE APÊNDICE

Apêndice		página
1	Descrição de um perfil característico do solo da área experimental.....	59
2	Lâmina diária de água aplicada com irrigação durante o ciclo da cultura do melão.....	62
3	Quantidade de fertilizantes aplicados nas irrigações (kg por 0,25 ha) para as diferentes salinidades da água de irrigação, ao longo do ciclo da cultura.....	65
4	Esquema de uma parcela experimental, indicando as posições dos extratores e tensiômetros.....	67
5	Módulo do potencial mátrico nas profundidades de 15, 30 e 45 cm nos diferentes tratamentos, medidos pela média de 3 distâncias horizontal do gotejador (0, 20 e 40 cm).....	68
6	Esquema da posição das coletas das amostras de solos.....	72

RESUMO

Com objetivo de estudar a evolução da salinidade em solo Luvissole cultivado com melão irrigado por gotejamento com diferentes níveis de salinidade e práticas diferenciadas de manejo de água de irrigação, foi desenvolvido um experimento na fazenda São João, Município de Mossoró-RN, durante o período de 20 de setembro a 28 de novembro de 2000. Os tratamentos foram compostos da combinação de três fatores: salinidade da água de irrigação com 3 níveis ($S_1 = 1,2 \text{ dS.m}^{-1}$; $S_2 = 2,5 \text{ dS.m}^{-1}$ e $S_3 = 4,5 \text{ dS.m}^{-1}$), duas cultivares de melão (O = Honey Dew Orange flesh e T = Trusty) e duas frequências de aplicação de lâmina de irrigação com 2 níveis (F1 = intervalos de um dia até os 30 dias após a semeadura-DAS e duas vezes por dia a partir dos 30 DASS e F2 = intervalo de dois dias até os 30 DAS ou uma vez por dia a partir dos 30 DAS). O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizado completos com 4 repetições e os fatores estudados foram arranjos no esquema fatorial de $3 \times 2 \times 2$. Os resultados mostram que a salinidade do solo evoluiu com o tempo, sendo os maiores níveis próxima a superfície do solo e ao gotejador; a salinidade do solo atingiu o máximo na fase intermediária tendendo a reduzir no final do ciclo cultural do meloeiro e que a evolução da salinidade do solo é proporcional à concentração de sais na água de irrigação, independente da frequência de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: salinidade, manejo de água, *Cucumis melon*, L.

EVOLUTION SALINITY IN LUVISSOLO SOIL UNDER MELON CULTIVATION IRRIGATED BY TRICKLE

ABSTRACT

A study was conducted at "São João" farm to evaluate the evolution of the luvisolo soil salinity under a melon crop irrigated by trickle with different water salinity levels and irrigation management, in the municipal district of Mossoró-RN, during the period of September to November, 2000. The treatments were composed of the combination of three factors: salinity of the irrigation water with 3 levels (S1 = 1.1 dS.m⁻¹; S2 = 2.5 dS.m⁻¹ and S3 = 4.5 dS.m⁻¹), two cultivars of melon (O = Honey Dew Orange flesh and T = Trusty) and two frequencies of application of irrigation water with 2 levels (F1 = intervals of one day upto 30 days, after sowing and there after or twice a day and F2 = interval of two days or upto 30 days after sowing and there after). The experimental design was a 3x2x2 in factorial scheme completely randomized block with 4 repetitions. The results showed that the soil salinity developed with the time, being the close largest levels the surface of the soil and to the gotejador; the soil salinity tended to attain equilibrium starting from the end of the melon cycle and that the evolution of the soil salinity was proportional to salt concentration of the irrigation water, independent of the irrigation frequency.

KEY-WORDS: salinity, water management, *Cucumis melo* L.

1 INTRODUÇÃO

O meloeiro é uma cultura exigente em temperaturas noturnas e diurnas mais elevadas durante todo o seu ciclo de cultivo. Altas temperaturas e baixa umidade do ar elevam sensivelmente o teor de açúcares nos melões, tornando-os mais saborosos e aromáticos, consistentes e com maior vida útil pós-colheita. Tais características justificam o sucesso da cultura em regiões de climas quentes, como a região Nordeste, especificamente no Estado do Rio Grande do Norte.

Por outro lado, devido a escassez de chuvas nestas regiões, a prática de irrigação constitui uma das alternativas fundamentais para garantir a produção das áreas cultivadas; no entanto, quando não se tem um manejo adequado da irrigação, a salinização do solo é inevitável, tornando-o improdutivo em curto espaço de tempo (Oliveira, 1997). Este problema existe, em quase todos os perímetros irrigados do Nordeste; estima-se que cerca de 25 a 30 % das áreas dos perímetros irrigados do DNOCS estejam salinizadas (Goes, 1978; Pizarro & Damasceno, 1975).

No Estado do Rio Grande do Norte, a água utilizada para irrigação, na região produtora de melão, é proveniente de poços artesianos profundos, que, embora sendo de boa qualidade, apresenta alto custo de obtenção, o que impossibilita o seu uso por parte de pequenos produtores e leva os grandes a buscarem fontes alternativas de água, como poços abertos no calcário jandaíra, o que reduz consideravelmente seu custo. Entretanto, esta fonte de água tem o inconveniente de apresentar níveis elevados de sais, podendo trazer como conseqüência à salinização dos solos e prejudicar o rendimento das culturas mais sensíveis. Além disso, devido à elevada concentração de bicarbonato de cálcio (Lisboa, 2000) pode tornar o solo alcalino.

Desta forma, o uso de água na irrigação enquanto contribui de maneira significativa no aumento da produtividade, em determinadas situações, sobretudo em zonas de clima árido e semi-árido, pode resultar em acúmulo do teor de sais no solo. O excesso de sais no solo reduz a disponibilidade de água para as plantas, além de trazer problemas

como o efeito de íons tóxicos específicos sobre a fisiologia vegetal, a tal ponto de afetar seus rendimentos e a qualidade de sua produção.

A prática de irrigação deve ser usada de forma racional uma vez que as condições de clima do Nordeste (altas temperaturas e baixas pluviosidade) e os elevados teores de sais nas águas de irrigação têm causado problemas de salinidade nos solos. O nível de salinidade dos solos deve ser sempre inferior ao nível nocivo às plantas cultivadas. Assim, o monitoramento direto da salinidade na zona radicular é recomendado para avaliar a eficiência dos diversos programas de manejos nas áreas irrigadas (Rhoades et al., 1981)

A identificação dos solos afetada por sais baseia-se em uma série de observações e estudos da área, incluindo características visuais de campo e diversas análises feitas tanto por métodos de laboratório como por métodos de campo. No laboratório, a salinidade do solo pode ser estimada a partir de medidas de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) ou da condutividade em diferentes relações solo:água destilada (Richards, 1954). Em campo, vários métodos são disponíveis para determinar a condutividade elétrica (CE) e avaliar a salinidade, tais como técnica de indução eletromagnética, “four-electrode probes”, “time domain reflectometry-TDR” (Rhoades et al., 1981) e, ainda mediante o uso de extratores. Cada um desses métodos apresenta vantagens e desvantagens sendo que o uso de extratores atualmente é o mais recomendado, uma vez que a CE obtida por esse método reflete as condições reais em que a planta desenvolve-se, pois a salinidade média da água contida na zona radicular (CE_{zr}) é a que deve ser tolerada pelas plantas (Ayers & Westcot, 1991).

Levando-se em consideração estes aspectos, objetivou-se neste trabalho estudar a evolução da salinidade em solo Luvissole cultivado com melão irrigado por gotejamento em diferentes níveis de salinidade de água e práticas diferenciadas de manejo da irrigação, bem como avaliar o uso de extratores na determinação da salinidade do solo. Deve-se ressaltar que este trabalho foi realizado em um projeto de pesquisa amplo, cujo objetivo era determinar a necessidade hídrica, produção e qualidade da cultura do melão irrigado por água de diferentes salinidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações Gerais

Estima-se que, nas várias partes do mundo, cerca de 250 milhões de hectares são cultivadas sob irrigação (Jensen et al., 1990), sendo a maior parte localizada nas regiões áridas e semi-áridas, devido à ocorrência de déficit hídrico para as plantas na maior parte do ano e a distribuição irregular das chuvas, que tornam a prática agrícola sob condições de chuvas naturais inviável.

Nestas regiões, por apresentarem déficit hídrico na maior parte do ano e, na maioria das vezes, os solos serem rasos ou apresentarem camadas impermeáveis, os sais, juntamente com a água, ficam sujeitos aos processos de evaporação e evapotranspiração, podendo atingir, com o tempo, níveis comprometedores para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Richards, 1954; Pizarro, 1978).

De acordo com Beltran (1986) o balanço de sais no perfil do solo, nestas regiões, é bastante desfavorável, levando, por excesso capilar, a concentrar-se em profundidades menores, onde normalmente as plantas apresentam maior densidade de raízes.

Dentre os problemas causados pelo acúmulo de sais no solo, a diminuição da disponibilidade de água para as plantas e o encharcamento do solo são os que mais se destacam. Ainda que não se disponham de dados exatos sobre a extensão desse problema no mundo, estimativas da FAO, segundo Szabolcs (1985), mostram que aproximadamente metade das áreas irrigadas esteja afetada por sais e, devido a este problema, cerca de 10 milhões de hectares são abandonados por ano.

No Brasil, não há dados precisos capazes de possibilitar uma avaliação do total das áreas salinizadas, mas estima-se que existam aproximadamente 4,5 milhões de hectares com esse problema (Szabolcs, 1985). No Nordeste brasileiro, dada a sua condição edafoclimática, há cerca de 25.000 hectares salinizados (Chapman, 1975).

O avanço da salinidade em solos do Nordeste brasileiro ocorre de forma acelerada, principalmente em áreas de projetos de colonização onde os perímetros irrigados têm se estabelecido. Nos vales dos rios Piranhas/Assu (PB/RN), Apodi/Mossoró (RN) e Jaguaribe (CE) são observadas extensas áreas afetadas por sais em campos cultivados, onde o processo de salinização se estabelece e evolui aceleradamente em decorrência de problema no manejo do solo e da água (Castro, 1992).

Solos afetados por sais podem continuar sendo produtivos, desde que seja adotado um manejo eficiente da irrigação. É importante encarar a salinidade como um processo essencialmente dinâmico e não como um parâmetro estático, onde a composição de água de irrigação e, conseqüentemente, da solução do solo é tão importante quanto a sua concentração.

A produção das culturas em condições de salinidade, pode somente ser completamente avaliada no contexto das características estabelecidas para as condições específicas de campo. Uma vez conhecidas as condições ambientais, as práticas de rotação de cultura e de manejo, é possível selecionar as culturas com base na sua tolerância à salinidade, nos fatores econômicos, no sistema de irrigação, na drenabilidade do solo e nas práticas culturais. A informação básica requerida para as decisões de manejos em solos afetados por sais inclui saber como as culturas respondem à salinidade, aos íons tóxicos e ao efeito dos sais na infiltração da água no solo (Medeiros, 1998).

Segundo Hoffman et al. (1992) dependendo da situação, devem ser consideradas informações sobre os efeitos de determinados fatores ambientais como temperatura, umidade e poluição do ar; além do risco de umedecimento do dossel das plantas pela aspersão, as mudanças na tolerância à salinidade nos vários estágios de crescimento da cultura e a corrosão dos equipamentos.

2.2 Efeito dos Sais no Solo e na Planta

2.2.1 Efeito dos Sais sobre as Plantas

As culturas sensíveis a salinidade sofrem redução progressiva do crescimento e da produção à medida que a concentração salina aumenta. De acordo com Lima (1997) os efeitos da acumulação excessiva dos sais solúveis sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos), reduzindo o crescimento das plantas.

Os sais solúveis na solução do solo afetam o desenvolvimento das plantas, devido à diminuição do potencial osmótico, que juntamente com o potencial mátrico, são as resistências que as raízes das plantas têm que vencer para absorver água do solo (Medeiros et al., 1992).

O aumento da pressão osmótica pode atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar esse potencial e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido, fenômeno conhecido por seca fisiológica (Medeiros et al., 1992).

Os efeitos tóxicos acontecem quando as plantas absorvem os sais do solo, juntamente com a água, permitindo que haja toxidez na planta por excesso de íons absorvidos. Este excesso promove desbalanceamento e danos ao citoplasma, resultando em danos principalmente na bordadura e no ápice das folhas, a partir de onde a planta perde, por transpiração, quase que tão somente água, havendo nestas regiões acúmulo do sal translocado do solo para a planta e, obviamente, intensa toxidez de sais (Lima, 1997)

Os danos da toxicidade podem reduzir significativamente os rendimentos das culturas e sua magnitude depende do tempo, da concentração de íons, da tolerância das plantas e do uso da água pelas culturas. Os problemas de toxicidade, freqüentemente, acompanham ou complicam os de salinidade ou permeabilidade, podendo surgir mesmo quando a salinidade for baixa. Os sintomas de toxicidade podem aparecer em qualquer cultura, desde que as concentrações de sais no interior da planta sejam suficientemente altas ou acima de níveis de tolerância da cultura (Ayers & Westcot, 1991).

A toxicidade, normalmente, é provocada pelos íons cloreto, sódio e boro, entretanto muitos outros oligoelementos são tóxicos para as plantas, mesmo em pequenas concentrações (Ayers & Westcot, 1991). Santos (2000) relata que o mamoeiro é bastante

sensível à presença de cloreto de sódio no solo, sendo a germinação de suas sementes e seu desenvolvimento inicial significativamente afetados com o aumento da concentração desse sal.

Os efeitos indiretos usualmente ocorrem devido a concentração elevada de sódio ou outros cátions na solução que interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos, afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas indiretamente. Em muitos casos, a concentração de sais não atinge níveis osmóticos capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas, no entanto, a concentração de íons diversos pode provocar interferências indiretas e ser um obstáculo à boa absorção de nutrientes e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de um processo metabólico normal (Medeiros et al., 1997).

Embora os solos afetados por sais apresentem diversos problemas para as plantas, estes podem ser aproveitados para várias finalidades desde que se adote um manejo adequado do sistema solo-água-plantas na área afetada (Rhoades et al., 1992).

Várias práticas de manejo têm sido utilizadas para se produzir, economicamente, em condições de salinidade, dentre elas, destaca-se o uso de plantas tolerantes, sendo importante os estudos que visem avaliar a sensibilidade das espécies ao estresse salino.

Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade, algumas produzem rendimentos economicamente aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Tal fato, deve-se a melhor capacidade de adaptação osmótica de algumas plantas, o que permite absorver, mesmo em meio salino, maior quantidade de água (Ayers & Westcot, 1991).

Segundo Ayers & Westcot (1991) é muito útil essa variabilidade genética entre as espécies, permitindo a seleção das culturas mais tolerantes e capazes de produzirem rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo abaixo do nível de tolerância das plantas tradicionalmente cultivadas. A amplitude desta tolerância relativa permite maior uso das águas de qualidade inferior e aumento da faixa aceitável das águas salinas para irrigação.

2.2.2 Efeito dos Sais Sobre o Solo

É importante esclarecer que, embora a intemperização dos minerais primários seja a fonte principal e direta de todos os sais presentes no solo (Richards, 1954), são raros os exemplos em que esta fonte tenha provocado diretamente problemas relacionados com a salinidade do solo. Os problemas de salinidade têm sido associados com a água utilizada na irrigação, com a drenagem inadequada e com a presença de águas sub-superficial, rica em sais solúveis, a pouca profundidade. Além disso, a salinização, pode ser causada pela ação dos ventos, das chuvas e das inundações marítimas (Alphen & Verhoeven, 1983).

O acúmulo de sais no solo depende da qualidade da água de irrigação, das propriedades do solo e, principalmente, das condições de drenagem e do balanço de água e de sais no subsolo. Segundo Daker (1984) ligeiras diferenças na textura do solo podem provocar um movimento desigual na distribuição de água nas camadas do solo, acarretando sua desuniformidade na acumulação de sais ao longo do perfil.

O efeito dos sais no solo ocorre basicamente pela interação eletroquímica entre os cátions e as argilas. A característica principal deste efeito é a expansão da argila quando úmida e a contração quando seca, devido o excesso de sódio trocável. Se a expansão for exagerada pode ocorrer a fragmentação das partículas, causando a dispersão da argila, modificando a estrutura do solo (Lima, 1997).

Elevadas concentrações de sódio trocável, em relação ao cálcio e magnésio, especialmente quando a concentração salina é baixa, aumentam a dispersão e a movimentação das partículas finas para o interior dos poros, onde se acumulam, reduzindo a condutividade hidráulica do solo. Além disso, a pressão que originou a expansão da argila empurra as partículas individuais de argila umas contra outras, dispersando o solo e seus agregados desaparecem em partes. As partículas finas que ficam soltas, obstruem os poros do solo, reduzindo, desta forma, ainda mais, a permeabilidade à água e ao ar. Ao contrário, os íons cálcio causam a floculação da argila, promovendo assim uma boa estruturação e permeabilidade do solo (Cruciani, 1989).

Quando o sódio solúvel atinge percentagem relativa superior a 50 na solução do solo, o mesmo passa a ser adsorvido pela micela em proporções suficientes para promover a dispersão, reduzindo, assim, a permeabilidade do solo. Enquanto o fenômeno

de acumulação de sais solúveis no solo é denominado de salinização, o aumento gradual de sódio trocável, denomina-se de sodificação.

De modo generalizado, os solos sódicos, ou seja, com excesso de sódio trocável, apresentam problemas de permeabilidade e qualquer excesso de água causará encharcamento na superfície do solo, impedindo a germinação das sementes e o crescimento das plantas por falta de aeração (Gheyi et al., 1992).

A ação do sódio trocável dispersando as argilas pode fazer com que estas se acumulem nas camadas inferiores do solo, tornando-o denso e com baixa permeabilidade, apresentando condições desfavoráveis para o desenvolvimento radicular das plantas (Daker, 1984).

A permeabilidade do solo está intimamente relacionada com a concentração de sais na água e com a porcentagem de sódio trocável (PST) no solo. Concentração de sais da ordem de $3 \text{ mmol}_e\text{L}^{-1}$ em solo com PST maior que 12 % provoca uma redução na condutividade hidráulica do solo por dispersar a argila; efeito similar ocorre com água destilada em solo com PST entre 1 a 2 % (Shainberg et al., 1981 e Summer, 1992). Por esta razão, Shainberg et al. (1989) afirmam que o efeito prejudicial do sódio é mais evidente durante a estação chuvosa do que a de irrigação. Portanto, Holanda (1996) recomenda que medidas preventivas devem ser tomadas visando amenizar o efeito dispersivo causados pela água de chuva (praticamente sem sal)

De acordo com Scaloppi & Brito (1986) a presença de carbonatos e bicarbonatos, também afetam a permeabilidade do solo, sendo, por essa razão, interessante avaliar seus teores na água de irrigação.

2.3 Qualidade da Água de Irrigação

De maneira geral, todas as águas na natureza, independente de sua origem – pluvial, subterrânea ou superficial, contêm uma quantidade variável de sais solúveis. Estes sais acumulam-se no solo afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas, dependendo das condições pedológicas e climáticas da região e das técnicas de manejo das áreas irrigadas.

A qualidade da água para irrigação refere-se a quantidade e ao tipo de sais presentes, destacando-se, na maioria das vezes, os sais de sódio, cálcio, magnésio e potássio, na forma de cloreto, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos (Ayers & Westcot, 1991). De acordo com Ayers (1977) a qualidade da água para irrigação está relacionada a seus efeitos prejudiciais aos solos e as culturas, requerendo, muitas vezes, técnicas de manejo para controlar ou compensar eventuais problemas associados à sua utilização.

A qualidade da água de irrigação pode variar significativamente segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos. Os sais encontram-se em quantidades relativamente pequenas, porém significativas, e têm sua origem na dissolução ou intemperização das rochas e solos, incluindo a dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais. Os sais são transportados pela água de irrigação e depositados no solo, onde se acumulam na medida em que a água é evaporada ou consumida pelas plantas (Ayers & Westcot, 1991).

De acordo com Van Hoorn & Van Alphen (1994) a avaliação da adequabilidade da água para fins de irrigação é realizada levando-se em consideração os efeitos potenciais sobre o rendimento das culturas e as mudanças nas características do solo.

Ayers & Westcot (1991) fundamentaram-se nos efeitos que a qualidade da água de irrigação pode ocasionar ao solo, como a salinidade, infiltração, toxicidade de íons específicos e outros problemas.

Atualmente, a FAO recomenda a classificação proposta pela University of California Committee of Consultants (1974). Esta diretriz se baseia no estudo do grau de restrição no uso da água com problemas potenciais, tais como: salinidade, problemas de infiltração, toxicidade de íons específicos e outros problemas (Ayers & Westcot, 1991).

Embora diversos fatores possam influenciar na qualidade e composição de sais solúveis presentes na água de irrigação, as variações na composição não são muito acentuadas para determinada região. Estudos de Leprun (1983) feitos com águas da região

Nordeste do Brasil, mostra que a concentração dos principais íons presentes na água pode ser estimada a partir de sua condutividade elétrica, que expressa a concentração total de sais solúveis.

2.4 Balanço de Sais na Zona Radicular e Necessidade de Lavagem

Dependendo do manejo da irrigação e da concentração total de sais na água, a salinidade do solo pode atingir, dentro de alguns meses, valores prejudiciais ao desenvolvimento da cultura, necessitando, assim, de um monitoramento periódico da situação da salinidade do solo.

A remoção de sais na zona radicular para manter a solução do solo num nível de salinidade compatível com o sistema de cultivo, depende da manutenção do balanço de sais (Rhoades & Loveday, 1990).

De acordo com Santos & Hernandez (1997) a lavagem dos sais é fundamental no balanço de água e de sais na zona radicular, sendo baseada nos diferentes fluxos de entrada e de saída de água no perfil de um solo irrigado, num dado período de tempo, de acordo com a equação:

$$FLUXO DE ENTRADA (Lp + Li + Lg) - FLUXO DE SAÍDA (Let + Ld) = \Delta L_A \quad (1)$$

em que:

Lp = Lâmina de precipitação subtraída do escoamento superficial e interceptação pelas folhas, em mm;

Li = Lâmina de irrigação, em mm;

Lg = Lâmina de água capilar, em mm;

Let = Lâmina de evapotranspiração, em mm;

Ld = Lâmina de percolação profunda, em mm;

ΔL_A = Variação da lâmina de água armazenada na zona radicular, em mm.

O balanço de sais no solo é deduzido do balanço da água, multiplicando-se cada componente do mesmo por sua respectiva concentração salina. Desta forma, assumindo que a única fonte de sais seja a lâmina de água aplicada no solo durante o evento de irrigação, ou seja, os sais são altamente solúveis e não precipitam, é desprezível

a adição de sais pelas águas de chuvas e fertilizantes, como também, as extrações pelas culturas, o balanço de sais na zona radicular pode ser calculado pela equação:

$$\left(L_i \cdot C_i + L_g \cdot C_g \right) - \left(L_d \cdot C_d \right) = \Delta Z \quad (2)$$

em que:

C_i = Concentração de sais na água de irrigação, em $g L^{-1}$;

C_g = Concentração de sais na água capilar, em $g L^{-1}$;

C_d = Concentração de sais na água percolada, em $g L^{-1}$;

ΔZ = Variação do conteúdo de sais na zona radicular, em $g m^{-3}$.

A diferença líquida entre os fluxos de entrada e de saída equivale as mudanças na salinidade da água do solo. Para valores de $\Delta Z > 0$ indica acúmulo de sais, dando origem a salinização secundária do solo. Porém, quando $\Delta Z < 0$ indica remoção de sais da zona radicular.

O valor da concentração de sais da Equação 2 pode ser substituído pela condutividade elétrica, pois a mesma apresenta uma relação linear com a concentração de sais em soluções relativamente diluídas, além de ser uma característica fácil de ser medida.

Sob condições de equilíbrio ($\Delta Z = 0$), assumindo que não há variação do conteúdo de sais na zona radicular, ou seja, a lâmina de irrigação é aplicada uniformemente no campo e a profundidade do lençol freático é suficientemente baixa para evitar introdução de sais na zona radicular por capilaridade, o balanço dos sais na zona radicular, conforme Rhoades & Loveday (1990) e Hoffman et al. (1992), reduz-se a:

$$\frac{L_d}{L_i} = \frac{CE_i}{CE_d} \quad (3)$$

onde a condutividade elétrica (CE) substitui a concentração de sais.

Neste caso, a fração de lixiviação (FL) de sais capaz de manter o nível de sais tolerável pela cultura, pode ser obtida a partir da Equação 4:

$$FL = \frac{L_d}{L_i} = \frac{CE_i}{CE_d} \quad (4)$$

em que:

FL = Fração ou requerimento de lixiviação.

Segundo Cruciani (1989) a necessidade de lavagem (NL) é a porcentagem de água em excesso aplicada em cada irrigação para que haja quantidades extras de água percoladas abaixo da zona radicular, removendo parte dos sais acumulados, sendo o único meio pelo qual a salinidade do solo pode ser mantida em níveis aceitáveis sem riscos para a cultura. Segundo Ayres & Westcot (1991) os valores da NL são determinados em função da salinidade do solo, ou da água de irrigação em relação à máxima salinidade da água drenada; como também da tolerância das culturas a serem exploradas, condições climáticas e do manejo do solo e água.

Deve-se salientar que a quantidade de água necessária para prevenir a salinização dos solos irrigados (lavagem de manutenção) é diferente da quantidade necessária para a recuperação de solos salinos (lavagem de recuperação).

Para se estimar a necessidade de lavagem de manutenção de um solo irrigado, necessita-se conhecer tanto a salinidade da água utilizada na irrigação como a salinidade tolerada pela cultura. A salinidade da água de irrigação pode ser medida diretamente, em termos de condutividade elétrica da água (CEa). A salinidade tolerada pela cultura é a salinidade média da água contida na zona radicular, representada pela salinidade do extrato de saturação do solo (CEes), podendo ser estimada utilizando-se dados da literatura.

Desta forma, para culturas específicas, a aproximação mais exata da necessidade de lixiviação de manutenção (NL) pode ser obtida utilizando-se a Equação 5 para irrigação convencional e a Equação 6 para a irrigações de alta frequência (Rhoades, 1974 e Rhoades & Merrill, 1976):

$$NL = \frac{CEa}{5 \times CEes - CEa} \quad (5)$$

$$NL = \frac{CEa}{2 \times CE \max} \quad (6)$$

em que:

$CE \max$ = Salinidade média do extrato de saturação do solo que a cultura tende a rendimento zero ($dS \cdot m^{-1}$).

Considerando que toda água aplicada durante o evento de irrigação infiltra uniformemente no solo e que não existe perdas por escoamento superficial, a lâmina anual de irrigação que deve ser aplicada para satisfazer tanto a demanda da cultura como a necessidade de lavagem de manutenção, pode ser estimada pela seguinte equação:

$$LA = \frac{ETc}{1 - NL} \quad (7)$$

em que,

LA = Lâmina anual de irrigação (mm/ano).

ETc = Evapotranspiração da cultura (mm/ano).

NL = Necessidade de lixiviação.

Conforme Ayers & Westcot (1991), o momento da lixiviação não é o fator decisivo, a menos que a concentração de sais exceda o limite de tolerância da cultura por tempo prolongado. A maioria das águas de irrigação apresenta salinidade que, mesmo sem lixiviação, permite realizar várias irrigações antes que a salinidade atinja níveis prejudiciais às culturas (Medeiros, 1998).

2.5 Salinidade Integrada no Espaço e no Tempo

O incremento da salinização nos solos irrigados é inevitável, uma vez que os sais não participam do processo de evaporação, ou seja, a água retorna a atmosfera e os sais permanecem no solo em níveis crescentes e prejudiciais (Santos, 1997). Deste modo, os problemas de salinidade podem evoluir com o tempo, pelo uso de água salina, quando não se utiliza técnica apropriada de manejo da água de irrigação (Rhoades et al., 1992)

De acordo com Hoffman et al. (1992) a distribuição dos sais no solo não é uniforme no espaço e no tempo. A aplicação de resultados de pesquisas sobre tolerância das culturas à salinidade, em condições de campo, requer conhecimentos à respeito da resposta das plantas à salinidade variando com o tempo e profundidade. Vários experimentos em campo têm sido conduzidos considerando que as plantas respondem à salinidade média na zona radicular durante a fase de crescimento.

Rhoades (1972) citado por Medeiros (1998) introduziu o conceito de salinidade média integrada da solução do solo, ao longo do ciclo de irrigação, para considerar as variações da salinidade entre irrigações. Ingvalson et al. (1976) estudando a correlação do rendimento de alfafa, obtida sob condições de salinidade na zona radicular não uniforme, para vários índices de salinidade, verificaram que o rendimento de alfafa foi melhor correlacionado com a salinidade média integrada no tempo e no espaço (profundidade).

Segundo Medeiros & Gheyi (1997) a avaliação da salinidade do solo é tipicamente medida no início e no final da cultura e seus valores são utilizados para determinar a salinidade média do solo. Em experimentos, a salinidade do solo é, normalmente, monitorada com maior frequência, porém torna-se difícil relacionar a resposta das culturas à salinidade do solo integrada no tempo, pois, em algumas culturas a sensibilidade varia com os diferentes estágios de desenvolvimento.

Bernstein & Pearson (1954) ao compararem a influência de um nível constante de salinidade com níveis crescente e decrescente, em vários ciclos, porém mantendo o valor médio do potencial osmótico idêntico ao produzido pelo nível constante, concluíram que o pimentão respondeu à salinidade média do período, independente do fato de se variar ou não a salinidade durante o desenvolvimento da cultura, enquanto o tomate foi mais afetado por períodos de alta salinidade. Neste caso, a resposta à salinidade média do período é provavelmente uma estimativa razoável, a não ser que a salinidade durante o ciclo inclua valores menores e maiores do que a salinidade limiar da cultura ou que existam valores de salinidade acima da faixa de resposta linear na curva de tolerância à salinidade (Hoffman et al., 1992).

Santos (1997) estudando os efeitos de níveis de salinidade de água e de lâminas de irrigação na evolução da salinidade do solo, concluiu que houve acúmulos de sais no solo, nas 3 profundidades estudadas, sendo diretamente proporcional aos níveis de água de irrigação.

Segundo Ayers & Westcot (1991) com fração de lixiviação de 0,15 a 0,20 e padrão normal de extração (60, 30, 7 e 3 % da água consumida pela cultura, extraída respectivamente da quarta parte superior à inferior da zona radicular), a salinidade média da água do solo é aproximadamente 3,2 vezes mais elevada que a salinidade da água de irrigação (CEa). A salinidade média da água contida na zona radicular (CEzr) é a que deve ser tolerada pelas plantas, porém é bastante difícil de ser medida diretamente. No entanto,

uma das medidas de salinidade do solo é a condutividade elétrica do seu extrato de saturação (CEes), sendo sua concentração aproximadamente igual a metade do valor da concentração da solução do solo quando este encontra-se na capacidade de campo. Neste caso, a salinidade da água do solo na zona radicular é aproximadamente igual a 1,6 vezes a salinidade do extrato de saturação.

2.6 Freqüência de Irrigação

O manejo da salinidade constitui-se um aspecto importante quando se utiliza água de irrigação salina ou em áreas afetadas por sais. Dentre as práticas de manejo, destaca-se a freqüência de irrigação. Quanto maior o intervalo entre as irrigações, maior será a redução no teor de água do solo, com conseqüente aumento da concentração de sais na solução do solo, diminuindo os potenciais mátricos e osmótico da água do solo (Medeiros & Gheyi, 1997). No entanto, poucas evidências sustentam como recomendação comum de que o intervalo de irrigação deverá ser diminuído quando se utiliza água salina na irrigação (Hoffman et al., 1992).

Irrigações mais freqüentes aumentam a evaporação na superfície do solo, levando a aplicações adicionais de água e um acréscimo na quantidade de água aplicada, conseqüentemente, a diminuição do intervalo entre irrigações, visando superar o efeito da concentração de sais por ocasião do secamento do solo, pode resultar em um aumento global da salinidade dos solos na camada onde há maior concentração das raízes. Sob condições de equilíbrio, o aumento da freqüência de irrigação resulta em uma mudança para cima do pico de salinidade no perfil de distribuição de sais, fazendo com que aumente a concentração média de sais na porção superior da zona radicular (Bernstein & Francois, 1973). Alguns efeitos prejudiciais da alta freqüência de irrigação, tem sido relatado mais freqüentemente pelos pesquisadores.

Shalhevet et al. (1986) estudando diferentes intervalos de irrigação e salinidade da água em três tipos de solo na cultura do milho concluíram que uma função da salinidade média da zona radicular pode ser usada para todos os intervalos de irrigação.

De Pascale & Barbiari (1995) verificaram que irrigações mais freqüentes (2 dias em relação a 10) causaram maior salinidade média durante o cultivo na camada 0-30 cm. Yaron et al. (1972), avaliaram interações entre freqüências de irrigação, níveis iniciais

de salinidade e uso de águas salinas sem lixiviação na produção de amendoim e, verificaram que o potencial osmótico influenciou na diminuição da produção dessa cultura sob intervalos curtos de irrigação.

Wagenet et al. (1980) cultivando cevada em pequenas parcelas, em casa de vegetação, irrigado a 2 ou 4 dias, concluíram que a tolerância da cultura à salinidade foi maior para a menor frequência de irrigação.

A maioria dos resultados experimentais evidenciam que não é válida a suposição de que o intervalo de irrigação deverá ser diminuído sob condições salinas. A maioria dos estudos mostram efeito não interativo entre a salinidade e intervalos de irrigação, porém em algumas circunstâncias, irrigações mais frequentes podem ser prejudiciais (Hoffman et al., 1992).

Para irrigações convencionais, as culturas respondem a salinidade média do perfil da zona radicular, enquanto para irrigações de alta frequência, Rhoades & Loveday (1990) recomendam a média ponderada com a absorção de água em cada camada da zona radicular, o que proporciona menor salinidade do solo para a cultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e Caracterização da Área Experimental

O experimento foi conduzido no período de 15 de setembro a 30 novembro de 2000, na área experimental da Fazenda São João Ltda., localizada no km 4 da RN-15, no município de Mossoró-RN, situado na latitude 5° 11' S, longitude 37° 20' W Gr. e altitude de 18 m.

De acordo com a classificação de Gaussen, o bioclima da área é 4 ath tropical quente de seca acentuada, com índice xerotérmico entre 200 e 150 e 7 a 8 meses secos. Segundo a classificação de Koppen, o clima de Mossoró é do tipo BSw^h, isto é, seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média anual de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual bastante irregular, com média de 673,9 mm, e umidade relativa de 68,9 % (Carmo Filho, 1989).

O solo é classificado como Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico latossólico, textura franco argilo arenoso, fase caatinga hiperxerófila e relevo plano (SUDENE, 1968), atualmente classificado como Luvissole, cuja descrição morfológica, de um perfil próxima ao experimento, encontra-se no Apêndice 1. A análise física encontra-se descrita na Tabela 1.

A média da temperatura média diária, da umidade relativa e velocidade do vento durante o experimento foi de 28,2 °C, 62,5 % e 6,04 m.s⁻¹, respectivamente. Os dados climáticos diários durante o experimento, medidos na estação climatológica da ESAM, a 10 km da Fazenda São João, encontram-se na Figura 1.

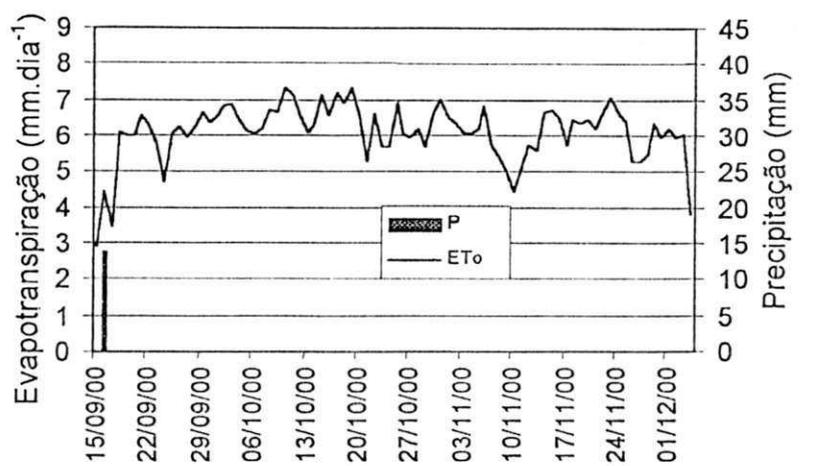
Tabela 1- Características físicas do solo da área experimental

Características físico-hídricas		Profundidade (cm)		
		0 - 15	15 - 30	30 - 45
Granulometria (g.kg)	Areia	713,7	662,5	46,21
	Silte	104,2	74,2	12,54
	Argila	182,1	263,3	40,75
Densidade aparente (Mg.m ⁻³)		1,62	1,60	1,59

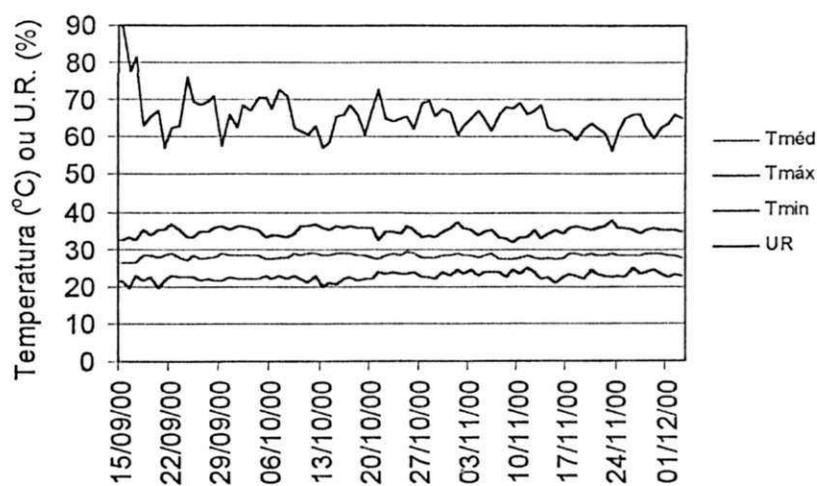
3.2 Tratamentos Estudados e Delineamento Estatístico

Os tratamentos foram compostos da combinação de três fatores: salinidade da água de irrigação com 3 níveis (S1 = 1,1 dS.m⁻¹; S2 = 2,5 dS.m⁻¹ e S3 = 4,5 dS.m⁻¹), duas cultivares de melão (O = Honey Dew cultivar Orange Flesh e T = Cantaloupe híbrido Trusty) e duas frequências de aplicação de lâmina de irrigação com 2 níveis (F1 = intervalos de um dia até os 35 dias após a semeadura (DAS) e duas vezes por dia a partir dos 36 DAS e F2 = intervalo de dois dias até os 35 DAS e uma vez por dia a partir dos 36 DAS). O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados completos com 04 repetições e os fatores estudados foram arranjados no esquema fatorial de 3 x 2 x 2.

Os tratamentos foram dispostos em 48 parcelas de 36 m² (6,00 x 6,00 m), sendo 12 tratamentos com 4 repetições. Cada parcela era composta por três fileiras de plantas espaçadas de 2,00 e 0,60 m entre covas com duas plantas, totalizando 20 plantas por fileira, das quais, apenas as 16 plantas centrais foram consideradas área útil e, as demais plantas da parcela foram consideradas como bordadura (Figura 2).



(a)



(b)

Figura 1- Valores diários da temperatura média ($T_{méd}$); máxima ($T_{máx}$) e mínima (T_{min}) e da Umidade relativa (UR) – (a) e da evapotranspiração (ET_0) e da precipitação (P) – (b), durante o ciclo cultural do melão.

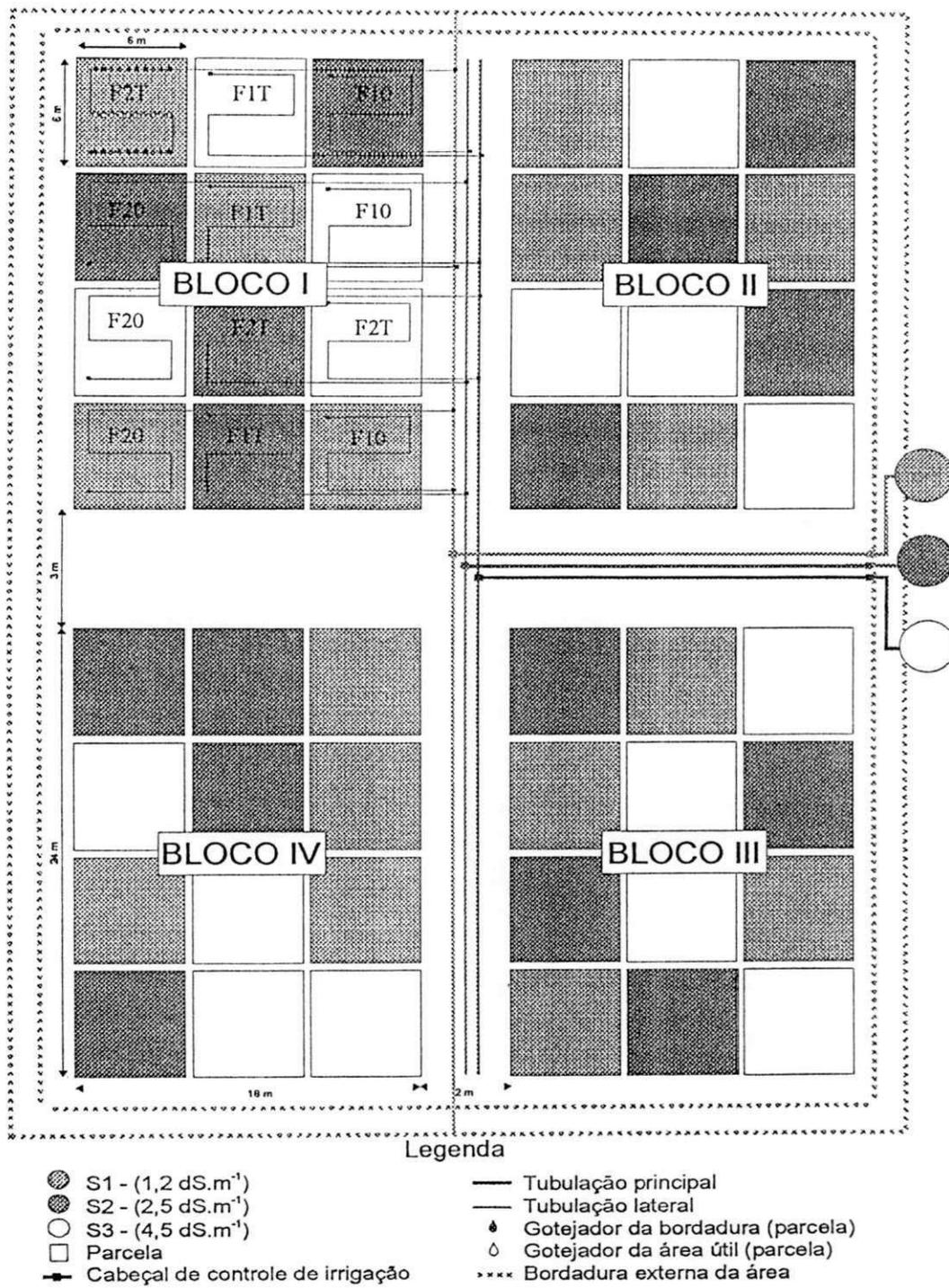


Figura 2- Croqui do experimento e “layout” do sistema de irrigação

3.3 Preparo das Águas e Controle das Irrigações

A água de menor salinidade (S1) foi composta da mistura de 70 % da água proveniente de um poço artesiano profundo ($CE = 0,6 \text{ dS.m}^{-1}$) e 30 % de um poço aberto no aquífero calcário ($CE = 2,5 \text{ dS.m}^{-1}$); a água de salinidade intermediária (S2) foi proveniente da água do aquífero calcário ($CE = 2,5 \text{ dS.m}^{-1}$), enquanto que a água de maior salinidade (S3) foi obtida acrescentando-se, na água S2, 1 kg.m^{-3} de NaCl. A análise química das águas utilizadas no experimento é descrita na Tabela 2.

A irrigação foi realizada de modo a repor as perdas por evapotranspiração da cultura, estimando para cada fase de desenvolvimento da planta a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith, proposto pela FAO (Allen, 1993) a partir da seguinte expressão:

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{t + 273} \right) \cdot V_2 \cdot (e_a - e_d)}{\Delta \cdot \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (8)$$

em que:

ET_o = evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1});

R_n = balanço de radiação na superfície ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$);

G = fluxo de calor no solo ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$);

t = temperatura média a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$);

V_2 = velocidade do vento a 2 m de altura (m.s^{-1});

$(e_a - e_d)$ = déficit de pressão de vapor a 2 m de altura (kPa);

Δ = gradiente da curva de pressão de vapor ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$);

γ = constante psicrométrica ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Tabela 2- Análise das águas utilizadas na irrigação

ÁGUA	CEa (dS.m ⁻¹)	pHa	ISL*	mmol.L ⁻¹							RAS** (mmol.L ⁻¹) ^{0,5}
				Ca	Mg	K	Na	Cl	HCO ₃	CO ₃	
S1	1,10	6,95	1,33	5,3	2,61	0,49	2,31	4,66	4,61	-	1,16
S2	2,50	6,80	1,86	9,9	5,20	0,13	6,08	11,80	6,50	-	2,21
S3	4,50	6,80	1,46	9,9	5,20	0,13	29,77	35,49	6,50	-	10,83

* Índice de Saturação de Langelier

** RAS corrigida

Foram utilizados os coeficientes de cultivo (Kc) propostos pela metodologia original da FAO modificada por Allen et al. (1996), utilizando-se a metodologia do Kc basal para as fases intermediária e final, correspondentes a 1,0 e 0,7.

Para todos os estádios de desenvolvimento da cultura, foram feitas correções no valor do Kc para ajuste das condições de vento, umidade relativa e altura de planta, conforme a equação sugerida por Allen et al. (1996):

$$Kc(\text{ajustado}) = Kc + [0,04 \times (V_2 - 2) - 0,004(UR_{\min} - 45)] \times (h/3)^{0,3} \quad (9)$$

em que:

h = altura de planta (m);

V₂ = velocidade do vento a 2 m de altura (m.s⁻¹);

UR_{min} = umidade relativa mínima diária (%).

O Kc inicial foi determinado a partir de estimativa da evaporação do solo na superfície molhada e o Kc basal para esta fase foi considerado 0,15. Para a fase intermediária adotou-se o Kc basal de 1,0 que é o recomendado para o melão amarelo e, iniciou-se quando a cultura atingiu um fator de cobertura de 0,8. Para a fase de crescimento estimou-se o Kc basal proporcional ao fator de cobertura mais o fator de evaporação do solo para a superfície molhada exposta ao sol. Para a fase final, que corresponde ao período de maturação, o Kc foi reduzido linearmente até aos 70 dias, previsto inicialmente como o ciclo total da cultura. O Kc foi adotado para a água S1 e cultivar Orange Flesh. Para os demais tratamentos, aplicou-se uma redução em função da umidade do solo e desenvolvimento vegetativo.

O cálculo da lâmina bruta de irrigação (LBI) diária foi feito da seguinte forma:

$$LBI = ETo \times Kc \times 1,1 \quad (10)$$

em que:

ETo = evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹);

Kc = coeficiente de cultivo diário;

1,1 = é o fator que representa uma aplicação de 10 % em excesso da necessidade hídrica da cultura.

Entretanto, segundo Allen et al. (1999), o melão cantaloupe americano, caso do Honey Dew, o Kc basal para a fase intermediária é 0,75 e 0,55 para o final do ciclo, o que sugere que a água aplicado nestas fases tenha sido superior a 10 %.

3.4 Instalação e Condução do Experimento

3.4.1 Preparo do solo

O preparo do solo constou de uma aração, duas gradagens e passagem da enxada rotativa na faixa de solo onde foi plantado o melão.

3.4.2 Plantio

O plantio foi realizado no dia 15 de setembro de 2000, utilizando-se o espaçamento de 2 m entre linhas de plantas e 0,60 m entre covas com duas semente por cova, correspondendo ao espaçamento do gotejador, a uma profundidade de aproximadamente 2 a 3 cm. Aos 7 e aos 12 dias após a semeadura foram realizados um replantio e aos 16 dias foi feito o desbaste deixando duas plantas por cova, o que resultou numa população de plantio de 16.667 plantas por hectare.

Paralelamente ao plantio foi semeado uma linha de sorgo contornando o experimento com intuito de criar uma barreira quebra vento, prática comum na região produtora, devido aos estragos que o vento causa às folhas do meloeiro.

3.4.3 Irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, constituindo-se de um conjunto de moto-bomba com cabeçal de controle composto de filtro de disco de 120 mesh, sistema de controle de pressão e injetor de fertilizantes; tubulação principal 32 mm, linha lateral de polietileno flexível de 16 mm. Os gotejadores foram do tipo autocompensante com vazão nominal de $3,75 \text{ L.h}^{-1}$, previamente avaliados no campo, sob condições normais de operação, apresentando um coeficiente de variação de vazão de 6,33 % e vazão de $4,12 \text{ L.h}^{-1}$.

Cada parcela representava uma sub-unidade de irrigação, onde foram instalados registros para controlar o tempo ou volume de água aplicado em cada parcela. Foram utilizados 3 conjuntos motor bomba para aplicar os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

As linhas laterais foram dispostas no campo em forma de “S” de modo que uma linha lateral atendesse 3 linhas de irrigação dentro de uma mesma parcela, permitindo o uso de apenas um registro no controle de cada parcela.

A lâmina diária de água aplicada por irrigação, no período de semeadura à colheita do melão é descrita no Apêndice 2. O valor da lâmina média diária e acumulada de água irrigação, em mm, por época de aplicação para as diferentes salinidade de água, frequência de irrigação e cultivar de melão são apresentados na Tabela 3.

As irrigações foram realizadas e ajustadas com base no monitoramento da umidade do solo com o uso de tensiômetros instalados nas profundidades de 0,15; 0,30 e 0,45 m num raio de 0,15 m da planta e do gotejador, na região central de cada parcela experimental de dois blocos. Num bloco experimental utilizou-se tensiômetros com manômetro de mercúrio e no outro, tensiômetros com leituras feitas usando tensiômetros de pressão. Utilizou-se o potencial mátrico para a profundidade de 0,15 m de -30 kPa como valor crítico para definir o turno de rega da menor frequência de irrigação (F2).

Tabela 3- Lâminas médias diárias e acumuladas de água aplicada, em mm, por época de aplicação para as diferentes salinidade de água, frequência de irrigação e cultivar de melão

Tratamento	Intervalos de Dias Após a Semeadura							
	1-16		17-34		35-47		48-72	
	Trusty							
	Diária	Acum	Diária	Acum	Diária	Acum	Diária	Acum
S1F1	1,56	24,89	2,73	71,24	6,13	144,77	5,46	270,36
S1F2	1,56	24,89	2,42	66,09	6,06	138,76	5,41	263,21
S2F1	1,56	24,89	2,73	71,24	5,70	139,62	5,22	259,78
S2F2	1,56	24,89	2,42	66,09	5,60	133,32	5,17	252,34
S3F1	1,56	24,89	2,73	71,24	5,51	137,33	4,64	244,04
S3F2	1,56	24,89	2,42	66,09	5,41	131,03	4,57	236,03
	Orange Flash							
S1F1	1,56	24,89	2,73	71,24	6,13	144,77	5,78	277,80
S1F2	1,56	24,89	2,42	66,09	6,06	138,76	5,76	271,22
S2F1	1,56	24,89	2,73	71,24	5,70	139,62	5,55	267,22
S2F2	1,56	24,89	2,42	66,09	5,60	133,32	5,50	259,78
S3F1	1,56	24,89	2,73	71,24	5,51	137,33	4,96	251,48
S3F2	1,56	24,89	2,42	66,09	5,41	131,03	4,96	245,19

Para o cálculo do potencial da água no solo, determinado por tensiômetro, foi utilizada a seguinte expressão matemática:

$$\psi_m = (L \times 1013) - (20 + Y) \quad (11)$$

ψ_m = potencial mátrico de água no solo (cm.c.a);

L = leitura do tensiômetro (bar);

Y = profundidade da superfície do solo ao centro da cápsula de cerâmica (cm);

20 = altura da coluna de água, da superfície do solo à superfície da água dentro dos tensiômetros.

Em amostras de solos coletadas a diferentes profundidade foi determinado o teor de água no solo, através do método da câmara de pressão de Richards (Richards, 1948) para $\psi_m < -10$ kPa e em mesa de tensão para os potenciais maiores. A capacidade de campo foi determinada a partir da curva de retenção de água no solo, ajustada pela expressão matemática desenvolvida por Genuchten (1980), adotando o ponto de inflexão da curva como a capacidade de campo (Dourado Neto et al., 1995):

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / [1 + (\psi \cdot \alpha)^n]^m \quad (12)$$

em que:

θ = umidade a base de volume ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

ψ = potencial de água no solo (cm);

θ_r = umidade residual ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

θ_s = umidade de saturação ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

α , m e n = parâmetros empíricos do modelo matemático.

Os parâmetros empíricos da equação de retenção de água no solo nas camadas de 0-30 e 30-45 cm são descritos na Tabela 4. Os valores da capacidade de campo calculados, para as camadas de 0-30 e 30-45 foram de 0,16 e 0,24 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$, respectivamente, através dessa curva.

Tabela 4- Parâmetros da equação de retenção de água no solo nas camadas de 0-30 e 30-45

PARÂMETRO	CAMADAS (cm)	
	0-30	30-45
S		
α	0,0745	0,1131
m	0,4178	0,3972
n	1,7177	1,6534
θ_r	0,1260	0,2230
θ_s	0,3700	0,3940
r^2	0,9950	0,9940

3.4.4 Adubação

As adubações foram realizadas diariamente em fertirrigação, seguindo o cronograma da Fazenda São João com base na necessidade da cultura a partir do sétimo dia após a semeadura até o enchimento do fruto. As quantidades totais utilizadas até o final do ciclo foram: Nitrogênio = 229,95 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$; Fósforo = 247,70 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$; Potássio = 423,00 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, nas formas de Nitrato de amônio e Uréia; Ácido fosfórico e Ácido nítrico; Sulfato e Nitrato de potássio. As quantidades aplicadas de cada fertilizante estão apresentadas no Apêndice 3.

3.4.5 Parâmetros Avaliados

3.4.5.1 Avaliação da Salinidade Dentro do Bulbo Úmido Usando Extratores de Solução

Para avaliar a variação da CE e do pH dentro do bulbo úmido foi instalada uma bateria com 9 extratores por cada tratamento a 0,15; 0,30 e 0,45 m de profundidade e a uma distância de 0; 0,20 e 0,40 m da linha do gotejador, conforme ilustrado no Apêndice 4. Para se obter o extrato, um dia anterior ao da coleta, era retirado o ar dentro dos extratores, introduzindo-se uma agulha com seringa de 60 mL na borracha especial de vedação, criando uma pressão interna de - 30 kPa. O extrato (solução do solo) foi coletado três dias consecutivos por semana ao longo do ciclo da cultura e, as amostras, conduzidas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da Escola Superior de Agricultura de Mossoró para efetuar as leituras de condutividade elétrica e do pH. Após a terceira leitura semanal os extratores eram preenchidos com água destilada, passando a funcionar como tensiômetro, nos quais realizavam-se leituras três vezes por semana às 6:00, 13:00 e 17:00 h até os 72 dias após o plantio. Após a última leitura era retirada a água destilada e realizada uma nova sucção. No Apêndice 5 são mostrados os valores do módulo do potencial mátrico médio para as profundidades de 0,15; 0,30 e 0,45 m em cada tratamento estudado.

Para 4 épocas de amostragem de extrato (36, 50 e 70 dias após a semeadura) obteve-se uma amostra composta para cada profundidade e cada parcela estudada e determinou-se os valores de Ca, Mg, K, Na, Cl e P.

3.4.5.2 Evolução da Salinidade do Solo Medida a Partir de Amostras de Solo

Foram realizadas avaliações freqüentes da evolução da salinidade do solo ao longo do ciclo da cultura.

A determinação da salinidade do solo foi feita para as camadas 0-15, 15-30 e 30-45, no início (20 dias), aos 45 dias e no final do ciclo (70 dias). As amostras de solo, em cada parcela experimental, constituíram de amostras compostas de 3 pontos a 15 cm do gotejador, em forma de triângulo (Apêndice 6). As amostras foram coletadas com um trado de solo tipo holandês, de 30 mm de diâmetro; secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha 2 mm, onde foram determinados a salinidade e o pH. Para a última coleta

de solo realizou-se análise química completa para as amostras compostas de cada profundidade e tratamento.

A salinidade do solo (condutividade elétrica do extrato de saturação-CEes) foi estimada com base em estudo de regressão a partir da $CE_{1;2}$, medida no sobrenadante obtido numa mistura de uma parte de solo para duas de água destilada. Para estimar a CEes, medida padrão para a análise de resposta das culturas à salinidade, a partir da $CE_{1;2}$ estabeleceu-se uma equação de regressão determinada a partir de medidas destas CE's do extrato, obtidos da pasta de saturação, em parte das amostras (Medeiros et al., 1993; Rhoades & Miyamoto, 1990), representando todas as épocas e profundidades de amostragem e tratamentos.

O preparo da pasta de saturação, consistiu na agitação, com uma espátula, de 500 g da amostra de solo, em recipiente plástico de 600 mL, durante a adição gradual de água destilada até que a mesma apresentasse as características desejadas, tais como: superfície brilhosa, movimento lento em posição inclinada e fácil deslizamento sobre a espátula.

Com a finalidade de estudar um novo método de obtenção de extrato, após 8 horas do preparo da pasta, retirou-se o extrato por dois métodos:

1) O método padrão - consistiu na separação do extrato da pasta utilizando-se um funil de buckner com papel de filtro, acoplado a um kitasato e uma bomba de sucção e o método proposto;

2) Método dos Extratores – utilizou-se um extrator de solução, de fabricação caseira, confeccionados com tubos de PVC rígido opaco de $\frac{1}{2}$ ” e transparente de $\frac{3}{4}$ ”, cápsula de cerâmica, adesivos epóxi e fita crepe. Para obtenção do extrato, colocou-se 300 g da pasta de saturação em um copo descartável e introduziu-se a extremidade porosa do extrator, envolvida com papel de filtro. Vedando-se a outra extremidade com borracha especial, retirou-se o ar dentro do extrator, com o auxílio de uma seringa de 60 mL e agulha, deixando em repouso por 6 h, obtendo, em seguida, o extrato da pasta de saturação.

Após a obtenção do extrato, determinou-se CE_{es} através de um medidor de condutividade, anotando-se, em seguida, a temperatura do extrato. O valor da CE foi convertido para a temperatura padrão de 25° C, multiplicando-se por um fator de correção.

Com os valores da $CE_{1;2}$ e de CEes dos extratos obtidos pelo método padrão e dos extratores foram elaboradas equações de regressão para as diferentes camadas, onde foram analisados a maior correlação entre os métodos. Com objetivo de corrigir os erros tanto no

eixo das ordenadas como das abcissas foi estabelecido uma análise estrutural das equações, encontrando-se uma equação média entre os coeficiente angular e linear das equações e das suas respectivas inversa. Desta forma, as equações de regressões utilizadas para determinar a condutividade elétrica do extrato de saturação estimada (CEese) foram $CEese = 7,19 (CE_{1:2}) + 0,09$ para as camadas de 0-15 e 15-30 cm e $CEese = 4,59 (CE_{1:2}) + 0,54$ para a camada 30-45 cm, obtidas pelo método dos extratores, por apresentar maior coeficiente de correlação entre a estimativa da CEes a partir da $CE_{1:2}$ e não diferir do método padrão.

Para determinar o perfil transversal de salinidade do solo ao longo do ciclo da cultura e estimar a diminuição do bulbo molhado, foram retiradas amostras ao longo do ciclo do melão, à esquerda e à direita do gotejador, ou seja, coletadas a cada 15, 45 e 75 cm para ambos os lados nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-45 cm. A partir dos dados de salinidade foram traçadas as curvas de evolução da salinidade ao longo do ciclo do meloeiro e os perfis de salinidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação utilizando-se Extratores

A Figura 3 mostra a relação entre a CEes e CE_{1:2} e seus coeficientes de determinação encontrados para as amostras coletadas a 0-15 e 15-30 cm e para 30-45 cm para o método padrão e do extrator. Observa-se que a maior correlação entre a CEes e CE_{1:2} foi obtida para o método do extrator, com valores de R² de 0,95 e 0,93 para as camadas de 0-15 e 15-30 cm e 30-45 cm, respectivamente, valores estes inferiores aos obtidos pelo método padrão, que foram 0,90 e 0,88. Isto sugere que o método do extrator tem alta precisão para estimar a CEes, pois se existe alta correlação com a CE_{1:2}, inclusive mais elevada do que o método padrão, é devido ao fato do bom funcionamento do método, haja visto ser comum encontrar coeficiente de determinação acima de 0,90 para a relação entre CE_{1:2} e CEes (Medeiros, 1998).

Considerando a relação entre CEes e CE_{1:2} quando se utiliza o extrator para a CEes, verifica-se que para as camadas até a profundidade de 30 cm fornece equação diferente da obtida para a camada de 30-45 cm. Tal fato é explicado pela diferença na textura entre as camadas e, conseqüentemente, com valores diferentes de umidade de saturação do solo (Tabela 5). Considerando que as relações são para valores que são ambos sujeitos a erros, sugere o uso de análise estrutural ao invés de regressão, gerando a seguinte relação CEes = 7,19 (CE_{1:2}) + 0,09 para as camadas de 0-15 e 15-30 e CEes = 4,59 (CE_{1:2}) + 0,54 para 30-45 cm, obtidas pelo método do extrator.

Tabela 5- Umidade de saturação medida nas pastas de saturação para os amostras de solos irrigados por diferentes níveis de salinidade

Camadas (cm)	Umidade de saturação (gKg ⁻¹)			
	S ₁	S ₂	S ₃	Média
0-15	18,26	16,72	18,13	17,70
15-30	16,96	17,60	18,60	17,72
30-45	25,82	25,82	26,23	25,93

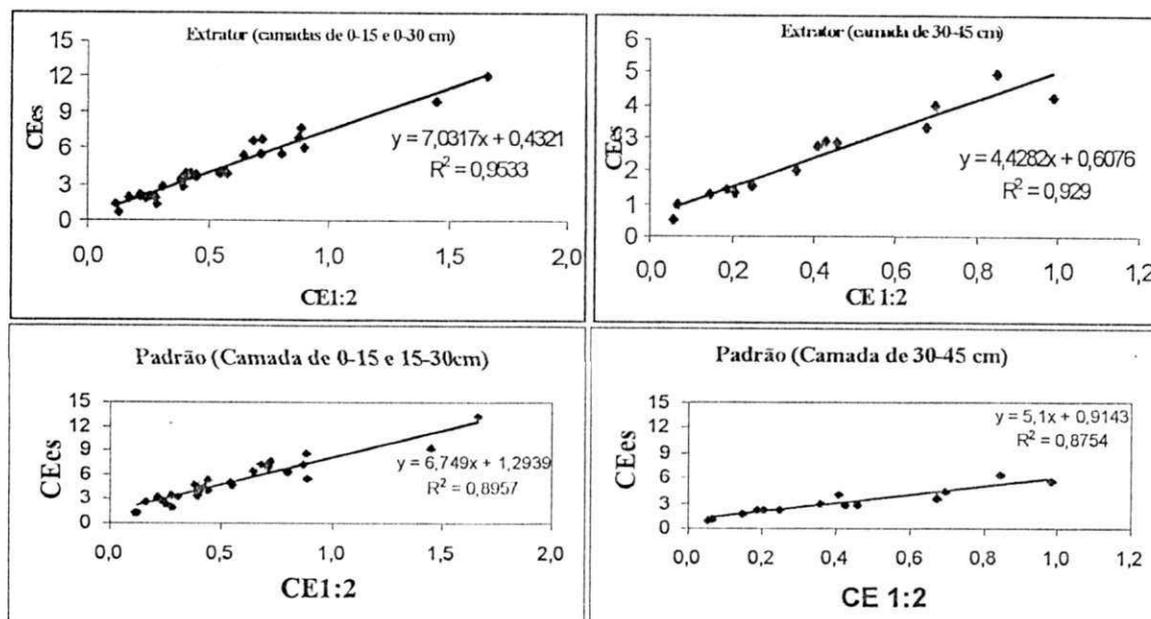


Figura 3- Relação entre a CEes e CE_{1:2} e seus coeficientes de determinação encontrados para as amostras coletadas nas camadas de 0-15 e 15-30 cm e 30-45 cm para o método padrão e do extrator.

A Figura 4 mostra o grau de correlação entre a condutividade elétrica do extrato de saturação obtida pelo método padrão e extrator nas camadas de 0-30 e 30-45 cm, bem como suas equações. Observa-se que a maior correlação foi obtida para a camada de 0-15 e 15-30 cm, com valores de R^2 de 0,96, enquanto para a camada de 30-45 cm R^2 foi de 0,91. As equações que relacionam a CEes determinada pelo método padrão e do extrator são $[CEes_{(Extrator)} = 0,9878 \times CEes_{(Padrão)} - 0,6292]$ para as camadas de 0-15 e 15-30 cm e $[CEes_{(Extrator)} = 0,8039 \times CEes_{(Padrão)} - 0,0081]$ para a camada de 30-45 cm.

Verifica-se que para a camada 0-15 e 15-30 cm a inclinação da reta é 0,988, não difere de 1,00 a nível de 0,01 de probabilidade. Por outro lado, para a camada de 30-45 cm, solo mais argiloso, a CE do extrato obtido pelo método do extrator foi 80 % da CE do extrato obtido pelo método padrão, que deve estar associado ao pouco volume coletado pelo extrator (10 cm^{-1}) para estas amostras e a diluição pela água destilada que saturava a cápsula, que era de $1,5 \text{ cm}^{-1}$.

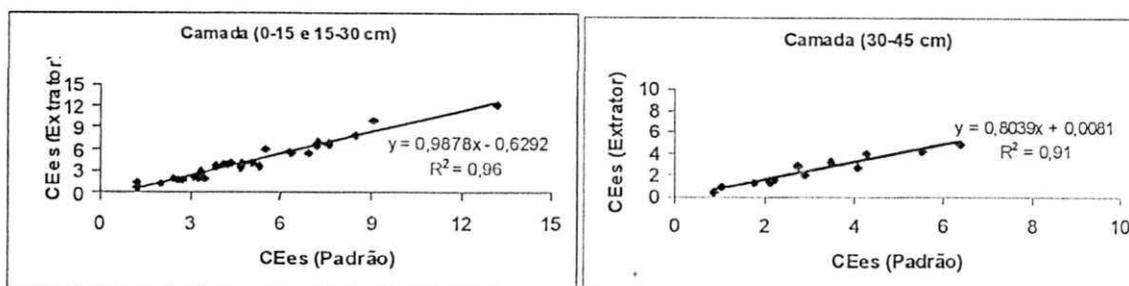


Figura 4- Equações de regressão entre as condutividades elétricas do extrato de saturação obtida pelo método padrão e extrator para as amostras coletadas nas camadas de 0-15 e 15-30 cm e para 30-45 cm.

4.2 Evolução da Salinidade do Solo na Zona Radicular do Meloeiro Determinada por Amostragem de Solo

A Figura 5 mostra a evolução dos perfis de salinidade do solo, na região situado a 0,15 m do gotejador, entre 21 e 72 dias após a semeadura do melão (DAS), em função da salinidade da água e da frequência de irrigação. Verifica-se que aos 21 DAS a salinidade era maior na camada superficial do solo (0-15 cm) do que nas camadas mais profundas (15-30 e 30-45 cm), sendo praticamente constante a partir dos 30 cm de profundidade. O aumento da salinidade em todas as profundidades foi proporcional à salinidade da água, sendo que a aos 72 DAS o valor da salinidade do solo irrigado com água S1 manteve-se constante na camada superficial, em relação a salinidade no início do cultivo (21 DAS).

Quanto ao efeito da frequência de irrigação, verificou-se que os perfis de salinidade foram semelhantes para o início (21 DAS), porém aos 72 DAS houve aumento da salinidade ao longo de todo perfil, em relação ao verificado aos 21 DAS, com tendência da frequência F1 produzir maior salinidade ao longo do perfil. Com respeito à tendência de maiores valores de salinidade no perfil para a maior frequência de irrigação estão de acordo com Hoffman et al. (1992), os quais comentam que irrigações mais frequentes, pelo fato de se aplicar menores lâminas por evento de irrigação, elevam o pico de salinidade para as camadas superiores.

Resultados semelhantes foram encontrados por Medeiros (1998), Blanco (1999), Silveira (1999) e Cruciani et al. (1996), os quais demonstraram que os valores de salinidade decrescem com a profundidade do solo com o tempo e que o acúmulo de sais é

maior na camada superficial do solo, quando se faz irrigações localizadas durante períodos curtos.

De acordo com Ayers & Westcot (1991), ao atingir o equilíbrio, a concentração de sais aumenta com a profundidade devido ao fato de que a água de irrigação evapotranspirada pela cultura deixa seus sais na zona radicular para serem deslocados por irrigações subseqüentes para sua parte inferior, onde se acumulam até serem lixiviados para maiores profundidades.

Sob condições irrigadas, a absorção de água pelas plantas e sua evaporação da superfície do solo fazem com que os sais se concentrem na zona radicular, sendo esta concentração proporcional ao volume de água removido (Bresler et al., 1982).

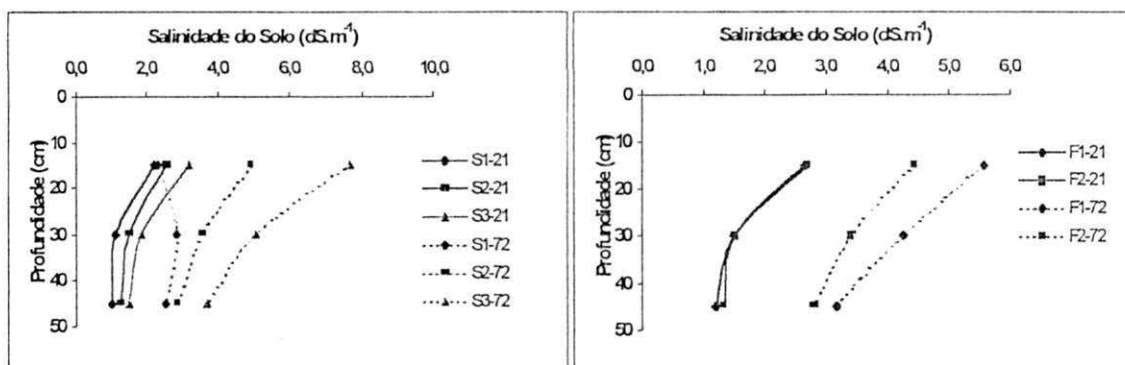


Figura 5- Perfis de salinidade do solo cultivado com melão, expressos em CEese, para as diferentes salinidade de água e freqüência de irrigação aos 21 e 72 dias após a semeadura.

A Figura 6 apresenta a evolução da salinidade do solo em cada camada (ponto de amostragem), durante o ciclo cultural do melão, nas diferentes salinidades de água e freqüências de irrigação. Maiores valores de salinidade foram observados para as camadas mais superficiais ao longo do ciclo nas diferentes águas e freqüências de irrigação. Observa-se ainda que, a partir dos 21 DAS, para todas as amostragens efetuadas, a salinidade do solo nas parcelas irrigadas com água de maior salinidade foi superior a da água menos salina em todas as camadas de solo. Tal fato pode ser explicado pela maior quantidade de sais adicionados ao solo quando irrigado com água altamente salina ($CEa = 4,5 \text{ dS.m}^{-1}$), considerando que se aplicou em torno de 85 % do volume de água no níveis menos salino.

No geral, os tratamentos proporcionaram curvas de salinização aproximadamente paralelas entre as camadas de solo, com um aumento entre 21 e 45 dias e redução para o final do ciclo. A redução nos valores de salinidade do solo, em cada camada pode ser atribuída a posição do bulbo úmido onde foi monitorada, aproximadamente 0,15 m do seu centro, região esta onde ocorre lixiviação tanto na vertical como na horizontal (Medeiros, 1998) e a lâmina de irrigação maior (Tabela 3), o que proporcionou aumento na largura do bulbo molhado, levando os sais para a periferia mais distante, ou seja, fora da área onde foi monitorada a salinidade. Também pelo fato da concentração de sais nas águas de irrigação, devido aos adubos aplicados ter sido maior do que nas outras épocas, conforme indicado no Apêndice 3.

Tal fato está de acordo com Medeiros (1998) ao afirmar que a principal influência da irrigação com água altamente salina é produzir valores de salinidade do solo maiores a partir do início do cultivo. Gurgel (1999) também verificou evolução da salinidade ao longo do ciclo do meloeiro de forma semelhante.

A Tabela 6 mostra o resumo da análise da variância e médias da salinidade do solo ao longo do tempo, para as profundidades 0-15, 15-30 e 30-45 cm, aos 21, 45 e 72 dias após a semeadura. Verifica-se que apenas a salinidade da água afetou de forma significativa ($p < 0,05$) a salinidade do solo, apresentando um crescimento proporcional a salinidade da água de irrigação. Observa-se também que a salinidade média do solo para todos os níveis de salinidade de água diminuiu com a profundidade. Pode-se notar que a irrigação com água S1 resultou numa salinidade final na camada de 0-15 de $2,24 \text{ dS.m}^{-1}$, estando no limite de tolerância de salinidade para as culturas moderadamente sensíveis, a exemplo a cultura do melão, que é de $2,2 \text{ dS.m}^{-1}$, conforme Pizzaro (1990).

Os perfis transversais de salinidade do solo, medidos aos 35 e 68 DAS, em parcelas irrigadas com água de baixa salinidade (S1) e altamente salina (S3), para as duas freqüências de irrigação (F1 e F2) estão apresentados na Figura 7. Verifica-se que os maiores níveis de salinidade ocorreram na região próxima a superfície, entre 15 e 20 cm do gotejador e também no lado que estava a planta, cujos resultados corroboram com Medeiros (1998), Gurgel (1999) e Blanco (1999). Tal fato pode ser atribuído à ascensão capilar e ao movimento lateral da água com sais após a infiltração da água no centro do bulbo, como também pela maior evaporação e extração de água pelas plantas na camada superficial e próximo ao gotejador, como citam Hoffman et al. (1992). A evolução dos

perfis mostra que há um alargamento do bulbo com o tempo, com a salinidade aumentando para a periferia, sobretudo para o lado onde está a planta.

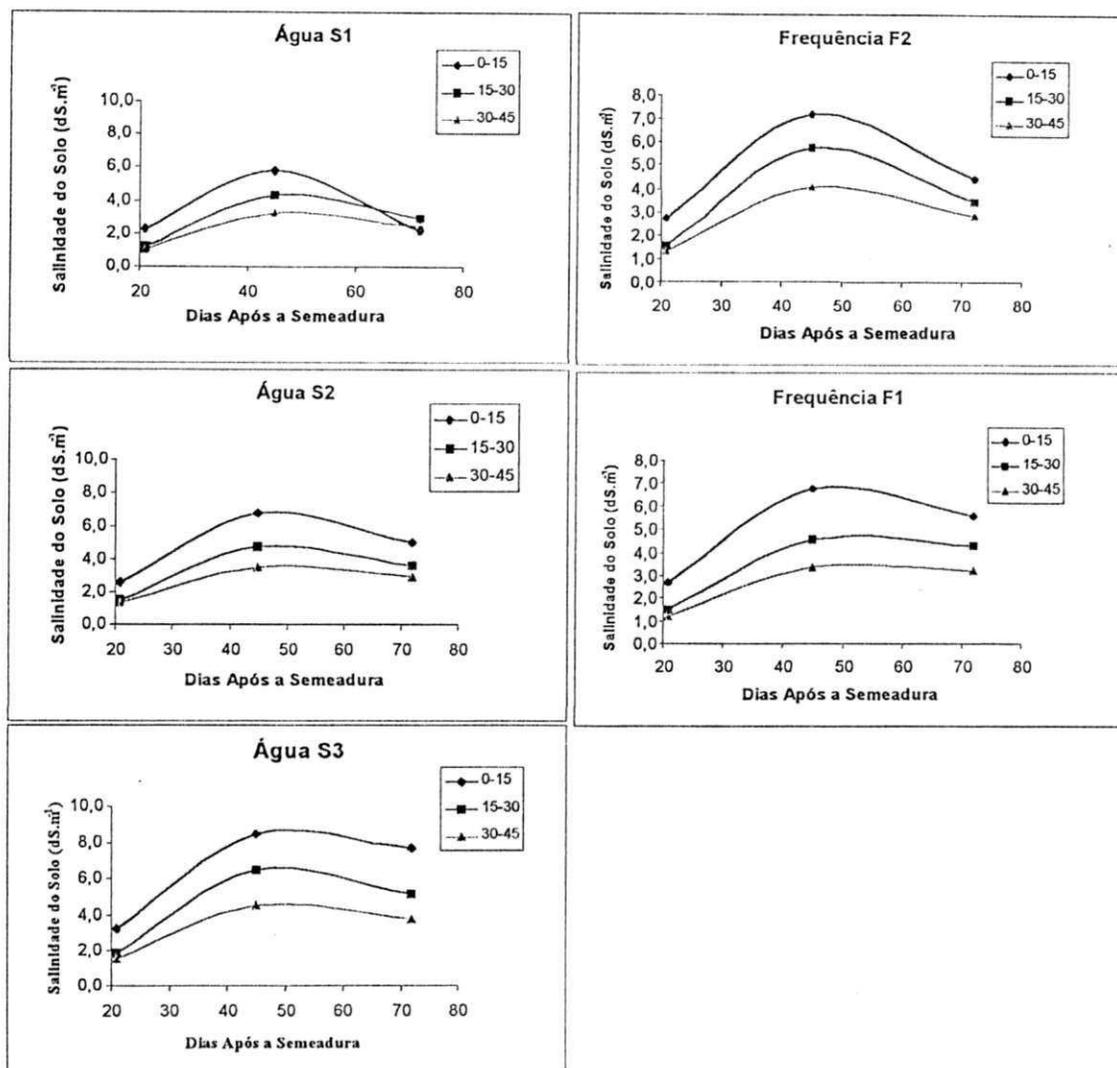


Figura 6- Evolução da salinidade do solo ao longo do ciclo do meloeiro para cada camada de solo e, para cada salinidade da água e frequência de irrigação.

Com relação à frequência de irrigação, observa-se um maior acúmulo de sais nas irrigações com maior frequência, sobretudo nas camadas mais superficiais. Isto provavelmente ocorreu devido às irrigações mais frequentes aumentarem a evaporação na superfície do solo, resultando em uma maior evapotranspiração e, conseqüentemente maior volume de água aplicado por irrigação, o que resultou em um aumento global na salinidade do solo. Sob condições de equilíbrio, o aumento da frequência de irrigação resulta em uma

mudança para cima do pico de salinidade no perfil de distribuição de sais, fazendo com que aumente a concentração média de sais na porção superior da zona radicular (Bernstein & Francois, 1973, citado por Medeiros, 1998). Com menos frequência de irrigação, as lâminas de água aplicadas por evento de irrigação são maiores, aumentando o movimento lateral e vertical da água.

Tabela 6 - Resumo da ANAVA e médias de salinidade do solo ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) ao longo do tempo nas camadas de 0-15, 15-30 e 30-45 cm, para as salinidades de água, frequência de irrigação e cultivar

Fator	21 DAS			45 DAS			72 DAS		
	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45
Estatística F									
-Salinidade	4,06*	5,90**	2,00 ^{ns}	3,68*	2,98 ^{ns}	3,79*	12,15**	2,36 ^{ns}	3,99*
Linear	8,12**	11,45*	3,98 ^{ns}	7,34**	5,17*	7,23*	23,98**	4,7*	7,97**
-Frequência	0,012 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,26 ^{ns}	2,36 ^{ns}	3,38 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,88 ^{ns}
- Cultivar	0,133 ^{ns}	9,26**	0,18 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,183 ^{ns}
QMres	1,254	0,164	0,374	4,07	3,701	0,991	4,709	4,34	0,9039
Médias									
Salinidade									
S1=1,2	2,24	1,14	1,03	5,75	4,26	3,21	2,34	2,86	2,38
S2=2,5	2,58	1,52	1,30	6,75	4,71	3,46	5,00	3,61	2,91
S3=4,5	3,22	1,83	1,64	8,46	6,48	4,50	7,70	5,08	7,71
S3/S1	1,44	1,61	1,59	1,47	1,52	1,40	3,29	1,78	3,24
Frequência									
F1	2,66 a	1,50 a	1,21 a	6,77 a	4,55 a	3,34	5,58 a	4,26 a	3,18 a
F2	2,71 a	1,50 a	1,43 a	7,19 a	5,75 a	4,09	4,44 a	3,43 a	2,82 a
Cultivar									
C1	2,60 a	1,24 a	3,09 a	6,93 a	4,78 a	3,96	5,43 a	3,87 a	2,92 a
C2	2,77 a	1,75 b	2,92 a	7,04 a	5,51 a	3,47	4,59 a	3,82 a	3,09 a

^{ns} Não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

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

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

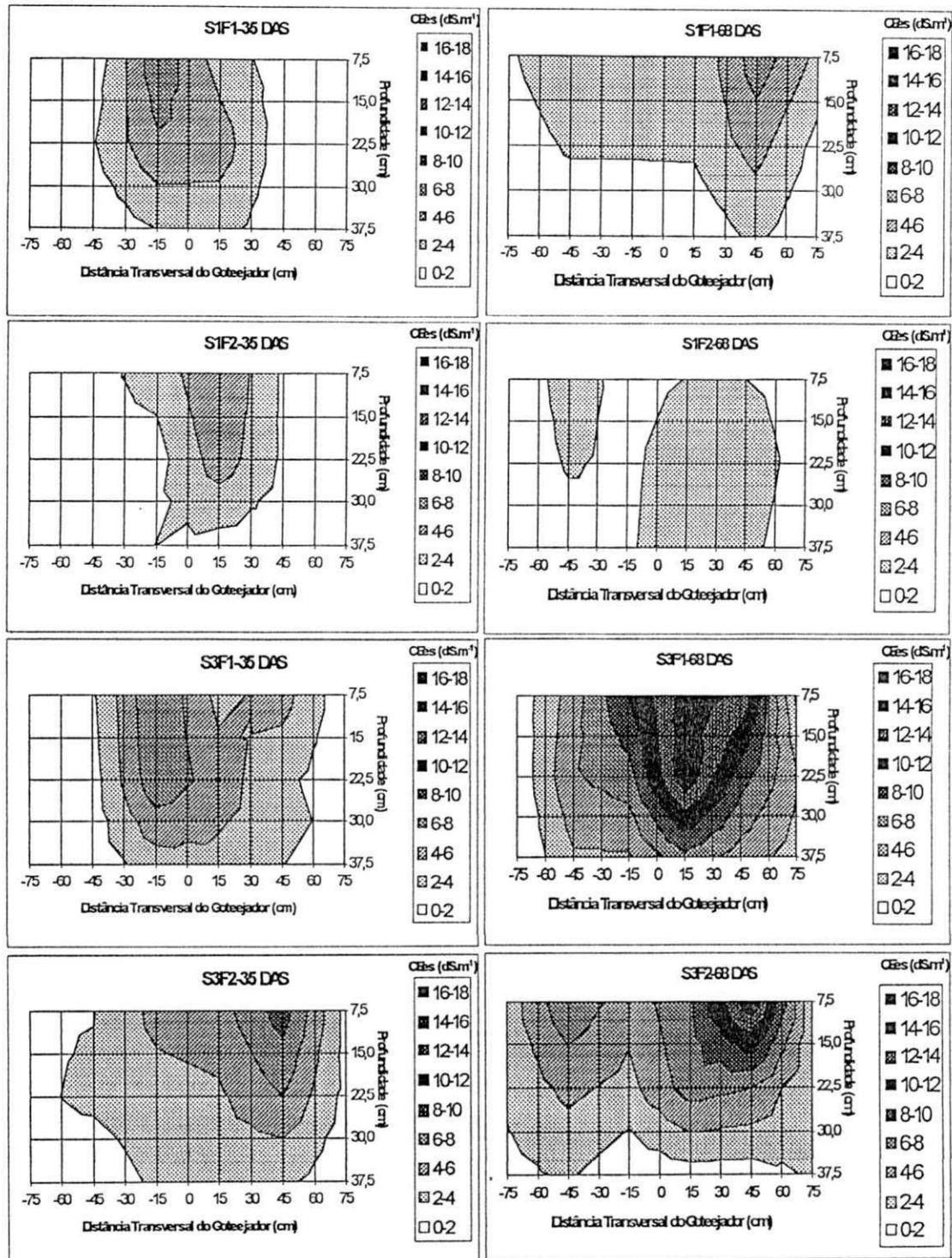


Figura 7- Perfis transversais de salinidade do solo, medidos aos 35 e 68 DAS para em parcelas irrigadas com água de baixa salinidade (S1) e altamente salina (S3), para as duas frequências de irrigação (F1 e F2).

A Tabela 7 mostra o resumo da análise da variância e médias da salinidade do solo, para as camadas 0-30 e 0-45cm (profundidade do sistema radicular) aos 21, 45 e 72 dias após a semeadura. Verifica-se que apenas a salinidade da água afetou de forma significativa ($p < 0,05$) a salinidade do solo ao longo do ciclo da cultura do melão. A salinidade do solo foi proporcional a salinidade da água de irrigação, sendo que aos 45 dias após a semeadura a salinidade do solo atingiu seu valor máximo para todos os níveis de água. Observa-se também que para 21 DAS, tanto considerando a camada de 0-30 e 0-45 cm a relação entre a salinidade do solo produzido pelas águas S3 e S1 foi da ordem 1,5, passando para 2,2 no final do ciclo.

Tabela 7 - Resumo da ANAVA e médias de salinidade do solo (dS.m^{-1}) ao longo do tempo nas camadas de 0-30 e 0-45 cm, para as salinidades de água, frequência de irrigação e cultivar.

Fator	21 DAS		45 DAS		72 DAS	
	Camada 0-30 cm	Camada 0-45 cm	Camada 0-30	Camada 0-45 cm	Camada 0-30 cm	Camada 0-45 cm
Estatística F						
- Níveis de Salinidade (S)	4,09*	7,52*	6,88**	6,47**	8,09*	7,83*
Linear	8,12**	14,95**	13,03*	12,12*	16,13**	15,59**
-Frequência (F)	0,01 ^{ns}	0,33 ^{ns}	2,13 ^{ns}	2,65 ^{ns}	1,65 ^{ns}	0,328 ^{ns}
- Cultivar (C)	1,96 ^{ns}	2,57 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,194 ^{ns}
Qmres	0,346	0,156	1,86	1,42	3,56	2,26
Médias						
Níveis de Salinidade (S)						
S1	1,69	1,47	5,00	4,40	2,60	2,53
S2	2,05	1,80	5,73	4,97	4,30	3,84
S3	2,53	2,24	7,47	6,48	6,39	5,50
S3/S1	1,50	1,52	1,49	1,47	2,46	2,17
Frequência (F)						
F1	2,08 a	1,79 a	5,66 a	4,89 a	4,92 a	4,35 a
F2	2,10 a	1,88 a	6,47 a	5,68 a	3,94 a	3,56 a
Cultivar (C)						
C1	1,93 a	1,71 a	5,91 a	5,26 a	4,66 a	4,13 a
C2	2,26 a	1,96 a	6,22 a	5,31 a	4,21 a	3,78 a

A Figura 8 mostra a evolução da salinidade do solo na camada de 0-45 cm considerando a qualidade da água de irrigação. Observa-se que houve um aumento da salinidade até os 45 DAS, com maiores valores para as águas mais salinas (S3), porém na

última amostragem, ou seja, aos 72 DAS, houve uma redução da salinidade do solo em todos os tratamentos. Um dos fatores que ocasionou esta redução foi, provavelmente, não se ter levado em consideração a perda da folhagem da cultura na fase final do ciclo, com conseqüente diminuição na evapotranspiração, sendo a lâmina de água diária superestimada, ocasionando maior lixiviação dos sais para as camadas mais profundas. Além disso, a maior área coberta pelo bulbo ao longo do ciclo, fez com que o ponto de amostragem ficasse na região de maior lixiviação, como foi comentado anteriormente.

As médias da salinidade do solo na camada de 0-45 cm aumentaram linearmente com a salinidade da água de irrigação (Tabela 6 e Figura 8), porém não foram afetados pelas cultivares estudadas e freqüência de irrigação ($p < 0,05$), conforme mostra a Figura 10. Entretanto, houve tendência, no final do ciclo, da freqüência F2 proporcionar menor salinidade do que a F1. Vale salientar que a partir dos 45 dias as freqüências F1 e F2 passaram a ser de 2 e 1 vez por dia, respectivamente, ao invés de a cada dia ou dois dias.

Os valores de salinidade do solo foram mais altos do que a salinidade das águas, pelo fato dos adubos aplicados via fertirrigação ter contribuído para elevar a salinidade da água, além da fração de lixiviação não ter sido exagerada, pois o excesso de água “apenas” proporcionou um aumento do diâmetro do bulbo molhado, uma vez que o solo a partir dos 40 cm de profundidade apresenta um horizonte com baixa condutividade e não permite frações de lixiviações elevadas. De acordo com Keller (1966), o acúmulo de sais na zona radicular das culturas irrigadas dependem da concentração de sais na água, do método de aplicação, da precipitação pluviométrica e das peculiaridades do solo. Considerando que a quantidade de adubos foi igual para todos os tratamentos e que o volume de água variou com os tratamentos, a salinidade média da água para cada tratamento ficou, portanto, diferente.

Maiores quantidades de fertilizantes foram aplicados entre os intervalos de 35 e 45 dias (Apêndice 3), de forma que elevou a salinidade da água de irrigação e, conseqüentemente, aumentou a salinidade do solo neste período. Tal fato pode ser responsável, em parte, para a salinidade máxima, observada aos 45 DAS. Os valores dos coeficientes linear das equações encontradas na Figura 9 refletem a salinidade proveniente dos adubos, pois na CE da água, quando foi feito a análise de regressão, não somou a advinda dos adubos, que atingiu valores maiores que 1,0 %.

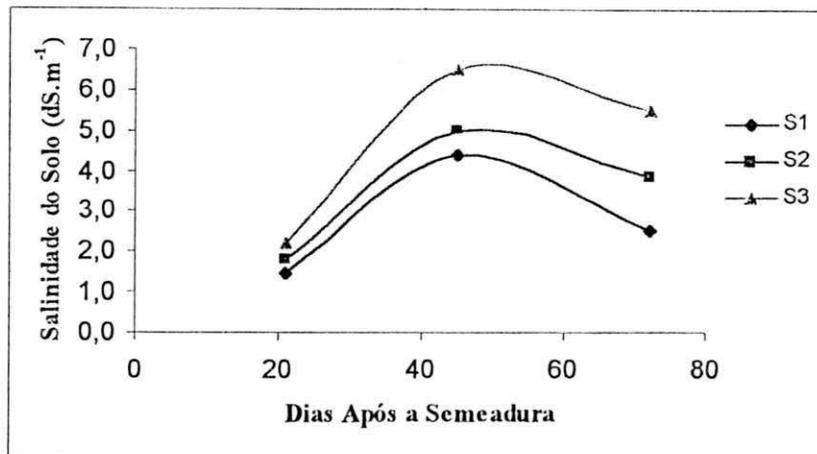


Figura 8- Evolução da salinidade do solo ao longo do ciclo da cultura do melão na camada de 0-45 cm, para as diferentes salinidades de água.

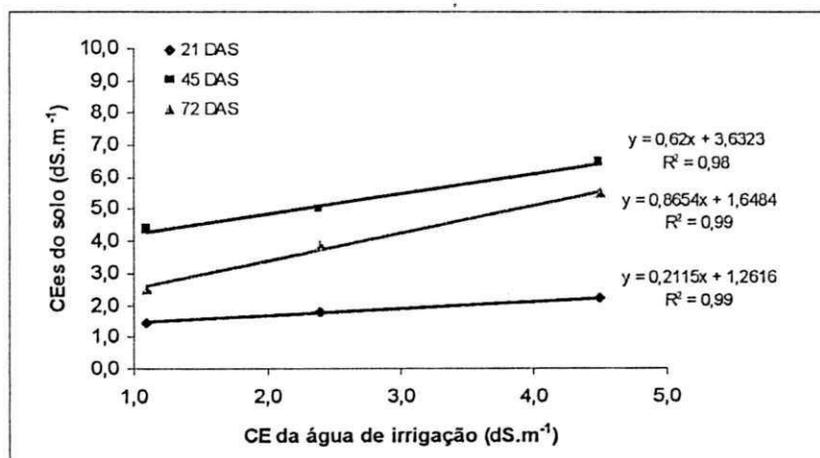


Figura 9- Salinidade do solo na camada 0-45 cm, para as diferentes épocas de amostragem, em função da salinidade da água de irrigação.

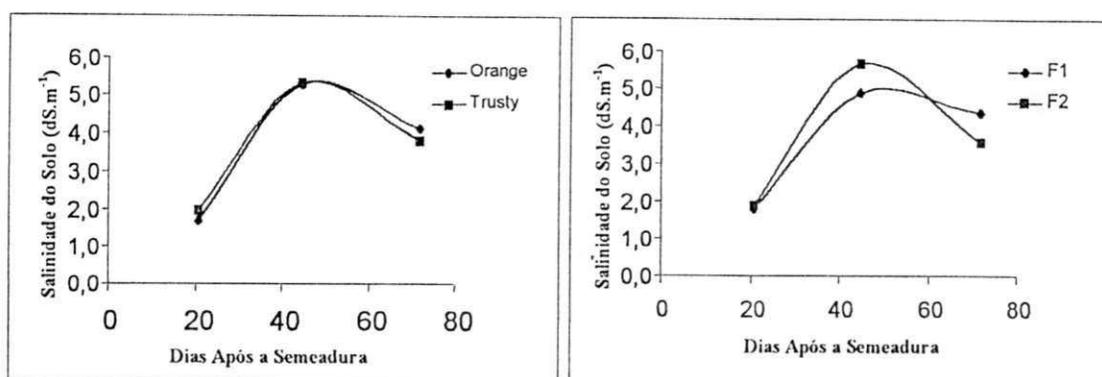


Figura 10- Evolução da salinidade do solo ao longo do ciclo da cultura do melão na camada de 0-45 cm, para as diferentes freqüências de irrigação e cultivar.

4.3 Potencial Mátrico do Solo Medido no Bulbo Molhado

O potencial mátrico (ψ_m) refere-se a energia com que a água está retida pela matriz do solo. Assim, quanto maior (menos negativo) o valor do ψ_m maior será a umidade do solo.

Irrigações com água de qualidade inferior, promove o acúmulo de sais no solo e, conseqüentemente, reduz o potencial osmótico, resultando em uma menor absorção de água pelas plantas em decorrência da redução do potencial total da água no solo. Desse modo, os efeitos dos sais sobre a absorção de água pelas plantas pode ser avaliada monitorando o ψ_m do solo, desde que a lâmina de irrigação aplicada seja igual para as diferentes condições salinas.

O Apêndice 5 apresenta os valores dos módulos do potencial mátrico do solo, medidos no bulbo úmido, para as diferentes níveis de salinidade de água, freqüência de irrigação e camadas de solo. Maiores valores do $|\psi_m|$ foram observados para o solo irrigado com água S1, apresentando uma grande variação entre as irrigações consecutivas a partir 35 dia após a sementeira o que indica uma maior absorção de água pelas plantas, mesmo tentando ajustar as irrigações pelas leituras tensiométricas.

A Tabela 8 apresenta os valores médios do módulo do potencial mátrico do solo, em cm.c.a, nas profundidade de 15, 30 e 45 cm, para diferentes salinidades de água e freqüência de irrigação. Observa-se que a variação dos valores de $|\psi_m|$ durante o ciclo foi menor à medida em que se aumentou a salinidade da água de irrigação, indicando baixa

variação da umidade do solo, causada pela menor absorção de água pelas planta, devido a diminuição do $|\psi_m|$.

Vale salientar que as leituras eram efetuadas pela manhã, antes das irrigações e à tarde, após as irrigações.

Tabela 8-Médias do módulo do potencial mátrico do solo das 3 posições horizontais* e em cada período, em cm.c.a nas profundidades de 15, 30 e 45 cm, para diferentes salinidades de água e frequência de irrigação.

Tratamento	Intervalos de Dias Após a Semeadura								
	25-32			35-48			48-62		
	15 cm	30 cm	45 cm	15cm	30cm	45cm	15cm	30cm	45cm
S1F1	37,21	24,94	11,85	54,43	38,88	66,65	93,49	45,22	118,58
S2F1	42,62	28,99	16,99	138,00	112,32	113,99	211,1	189,70	113,11
S3F1	55,46	36,39	32,21	110,42	105,83	88,30	58,70	72,80	77,80
S1F2	42,62	25,62	19,24	362,94	337,22	283,73	334,2	409,55	423,52
S2F2	48,03	26,97	16,69	110,42	105,83	88,30	58,70	72,80	77,80
S3F2	35,20	17,51	9,92	59,21	47,05	40,47	50,07	63,51	77,80

* 0, 20 e 40 cm do gotejador para o lado que estava a planta

4.4 Variação do pH do Solo Determinados na Amostra de Solo

A Tabela 9 mostra o resumo da análise de variância e médias do pH do solo ao longo do tempo, para as camadas de 0-15, 15-30 e 30-45 cm, aos 21, 45 e 72 dias após a semeadura. Analisando-se as médias do pH do solo obtidas nos diferentes níveis de salinidade de água e frequência de irrigação ao longo do ciclo cultural, para as diferentes camadas de solo, observa-se que não houve efeito significativo para as frequências de irrigação e cultivares estudadas. No entanto, houve efeito linear significativo nos valores de pH apenas aos 21 DAS na camada de 30-45 e aos 72 DAS para as camadas de 15-30 e 30-45 cm, onde a salinidade da água provocou um aumento no valor do pH do solo.

A Figura 12 mostra a variação do pH solo entre 21 e 72 dias após a semeadura (DAS), em função da salinidade do solo e frequência de irrigação. Observa-se que apesar dos fatores estudados para cada época não diferirem estatisticamente ($p < 0,05$), houve uma tendência de acréscimo no valor do pH do solo aos 72 dias, em relação ao início do ciclo e, seus valores foram tanto maior quanto mais salina foi a água de irrigação, indicando que a alta concentração de sais e HCO_3 na água de irrigação proporcionou um aumento no pH do solo. Verifica-se que o pH nas camadas mais superficiais é maior do

que nas camadas mais profundas aos 21 DAS e, aos 72 dias o pH do solo diminuiu com a profundidade, pois os sais localizados a menores profundidades elevam os valores de pH no solo.

A Figura 13 apresenta a variação do pH do solo no ponto de amostragem, durante o período de cultivo, em cada camada de solo, para as salinidades da água S1, S2 e S3 na camada de 0-45 cm. A salinidade da água de irrigação, sua principal influência foi ter produzido valores de pH maiores desde o início do cultivo, quanto mais salina foi a água. Menores valores de pH aos 45 DAS devem estar associado a altas dosagens de H_3PO_4 aplicados neste período. Valores de pH menores no início reflete o pH natural do solo, embora antes do período chuvoso o pH do solo encontrava-se ao redor de 7,0, tendo sido reduzido, provavelmente, devido as duas chuvas ocorridas (maiores do que 600 mm) e no início ter aplicado-se ácido nítrico para controlar obstruções dos gotejadores.

O pH do solo é influenciado pela composição e natureza dos cátions trocáveis, composição e concentração de sais solúveis e a presença ou ausência do gesso e carbonato de cálcio e magnésio. Ele serve para indicar a possibilidade de ocorrência de íons tóxicos de alumínio, ferro e manganês no solo, como também o aumento ou a diminuição da disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Tabela 9- Resumo da ANAVA e médias do pH do solo nas camadas de 0-15, 15-30 e 30-45 cm, para as salinidades de água, frequência de irrigação e cultivar, aos 21, 45 e 72 dias após a semeadura.

Fator	21 DAS			45 DAS			72 DAS		
	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45
Estatística F									
-Salinidade	0,349 ^{ns}	0,09 ^{ns}	5,18*	0,49 ^{ns}	1,27 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,33 ^{ns}	5,40*	4,25*
Linear	0,11 ^{ns}	0,01 ^{ns}	8,48*	0,83 ^{ns}	1,70 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,65 ^{ns}	7,91*	7,58*
-Frequência	2,17 ^{ns}	2,74 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,81 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,16 ^{ns}
- Cultivar	0,88 ^{ns}	0,89 ^{ns}	4,59 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,39 ^{ns}	4,39 ^{ns}	5,52 ^{ns}	0,48 ^{ns}
QMres	0,033	0,027	0,021	0,7603	0,074	0,037	0,1303	0,109	0,168
Médias [#]									
Salinidade									
S1=1,2	5,99	5,89	5,70	5,68	5,58	5,59	6,60	6,19	5,96
S2=2,5	5,91	5,84	5,87	5,78	5,77	5,49	6,64	6,63	6,36
S3=4,5	5,95	5,85	5,92	5,81	5,77	5,68	6,74	6,69	6,54
Frequência									
F1	5,89 a	5,79 a	5,86 a	5,68 a	5,63 a	5,61 a	6,65 a	6,47 a	6,25 a
F2	6,01 a	5,90 a	5,80 a	5,83 a	5,79 a	5,57 a	6,67 a	6,53 a	6,32 a
Cultivar									
C1	5,94 a	5,88	5,89 a	5,70 a	5,73 a	5,54 a	6,51 a	6,35 a	6,27 a
C2	5,95 a	5,81	5,77 a	5,81 a	5,68 a	5,64 a	6,82 a	6,66 a	6,30 a

[#] Letras as colunas entre níveis de cada fator diferentes representa medias diferentes ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste "t".

^{ns} Não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

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

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

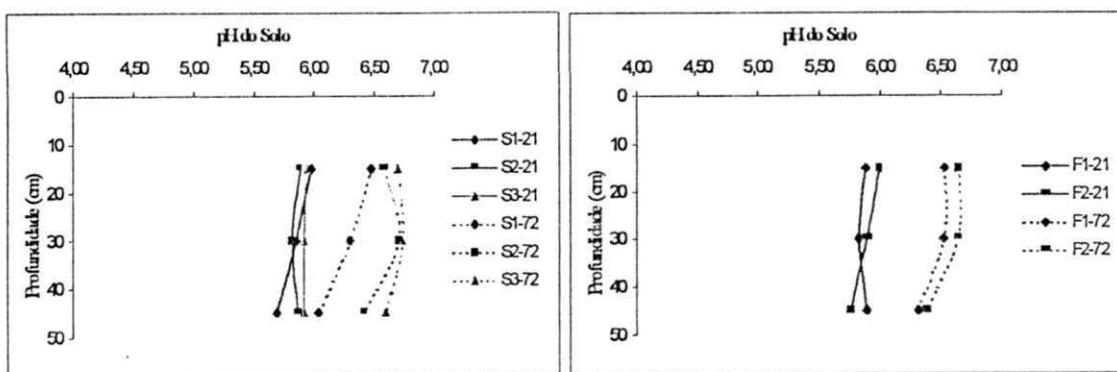


Figura 11- Perfis do pH do solo cultivado com melão, para as diferentes salinidades de água e frequência de irrigação aos 21 e 72 dias após a semeadura.

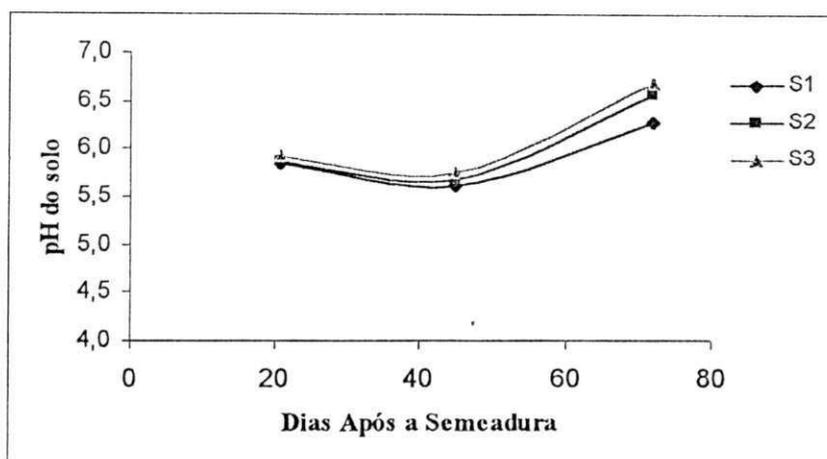


Figura 12- Variação do pH do solo para as diferentes salinidades de água de irrigação, durante o período de cultivo, na camada de 0-45 cm.

4.5 Salinidade no Bulbo Úmido Medida por Extratores

A Tabela 10 mostra as médias da condutividade elétrica para a camada de 0-45 cm medidas por extratores a 0, 20 e 40 cm do gotejador para as diferentes salinidade de água de irrigação. Maiores valores de salinidade foram observados próximos aos gotejadores e à medida que foi passando o tempo a salinidade média no perfil cresceu para a periferia (40 cm do gotejador), porém ficando ainda inferior ao valor obtido próximo do gotejador. Comportamento semelhantes foram constatado pelas amostras de solo.

Pode-se notar (Figura 14) que a salinidade do solo, na camada de 0-45 cm, aumenta linearmente com a elevação dos níveis de água de irrigação ao longo do ciclo da cultura do melão, com redução no final do ciclo (72 dias). Comportamento semelhante é observado na avaliação da salinidade do solo medida através da amostragem das camadas de solo ao longo do cultivo do meloeiro.

Tabela 10- Valores médios da condutividade elétrica na camada de 0-45 cm, medidos por extratores a 0, 20 e 40 cm do gotejador para as três épocas de amostragem.

Salinidade da Água	CE (dS.m ⁻¹) aos 28 DAS			
	0 cm	20 cm	40 cm	Média
1,2	2,94	2,10	1,53	2,19
2,5	3,73	3,35	2,61	3,23
4,5	6,19	4,60	3,74	4,84
Média	4,29	3,35	2,63	
Salinidade da Água	CE (dS.m ⁻¹) aos 45 DAS			
	0 cm	20 cm	40 cm	Média
1,1	4,61	4,93	3,66	4,42
2,4	6,76	5,89	5,17	5,94
4,5	9,37	9,37	3,74	7,49
Média	6,91	6,73	4,19	
Salinidade da Água	CE (dS.m ⁻¹) aos 72 DAS			
	0 cm	20 cm	40 cm	Média
1,2	5,78	3,83	2,80	4,14
2,4	4,76	5,16	3,67	4,53
4,5	7,22	7,44	8,23	7,63
Média	5,92	5,48	4,90	

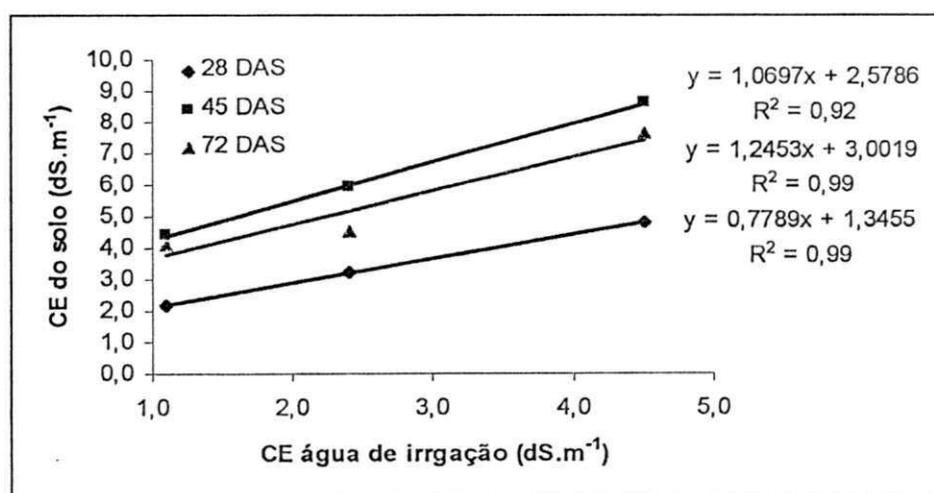


Figura 13- Relação entre a salinidade do solo ao longo do ciclo da cultura do melão na camada de 0-45 cm e a salinidade da água de irrigação, medidas por extratores.

A Figura 15 mostra a evolução da salinidade do solo determinada através de análise de solo (método padrão) e a obtida dos extratores em campo, localizados a 0 e 20 cm do gotejador para as água de irrigação na camada de 0-45 cm. Observa-se uma semelhança entre as curvas da salinidade do solo pelo método padrão e pelos extratores em campo, sendo a última superior em todas os níveis de salinidade de água. Tal fato pode ser explicado pelo extrator retirar a solução quando o solo está próximo a capacidade de campo ou abaixo deste ponto de umidade ($\Psi_m > -10$ kPa), sendo o teor de umidade no solo menor do que no ponto de saturação, enquanto no método padrão a salinidade é medida no extrato de saturação do solo, fazendo com que haja uma maior diluição dos sais na solução do solo, diminuindo a concentração salina e, conseqüentemente a condutividade elétrica do solo. Além disso, a salinidade nos extratores é pontual (ao redor da cápsula), enquanto no método padrão a amostragem representa uma média de uma camada de solo

Na Tabela 11 são apresentados os valores médios da umidade atual do solo (θ_{as}), da umidade de saturação (θ_{ss}) e da relação entre umidade atual e de saturação, para os diferente níveis de salinidade de água de irrigação, aos 21, 45 e 72 dias após a semeadura. Observa-se que a média da umidade saturação do solo é aproximadamente 1,67 vezes maior que a umidade atual do solo, ou seja $\theta_{ss} = 1,67 \times \theta_{as}$ ou $\theta_{as}/\theta_{ss} = 0,60$, indicando que o solo manteve-se próximo à capacidade de campo ao longo do ciclo da cultura. Desse modo, a condutividade elétrica medida nos extratores é aproximadamente igual 1,67 vezes a condutividade elétrica do extrato de saturação estimado, ou seja, $CE_{ex} = 1,67 CE_{ese}$ (Tabela 12). De acordo com Ayers & Westcot (1991) o solo de textura média tem umidade à capacidade de campo igual a metade da condição de saturação ($\theta_{cc} = 0,5 \times \theta_{ss}$) e, neste caso, a CE é obtida considerando que a solução salina concentra-se no solo em duas vezes ($CE_{cc} = 2 \times CE_{es}$). A relação maior entre θ_{as} e θ_{cc} observada no presente estudo é coerente, uma vez que o solo estudado apresenta textura arenosa para a camada de 0 a 30 cm.

A relação entre a umidade atual do solo e de saturação aproxima-se do valor do coeficiente angular da reta encontrada na relação entre a CE_{ex} e a CE_{ese} (Figura 15), que foi de 0,70. Silva et al. (1999) verificaram que a CE obtida por extratores corrigidos para umidade de saturação equivale a CE do extrato de saturação medida pelo método padrão (Richards, 1954).

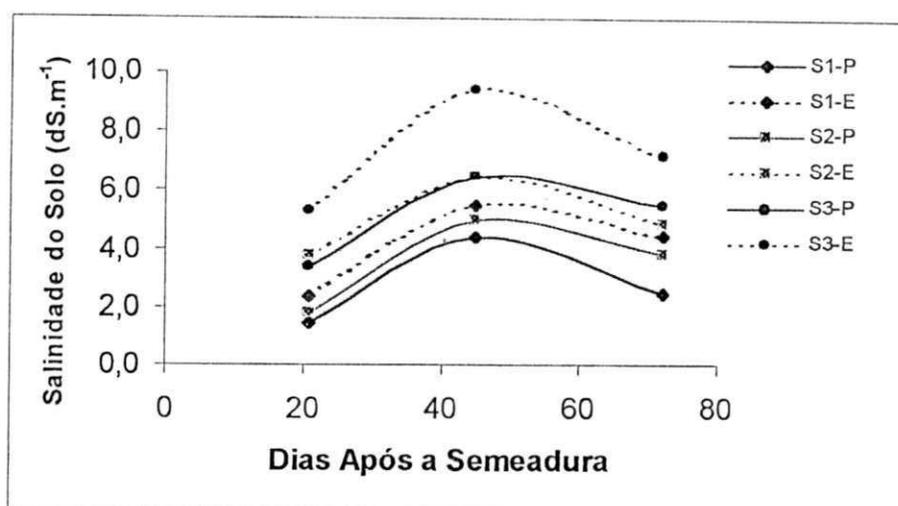


Figura 14- Evolução da salinidade do solo determinada através de análise de solo e a obtida dos extratores em campo (E) para as diferentes água de irrigação (S) na camada de 0-45 cm.

Tabela 11- Valores médios da umidade atual do solo (θ_{as}), de umidade de saturação do solo (θ_{ss}) e da relação θ_{as}/θ_{ss} , expressos em $g.g^{-1}$, para os diferentes níveis de salinidade de água de irrigação aos 21, 45 e 72 dias após a semeadura (DAS)

Parâmetros	21 DAS			
	S1	S2	S3	Média
Umidade Atual (θ_{as})	12,71	12,08	12,20	12,33
Umidade de Saturação (θ_{ss})	23,88	23,78	21,93	23,19
Relação θ_{as}/θ_{ss}	0,55	0,52	0,53	0,53
45 DAS				
Umidade Atual (θ_{as})	12,19	12,54	12,71	12,48
Umidade de Saturação (θ_{ss})	20,56	19,23	21,44	20,41
Relação θ_{as}/θ_{ss}	0,59	0,65	0,59	0,61
72 DAS				
Umidade Atual (θ_{as})	10,68	12,63	12,60	11,94
Umidade de Saturação (θ_{ss})	16,60	19,98	19,59	18,72
Relação θ_{as}/θ_{ss}	0,67	0,63	0,66	0,65
Média geral da relação $\theta_{as}/\theta_{ss} = 0,60$				

Tabela 12- Valores médios da CE da solução obtida por extratores (CEex), de CEese e da CE da solução do extrator corrigida para a umidade de saturação do solo (CEex corrigido), para os diferentes níveis de salinidade de água de irrigação aos 21, 45 e 72 dias após a semeadura (DAS).

Parâmetros	21 DAS			
	S1	S2	S3	Média
CEex	2,52	3,54	5,40	3,82
CEese	1,52	1,41	2,13	1,69
CEex (corrigido)*	1,40	1,85	2,98	2,07
45 DAS				
CEex	4,77	6,33	9,37	6,82
CEese	4,47	4,55	6,77	5,26
CEex (corrigido)*	2,80	4,12	5,49	4,13
72 DAS				
CEex	4,81	4,96	7,33	5,70
CEese	2,95	3,79	5,65	4,14
CEex (corrigido)*	3,20	3,07	4,83	3,70

* CEex (corrigido) = $(\theta_a/\theta_{ss}) \times CEex$

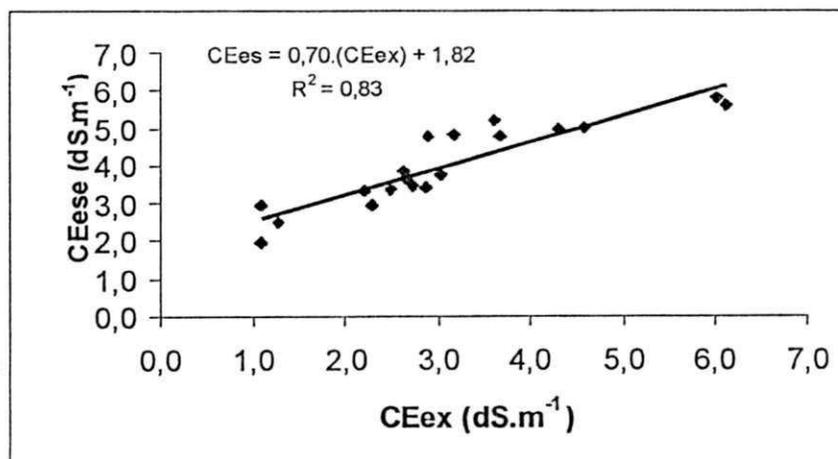


Figura 15- Relação entre CE determinada através de análise de solo (CEese) e a obtida dos extratores em campo (CEex)

5 CONCLUSÕES

- 1) Maiores níveis de salinidade ocorreram próximos a superfície do solo;
- 2) a salinidade do solo tendeu a diminuir a partir da metade do ciclo cultural do meloeiro;
- 3) a evolução da salinidade do solo é proporcional à concentração de sais da água de irrigação, independente da frequência de irrigação;
- 4) o bulbo de salinidade ainda não é característico para as condições de equilíbrio;
- 5) a irrigação com água de menor nível de salinidade resultou numa salinidade final na camada de 0-15 cm próxima ao limite de tolerância da cultura do meloeiro à salinidade;
- 6) houve uma tendência de acréscimo no valor do pH do solo e seu valores foram tanto maiores quanto mais salina foi a água de irrigação; aumentando durante o ciclo do meloeiro, porém seus valores ficaram abaixo de 7,0;
- 7) a condutividade elétrica medida do extrato de saturação do solo é igual 0,60 vezes a condutividade elétrica do extrator ($CE_{es} = 0,6 \times CE_{ex}$), aproximando-se da razão entre a umidade de saturação e a atual do solo.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALLEN, R.G. New approaches to estimating crop evapotranspiration. **Acta Horticulturae**, v.335, p.287-293, Apr. 1993.
- AYERS, R.S. **Quality of water for irrigation**. New York: J. Irrig. Drain Div., 1977. P. 135-154.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros e F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).
- BERNSTEIN, L.; FRANCOIS, L.E. Comparisons of drip, furrow, and sprinkler irrigation. **Soil Science**, v.115, n.1, p.73-86, 1973.
- BELTRAN, J. O. **Drenage agrícola**. 1 ed. Madrid: Ministério de la Agricultura, Pesca y Alimentación, 1986. 238p.
- BLANCO, F.F. **Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo**. Piracicaba: ESALQ, 1999, 104 p. (Dissertação de mestrado).
- BRESLER, E.; McNEAL, B.L.; CARTER, D.L. **Saline and sodic soils: principles-dynamics-modeling**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 236 p. (Advanced series in agricultural sciences, 10)
- CARMO FILHO, F. **Mossoró: Um município do semi-árido: características climáticas e aspectos florestais**. 2.ed. Mossoró: ESAM, 1989. 62 p. (Coleção Mossoroense, 672, série B).

- CASTRO, E.B. de. **Diagnostico da salinidade de solos empregando extratos aquosos diluídos (1:5), em bacias hidrográficas do Semi-árido do Nordeste do Brasil.** Mossoró: ESAM, 1992, 54 p. (Monografia de graduação).
- CRUCIANI, D.E. **A drenagem na agricultura.** 4.ed. São Paulo: Nobel, 1989, 337 p.
- CRUCIANI, D.E.; MEDEIROS, J.F. de; VILLA, S.T. Salinização de solos cultivado com feijão sob irrigação e lixiviação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11, Campinas, 1996. **Anais...** Campinas: FEC/FEAGRI/ABID, 1996. P 641-652.
- CHAPMAN, V. J. Salinity problem in general: its importance and distribution with special reference to natural halophytes. In: POLJAKOF MAYBER, A.; GALE, J. **Plants in saline environments.** New York: Springer-Verlag, 1975. P. 6-24.
- DAKER, A. **Irrigação e drenagem.** A água na agricultura. 2.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 543 p. 641-652.
- DE PASCALE, S.; BARBIERI, F. Effects of soil salinity from long-term irrigation with saline-sodic water on yield and quality of water vegetable crops. **Scientia Horticulturae**, v.64, p.145-157, 1995.
- DOURADO NETO, d.; NIELSEN, d.R.; HOPMANS, J.W.; PARLANGE, M.B. **Programa SWRC (Version 1.00): Soil-Water Retention curve (Software).** Piracicaba: ESALQ; Davis: University of California, 1995.
- FAO, Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação. **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.** Escritório Regional para a América Latina e o Caribe. Manual Técnico: A horta hidropônica popular. Chile, 1995. 122p.
- GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F de; BATISTA, M.A.F. de. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos salinos sódicos.** Mossoró: ESAM, 1992. 70 p. (Apostila).
- GOES, C.S. **Problemas de salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento.** Recife: MINTER/SUDENE, 1978. 20p. (Relatório de Resultados)

- GURGEL, M.T. **Evolução da salinidade do solo na cultura do melão, irrigado com diferentes lâminas de água com alta e baixa salinidade.** Mossoró: ESAM, 1999, 49 p. (Monografia de graduação)
- HERNANDES, F.B.T.; LEMOS FILHO, M.A.F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e balanço hídrico de Ilha Solteira.** Ilha Solteira: UNESP/FEIS, 1995. 45p. (Série Irrigação, 1).
- HOFFMAN, G.J.; HOWELL, T.A.; SOLOMON, K.H. (ed.) **Management of farm irrigation systems.** St. Joseph: ASAE, Pamela De-Vore-Hansen, 1992. cap.18, p.667-715. (ASAE Monograph, 9)
- HOLANDA, J.S. de. **Manejo de solo salino-sódico na região do baixo Açu-RN.** Piracicaba: ESALQ, 1996. 84p. (Tese de Doutorado).
- INGVALSON, R.D.; RHOADES, J.D.; PAGE, A.L. Correlation of alfalfa yield with various index of salinity. *Soil Science*, v.122, n.3, p.145-153, 1976.
- JENSEN, M.E., RANGELEY, W.R., DIELEMAN, P.J. Irrigation trend in World agriculture. In **Irrigation of agriculture crops.** Madison: Amer. Soc. Agron, 1990, p. 31-67.
- KELLER, J. Effect of water application on leaching. *Soil Sci.*, v.102, p. 107-114, 1966.
- LEPRUN, J.C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste.** Relatório final do Convênio Manejo e conservação do Solo do Nordeste Brasileiro. Recife: SUDENE - DRN, 1983. p.91-141 (Convênio SUDENE/ORSTON).
- LIMA, L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de (ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap. 4, p. 113-127.

- LISBOA, R. de A. **Caracterização físico-química e hidrodinâmica das águas subterrâneas usadas para irrigação nas áreas produtora de melão na chapada do Apodi RN.** Mossoró: ESAM, 2000, 31p. (Monografia de graduação).
- MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE.** Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado).
- MEDEIROS, J. F. de. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão.** Piracicaba: ESALQ, 1998. 152p. (Tese de Doutorado).
- MEDEIROS, J.F. de; CRUCIANI, E.D.; FOLEGATTI, M.V. **Manejo, monitoramento e controle da salinidade em áreas de estufa.** Piracicaba: ESALQ, 1997. 28p. (Apostila).
- MEDEIROS, J.F. de; GHEYI, H.R. Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de (ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA,** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap. 8, p. 239-284.
- OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de (ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL,** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap. 1, p. 1-35.
- PIZARRO, F.C. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos.** Madrid: Agrícola Espanola, 1978. 521p.
- PIZARRO, F.C.; DAMASCENO, J.J. **Normas actuación del DNOCS em relación com la salinización de los perímetros irrigados.** Fortaleza: DNOCS, 1975. 17p.
- RHOADES, J.D. Quality of water for irrigation. *Soil Science*, v.113, n.4, p.277-284, Apr. 1972.

- RHOADES, J.D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, D.R.; NIELSEN, D.R. (ed.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1990. p.1089-1142. (Agronomy, 30).
- RHOADES, J. D.; MERRILL, S. D. Assessing the suitability of water for irrigation: theoretical and empirical approaches. In: **PROGNOSIS OF SALINITY AND ALKALINITY**. Rome: FAO, 1976. p.69-110. (FAO. Soils Bulletin, 31).
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. The use of saline waters for crop production. Rome: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainagem Paper, 48)
- RHOADES, J.D.; MIYAMOTO, S. Testing soils for salinity and sodicity. In: WESTERMAN, R.L. (ed.) **Soil testing and plant analysis**. Madison: SSSA, 1990. cap. 12, p.299-336. (SSSA. Book Series, 3).
- RICHARDS, L.A. Pourous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. **Soil Science**, v.66, p.105-110, 1948.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- SANTOS, E.C. dos. **Efeito do cloreto de sódio na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial do mamoeiro**. Mossoró: ESAM, 2000. 35p. (Monografia de graduação).
- SANTOS, J.G.R. dos. **Desenvolvimento e produção da bananeira nanica sob diferentes níveis de salinidade e lâminas de água**. Campina Grande: UFPB, 1997. 173p. (Tese de doutorado).
- SANTOS, R.V dos; HERNANDEZ, F.F.F. Recuperação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de (ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL, Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap. 10, p. 337-356.

- SCALOPPI, E.D.; BRITO, R.A.L. Qualidade da água e do solo para irrigação. **Informe Agropecuário**, São Paulo, v. 139, n.12, p. 80-94. Mar. 1986.
- SHAINBERG, J.; OSTER, J. D. **Quality of irrigation water**. Bet. Dagan: International Irrigation Center, 1978. 65p.
- SHAINBERG, I; SUMMER, M.E.; MILLER, W.P.; FARINA, M.P.W.; PAVAN, M.A.; FEY, M.V. Use of gypsum on soil: A review. **Advances in Soil Science**, New York, v.9, p. 1-111, 1989.
- SHAINBERG, I.; RHOADES, J.D.; PRATHER, R.J. Effect of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of a sodic soils. **Soil Science Society of America Journal**. V. 45, n. 4, p. 7-273, 1981.
- SHALHEVET, J., VINTEN, A.; MEIRI, A. Irrigation interval as a factor in sweet corn response to salinity. **Agronomy Journal**, v.78, p.539-545, 1986.
- SILVA, E.F.F.; MIRANDA, J.H.; COELHO, R.D.; DUARTE, S.N.; FERREIRA, Y.R.P. Determinação da salinidade do solo utilizando extratores de cápsulas porosas e soluções diluídas. In: XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. **Anais...** Pelotas-RS. 1999.
- SILVEIRA, C.C da. **Avaliação da salinidade dentro do bulbo úmido na cultura do melão**. Mossoró: ESAM, 1999, 34 p. (Monografia de graduação).
- SUDENE. **Divisão Agrologica Mapa Exploratório- Reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Map ed. 75 x 85 cm, Escala 1:500.000, 1968 (Relatório anual).
- SUMMER, M.E. Uso atual do gesso no mundo em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBRAFOS, 1992. p.80.
- SZABOLCS, I. **Salt affected soils as world problem**. In: The reclamation of salt affected soils. Proc. Int. Symp. Jiman, China. Beijing Agric. Univ. 1985. p. 30-47.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMMITTEE OF CONSULTANTS. **Guidelines for interpretation of water quality for agriculture**. Davis: University of California, 1974. 13p.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, n.3, p.892-898, Dec. 1980.

VAN HOORN, J.W.; VAN ALPHEN, J.G. Salinity control. In: RITZEMA, H.P. (Ed.) **Drainage Principles and Applications**. Wageningen: ILRI, 1994., p.533-600. (ILRI Publication, 16).

WAGENET, R.J.; CAMPBELL, W.F.; BAMATRAFF, A.M.; TURNER, D.L. Salinity, irrigation frequency, and fertilization effect on barley growth. **Agronomy Journal**, v.72, p.969-974, Nov./Dec. 1980.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Descrição de um perfil característico do solo da área experimental

PERFIL-01

CLASSIFICAÇÃO: Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico latossólico, textura franco argilo arenosa.

LOCALIZAÇÃO: Estado do Rio Grande do Norte, município de Mossoró, Fazenda São João, 100 m a esquerda do córrego Fazenda São João distando 500 m da casa sede.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Trincheira no terço inferior em áreas de relevo suave ondulado com 3 a 6 % de declividade.

MATERIAL ORIGINÁRIO: CÁLCÁRIO MISTURADO COM SEDIMENTOS ARENOSOS TERCIÁRIO.

RELEVO LOCAL- suave ondulado

REGIONAL – plano

ALTITUDE: 80 a 90 m aproximadamente.

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE: raros afloramento de calcário na área local.

EROSÃO: laminar ligeira

DRENAGEM: bem drenado

VEGETAÇÃO REGIONAL: caatinga hiperxerofila

USO ATUAL: cultivo de melão irrigado.

DESCRIÇÃO DO PERFIL

Ap- 0-15 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido); bruno amarelo escuro (10YR 4/4, seco); areia franca; blocos sub-angulares, pequenos e médios; muitos poros pequenos e muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso; transição clara a ondulada.

B1- 15 a 33 cm; Vermelho Amarelo (5YR 4/6, úmido seco); franco argilo arenoso; blocos sub-angulares e laminares pequenos e médio; muitos poros pequenos e muitos muito pequenos; moderado, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B2+ 33-80+ cm; Vermelho amarelo (5YR 4/6, úmido e seco); franco argilo arenoso; blocos sub-angulares e laminares pequenos e médios; muitos poros pequenos e muitos muito pequeno; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso.

EXAMINADOR: Prof. Francisco Ernesto Sobrinho

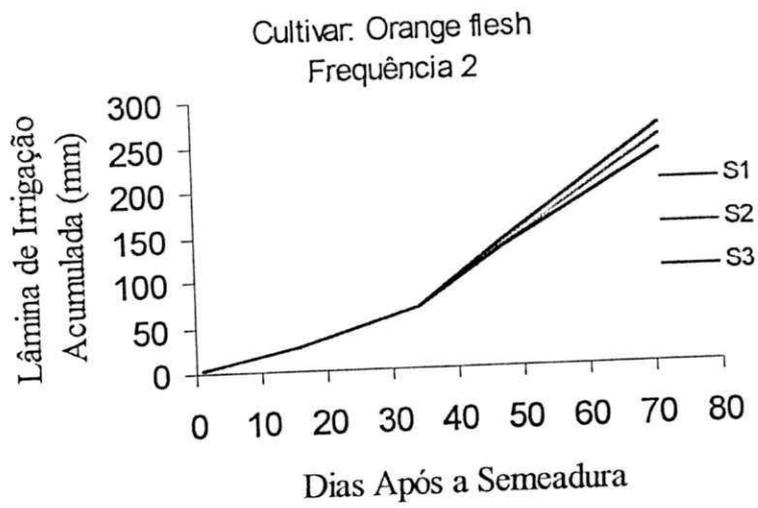
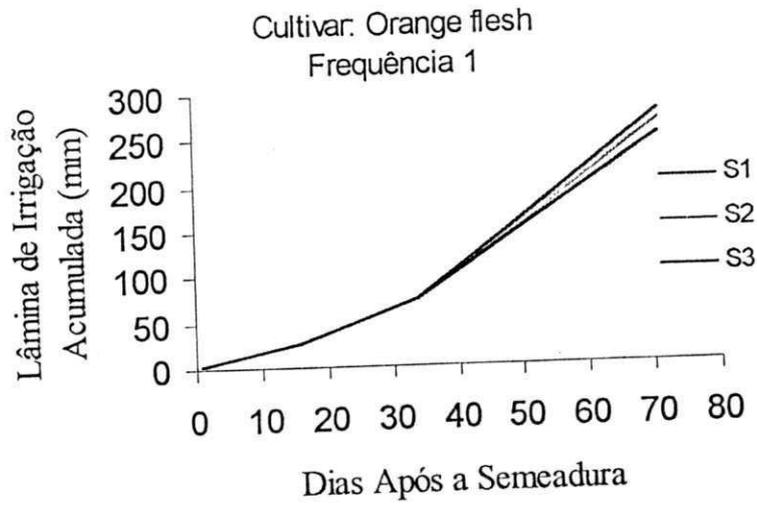
Granulometria e densidade do solo

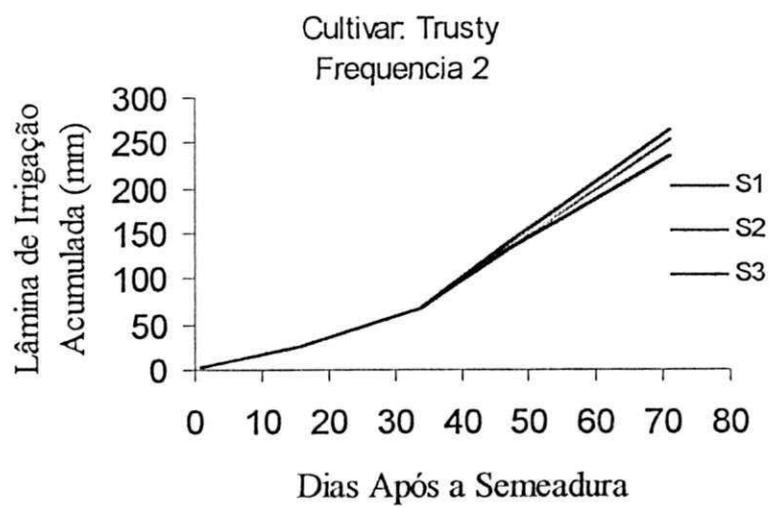
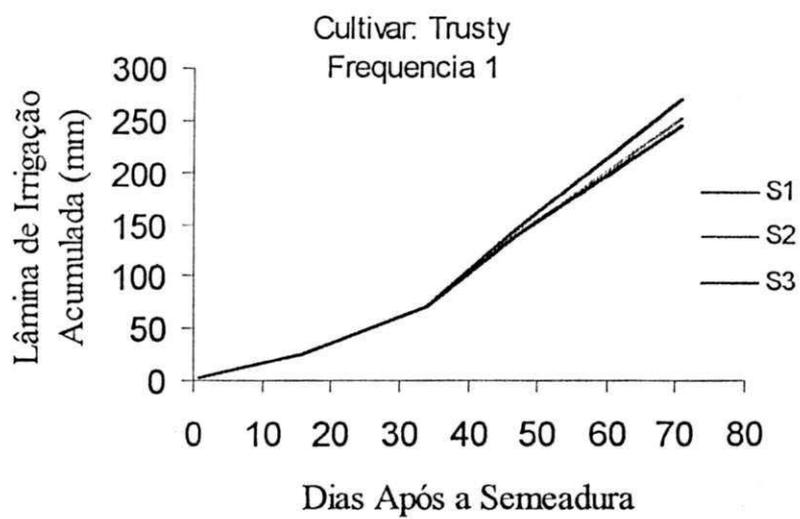
Amostra*	Argila	Silte	Areia			Densidade global	Classe
			Total	Fina	Grossa		
Ap	12	2	86	33	53	1,62	Ar. Fr.
B1	23	2	75	25	50	1,60	Fr. Arg. Ar.
B2	30	4	66	26	40	1,72	Fr. Arg. Ar.
0-7,5	16	4	80	31	49		Fr. Ar.
7,5-22,5	18	4	78	29	49		Fr. Ar.
22,5-37,5	24	3	73	31	42		Fr. Arg. Ar.
37,5-52,5	41	2	57	21	36		Arg. Ar.
52,5-67,5	46	2	52	22	30		Arg. Ar.

* As amostras coletadas nas camadas foram realizadas dentro da área experimental

APÊNDICE 2

Lâmina diária de água aplicada com irrigação durante o ciclo da cultura do melão



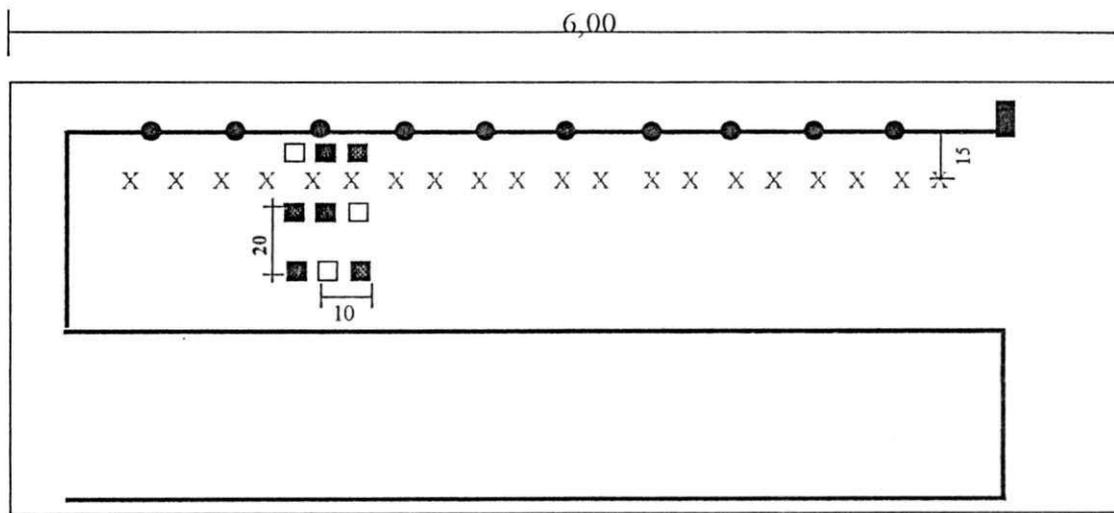


APÊNDICE 3- Quantidade de fertilizantes aplicados nas irrigações (kg por 0,25 ha) para as diferentes salinidades da água de irrigação, ao longo do ciclo da cultura.

DAS	FORMULAÇÃO	QUANTIDADE APLICADA			DAS	FORMULAÇÃO	QUANTIDADE APLICADA		
		N	P	K			N	P	K
7	26.12.12	0,78	0,36	0,36	27	26.12.12	0,39	0,18	0,18
8	26.12.12	0,78	0,36	0,36		Úreia	0,34	0,00	0,00
9	26.12.12	0,78	0,36	0,36		KNO3	0,56		1,17
10	26.12.12	0,78	0,36	0,36	28	26.12.12	0,29	0,14	0,14
11	26.12.12	0,78	0,36	0,36		Úreia	0,34	0,00	0,00
12						KNO3	0,49		1,03
13	00.52.34	0,00	1,39	0,91		Ac. Nit.	2,33	0,00	0,00
	26.12.12	0,68	0,32	0,32	29	26.12.12	0,29	0,14	0,14
14						Úreia	0,34	0,00	0,00
15	00.52.34	0,00	1,39	0,91		KNO3	0,49		1,03
	26.12.12	0,68	0,32	0,32	30	Úreia	1,01	0,00	0,00
16						KNO3	0,49		1,03
17	00.52.34	0,00	0,61	0,40		K2SO4			0,44
	26.12.12	0,68	0,32	0,32	31	Úreia	0,34	0,00	0,00
18	Ac. Fosf.	0,00	2,98	0,00		K2SO4			0,88
	00.52.34	0,00	0,61	0,40		00.52.34	0,00	0,52	0,34
	26.12.12	0,68	0,32	0,32		KNO3	0,42		
19	Ac. Nit.	2,33	0,00	0,00	32	26.12.12	0,39	0,18	0,18
	00.52.34	0,00	0,61	0,40		Úreia	1,35	0,00	0,00
	26.12.12	0,68	0,32	0,32		K2SO4			0,44
20	26.12.12	1,37	0,63	0,63		KNO3	0,28		
	00.52.34	0,00	0,87	0,57	33	26.12.12	0,39	0,18	0,18
21	26.12.12	1,37	0,63	0,63		Úreia	1,35	0,00	0,00
	00.52.34	0,00	0,87	0,57		K2SO4			0,44
22	26.12.12	1,37	0,63	0,63		KNO3	0,28		
	00.52.34	0,00	0,61	0,40	34	26.12.12	0,39	0,18	0,18
23	Úreia	2,70	0,00	0,00		Úreia	1,35	0,00	0,00
	26.12.12	1,17	0,54	0,54		K2SO4			0,44
	Ac. Fosf.	0,00	2,98	0,00		KNO3	0,28		
	26.12.12	0,39	0,18	0,18	35	26.12.12	0,39	0,18	0,18
24	Úreia	1,35	0,00	0,00		K2SO4			0,44
	Ac. Fosf.	0,00	2,98	0,00		00.52.34	0,00	0,52	0,34
	KNO3	0,56		1,17	36	K2SO4			0,88
	26.12.12	0,39	0,18	0,18		00.52.34	0,00	1,73	1,13
25	Úreia	1,35	0,00	0,00		26.12.12	0,39	0,18	0,18
	Ac. Fosf.	0,00	2,08	0,00	37	K2SO4			0,88
	KNO3	0,56		1,17		KNO3	0,35		
	26.12.12	0,39	0,18	0,18		00.52.34	0,00	1,73	1,13
26	Úreia	0,34	0,00	0,00	38	K2SO4			0,88
	Ac. Fosf.	0,00	2,98	0,00	39	KNO3	0,49		
	KNO3	0,56		1,17		Úreia	1,35	0,00	0,00
						KNO3	0,49		
						Úreia	0,68	0,00	0,00

DAS	FORMULAÇÃO	QUANTIDADE APLICADA			DAS	FORMULAÇÃO	QUANTIDADE APLICADA		
		N	P	K			N	P	K
39	K2SO4			0,59	53	K2SO4			1,17
	KNO3	0,49				KNO3	0,11		
	Úreia	0,68	0,00	0,00		26.12.12	0,20	0,09	0,09
40	K2SO4			0,59	54	K2SO4			1,17
	KNO3	0,49				KNO3	0,11		
	Úreia	0,68	0,00	0,00		Ac. Nit.	2,33	0,00	0,00
41	K2SO4			0,59	55	K2SO4			1,17
	KNO3	0,42				KNO3	0,11		
	Úreia	1,35	0,00	0,00		26.12.12	0,00	0,00	0,00
	Ac. Fosf.	0,00	2,38	0,00	56	K2SO4			1,17
42	K2SO4			0,59		KNO3	0,11		
	KNO3	0,49				26.12.12	0,00	0,00	0,00
43	K2SO4			1,17	57	K2SO4			1,17
	Úreia	1,35	0,00	0,00		KNO3	0,11		
	KNO3	0,42				26.12.12	0,00	0,00	0,00
	Ac. Fosf.	0,00	2,38	0,00	58	K2SO4			1,17
44	Não	0,00	0,00	0,00		KNO3	0,11		
45	K2SO4			1,32		Ac. Nit.	2,33	0,00	0,00
	Úreia	1,35	0,00	0,00	59	K2SO4			1,17
	KNO3	0,42				KNO3	0,11		
	Ac. Fosf.	0,00	2,38	0,00		26.12.12	0,00	0,00	0,00
46	K2SO4			1,32	60	K2SO4			1,32
	Úreia	0,68	0,00	0,00		KNO3	0,11		
	KNO3	0,21			61	K2SO4			1,32
47	Não	0,00	0,00	0,00		KNO3	0,11		
48	K2SO4			0,88	62	K2SO4			1,32
	KNO3	0,35				KNO3	0,11		
	Ac. Fosf.	0,00	0,89	0,00		Ac. Fosf.	0,00	1,49	0,00
49	K2SO4			0,88	63	K2SO4			1,32
	KNO3	0,35				Ac. Fosf.	0,00	1,49	0,00
	Ac. Fosf.	0,00	0,89	0,00	64	K2SO4			1,32
50	K2SO4			0,88		Ac. Fosf.	0,00	1,49	0,00
	KNO3	0,35			65	K2SO4			1,17
51	K2SO4			0,88		26.12.12	0,20	0,09	0,09
	KNO3	0,35				Ac. Fosf.	0,00	1,49	0,00
52	K2SO4			1,17	66	K2SO4			1,17
	KNO3	0,35				Ac. Fosf.	0,00	1,49	0,00
	26.12.12	0,20	0,09	0,09	67	K2SO4			1,17
					68	K2SO4			1,17
						Ac. Fosf.	0,00	1,49	0,00
					69	K2SO4			1,17
					70	K2SO4			1,17
TOTAL							58,09	54,40	60,65

APÊNDICE 4- Esquema de uma parcela experimental, indicando as posições dos extratores e tensiômetros.

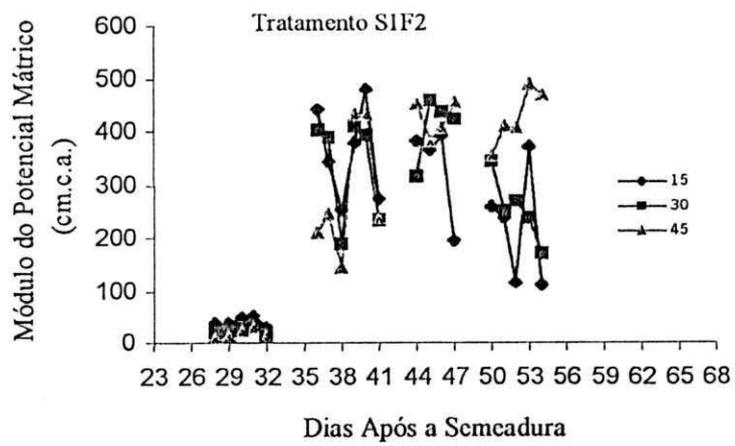
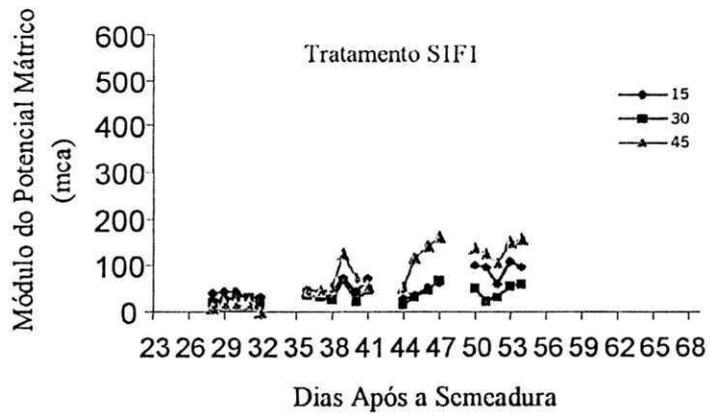


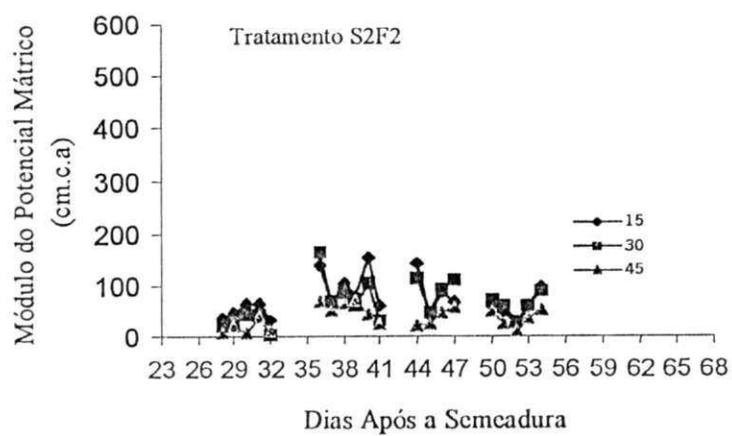
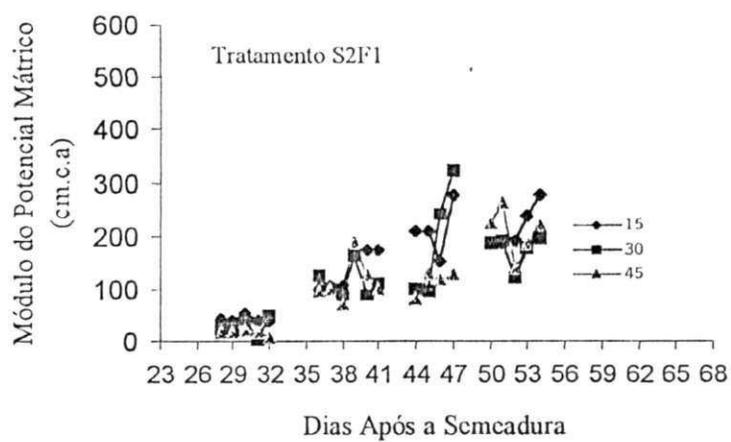
Legenda:

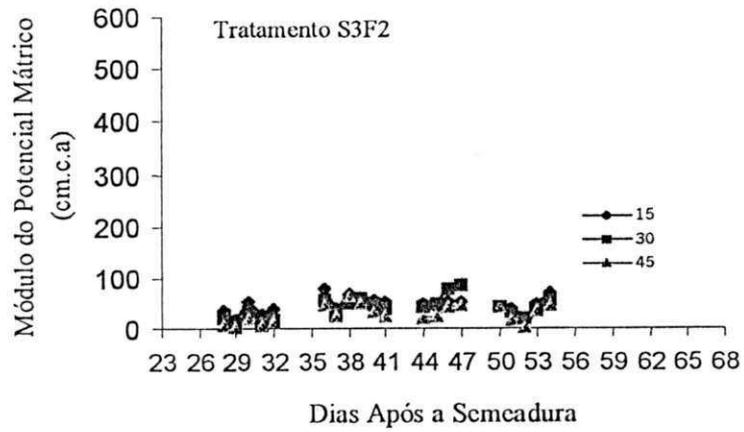
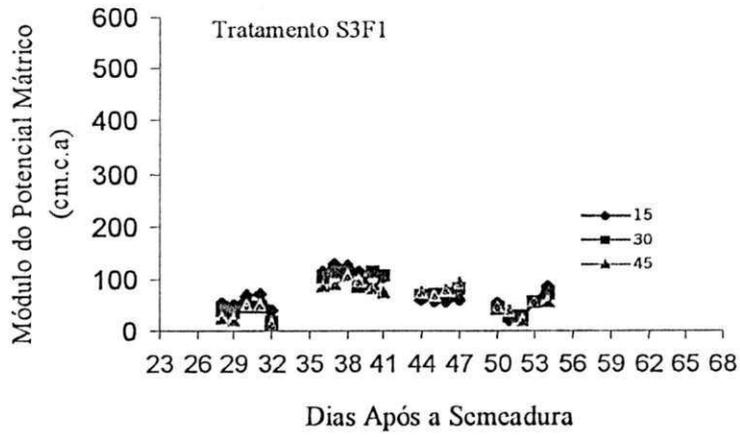
- | | |
|--|-------------|
| ■ Tensiômetro e extratores a 15 cm de profundidade | ● Gotejador |
| □ Tensiômetro e extratores a 30 cm de profundidade | ■ Registro |
| ▣ Tensiômetro e extratores a 45 cm de profundidade | X Planta |

APÊNDICE 5

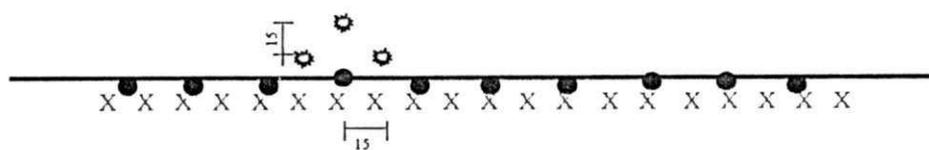
Módulo do potencial mátrico nas profundidades de 15, 30 e 45 cm nos diferentes tratamentos, medidos pela média de 3 distâncias horizontal do gotejador (0, 20 e 40 cm)







APÊNDICE 6- Esquema da posição das coletas das amostras de solos



Legenda:

X = Planta

—●— = Linha de Gotejadores

⊗ = Local da coleta