



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola
Mestrado em Irrigação e Drenagem



**SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FITOMASSA E
ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES NO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE**
—D i s s e r t a ç ã o —

Arlington Ricardo R. de Oliveira

— Mestrando —

Prof. Hugo Orlando Carvalho Guerra

— Orientador —

Prof. Pedro Dantas Fernandes

— Orientador —

Campina Grande/PB

Setembro – 2008

ARLINGTON RICARDO RIBEIRO DE OLIVEIRA

Engenheiro Agrônomo

SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FITOMASSA E ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES NO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE

Orientadores: Prof. Dr. **HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA**

Prof. Dr. **PEDRO DANTAS FERNANDES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em 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 - Brasil

setembro – 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

O48s

2008 Oliveira, Arlington Ricardo Ribeiro de.

Salinidade da água de irrigação na produção de fitomassa e acumulação de nutrientes no cajueiro anão precoce / Arlington Ricardo Ribeiro de Oliveira. — Campina Grande, 2008.

79 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra e Dr. Pedro Dantas Fernandes.

1. Irrigação. 2. *Anacardium occidentale*. 3. Salinidade. I. Título.

CDU 631.67 (043)

ARLINGTON RICARDO RIBEIRO DE OLIVEIRA

SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FITOMASSA E
ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES NO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA – Orientador
DEAg/CCT/UFPB

Prof. Dr. Vera Lúcia Antunes de Lima - DEAg/CCT/UFPB



Prof. Dr. Adilson David de Barros – DGTA/CFT/CAVG– Examinador
DEAg/CCT/UFPB

Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante – Examinador
CCA/UFPB

Aos meus pais, **José Pereira de Oliveira** e **Maria Margarida Ribeiro de Oliveira**, e irmãos **Tarcisio Josafá**, **Sydnéia** e **Maria do Socorro** como minha fortaleza e bálsamo de amor e felicidade.

MINHA HOMENAGEM

À minha mãe, **Maria Margarida**, e meus sobrinho e sobrinhas, **Bruno Henrique**, **Ana Carolina** e **Isadora** pelo apoio, amor, carinho, incentivo, cumplicidade, respeito e todo tipo o apoio moral e por sempre acreditar em mim.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por mais esta oportunidade cheias de coincidências e desafios a que foi submetido durante este curso.

À minha família, pelo incentivo e carinho em todos os momentos.

Ao curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG; gostaria de agradecer às Secretárias Rivanilda (especialmente) pelo carinho que sempre teve comigo e Cida pela atenção com todos nós do curso.

Aos Orientadores Prof. Dr. Hugo Orlando, pelos ensinamentos ministrados, apoio e orientação em prol deste trabalho, sobretudo pela compreensão, consideração, respeito e amizade. E ao Prof. Dr. Pedro Dantas pelo convite de continuar este trabalho iniciado pelo meu colega Paulo Torres.

Aos Meus colegas e doutores Paulo Torres e Frederico Soares (FRED), pela paciência, oportunidade e generosidade que sempre teve na execução desse trabalho.

Aos professores do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, (Área de Concentração em Irrigação e Drenagem), pelos ensinamentos e atenção durante todo o tempo que passei nesse curso.

Aos meus companheiros de batalha, Rossini Daniel, Ruy Moraes, Robi, Leandro e Karina, principalmente, essa pessoa especial que DEUS a colocou na minha vida para que pudesse ingressar e vencer mais esse obstáculo na minha vida.

Aos graduandos do curso de engenharia agrícola, Abel, Ariadne e, em especial, Elka e Alice no apoio de coleta de dados do experimento e pela enorme ajuda na realização das análises químicas.

Especialmente, gostaria de agradecer Evanisa pela generosa hospedagem em sua casa durante o primeiro período do meu mestrado, bem como a Jarlene (Jajá) que sempre teve um carinho muito especial durante e após o período que permaneci como seu hóspede. Também agradeço incondicionalmente ao meu colega Edson Lopes e toda sua família que sempre me tratou com carinho das vezes que estive em sua casa.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Salinidade do Solo e da Água de Irrigação	3
2.1.1. Salinidade do solo	3
2.1.2. Qualidade da água de irrigação	6
2.2. Efeito da salinidade no solo e na planta	8
2.2.1. Efeito no solo	8
2.2.2. Efeito sobre as plantas	9
2.2.3. Efeito de natureza tóxica	14
2.2.4. Efeito de natureza nutricional	16
2.3. Uso de água Salina	19
2.4. A Cultura do Caju	20
2.4.1 Aspectos botânicos e morfológicos	20
2.4.2. Importância econômica	22
2.4.3. Exigências edafoclimáticas do cajueiro	27
2.4.4. Aspectos nutricionais	28
2.4.5. Necessidades hídricas	30
2.4.6. Características do clone de cajueiro CCP 76	30
2.4.7. Efeito da salinidade no caju	31
2.4.7.1. No crescimento e desenvolvimento da planta	31
2.4.7.2. Na produção	32
2.4.7.3. Na qualidade do fruto	32
2.4.7.4. Na distribuição de nutrientes através da planta	33
3. MATERIAL E MÉTODOS	34

3.1. Localização do experimento	34
3.2. Tratamentos	36
3.3. Instalação e Condução do Experimento	37
3.4. Preparo das Águas de Irrigação	40
3.5. Partes da Planta Analisadas	41
3.6. Elementos determinados	41
3.7. Análises Estatísticas	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1. Fitomassa das diversas partes da planta do cajueiro anão precoce clone CCP76	42
4.2. Efeito da salinidade da água de irrigação no teor de nutrientes nas diferentes partes da planta	45
4.2.1. Nitrogênio	45
4.2.2. Fósforo	49
4.2.3. Potássio	51
4.2.4. Cloreto	53
4.2.4. Sódio	56
5. CONCLUSÕES	60
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
7. ANEXO	79

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Dados percentuais da área colhida de castanha de caju na Região Nordeste.	24
2. Dados percentuais da produção de castanha de caju na Região Nordeste.	24
3. Layout do experimento, mostrando os tratamentos de salinidade nas diferentes fases fonológicas da planta (A) e a disposição das parcelas com suas respectivas identificações (B).....	36
4. Recipientes utilizados para cultivo da planta do cajueiro	38
5. Detalhe das Mangueiras e Gotejadores utilizados na irrigação	39
6. Recipientes utilizados para acomodação das águas salinas usadas na irrigação.	40
7. Fitomassa das raízes (A), dos porta-enxertos (B), dos enxertos (C), dos ramos (D) e folhas (E) em planta do cajueiro anão-precoce, clone CCP76, função da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação, após 90 dias de estresse salino na frutificação.	44
8. Teor de nutrientes das raízes (A), dos porta-enxertos (B), dos enxertos (C), dos ramos (D) e folhas (E) em planta do cajueiro anão-precoce, clone CCP76, função da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação, após 90 dias de estresse salino na frutificação	47
9. Teor de nutrientes dos enxertos (A), dos ramos (B) e folhas (C) em planta do cajueiro anão-precoce, clone CCP76, função da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação, após 90 dias de estresse salino na frutificação	50
10. Teor de nutrientes das raízes (A), dos porta-enxertos (B), dos enxertos (C), dos ramos (D) e folhas (E) em planta do cajueiro anão-precoce, clone CCP76, função da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação, após 90 dias de estresse salino na frutificação	52
11. Teor de nutrientes das raízes (A), dos porta-enxertos (B), dos enxertos (C), dos ramos (D) e folhas (E) em planta do cajueiro anão-precoce, clone CCP76, função da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação, após 90 dias de estresse salino na frutificação	55
12. Teores de sódio das raízes (A), porta-enxertos (B), enxertos (C) e ramos (D) em planta do cajueiro anão-precoce, clone CCP76 em função da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação, após 90 dias de estresse salino na frutificação.....	56

LISTA DE TABELAS

1. Classificação de solos afetados por sais	4
2. Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade.	7
3. Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água.	7
4. Riscos de toxicidade de sódio, cloreto e boro na água de irrigação.	7
5. Recomendação de adubação mineral para o cajueiro anão precoce sob irrigação. .	29
6. Características físico-hídricas e químicas do solo.	35
7. Resumo da análise de variância e médias para a fitomassa nas raízes, porta- enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigado com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino.	42
8. Resumo da análise de variância e médias para o teor de nitrogênio nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino.	46
9. Resumo da análise de variância e médias para o teor de fósforo nas raízes, porta- enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino.	49
10. Resumo da análise de variância e médias para o teor de potássio nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino.	51
11. Resumo da análise de variância e médias para o teor de cloreto nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino.	54
12. Resumo da análise de variância e médias para o teor de sódio nas raízes, porta- enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino.	56

**Salinidade da Água de Irrigação na Produção de Fitomassa e Acumulação de Nutrientes
no Cajueiro Anão Precoce**

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação na fase de frutificação do caju na fitomassa e teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cloreto e sódio da raiz, porta-enxertos, enxerto, ramos e folhas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando os níveis os níveis de salinidade da água de irrigação CE_a : 0,8; 1,6; 2,4; 3,2 e 4,0 $dS\ m^{-1}$ a 25° C, em delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial (4 x 3) + 1, totalizando 13 tratamentos e 78 parcelas. Cada unidade experimental foi composta por uma planta. Pelos resultados o aumento inibiu o acúmulo de matéria seca em todos os órgãos das plantas. Dos nutrientes estudados, o teor de N foi crescente na medida em que houve aumento da concentração das águas utilizada na irrigação. O efeito da salinidade da água de irrigação sobre os teores foliares aumentaram linearmente nos enxertos, ramos e folhas. Os teores de potássio nos porta-enxertos, aumentaram de forma quadrática nos ramos e folhas diminuindo inicialmente até atingir um mínimo para posteriormente aumentar atingindo novos acréscimos no aumento do teor de cloreto e de sódio com a salinidade da água de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: salinidade, *Anacardium occidentale*, irrigação

ABSTRACT

Irrigation water salinity influence on the phytomass production and nutrient accumulation of the precocious CCP 76 cashew nut clone

The objective of the present work was to evaluate the effects of different irrigation water salinity levels, during the fructification phase, of the CCP76 dwarf precocious cashew nut clone (*Anacardium occidentale* L.) on the phytomass production and on the levels of nitrogen, phosphorus, potassium, chloride and sodium of the roots, rootstocks, graft, branches and leaves. The study was carried out under greenhouse conditions testing 5 irrigation water salinity levels – EC_w: 0.8; 1.6; 2.4; 3.2 and 4.0 dS m⁻¹ to 25°C on three phases of the phenological cycle of the flowering to the beginning of the fructification and from the beginning to the end of the fructification. The experimental design used was blocks at random with six replicates on a factorial scheme (4 x 3) +1, totalizing 13 treatments and 78 parcels. Each experimental unity was composed by a single plant. It was verified that the accumulation of dry matter in all the analyzed parts of the plant decreased with the irrigation water salinity. Of the studied elements, the nitrogen was the only inhibited by the irrigation water salinity in all the parts of the plant. The increase of the water salinity had a highly significant effect on the phosphorus and potassium content of the grafts, branches and leaves. With the exception of the leaves, it was observed an increase of the chloride and sodium levels on the with the salinity of the irrigation water.

KEY WORDS: Salinity, *anacardium occidentale*, irrigation

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do caju é uma das atividades de maior importância econômica e social para o Nordeste brasileiro, pois, além de empregar grande contingente de pessoas, participa de forma expressiva na geração de divisas externas. O Brasil tem uma área de produção de aproximadamente 710 mil ha, sendo concentrado nos Estados do Ceará (maior produtor nacional), Piauí e Rio Grande do Norte, responsáveis por cerca de 90 % de toda produção nacional, segundo dados do IBGE (2006). Além da amêndoa, o óleo e o suco do caju também encontram mercados em expansão constante, enquanto que o pedúnculo, devido ao seu fino sabor e ao elevado teor de vitamina C (cinco vezes superior ao das frutas cítricas), tem todas as condições de ampliar sua penetração no mercado de frutas de mesa (AGRIANUAL, 2003).

Os pomares de cajueiro, em sua maioria, são implantados em regime de sequeiro, com mudas de “pé-franco” de cajueiro comum, com base na falsa premissa de que a planta pode ser cultivada sob condições de extrema adversidade hídrica, o que resulta em produtividade média baixa, inferior a 220 kg ha⁻¹ (Barros et al., 2000). Após obtenção de clones de caju anão precoce e com utilização de irrigação localizada, começa a mudar esse quadro, sendo obtidas produtividades superiores a 3.000 kg de castanhas por hectare (Embrapa, 2004). Nesse contexto, cresceram as perspectivas de utilização da irrigação para aumento da produtividade, menor risco de exploração, ampliação do período de colheita e melhoria da qualidade da castanha e do pedúnculo.

Conforme Postel (1989), em nível global, um quarto de toda a área irrigada encontra-se seriamente afetada por sais, agravando-se a cada ano, especialmente nos locais onde a irrigação é praticada sem manejo adequado de água e solo. No Brasil, são aproximadamente nove milhões de hectares, cobrindo sete Estados. Na Bahia, está a maior área de solos afetados por sais do país (em torno de 44% do total), seguido pelo Ceará, que representa 25,5% (Fageria & Gheyi, 1997). Para Kramer (1984), a maioria das espécies cultivadas de importância econômica é relativamente sensível à salinidade na germinação e quase todas as culturas são incapazes de tolerar condições permanentes de salinidade no solo. Todavia, Ayers & Westcot (1999) reportam a existência de uma grande variabilidade de comportamento entre as culturas em relação aos limites de tolerância à salinidade; dentro de uma mesma espécie, pode haver variações entre genótipos e, ainda, para um mesmo genótipo, o nível de tolerância pode variar entre fases de desenvolvimento.

Apesar do conhecimento dos efeitos nocivos da salinidade sobre as frutíferas e da relevância socioeconômica da cajucultura para o Nordeste, poucos trabalhos de pesquisa foram realizados com cajueiro (Meireles, 1999; Ferreira et al., 2000; Viégas et al., 2001; Carneiro et al., 2002; Carneiro et al., 2004), todos eles investigando os efeitos da salinidade na formação de porta-enxertos; apenas dois trabalhos foram encontrados (Meireles, 1999; Bezerra et al., 2002) abrangendo a fase de enxertia do cajueiro, mas restringindo-se à formação de mudas enxertadas.

O trabalho teve com objetivo analisar a produção de fitomassa e a acumulação de nutrientes nos diferentes órgãos do cajueiro anão precoce irrigado com águas salinas.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - SALINIDADE DO SOLO E DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

2.1.1- Salinidade do solo

A principal origem do problema de salinidade está na própria formação do solo, uma vez que o mesmo é produto da interperização da rocha matriz, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação de vários fatores, tais como clima, relevo, organismos vivos e tempo (Brady & Buckman, 1983). Segundo Richards (1954), embora a principal fonte de todos os sais encontrados no solo seja a interperização das rochas, raros são os exemplos onde esta fonte tenha provocado, diretamente, problemas de salinidade do solo. Frequentemente, problemas de salinidade têm sido associados com a água de irrigação e com a presença de lençol freático elevado e não controlado. No entanto, os ventos, as chuvas e as inundações das águas do mar têm, também, provocando problemas de salinidade em várias partes do mundo (van Alphen & Verhoeven, 1983). Para Bohn et al. (1985), as três principais fontes naturais de sais do solo são o interperismo mineral, a precipitação atmosférica e os sais fósseis (aqueles remanescentes de ambientes marinhos ou lacustres), sendo que, os sais também podem ser adicionados ao solo através de atividades antrópicas, incluindo o uso de águas de irrigação e salmouras altamente salinas ou resíduos industriais.

Sódio, magnésio, potássio, cloro, enxofre, carbonato e outros íons, embora presentes nas rochas possuam menores coeficientes de energia, apresentando alta solubilidade e mobilidade em relação ao silício, alumínio e ferro, conseqüentemente, os diferentes compostos solúveis daqueles elementos, quando liberados da rocha matriz, poderão ser acumulados no solo em determinadas condições, sobretudo em regiões áridas e semi-áridas (UNESCO/FAO, 1973).

Existem várias classificações para os solos afetados por sais, sendo as mais importantes a russa, a francesa e a americana, das quais a americana é a classificação mais simples e mais prática (Richards, 1954), baseada na concentração de sais solúveis extraídos da pasta de saturação do solo e na percentagem de sódio trocável do solo. Bohn et al. (1985) indicam que embora esta classificação estabeleça o valor da CEes de 4 dS m^{-1} como linha divisória entre solos salinos e não salinos, podem-se encontrar plantas sensíveis aos sais que podem ser afetadas em solos cujo extrato de saturação apresentam CE entre 2 e 4 dS m^{-1} . Daí

o comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciências do Solo (SSSA, 1976) tem recomendado baixar o limite entre solos salinos e não salinos para 2 dS m^{-1} . A classificação tradicional e a proposta pela SSSA (1976) são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação de solos afetados por sais.

	Classificação tradicional (Richards, 1954)	Classificação proposta (SSSA, 1976)
Solos normais	CE < 4 dS m^{-1} PST < 15 pH < 8,5	CE < 2 dS m^{-1} PST < 15 pH < 8,5
Solos salinos	CE > 4 dS m^{-1} PST < 15 pH < 8,5	CE > 2 dS m^{-1} PST < 15 pH < 8,5
Solos sódicos	CE < 4 dS m^{-1} PST > 15 pH > 8,5	CE < 2 dS m^{-1} PST > 15 pH > 8,5
Solos salinos-sódicos	CE > 4 dS m^{-1} PST > 15 pH < 8,5	CE > 2 dS m^{-1} PST > 15 pH < 8,5

Fonte: Bohn et al. (1985).

Os problemas de toxicidade e de salinidade são diferentes, entretanto, podem atuar simultaneamente. A toxicidade ocorre internamente na planta e não é provocada pela falta de água; normalmente, ela se origina quando certos cátions, absorvidos pela planta com a água do solo, são acumulados nas folhas durante a transpiração, em quantidades suficientes para provocarem danos. Richards (1954) e Pizarro (1985) afirmam que, no processo de concentração de sais no solo, em virtude das precipitações dos carbonatos de cálcio e de magnésio, bem como do sulfato de cálcio, ocorrerá um aumento da concentração relativa de sódio, que poderá substituir o cálcio e o magnésio trocáveis, originando o processo de sodificação do solo. van Bladel & Gheyi (1980) relatam que, as substituições do cálcio e magnésio pelo sódio só passarão a ser significativas quando a sua precipitação for superior a 50% na solução do solo.

As propriedades físicas do solo, tais como estrutura, estabilidade dos agregados, dispersão das partículas, permeabilidade e infiltração são muito influenciadas pelos tipos de cátions trocáveis presente no solo (Shainberg & Oster, 1978). Daker (1988) afirma que

pequenas diferenças de textura podem provocar um movimento desigual na distribuição de água nas camadas do solo, acarretando desuniformidade na acumulação de sais ao longo do perfil. As propriedades químicas do solo dependem, basicamente, dos colóides eletronegativos, constituído por argilas e de ácidos húmicos. Os colóides eletronegativos estão rodeados de capas de cargas. A primeira corresponde ao próprio colóide, carregada negativamente, a segunda é composta de cátions que se encontram retida devido à sua carga positiva. Os mais importantes cátions adsorvidos são os íons de hidrogênio, cálcio, magnésio, potássio, sódio e alumínio (Pizarro, 1985). O mesmo autor cita ocorrer um equilíbrio entre os cátions da solução do solo e os cátions adsorvidos, que se reflete na relação de adsorção de sódio (RAS) e na percentagem de sódio trocável (PST) do solo, existindo, assim, uma relação entre ambas, o que permite estimar facilmente a PST a partir dos valores da RAS.

Segundo Ayers & Westcot (1999), os sais são adicionados na zona radicular através da água de irrigação, aumentando a sua concentração à medida que as culturas consomem, por evapotranspiração, grande parte da água armazenada. Para evitar uma acumulação excessiva, uma parte deve ser eliminada por lixiviação. Richards (1954), Rhoades & Loveday (1990) e van Hoorn & van Alphen (1994), de forma simples, descrevem que a relação entre a lâmina percolada abaixo da zona radicular e a água total aplicada é igual à relação entre a concentração de sais da água aplicada e da água drenada abaixo da zona radicular, correspondendo à fração de lixiviação (FL), calculada através da seguinte equação:

$$FL = \frac{L_x}{L_n} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde: L_x – lâmina de lixiviação, ou lâmina de água que percola abaixo da zona radicular
 L_n – lâmina de irrigação aplicada

A relação existente entre condutividade elétrica do solo e da água de irrigação se modifica de acordo com os valores da fração de lixiviação (FL), ou seja, quanto maior for a lixiviação menor será a salinidade do solo em relação à salinidade da água de irrigação.

2.1.2. Qualidade da água de irrigação

A produção das culturas, sob condições irrigadas, depende tanto da quantidade como da qualidade da água. No entanto, o que se observa há tempo, é uma grande preocupação com o fornecimento de água e nenhuma preocupação com a qualidade da mesma; a importância da qualidade da água começou a ser reconhecida a partir do século XX (Wilcox & Durum, 1967; Shainberg & Oster, 1978; Araguez Lafarga, 1982), devido ao fato que, até então, as fontes de águas eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização; esta situação, porém, está mudando em muitos lugares, devido ao aumento de consumo, tendo-se que recorrer ao uso de águas de qualidade inferior, tornando-se necessária a sua avaliação (Ayers & Westcot, 1999).

Leprun (1983) descreve que, nas condições do Nordeste brasileiro, a salinidade da água, em média, varia na seguinte ordem: açudes < rios < cacimbões < poços rasos, com a seguinte composição iônica, $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{K}$ e $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{--}$, tendo as águas de açudes e poços uma relação $\text{Ca/Mg} > 1$, ao passo que, para as de cacimbões e rios esse valor é menor que 1.

De acordo com Rhoades & Loveday (1990), a avaliação da adequabilidade de uma água para irrigação consiste em: (1) predizer a composição e o potencial mátrico da água do solo, no tempo e no espaço, resultante da irrigação e do cultivo e (2) interpretar tais informações em termos de como as condições de solo são afetadas e, ainda, como a cultura responde a tais condições sob determinadas variáveis climáticas. Complementa Rhoades et al. (1992), que para se avaliar a adequabilidade da água para irrigação sob condições expressiva de referência (equilíbrio dinâmico), deve ser usado o modelo para condições de equilíbrio relativamente simples, denominado “Watsuit”, que provavelmente, fornece a pior situação que resultaria da irrigação com uma determinada água.

Bernardo (2006), indica que para obter uma correta interpretação da qualidade da água para irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos sobre a cultura, sobre o solo e manejo de irrigação, parâmetros esses necessários para se controlar ou compensar os problemas relacionados com a salinidade. Relata também que a água deve ser analisada em relação a cinco parâmetros básicos: concentração total de sais (salinidade); proporção relativa de sódio, em relação a outros cátions (sodicidade); concentração de elementos tóxicos; concentração de carbonatos e bicarbonatos, além do aspecto sanitário. A sodicidade se refere ao efeito relativo do sódio da água de irrigação tendendo a elevar a porcentagem de sódio trocável (PST) no solo, com danos nas suas propriedades físico-

químicas, provocando problemas de infiltração. A toxicidade diz respeito ao efeito específico de certos íons sobre as plantas, afetando o rendimento, independentemente do efeito osmótico. Assim, os parâmetros básicos de avaliação da qualidade de água para irrigação são: acidez (pH), condutividade elétrica (CEa), cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), sódio (Na^+), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{--}), carbonato (CO_3^{--}), bicarbonato (HCO_3^-), boro (B), total de sólidos dissolvidos (TSD), relação de adsorção de sódio (RAS), percentagem de sódio solúvel (PSS), soma de cátions e soma de ânions (Bernardo, 2006).

Medeiros & Gheyi (1994) enfatizam a necessidade do desenvolvimento de um sistema de classificação de água, próprio para as condições brasileiras, como medida para se ter um prognóstico seguro de seu efeito quando usada em irrigação; enquanto isso não ocorre, sugerem que na classificação quanto à salinidade, seja utilizada a proposição do UCCC (University of California Committee of Consultants), citada por Frenkel (1984) e Pizarro (1985), por não ser tão conservadora como a de Richards (1954) e nem generalista como a apresentada por Ayers & Westcot (1999). Com respeito à sodicidade ou aos problemas de infiltração e à toxicidade iônica, as diretrizes apresentadas por Ayers & Westcot (1999) são adequadas. As referidas propostas para classificação encontram-se nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2. Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade.

Classe de salinidade	Richards (1954)	UCCC	Risco de salinidade	Ayers & Westcot (1999)	Problema de salinidade
	Faixas de CE_a (dS m^{-1})			Faixas de CE_a (dS m^{-1})	
C ₁	< 0,25	< 0,75	Baixo	< 0,7	Nenhum
C ₂	0,25 – 0,75	0,75 – 1,50	Médio	0,7 – 3,0	Moderado
C ₃	0,75 – 2,25	1,50 – 3,00	Alto	> 3,0	Severo
C ₄	> 2,25	> 3,00	Muito alto	-	-

Fonte: Holanda & Amorim (1997).

Tabela 3. Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água.

RAS (mmol L^{-1}) ^{0,5}	Restrição		
	Nenhuma	Ligeira a moderada	Severa
	----- CE_a (dS m^{-1}) -----		
0 – 3	> 0,7	0,7 – 0,2	< 2,0
3 – 6	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
6 – 12	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
12 – 20	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
20 – 40	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9

Fonte: Ayers & Westcot (1999).

Tabela 4. Riscos de toxicidade de sódio, cloreto e boro na água de irrigação.

Íon específico (afeta culturas sensíveis)	Unidade	Grau de restrição para uso		
		Nenhum	Ligeira a moderada	Severa
Sódio, irrigação por Superfície	RAS	< 3	3 – 9	> 9
Sódio, irrigação por Aspersão	mmol _c .L ⁻¹	< 3	> 3	-
Cloreto, irrigação por Superfície	mmol _c .L ⁻¹	< 4	4 – 10	> 10
Cloreto, irrigação por Aspersão	mmol _c .L ⁻¹	< 3	> 3	-
Boro	mmol _c .L ⁻¹	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0

Fonte: Adaptado de Ayers & Westcot (1999).

2.2.- EFEITO DA SALINIDADE NO SOLO E NA PLANTA

2.2.1. Efeito no solo

A salinidade dos solos, conforme Coelho (1983) tem-se constituído num dos mais sérios problemas para a agricultura irrigada, em diversas partes do mundo. Em termos globais, um quarto de toda a área irrigada encontra-se seriamente afetada por sais, agravando-se a cada ano (Postel, 1989). Para Pizarro (1985), o principal efeito da salinidade sobre os solos consiste em sua ação sobre a estrutura. Esta propriedade é função da floculação dos colóides e da cimentação dos mesmos na forma de agregados. Elevadas concentrações do íon bicarbonato tendem a precipitar o cálcio e o magnésio, aumentando a concentração de sódio em relação a estes, afetando assim, a permeabilidade, por ser o sódio um agente muito ativo de dispersão do solo (Rhoades, 1972; Oster & Schrder, 1979).

Por restringir o crescimento vegetal, a dispersão é um fenômeno típico de solos com excesso de sódio trocável, onde predominam os movimentos Brownianos. Ao se aumentar a concentração de eletrólitos, as forças repulsivas são reduzidas, prevalecendo as forças de atração de Van der Waal, ocorrendo a floculação, que permite a separação das fases sólidas e líquidas. A dispersão e floculação das argilas dependem da espessura da dupla camada difusa ao redor das partículas e, portanto, da concentração de cátions (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, etc.) que estão próximos à sua superfície (Lima, 1997).

Outro efeito da salinidade nas propriedades físicas do solo relaciona-se à diminuição da disponibilidade de água no solo. De acordo com Russo & Bresler (1980), em

solos cuja estrutura tenha sido modificada pela sodicidade e/ou ausência de íons em solução, a tendência é armazenar mais água quando expostos aos mesmos níveis de potencial matricial. Lima et al. (1990), estudando os efeitos da sodicidade e da concentração de sais sobre um solo argiloso, observaram aumento na água retida quando o solo era exposto a uma maior concentração de sódio na fase trocável e/ou menor concentração de sais na solução. Como pode ser esperada, a baixa concentração de íons em solução e/ou a alta percentagem de sódio trocável contribuem para o aumento da microporosidade, alterando, portanto, o movimento de água no solo (Lima, 1997).

A rigor, todas as águas naturais querem sejam de origem pluvial, superficial ou subterrânea, contêm sais dissolvidos em quantidades variadas (Jackson, 1958; Kovda et al., 1973; Yaron, 1973; Kamphorst & Bolt, 1976). O tipo e a quantidade destes sais dependem de sua origem e também do curso da água antes de sua utilização. Qualquer adição de água ao solo, quer seja pela ascensão capilar do lençol freático quer pela irrigação, implica, necessariamente em adição de sais ao perfil (Kamphorst & Bolt, 1976). Por isso, a água de irrigação, mesmo de baixa salinidade, pode tornar-se um fator de salinização do solo, se não for manejada corretamente (Richards, 1954; Pizarro, 1985).

2.2.2. Efeito sobre as plantas

A salinidade do solo é um dos estresses ambientais que mais limita o crescimento e reduz a produtividade das culturas. Tayer (1987) cita três formas de ação dos sais sobre as plantas: supressão geral no crescimento, supressão causada pelo desbalanceamento nutricional dos íons essenciais e por íons de natureza tóxica. Relata que os mecanismos de supressão geral no desenvolvimento das plantas, resultantes da salinidade, são devidos ao seu efeito direto na síntese do RNA e na redução da divisão celular e/ou alongamento das células, causados pela diminuição da água disponível para a planta e, também, aos efeitos específicos, como o desbalanceamento nutricional de íons essenciais e a absorção de íons de natureza tóxica. Uma elevada salinidade da água de irrigação pode provocar problemas de fitotoxicidade e redução da absorção de alguns nutrientes. Dentre os processos afetados pelo estresse salino, destacam-se a síntese de proteínas, o metabolismo dos lipídios e a fotossíntese. A redução da fotossíntese em função da salinidade decorre de fechamento estomático e de inibição na atividade de fixação do carbono fotossintético (Heuer, 1997).

A salinidade refere-se às concentrações elevadas de sais solúveis que afetam as propriedades da solução do solo na qual as raízes estão expostas, especificamente reduzindo o potencial osmótico (Wyn Jones & Gorham, 1983, citados por Läuchli & Epstein, 1990), enquanto que a sodicidade se refere, em particular, à elevada concentração de íons trocáveis de Na^+ no solo, em relação a outros elementos, principalmente o Ca^{++} e o Mg^{++} . A distinção entre salinidade e sodicidade é pertinente, todavia, o termo salinidade é freqüentemente usado como termo genérico, abrangendo ambas as condições (Läuchli & Epstein, 1990). A salinidade exerce uma variedade de efeitos sob o desenvolvimento das plantas e na qualidade da produção, dependendo de fatores como, natureza e quantidade de sais solúveis, espécie, cultivar e sua tolerância à salinidade, estágio de desenvolvimento da cultura, condições atmosféricas, devido aos seus efeitos na taxa de evapotranspiração, além do manejo de irrigação (Ingvalson et al., 1976; Korkor & Hillel, 1976).

Segundo Ayers & Westcot (1999), 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 do produto.

A sodicidade ocorre devido a concentrações elevadas de íons Na^+ , em relação aos íons de Ca^{++} e Mg^{++} , afetando o desenvolvimento radicular das plantas por alterar as propriedades físico-hídricas do solo, reduzindo a sua permeabilidade em decorrência da compactação, em condições secas, e causando dispersão e floculação, em condições molhadas (Lima, 1997).

A salinidade pode, também, interferir positivamente no crescimento de algumas plantas, bem como, em sua composição. Pode promover o crescimento de halófitas e pode aumentar o rendimento ou qualidade dos cultivos (Pasternak, 1987); a salinidade moderada pode aumentar os rendimentos de algodão (Pasternak et al., 1979), elevar a concentração total de sólidos solúveis em tomates, uma característica de qualidade (Rush & Epstein, 1981), e aumentar a tolerância dos citros a geadas (Syvertsen & Yelenosky, 1988).

Em geral, as plantas têm comportamentos diferentes diante dos problemas de salinidade e sodicidade; nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade, algumas produzem rendimentos aceitáveis em níveis altos e outras são sensíveis em níveis relativamente baixos. Tais comportamentos dependem do tipo de sais solúveis, conteúdo de sódio trocável e presença de íons tóxicos, sendo que, esta diferença deve-se à melhor capacidade de adaptação osmótica, resultando em absorção, mesmo em condições de

salinidade, de maior quantidade de água (Ayers & Westcot, 1999). Os mesmos autores relatam ser muito útil esta capacidade de adaptação, permitindo a seleção de culturas mais tolerantes e capazes de produzirem rendimentos economicamente aceitáveis.

Fatores como natureza e quantidade de sais solúveis, espécie, cultivar e sua tolerância à salinidade, estágio de desenvolvimento da cultura, condições atmosféricas, em função de seus efeitos na taxa de evapotranspiração, dentre outros, fazem com que as plantas afetadas pela salinidade apresentem um retardamento na germinação, folhas menores, podendo ser mais espessas e com coloração verde mais escura do que as plantas normais, atrofiamento dos frutos, das folhas e dos caules (Strogonov, 1964; Ingvalson et al. 1976; Korkor & Hillal, 1976). Pizarro (1985) diz que o excesso de sais solúveis no solo acarreta redução do potencial osmótico e, por conseguinte, do gradiente de potencial hídrico entre o solo e a semente, dificultando o processo de embebição, sendo que os sais podem ocasionar prejuízos desde o início do crescimento do eixo embrionário (germinação) até mesmo inibição do processo germinativo.

Segundo Richards (1954), a redução e desuniformidade do crescimento, presença de uma coloração verde-azulada nas folhas e queimaduras nas bordas das folhas são características dos efeitos nocivos dos sais nos vegetais, sendo estes efeitos de ordem osmótica e tóxica. Strogonov (1964) e Bernstein (1964 e 1974) também consideram os dois efeitos citados por Richards (1954) e acrescentam um terceiro, o efeito específico de natureza nutricional, que tem influência mais marcante que o efeito osmótico. Rhoades & Loveday (1990), Rhoades et al. (1992) e Ayers & Westcot (1999), contribuem acrescentando possíveis efeitos indiretos causados por alterações físicas e químicas no solo. De forma semelhante, Tayer (1987) cita três efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais: (a) seca fisiológica, proveniente da diminuição do potencial osmótico; (b) efeito tóxico de íons, principalmente, cloro e sódio e (c) equilíbrio nutricional, provocado pela elevada concentração iônica, especialmente de íons de sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes.

De acordo com Jones & Jones (1989), estresse é qualquer tipo de influência negativa, de origem biótica ou não, que possa afetar o desenvolvimento normal do potencial genético da planta. Sob condições de estresse salino, o fluxo de água no sentido “solo→planta→atmosfera” é reduzido, devido ao decréscimo do potencial hídrico da solução do solo, condicionado pela concentração de sais solúveis na rizosfera – efeito osmótico (Richards, 1954; Menguel & Kirkby, 1987; Rhoades & Loveday, 1990). Com a diminuição do fluxo de água, reduz-se a transpiração da planta, prejudicando o seu metabolismo, quer devido

ao aumento da temperatura foliar e seu efeito sobre a atividade de várias enzimas, quer devido à menor disponibilidade de água livre na planta; nessas condições, ocorre perda de turgescência, prejudicando, também, o alongamento celular (Cairo, 1995).

A análise elementar completa de uma planta revela a existência de um grande número de elementos, porém nem todos são essenciais à vida vegetal. Uma vez que a planta absorve do meio que vive tanto elementos de que necessita como outros de que não precisa, alguns dos quais podem ser tóxicos. Pode-se afirmar que, todos os elementos essenciais devem estar contidos na planta, mas nem todos os elementos encontrados na planta são essenciais (Taiz, & Zeiger, 2004). Dos meios em que a planta retira elementos, o solo é o mais facilmente modificado pelo homem. As plantas requerem uma concentração mínima dos elementos essenciais na solução do solo, além de um determinado equilíbrio entre os mesmos, para absorvê-los em quantidades adequadas e de forma balanceada (van Raij, 1991). Segundo Malavolta et al. (1997), devido à presença de outros íons, podem existir efeitos antagônicos (o excesso de um íon diminui a absorção de um segundo, evitando a toxidez deste), de sinergismo (aumento na absorção de um íon pela presença de outro) ou de inibição (diminuição reversível ou não da absorção de um íon pela presença de outro). Em se tratando de salinidade, devido o aumento na concentração de alguns íons específicos que provocam fitotoxidez e/ou desequilíbrio nutricional, os problemas de fertilidade do solo e de nutrição da planta geralmente são acentuados.

Conforme a literatura, é comum ocorrer adaptações morfológicas nas plantas, sob condições de estresse hídrico e salino, uma forma de reduzir a perda de água por transpiração; dentre essas adaptações, destacam-se a redução do tamanho e do número de folhas (Maas & Nieman, 1978; Shannon, 1979; Fageria, 1989).

Tayer (1987) relata que, o mecanismo de inibição no desenvolvimento das plantas, resultante da salinidade, é devido ao seu efeito direto na síntese do RNA e na redução da divisão celular e ou alongamento das células, causados pela diminuição da água disponível para a planta.

As plantas extraem a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças de retenção da água, exercidas pelo solo. À medida que a água é extraída do solo, as forças que retêm a água restante tornam-se maiores e quando a água do solo é retida com força superior às forças de extração, inicia-se o estado de escassez de água na planta. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico, aumentando, como consequência, a magnitude do problema de

escassez de água na planta. A explicação científica desse fenômeno é complicada. Em geral, pode-se dizer que, devido à afinidade dos sais com a água, as plantas têm que exercer maior força de embebição para extrair do solo uma unidade de água com sais, do que sem sais, requerendo, desta forma, energia adicional para absorver água de uma solução em solo salino (Ayers & Westcot, 1999).

O aumento no conteúdo de sais do solo provoca decréscimo no potencial osmótico da solução. Assim sendo, níveis de salinidade elevados no solo reduzem o potencial osmótico de sua solução e, em consequência, o potencial hídrico e, por conseguinte, a disponibilidade de água para as plantas (Menguel & Kirkby, 1987; Rhoades & Loveday, 1990). Segundo Epstein (1972) e Menguel & Kirkby (1987), as células do tecido radicular das plantas, sob condições salinas, são impedidas de absorver água do substrato ou o fazem numa velocidade muito lenta, devido à inibição osmótica imposta pela elevada concentração salina da solução do solo. A influência na disponibilidade de água para as plantas é resultado da soma de dois fatores: (1) pressão osmótica da solução do solo e (2) tensão total da água do solo, pouco importando se a tensão provém parcial ou totalmente da salinidade ou da umidade existente no solo (Cruciani, 1987; Daker, 1988).

Ayers & Westcot (1999) mencionam que, quando as forças de sucção das raízes são maiores do que às forças de retenção do solo, a planta consegue extrair água do solo. No entanto, à medida que a água é extraída, as forças de retenção do solo tornam-se maiores que as de sucção, caracterizando, a partir deste ponto, o estado de escassez de água à planta. De um modo geral, pode-se dizer que, devido à relação dos sais com a água, as plantas têm que exercer maior força de sucção para extrair do solo uma unidade de água com sais, do que sem sais, requerendo, desta forma, energia adicional para absorver água de uma solução em solo salino. A presença de sais na solução do solo faz diminuir o potencial osmótico, chegando ao ponto em que a força de sucção das raízes não consegue mais se contrapor ao potencial osmótico e, em consequência, as plantas não conseguem absorver água (Hayward & Spurr, 1944; Pizarro, 1985).

O excesso de sais na solução do solo da zona radicular exerce, geralmente, efeito deletério no crescimento das plantas, incluindo-se a expansão celular, síntese de metabólicos e componentes estruturais. Este efeito está relacionado, acima de tudo, à concentração eletrolítica e independe da composição específica do soluto. A salinidade excessiva reduz o crescimento da planta, por causar aumento no dispêndio de energia para absorver água do solo e realizar os ajustes bioquímicos necessários para sobreviver em condições de estresse. Esta

energia é desviada dos processos que conduzem ao crescimento e à produção (Rhoades et al., 1992).

De acordo com Epstein (1972) e Menguel & Kirkby (1987), as células do tecido radicular das plantas, sob condições salinas, são impedidas de absorver água do substrato ou o fazem numa velocidade muito lenta, devido à inibição osmótica imposta pela elevada concentração salina da solução do solo.

Baseado em resultados experimentais, Tayer (1987) afirma ser inválida a teoria da disponibilidade de água (inibição osmótica) ou, pelo menos, muito simplista em relação ao que verdadeiramente ocorre. Kramer (1983) menciona que as injúrias são mais diretamente relacionadas ao aumento da concentração iônica (sais) interna na planta e à sua composição iônica. Segundo a UNESCO/FAO (1973), a reação a efeitos osmótico e iônico de sais nas plantas ocorre simultaneamente, sendo, por isso, difícil a identificação da diferença entre os mesmos.

2.2.3. Efeito de natureza tóxica

De acordo com Smedema & Rycroft (1988), enquanto os problemas osmóticos são causados pela alta concentração de sais na solução do solo, a causa dos problemas de toxicidade, deve-se a uma concentração elevada de um cátion ou ânion específico ou a uma composição salina desfavorável na solução do solo.

Segundo Ayers & Westcot (1999), os problemas de toxicidade normalmente surgem quando certos íons, constituintes do solo ou da água, são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos, em concentrações suficientemente altas (tóxicas) para provocar danos e reduzir seus rendimentos. Para Strogonov (1964), Meiri & Shalhevet (1973), Bernstein (1975), Shannon (1979), Menguel & Kirkby (1987), condições específicas reinantes em solos salinos e ou sódicos podem afetar, notadamente, diferentes processos metabólicos das plantas, como assimilação de CO₂, fotossíntese, síntese de proteínas, respiração, relações hídricas, reações enzimáticas e conversão de fitohormônios.

Conforme Strogonov (1964), o efeito prejudicial da toxicidade de sais no desenvolvimento das culturas é variável, dependendo do tipo e da concentração de íons envolvidos, bem como, da espécie ou variedade vegetal. Em geral, os danos em culturas sensíveis ocorrem em concentrações iônicas relativamente baixas e se manifestam como queimaduras nas bordas e clorose na área internerval das folhas e, se a acumulação de íons

chegar a ser suficientemente elevada, produz redução significativa nos rendimentos (Ayers & Westcot, 1999).

De acordo com Ayers & Westcot (1999), a toxicidade mais freqüente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação, seguido pelo sódio e boro, entretanto, outros elementos podem se tornar tóxicos às plantas, mesmo em concentrações relativamente baixas. Segundo Bernstein (1974), Allison (1964), Bresler et al. (1982), Bohn et al. (1985), Rhoades & Loveday (1990), íons como sulfato, bicarbonato, carbonato, cálcio, magnésio, potássio, nitrato e lítio, quando em concentrações suficientemente elevadas, são igualmente tóxicos. Ao contrário do cloreto e semelhante ao boro, o excesso de sódio resulta em danos principalmente nas folhas mais velhas, como queimaduras ou necrose ao longo das bordas e na medida em que a necrose se intensifica, espalha-se progressivamente na área entre as nervuras até o centro das folhas (Ayers & Westcot, 1999). Segundo Biggar (1984), os sintomas aparecem nas plantas sensíveis quando a concentração de sódio atinge 0,25% da fitomassa seca da folha.

Segundo Läuchli & Epstein (1990), problemas de toxicidade em plantas lenhosas podem ocorrer mesmo sob concentrações moderadas de alguns íons. Bernstein (1965) registrou danos severos em folhas de varias frutíferas causados pelo sódio e cloreto; relata que as frutíferas possuem pouca habilidade para excluir sódio e cloreto das folhas e, aliado ao fato de serem culturas perenes, o que lhes confere um longo tempo de exposição, sofrem freqüentemente problemas de toxicidade, até mesmo sob condições de salinidade moderada. Os sintomas de toxicidade também podem ocorrer quando as folhas, ao serem molhadas durante a aplicação de água por aspersão, via foliar as plantas absorvem íons tóxicos, sendo o sódio e o cloreto os principais íons absorvidos. A toxicidade resultante da acumulação desses íons, em conjunto ou separadamente, pode causar problemas para as culturas sensíveis (Ayers & Westcot, 1999).

Dentre os íons que podem produzir toxidez, os mais evidentes nos solos salinos do Nordeste, são o sódio e o cloreto, sendo a mais freqüente a provocada pelo cloreto, seguida pelo sódio e boro (Lima, 1997; Ayers & Westcot, 1999). De acordo com Allison (1964), Bernstein (1974), Bresler et al. (1982), Bohn et al. (1985) e Rhoades & Loveday (1990), íons como sulfato, bicarbonato, carbonato, cálcio, magnésio, potássio, nitrato e lítio, quando em concentrações elevadas, são igualmente tóxicos.

Segundo Ayers & Westcot (1999), as culturas anuais são mais tolerantes, não sendo afetadas por concentrações baixas desses elementos, entretanto, sofrerão danos e

chegarão a morrer se as concentrações forem altas, principalmente em regiões de clima quente, uma vez que, a acumulação desses íons tóxicos nas plantas é mais rápida nessas regiões por causa da elevada transpiração. Lauchli & Epstein (1990) comentam que a toxicidade em plantas lenhosas pode ocorrer mesmo sob concentrações moderadas de alguns íons. Bernstein (1965) relata que as frutíferas sofrem, freqüentemente, problemas de toxicidade, até mesmo sob condições de salinidade moderada.

2.2.4. Efeito de natureza nutricional

Em determinadas condições da salinidade, a concentração de sais não atinge níveis de potencial osmótico capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas, no entanto, concentrações de íons diversos podem provocar interferências indiretas capazes de se constituir num obstáculo à absorção adequada de nutrientes pelas plantas, afetando negativamente o processo metabólico (Cruciani, 1987).

Altas concentrações de Na ou de outros cátions na solução do solo podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas através de seu efeito sobre as características físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos; por exemplo, quando no extrato de saturação do solo há teores consideráveis de carbonato de sódio, o pH do solo poderá alcançar valores tão altos, como 10 (Gheyi et al., 1991), reduzindo-se, nestas condições, a disponibilidade de vários elementos essenciais às plantas (Cu, Fe, Mn, Zn) (Brady & Buckman, 1983), com influencia em seu crescimento, não diretamente pelo carbonato de sódio, mas, por seu efeito no pH do solo. Rains & Epstein (1967) comentam que, em ambientes salinos, onde o sódio predomina, a exigência nutricional da planta em relação ao potássio pode ficar prejudicada. Diversos estudos (Epstein, 1961; Lauchli & Epstein, 1970; Cramer et al., 1988) têm demonstrado que íons de sódio geralmente causam distúrbios na nutrição de cálcio. Ratner (1944), citado por Vasconcelos (1990), afirma que quando o complexo sortivo do solo se encontra saturado por íons de sódio, na ordem de 40 a 50%, há remoção de cálcio dos tecidos das raízes e, conseqüentemente, as plantas podem morrer devido à deficiência desse nutriente. Segundo Mehta & Desai (1957), o íon sódio inibe mais a germinação que o cálcio, em várias culturas; fato comprovado por Souza (1999), que, estudando germinação de melão, constatou maiores valores de percentagem de germinação com os sais de cálcio que com os de sódio.

De acordo com Gheyi et al. (1991), o excesso de um íon poderá provocar deficiência de outro, devido à precipitação ou inibição (por exemplo, excesso de sulfato, carbonato e bicarbonato podem precipitar o cálcio), afetando o crescimento da planta pela falta do elemento precipitado e não pelo excesso de outro íon. Outro exemplo deste tipo de problema poderá ser o efeito de sódio trocável no solo, provocando condições físicas desfavoráveis para o crescimento das plantas, sobretudo, para o sistema radicular.

Kafkafi (1984) relata que variações nas concentrações de cloretos e sulfatos, na presença de nitratos, praticamente não interferem na composição mineral das plantas, entretanto, quando os cloretos predominam sobre os sulfatos, na presença de nitrato amoniacal, existe um aumento no conteúdo de cálcio, magnésio e potássio.

Para Epstein & Rains (1987) e Szabolcs (1989), uma característica universal da salinidade é a presença de concentrações altas dos íons sódio e cloreto, na maioria dos solos afetados por sais. Segundo Läuchli & Epstein (1990), as concentrações desses íons, em relação a outros, podem ser bastante altas, induzindo deficiências de alguns nutrientes que estejam presentes em baixas concentrações.

Altas concentrações de sódio na solução do solo podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas, indiretamente, através de seu efeito sobre as características físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos; por exemplo, quando no extrato de saturação do solo há teores apreciáveis de carbonato de sódio, o pH do solo poderá alcançar valores tão altos, como 10, (Gheyi et al., 1991), sendo que, nestas condições, a disponibilidade de vários elementos essenciais às plantas (Cu, Fe, Mn, Zn) é reduzida (Brady & Buckman, 1983), influenciando o seu crescimento, não diretamente pelo carbonato de sódio, mas por seu efeito no pH do solo.

De acordo com Rains & Epstein (1967), em ambientes salinos, onde o sódio predomina em relação ao potássio, a exigência nutricional da planta em relação a este nutriente (K) pode ficar prejudicada. Estudos conduzidos por Ball et al. (1987), com *Avicennia marina*, mostram que, apesar desta espécie possuir um alto grau de seletividade e mecanismo de transporte de K, ainda assim, pode mostrar evidências de deficiência potássica induzida pela salinidade.

Segundo Fageria (1989), através de resultados obtidos no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), em relação aos teores de P, K e Na, em 11 cultivares de arroz, sob vários níveis de salinidade, os teores de P e de K na parte aérea das plantas diminuiram com o aumento dos níveis de salinidade, enquanto o teor de Na aumentou, com

reflexos negativos sobre a produção. Estes resultados mostram que o desbalanço nutricional é uma das razões para diminuição da produção em solos salinos.

Ao contrário dos teores de nutrientes na planta, em muitos estudos de absorção de nutrientes pelas plantas tem se verificado que estas seguem o mesmo padrão de acumulação da matéria seca, geralmente apresentando três fases bem distintas sendo a primeira fase de absorção lenta, a segunda de intensa absorção até atingir o ponto máximo, a partir do qual ocorre um pequeno declínio, no final do ciclo vegetativo (Tyler & Lorenz, 1964). Estudando a acumulação de biomassa e absorção de nutrientes por híbridos de meloeiro Prata (1999), observou que a absorção de nutrientes seguiu a curva de produção de biomassa e que a absorção de macronutrientes pelos híbridos apresentou a seguinte ordem $Ca > K > N > Mg > P > S$ e para os micronutrientes, $Fe > Mn > Zn > Cu$. Para Rincón et al. (1998) o conhecimento das extrações totais de nutrientes não é suficiente para realizar uma fertirrigação eficiente.

Estudos realizados por Epstein (1961) e por Läuchli & Epstein (1970) demonstraram que íons de sódio geralmente causam distúrbios na nutrição de cálcio; concentrações altas de sódio no meio, em relação a cálcio, tendem a ser danosas; desordens nutricionais que envolvem outros elementos podem estar relacionadas aos efeitos de salinidade sobre o transporte e metabolismo de cálcio; quando são altas as concentrações externas de cálcio, os efeitos da salinidade podem ser amenizados; concentrações inadequadas de cálcio podem afetar negativamente as funções da membrana e o crescimento da planta, em questão de minutos. Os efeitos variam com os genótipos.

De acordo com Kafkafi (1984), existem evidências de competição na absorção entre nitrato e cloreto, de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir absorção de cloreto pela planta. Por outro lado, o nitrogênio amoniacal reduz os teores de cálcio e magnésio na planta, diminuindo a permeabilidade seletiva da membrana radicular e proporcionando aumento na absorção de cloreto, quando o mesmo se encontra em concentração elevada no meio.

2.3. USO DE ÁGUA SALINA NA IRRIGAÇÃO DAS CULTURAS

Ayers & Westcot (1999) definem a qualidade da água de irrigação por uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas, podendo variar significativamente, segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos, uma vez que todas as águas naturais contêm sais solúveis, em quantidade e proporções variáveis. Assim, qualquer adição de água no solo, quer seja de boa ou de má qualidade, ocasiona adição de sais ao perfil do solo, constituindo-se em importante fator de salinização, de acordo com os autores anteriormente citados.

A adequação da água para irrigação depende tanto de sua própria qualidade quanto de fatores relacionados com as condições de uso (Wilcox & Durum, 1967). Como resultado da evapotranspiração, a concentração salina da solução do solo pode aumentar de 4 a 10 vezes mais do que a da água de irrigação, dentro de 3 a 7 dias após a sua aplicação (Carter, 1975). Assim, uma mesma qualidade de água pode ser considerada perfeitamente adequada para certo tipo de solo ou cultura, mas ser inadequada para outros (Hoorn, 1971). Mas, se a água for aplicada em excesso e a infiltração e drenagem forem adequadas, a salinidade do solo poderá permanecer em nível baixo (Bernstein, 1974).

A acumulação de sais, na rizosfera, prejudica o crescimento e desenvolvimento das culturas, provocando um decréscimo de produtividade e, em casos mais severos, pode levar a um colapso da produção agrícola. Isso ocorre em razão da elevação do potencial osmótico da solução do solo, por efeitos tóxicos dos íons específicos e alteração das condições físicas e químicas do solo (Lima, 1998).

Karasawa et. al. (2003), observando o desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigadas com água salina indicam que todas as variáveis avaliadas nas plantas reduziram-se com o acréscimo da salinidade na água de irrigação, com exceção da relação entre o peso seco aéreo e o radicular (RAR). À medida que se elevou a condutividade da água de irrigação, todos os tratamentos apresentaram efeitos negativos, ou seja, causaram decréscimo nas variáveis avaliadas, no nível de 1% de probabilidade pelo teste F. O cafeeiro pode ser considerado sensível à salinidade no estágio de formação de mudas. A redução da quantidade de água disponível afetou a RNA e provavelmente, essa seja uma das causas das menores taxas de crescimento, como apresentado pela altura, área foliar, peso seco da parte aérea e peso seco da raiz. As mudas de cafeeiro irrigadas com água salina apresentaram uma disfunção no metabolismo e no desenvolvimento, e, assim, provavelmente, aumentará o tempo necessário para a formação da muda, levando a um prejuízo econômico.

O menor índice de área foliar das plantas do meloeiro para os níveis de salinidade mais elevados reflete o efeito do potencial osmótico da solução do solo, inibindo a absorção

de água pela planta. Nerson & Paris (1984) confirmam, em estudos realizados sob condições diferentes de salinidade, que a área foliar do melão tende a diminuir com o final do seu ciclo de vida, em até 23%. Hostalácio & Válio (1984) em estudos com feijão, também comprovaram que há decréscimo da área foliar por ocasião do final do ciclo da cultura.

Souza (1995), estudando o comportamento do feijoeiro cultivar Eriparza, e irrigando com diferentes níveis de salinidade da água, observou evolução na condutividade elétrica do solo proporcional aos tratamentos, ou seja, o efeito da água na solução do solo foi diretamente proporcional à concentração de sais na água de irrigação. Gervásio et al. (2000), trabalhando com alface-americana e irrigando sob diferentes níveis de salinidade da água, também encontraram elevados níveis de sal no extrato do solo com o aumento da condutividade elétrica da água, após colheita da cultura.

De maneira geral, o menor crescimento e desenvolvimento vegetativo das plantas em tratamentos mais salinos podem ser associados à diminuição da absorção de água pelas plantas, dado o aumento da pressão osmótica da solução do solo provocado por acumulações de sais solúveis provenientes das águas de irrigação (Ayres & Westcot, 1999). Santos (1990) e Santos & Hernandez (1997), verificaram reduções na altura de plantas de bananeiras Nanica em função da salinidade da água de irrigação, em diferentes idades.

2.4. A CULTURA DO CAJU

2.4.1 Aspectos botânicos e morfológicos

O cajueiro, botanicamente classificado como *Anacardium occidentale* L., pertence à família Anacardiaceae; pertencem a essa família cerca de 60 a 70 gêneros e 400 a 600 espécies; dos tipos genéticos mais conhecidos se destacam o “cajueiro comum” e o cajueiro anão precoce. Originário provavelmente da região Amazônica, o tipo anão precoce apresenta características botânicas, fisiológicas e agrônômicas que o diferenciam do cajueiro do tipo comum, tais como, porte baixo, precocidade (inicia o florescimento aos 6 meses após plantio de mudas enxertadas), período de floração e produtivo mais longo, e menor variabilidade de fruto e pedúnculo (Crisóstomo, 2001).

O cajueiro é uma planta perene, de ramificação baixa e porte médio. A copa atinge altura média de cinco a oito metros e diâmetro médio (envergadura) entre 12 m e 14 m. Excepcionalmente, atinge até 15 m de altura, com diâmetro superior a 20 m. No caso do

cajueiro anão precoce, a altura média não ultrapassa 4 m e a envergadura varia entre 6 e 8 m (Barros, 1995). As folhas são simples, caducas, ovaladas, inteiras e alternas, de aspecto subcoriáceo, glabras e curto-pecioladas, medindo de 10 a 20 cm de comprimento por 6 a 12 cm de largura. Normalmente tem caule ereto, mas, devido principalmente às condições de solo, esse caule pode ser muito curto, com ramificações ao nível do solo, resultando em plantas tipo rastejantes. Ao contrario do cajueiro comum, o caule do cajueiro anão precoce se ramifica próximo ao solo, formando uma copa mais compactada, como ressalta Oliveira (2002). O sistema radicular de uma planta adulta é constituído de uma raiz pivotante, muitas vezes bifurcada, profunda, e de diversas raízes laterais, cuja maior concentração (91%) verifica-se na profundidade de 15 cm a 32 cm da superfície (Frota et al., 1991), e são essas raízes que absorvem os nutrientes e água para a planta. Estudos sobre sistema radicular de plantas de um a seis anos mostraram valores que sugerem o modelo de dois pra um na relação raízes laterais/copa, ou seja, o sistema lateral atinge duas vezes a projeção da copa (Barros, 1995).

O crescimento apresenta duas fases por ano, uma vegetativa, iniciando no mês de abril, desde que ocorram condições normais de precipitação (Barros et al., 1984) e outra reprodutiva, que são reguladas tanto pelas características genéticas da planta como pelas condições ambientais, razão pela qual são observadas alterações desse padrão normal (Araújo & Silva, 1995).

O sistema reprodutivo da espécie é predominantemente alogâmico, ou seja, a fecundação é preferencialmente cruzada (Barros et al., 1993). As flores são pequenas, de coloração verde esbranquiçada ou vermelha e com aroma adocicado; é comum encontrar plantas com flores e frutos em vários estádios de desenvolvimento ao mesmo tempo (Johnson, 1973). São compostas por de cinco sépalas, cinco pétalas, um ovário simples, que nas flores simples é bem rudimentar e de sete a quinze estames. Barros et al. (1993) citam que os dois tipos de flores, masculinas (estaminadas) e hermafroditas, variam em quantidades e proporções entre plantas e até mesmo entre panículas de uma mesma planta, com a percentagem de flores hermafroditas variando de 0,5 a 25 % do número total de flores. As flores masculinas iniciam a abertura por volta das 6h e continuam assim por todo dia, enquanto a abertura das flores hermafroditas ocorre entre as dez e meio dia, com variação mínima.

A cultura do cajueiro anão tem caráter sazonal e, embora possa apresentar frutificação com um ano, sua colheita é economicamente viável somente a partir do terceiro ano (Menezes & Alves, 1995).

Entretanto, o potencial de produção de castanha de novos clones de cajueiro-anão tem alcançado cerca de 1.500 kg, no sexto ano de avaliação de experimento conduzido em cultivo de sequeiro (Barros et al., 2000).

No caso de clones para cultivo sob irrigação, deve-se dar ênfase a genótipos que possibilitem produtividades superiores a 3,8 t/ha, obtidas atualmente com os clones disponíveis (Oliveira, 2002). Como parâmetros de seleção no cajueiro, além da produção de castanha, em cultivos de sequeiro e irrigado, devem ser considerados, também, o porte baixo da planta que facilita a colheita manual; pedúnculo com características de coloração, sabor, textura, maior período de conservação, consistência da polpa e teor de tanino adequados às preferências do consumidor; castanhas com amêndoas de peso superior a 2,54 g; facilidade de retirada do pedúnculo; rendimento industrial da amêndoa acima de 28%; facilidade na despeliculagem; coloração dentro dos padrões internacionais; e amêndoas resistentes à formação de bandas.

2.4.2.- Importância econômica da cultura do caju

O cultivo do caju constitui-se numa atividade de grande importância econômica e social para o Nordeste brasileiro, não só pela absorção de mão-de-obra, mas, também, de forma expressiva, na geração de divisas externas. Além da castanha, do cajueiro pode ser obtido também o pedúnculo, cujo potencial de aproveitamento, nas mais diferentes formas, poderá torná-lo outro importante produto de exploração (Ramos et al., 1996).

Historicamente, o cajueiro tem sido considerado uma planta resistente e adaptada às condições de seca, sendo muitas vezes o único cultivo a produzir em condições extremamente adversas, o que provavelmente explica o desinteresse, expresso até recentemente, em verificar se o mesmo responderia bem à irrigação (Oliveira et al., 1998a). Em decorrência disso, a maioria das áreas cultivadas com o cajueiro existentes no Brasil foi implantada sob regime de sequeiro, com base na premissa de que a planta pode ser cultivada sob condições de adversidade hídrica.

Outro indício da importância dessa cultura na região provém do fato de ser essa, praticamente, a única atividade agrícola com planta perene em regime de sequeiro, viável econômica e agronomicamente, em função das baixas precipitações pluviais que ocorrem

nesta parte do Brasil. Outra característica importante da cajucultura é que a colheita, fase de maior intensidade de uso de mão-de-obra, coincide com a entressafra de culturas tradicionais como mandioca, algodão, milho e feijão, apresentando-se, portanto, como uma cultura geradora de empregos, evitando o êxodo rural e proporcionando muito trabalho nas zonas rural e urbana, por meio das usinas de beneficiamento de castanha e processamento do pedúnculo (Oliveira & Ramos,1995).

As baixas produtividades vêm repercutindo em toda a cadeia, do segmento produtivo até a industrialização, na falta de matéria-prima de qualidade para a indústria (Paula Pessoa & Leite, 1998). Portanto, há necessidade de se aumentar a lucratividade do setor produtivo, uma vez que as produtividades auferidas, atualmente, não remuneram o produtor, pondo em risco a viabilidade. A produtividade esperada, por hectare, para o cajueiro-anão precoce em cultivo de sequeiro é de cerca de 1.000 kg de castanha e 10.000 kg de pedúnculo, enquanto que em cultivo irrigado é de 3.800 kg de castanha e 30.000 kg de pedúnculo (Oliveira, 2002).

No Brasil - em 2006 se teve uma área colhida de 710.181 hectares, com uma produção de 243.770 toneladas de castanhas o que rendeu divisas econômicas no valor de R\$ 228 186.000,00. A atividade se concentra na região Nordeste - produzindo 241 mil e 518 toneladas de castanhas obtidas de uma área colhida de 706.195 hectares (Figura 1), o que proporcionou uma renda de R\$ 226.224.000,00 - sendo o Ceará, o Piauí e o Rio Grande do Norte os maiores produtores de castanha de caju, responsáveis por aproximadamente de 91% da produção brasileira segundo dados do IBGE de 2006 (Figura 2).

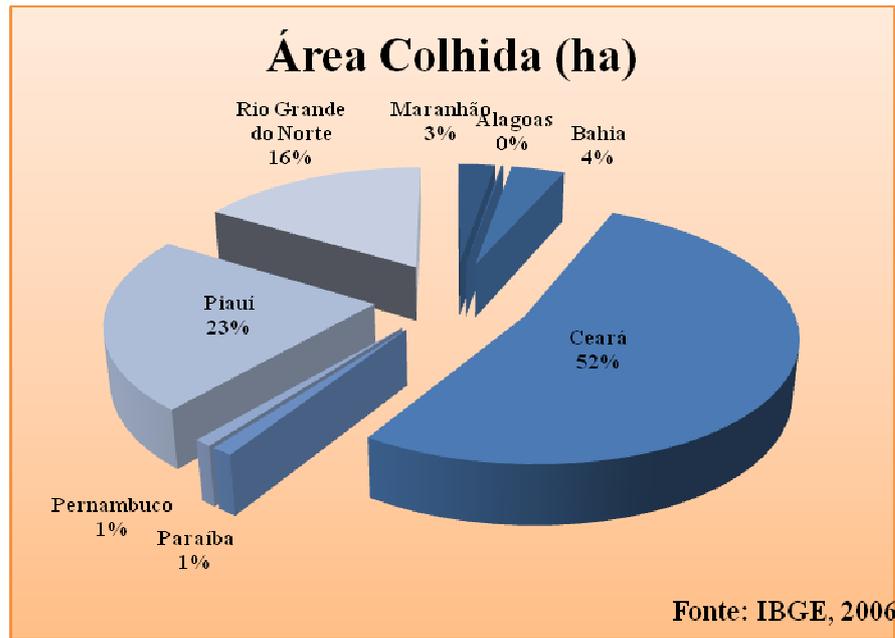


Figura 1. Dados percentuais da área colhida de castanha de caju na Região Nordeste

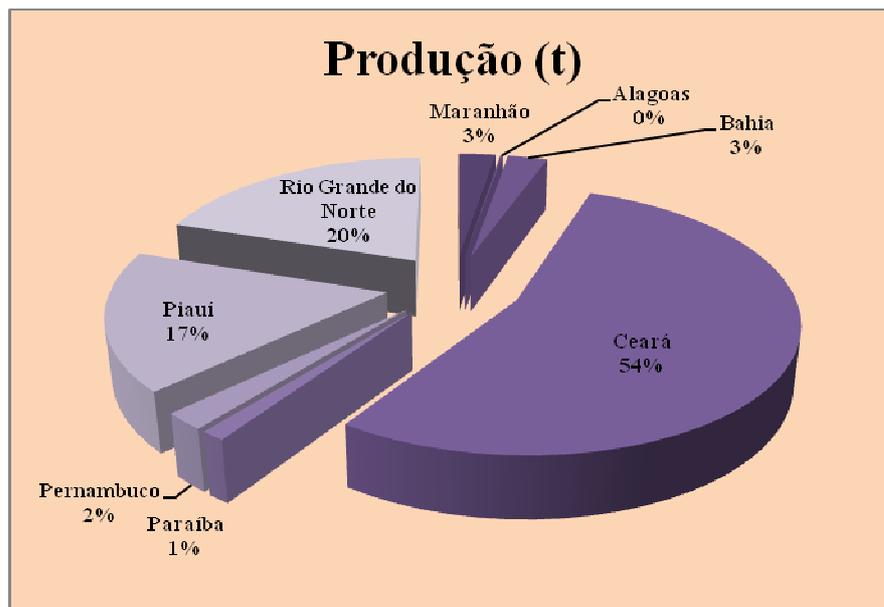


Figura 2. Dados percentuais da produção de castanha de caju na Região Nordeste

No Quadro 1 é possível observar um panorama geral, por Estado, dos aspectos produtivos e econômicos da cultura do cajueiro.

Quadro 1: Panorama geral dos aspectos produtivos e econômicos da cultura do cajueiro

Localidades	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Valor (1 000 R\$)
Brasil	710.181	243.770	228.186
Nordeste	706.195	241.518	226.224
Maranhão	18.339	6.149	4.333
Alagoas	1.147	427	386
Bahia	27.000	6.618	5.769
Ceará	371.032	130.544	115.862
Paraíba	8.021	2.938	2.907
Pernambuco	6.533	5.127	4.934
Piauí	159.389	41.853	39.602
Rio Grande do Norte	114.734	47.862	52.430

Fonte: IBGE (2006)

A expansão da cultura nos Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, na segunda metade da década de 60, deveu-se, principalmente, às condições climáticas favoráveis, ao baixo preço das terras, à maior concentração de indústrias de beneficiamento de castanhas e pedúnculos e ao grande incentivo proporcionado pelo governo federal, através da Sudene (Paula Pessoa et al., 1995).

A maioria dos pomares de cajueiro foi implantada para cultivo em regime de sequeiro, utilizando-se mudas ‘pé-franco’ do cajueiro comum. Esta atividade se baseava na possibilidade da cultura ser explorada sob condições de extrema adversidade hídrica, o que resultava em produtividade baixa. Uma das formas de se reduzir o problema foi a obtenção do cajueiro anão precoce, permitindo a adoção de sistemas de plantio adensados com clones melhorados, poda, uso de fertilizantes e controle fitossanitário, possibilitando incremento na produtividade, de até 942% de castanhas e aproveitamento total do pedúnculo (Ramos et al., 1996). Nesse contexto, cresceu as perspectivas de utilização da irrigação para aumento da produtividade, ampliação do período de colheita e melhoria da qualidade da castanha e do pedúnculo. Vale a pena salientar, entretanto, que o uso inadequado da água em áreas semi-áridas, predominantes no Nordeste brasileiro, tem ocasionado a salinização de solos (Audry & Suassuna, 1995).

Apesar da reconhecida importância socioeconômica da cajucultura para o nordeste e da magnitude dos problemas de salinidade na região, poucos trabalhos de pesquisa têm sido

desenvolvidos, com o objetivo de investigar os efeitos da irrigação com águas de diferentes qualidades em cajueiro. Em todos os estudos anteriores, as águas foram preparadas com NaCl e CaCl₂ (Santos & Meireles, 1997; Meireles, 1999) ou apenas com NaCl (Ferreira et al., 2000) sem qualquer informação envolvendo a presença conjunta dos três principais cátions (Na, Ca, Mg), predominantes nas águas utilizadas em irrigação no nordeste (Medeiros, 1992).

A importância dessa agroindústria para os Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, onde são colhidos cerca de 90% da produção e onde é feito todo o processamento da castanha, é representada pela movimentação de 157 milhões de dólares em exportações de amêndoas, milhares de empregos, diretos e indiretos, em todas as atividades dos segmentos produção, industrialização e comercialização da cadeia agroindustrial (Paula Pessoa & Leite, 1998).

O volume de amêndoas de castanha de caju (ACC) comercializado atualmente está estimado em 160.000 t/ano, que representam mais de dois bilhões de dólares para o mercado varejista e divisas para os países exportadores, pela ordem: EUA (55%), Holanda (10%), Alemanha (7%), Japão (5%) e Inglaterra (5%), os maiores consumidores de ACC, com 82% do total absorvido por exportações (Ascenso & Duncan, 1997).

No Brasil, a baixa qualidade do material de cultivo, na quase totalidade de cajueiro comum, associado ao uso de técnicas inadequadas e insuficientes, tem contribuído para uma redução significativa na produtividade média. No entanto, com o surgimento do cajueiro anão precoce, que tem o seu sistema de produção baseado no emprego de clones melhorados, cultivos adensados, fertilizantes e controle fitossanitário, a idéia de que a planta pode ser cultivada sob condições de extrema adversidade está mudando com perspectivas de utilização da irrigação e, conseqüentemente, aumento da produtividade, ampliação do período de colheita e melhoria da qualidade da castanha e do pedúnculo (Oliveira et al., 1998).

Embora no Brasil exista uma variabilidade genética ampla de cajueiro, apenas seis clones comerciais de cajueiro-anão precoce são recomendados para plantios comerciais, dentre eles o CCP-76. Isso representa uma base genética excessivamente estreita, caracterizando-se como uma vulnerabilidade genética, segundo (Almeida et al., 1993a e Barros et al., 1993).

Estudos fenológicos das plantas tropicais estão sendo intensificados, por serem de fundamental importância na avaliação de suas exigências ecológicas (Frota, 1988).

A produção agrícola, segundo Guandique & Libarde (1997), é fortemente influenciada pelas condições edafoclimáticas do local. Desta forma, a falta de água por

períodos muito longos, devido principalmente a distribuição irregular das chuvas, como acontece no semi-árido nordestino, tem sido um dos principais fatores limitantes da produção.

2.4.3. Exigências edafoclimáticas do cajueiro

Segundo Andrade Júnior (1992), as culturas têm desenvolvimento e rendimento altamente influenciados pelas condições de clima e umidade no solo. A deficiência e o excesso de água no solo são os fatores mais limitantes para obtenção de altas produtividades, pois podem prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

A faixa de umidade relativa do ar mais apropriada para a cultura situa-se entre 70% e 80%. Em regiões de grande concentração de plantios, valores superiores a 80%, notadamente no período de florescimento, são bastante prejudiciais às plantas por favorecerem às doenças fúngicas, especialmente a antracnose. Devem ser evitados locais com umidade relativa do ar abaixo de 40%, principalmente no período de florescimento e frutificação, em razão das perdas por secamento e queda de flores e frutos jovens (Barros et al., 1993). O cajueiro por ser uma planta de clima tropical, exige para seu desenvolvimento regime de altas temperaturas, sendo a média de 27 °C a mais apropriada para o cultivo. Suporta, no entanto, temperaturas médias mais elevadas (33° a 35°C), sendo, porém sensível a períodos prolongados sob temperaturas abaixo de 22°C, uma vez que as plantas jovens são prejudicadas pelo frio. As adultas, apesar de suportarem melhor as temperaturas baixas, têm a produção afetada quando estas ocorrem no período de floração/frutificação (Barros et al., 1993). A cultura do cajueiro é explorada comercialmente em várias regiões do mundo, onde ocorrem diferentes tipos climáticos como, Am, Aw, Bsh e Bwh, conforme classificação de Köppen, basicamente climas tropicais chuvosos. Caracterizam esses tipos climáticos: temperatura mínima, superior a 18°C, um período de seca, ou precipitação do mês mais seco inferior a 10% do total das chuvas do mês mais úmido, que deverá ser inferior a 30 mm. Os principais fatores climáticos que influenciam na exploração econômica do cajueiro são: precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e altitude e, num grau de menor importância, latitude e vento (Aguiar & Costa, 2002).

Com relação ao tipo de solo o cajueiro pode ser cultivado na maioria dos solos desde que sejam profundos, intensamente interperizados, não apresentando minerais primários de fácil decomposição, os quais, quando presentes, representam uma reserva de nutrientes a serem liberados lentamente para a solução do solo (Ramos & Lima, 1995). Esses solos são de baixa fertilidade, apresentam deficiências de vários nutrientes, principalmente fósforo,

potássio e cálcio, sendo que essas deficiências tendem a crescer com o uso do solo, caso não se adotem práticas para reposição de nutrientes (Oliveira & Ramos, 1995).

Os principais solos cultivados com cajueiro anão precoce são: Neossolos Quartzarênicos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Amarelos, Argissolos Acinzentados, Argissolos Vermelho-Amarelos (Crisóstomo et al., 2001). Nos Neossolos Quartzarênicos o teor de matéria orgânica é baixo. Como consequência, os suprimentos de nitrogênio e enxofre também são baixos. As perdas de nutrientes por lixiviação, nesses solos, em geral, são elevadas: N e K > 80%, Ca e Mg > 40% do aplicado (Souza Carvalho, 1996).

2.4.4. Necessidades nutricionais do caju

Com relação a estudos sobre nutrição e adubação mineral do cajueiro, existem vários trabalhos citados na literatura desenvolvidos em plantas adultas, em distintos estádios fenológicos (Hanamashetti et al., 1985). Os estudos mostram que os nutrientes mais exigidos pelo cajueiro são o nitrogênio e o potássio, justamente os dois mais utilizados na fertirrigação, o que possibilita um melhor planejamento do manejo da técnica e maior eficiência no uso dos fertilizantes.

Estudo de absorção de nutrientes realizado por Ximenes (1995) em mudas de cajueiro anão precoce (CPP 76) mostram que os cotilédones contêm expressivas reservas de N, P, S, K e Mg, respectivamente 54,82%, 44,90%, 36,19%, 17,05% e 16,37%, em relação às quantidades máximas desses elementos extraídos pela planta. A demanda nutricional das mudas no estágio inicial, segundo o mesmo autor, é suprida pelos cotilédones e sistema radicular. A quantidade exportada de nutrientes é função do destino dado à parte aérea. No cajueiro, consideram-se o pedúnculo e a castanha como parte exportada. Segundo este mesmo autor, os nutrientes exigidos e exportados pelo cajueiro obedecem às seguintes ordens decrescentes: Exigência; N > K > Mg > Ca > P > S > Fe > Mn > B > Zn > Cu ; Exportação; N > K > P > Mg > S > Ca > Fe > B > Cu > Mn.

Para o plantio do cajueiro é necessário se fazer uma calagem e adubação conforme análise de solo com o objetivo de elevar a saturação por bases do solo e garantir um teor mínimo de magnésio. A adubação fosfatada leva em conta a determinação de fósforo no solo pelo método da resina, que é um processo que simula a ação das raízes e, assim, torna-se mais eficiente na avaliação da disponibilidade do nutriente no solo (Raij et al., 1996).

A aplicação inicial de fósforo (P), Cálcio (Ca) e micronutrientes para o cajueiro anão precoce devem ser feita no momento de preparo da cova. A fertirrigação com N e K

deve ser iniciada três meses após o transplante das mudas no campo, com frequência quinzenal (Oliveira et al., 2001). Do segundo ano em diante, o P deve ser aplicado de maneira convencional, no início da estação das chuvas; enquanto o N, K e micronutrientes devem ser aplicados através de fertirrigações quinzenais, de janeiro a outubro (Oliveira et al., 2001). A tendência atual da fertirrigação é a alta frequência de aplicação com pequenas quantidades de fertilizantes, obtendo soluções com baixa concentração.

Na Tabela 5 são apresentadas as recomendações para a adubação do cajueiro anão precoce para as condições dos solos arenosos dos tabuleiros costeiros do Nordeste, as quais poderão ser modificadas, em função de análises de solo e das condições da área de cultivo.

Na operação de preparo do solo para implantação da cultura é necessário fazer uma aração seguida de uma gradagem. Nesta ocasião, se necessário, realizar-se a calagem para elevar a saturação de bases a 60% (Lopes, 1986). Se o teor de Mg for inferior a 48 mmol_c dm⁻³, é necessário utilizar calcário dolomítico. Gesso agrícola só deve ser aplicado em solos com camadas superficiais (20 a 40 cm) com menos de 3mmol_c DM⁻³ de Ca²⁺ e/ou com mais de 5 mmol_c dm⁻³ de Al³⁺ e/ou saturação por alumínio maior que 40% (Lopes, 1986).

Recomenda-se o espaçamento de 7 x 7 m quando cultivado em sequeiro (204 plantas/ha) ou 7 x 8 m sob irrigação (178 plantas/ha). Após a abertura das covas que deveram ter dimensões 40 x 40 x 40 cm, recomenda-se aplicar 100g de calcário dolomítico misturando bem com o solo e em seguida fazer a mistura com 10L de esterco de curral curtido ou 3 a 4L de esterco de galinha com P₂O₅ na forma de superfosfato simples segundo análise de solo (Tabela 5).

Tabela 5. Recomendação de adubação mineral para o cajueiro anão precoce sob irrigação para o Estado do Ceará.

Adubação	N (g/pl.)	P resina (mg dm ⁻³)			K solo (mmol dm ⁻³)		
		0 - 12	13 - 30	> 30	0 - 1,5	1,6 - 3,0	> 3,0
		P ₂ O ₅ (g / planta)			K ₂ O (g / planta)		
Plantio	0	200	150	100	-	-	-
Formação	-	-	-	-	-	-	-
0 – 1 ano	60	-	-	-	60	40	20
1 – 2 ano	80	80	200	150	100	60	40
2 – 3 ano	150	250	200	120	140	100	60
3 – 4 ano	200	200	250	150	180	140	80

Fonte: Crisóstomo et al., (2001)

2.4.5. Necessidades hídricas

Ainda de acordo com Crisóstomo et al. (2001) precisa-se entre 800 mm e 1600 mm distribuídos por 5 a 7 meses do ciclo com estação seca para floração/polinização do cajueiro. Com base em parâmetros climáticos e de irrigação, estimou-se as necessidades hídricas do cajueiro anão precoce nos diversos estágios de desenvolvimento da cultura (1º ano, 2º ano e a partir do 2º ano).

O cajueiro responde significativamente à irrigação, sendo que a produtividade do cajueiro anão precoce irrigado pode alcançar até 4.600 kg de castanhas por hectare, no quarto ano de produção, com um incremento de 1.153% em relação ao cajueiro comum sob sequeiro, e ter o período de colheita ampliado para dez meses (Oliveira & Bandeira, 2001).

O manejo da irrigação na cultura do cajueiro anão precoce está relacionado à frequência e a quantidade de aplicação de água, baseado no tipo de solo, na idade do cultivo, na eficiência do sistema de irrigação e nas condições climáticas. Ainda segundo Embrapa, (2001) as necessidades de irrigação do cajueiro é de 10 a 20; de 23 a 35; de 35 a 53 e de 62 a 90 (L/pl./dia) para 1º, 2º, 3º e 4º Ano, respectivamente.

2.4.6. Características do clone de cajueiro CCP 76

Conhecido também por cajueiro de seis meses, o cajueiro tipo anão precoce apresenta características botânicas, fisiológicas e agrônomicas que o diferenciam do tipo comum. Originário provavelmente da região Amazônica, onde ocorre em estado aparentemente espontâneo nos cerrados do Território de Roraima, caracteriza-se pelo porte baixo, copa homogênea, diâmetro do caule e envergadura bem inferiores ao tipo comum, precocidade etária - inicia o florescimento dos 6 aos 18 meses - e estacional (Barros, 1988).

O porte baixo, de acordo com Barros et al. (1984), possibilita o aumento da densidade de plantio com conseqüente acréscimo na produtividade, além de facilitar os tratos culturais e a colheita, favorecendo maior aproveitamento do pedúnculo. O primeiro lote de cajueiro anão da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE) foi introduzido no ano de 1956 e consistia de trinta plantas, oriundas de Maranguape-CE. A partir desse material, novos lotes foram estabelecidos, sendo o principal deles uma progênie de meios-irmãos, composta por 360 plantas, originárias da matriz de cajueiro precoce (CP) 06, uma das plantas do lote original que apresentou melhores qualidades agrônomicas (Barros et al., 1984). O

clone CCP76 é um dos mais utilizados nos novos plantios, pela qualidade das castanhas e do pedúnculo (Oliveira et al., 2003).

Seus indicadores agroindustriais são peso da castanha de 8,60 g, amêndoa despeliculada com média de 1,80 g com umidade natural, a relação amêndoa/ casca é cerca de 20% e a percentagem de amêndoas quebradas no corte é de 4,1%. A produtividade média esperada no sexto ano de produção é cerca de 340 kg/ha, em espaçamento de 7 x 7 m.

Para o pedúnculo, os indicadores agroindustriais são peso médio de 135 g e coloração laranja. A exploração comercial desse clone vem sendo feita tanto em cultivo de sequeiro como irrigado, com aproveitamento do pedúnculo, para o mercado de mesa, e da castanha, para o mercado de amêndoa.

O cajueiro do tipo anão, quando propagado vegetativamente, apresenta cerca de 80 % das plantas em florescimento já no primeiro ano, ou seja, 4 a 6 meses após o plantio. Quando propagado por semente o cajueiro anão inicia o florescimento no 2º ano, embora 20 a 40 % das plantas possam florescer no primeiro ano, daí ser chamado de cajueiro de seis meses (Barros et al., 1984).

Como decorrência dos trabalhos realizados pelos pesquisadores da EPACE e da Embrapa, o cajueiro anão precoce constitui-se no grande indutor de mudanças na cajucultura extensiva e extrativista que ainda é praticada no Nordeste. Devido às suas características de porte reduzido, precocidade e elevada produção, é a tecnologia indicada para a expansão e/ou renovação da cajucultura, baseada em sistemas de produção avançados como preconiza a moderna fruticultura (Almeida et al., 1993b).

2.4.7.- Efeito da salinidade no caju

2.4.7.1. No crescimento e desenvolvimento da planta

Segundo Bezerra (2001), a irrigação com solução salina provoca redução do número de folhas, da altura das plantas, do diâmetro do caule e da matéria seca da parte aérea e das raízes de porta-enxertos de cajueiro-anão precoce, e, ainda, na área foliar e na matéria seca de mudas enxertadas. Com uma concentração salina correspondente a uma condutividade elétrica de 3,0 dS m⁻¹, houve morte nas plantas. Aumento na salinidade do substrato também provoca redução e retardo da germinação de clones de cajueiro-anão precoce (Soares, 1998).

O estresse salino pode afetar o crescimento celular e a expansão das folhas, tanto através da redução na pressão de turgescência como na extensibilidade da parede celular (Prisco, 1980).

2.4.7.2. Na produção

Távora et al. (2001) estudando o comportamento de plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl, observaram que o estresse salino causa reduções na altura das plantas, número de folhas, e área foliar por planta. A área foliar por planta foi a variável mais afetada com uma redução de 92% quando submetida ao nível de 150 mmol L⁻¹ de NaCl. A altura da planta e o número de folhas apresentaram reduções intermediárias de 86 e 84%, respectivamente, no nível mais elevado de salinidade. A área foliar unitária foi a variável menos sensível ao estresse salino, apresentando uma redução máxima de apenas 43% no mais alto nível de salinidade imposto, sem atingir, entretanto, significância estatística. O número de folhas depende da formação e desenvolvimento de primórdios foliares, enquanto a área foliar unitária é função da expansão celular.

Segundo Carneiro et al (2002), a salinidade da água de irrigação não interfere quantitativamente no processo germinativo do cajueiro, mas prolonga o período de germinação, bem como, inibe o crescimento da planta em altura, área foliar, produção de fitomassa seca da parte aérea e total, mas aumenta o teor de água das folhas. Num outro aspecto estudado, o efeito da salinidade até 50 dias após a semeadura foi mais intenso sobre a parte aérea que sobre o sistema radicular, resultando em aumento na relação raiz/parte aérea, sendo possível afirmar que o cajueiro é mais tolerante à salinidade durante a germinação que na fase de desenvolvimento inicial.

2.4.7.3. Na qualidade do fruto

Informações sobre efeitos da salinidade da água e, ou do solo na qualidade de produção são ainda escassas, embora tais efeitos sejam aparentes e tenham sido notados sob condições de campo; em geral, a salinidade do solo, tanto a causada pela irrigação com água salina, como pela combinação dos fatores água, solo e manejo das culturas, podem resultar em redução na produção, mudanças de cor e aparência e mudanças na composição do produto (Rhoades et al., 2000).

Todavia, de acordo com Pasternak & De Malach (1994), após anos de experimentação, tem-se tornado claro que a salinidade pode realmente apresentar efeitos benéficos substanciais sobre as culturas, benefícios que se traduzem em vantagens econômicas; os efeitos benéficos em termos de aumento do rendimento da colheita ou mesmo na melhoria da qualidade do produto. A salinidade pode aumentar os rendimentos nas culturas que tenham forte competição por fotossintatos, entre os órgãos vegetativos e reprodutivos. Isto ocorre pela redução no crescimento das partes vegetativas, permitindo, assim, que o excesso de fotossintatos flua para as partes reprodutivas.

Segundo Rhoades et al. (2000), culturas de tolerância moderada a salinidade podem ser usadas, em alguns casos, especialmente se for melhorada a qualidade da produção; como por exemplo, o uso da água de drenagem (condutividade elétrica de 4 – 8 dS m⁻¹) aumentou significativamente os teores de sólidos solúveis de frutos de melão e de tomate (Grattan et al., 1987), melhorou a cor e a resistência ao armazenamento de melões Cantaloupe (Rhoades et al., 1989) e o no tomate melhorou o formato para o processamento (Grattan et al., 1987).

Segundo Carmo (2003), a salinidade da água de irrigação afetou de forma significativa o diâmetro do pseudocaule da cultura da bananeira, tendo efeito linear para 110, 240 e 300 dias e cúbico para 160 dias, embora linear já explique em 81% e não significativo ($P > 0,05$) para 360 dias e Santos (1990) observou efeito semelhante da salinidade para o diâmetro do pseudocaule, estudando a bananeira Nanica, entretanto, o mesmo constatou maior efeito da salinidade à medida que as plantas foram ficando mais velhas.

2.4.7.4. Na distribuição de nutrientes através da planta

As curvas de absorção de nutrientes pela planta seguem o mesmo padrão de acumulação de matéria seca, geralmente com três fases bem distintas: na primeira fase a absorção é lenta, seguida de intensa absorção até atingir o ponto máximo, a partir do qual ocorre um pequeno declínio, no final do ciclo vegetativo (Tyler & Lorenz, 1964; Prata, 1999). Tyler & Lorenz (1964), trabalhando com quatro variedades de meloeiro (PMR450, Crenshaw, Honeydew e Persian), encontraram teores semelhantes dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg, nas hastes (folhas + ramos), entre as variedades. O teor de N aos 51 dias após o plantio (primeira amostragem) foi aproximadamente de 4,5%, e decresceu para 2,5% aos 107 dias (última amostragem). Os teores de P e K em condições idênticas variaram de 0,3 a 0,6% e de 1,9 a 3,3%, respectivamente. Entretanto, os teores de Ca nas hastes não alteraram

significativamente, durante o cultivo das variedades, enquanto que o Mg variou de 0,7 a 1,0%. Além disso, os mesmos autores verificaram que durante os primeiros 50 dias de crescimento, aproximadamente 2,8 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de N e K foram absorvidos pela variedade Persian, e 1,7 kg ha⁻¹ dia⁻¹ pelas outras variedades. Com o início de crescimento dos frutos, a taxa de absorção de nutrientes aumentou consideravelmente e permaneceu proporcionalmente alta até a colheita. A absorção de N e K foi quatro vezes a de Ca e P e duas a três vezes a de Mg. Os teores de N na planta variam consideravelmente com a parte da planta analisada, metodologia usada, idade da planta, fertilização, entre outros (Marschner,1995). Ximenes (1995), avaliando amostras compostas (caule + folhas) de mudas de cajueiro-anão-precoce verificou que os teores de N variavam de 0,99 g/kg a 2,72 g/kg. Todavia, Haag et al. (1975a), conduzindo estudos com mudas de cajueiro comum em solução nutritiva, estabeleceram como adequados os teores foliares de 2,40 g/kg a 2,58 g/kg e como deficientes de 0,98 g/kg a 1,38 g/kg. Os teores de N observados podem ser considerados satisfatórios quando comparados aos obtidos por Ximenes (1995). Haag et al. (1975b), estudando os teores de macronutrientes em mudas de cajueiro comum cultivadas em solução nutritiva, classificaram como níveis adequados de K os valores entre 1,10 g/kg a 1,29 g/kg e como deficientes os valores compreendidos entre 0,20 g/kg a 0,26 g/kg. Ximenes (1995), trabalhando com mudas de cajueiro-anão-precoce CCP76, encontrou teor máximo de 1,48 g/kg nas plantas que receberam adubação e mínimo de 0,43 g/kg no tratamento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do Experimento

O ensaio foi conduzido no período de dezembro de 2006 a Março de 2007, em ambiente protegido do Departamento de Engenharia Agrícola (DEAG), no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande, em Campina Grande – PB, a 7° 15' 18'' S e 35° 52' 28'' W de Greenwich a 550m acima do nível do mar. De acordo com a classificação de Köppen adaptada ao Brasil (Coelho & Soncin, 1982), o clima da região é do tipo “CSa” que representa um clima mesotérmico, semi-úmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno.

O trabalho teve com objetivo analisar a produção de fitomassa e acumulação de diferentes órgãos do cajueiro anão precoce irrigado com águas salinas. Para isto, utilizou-se um material de solo sem problemas de salinidade e/ou sodicidade, proveniente do Município de Lagoa Seca-PB. Após se ao ar e passado em peneira de 2 mm de malha efetuou-se utilizando caracterização físico-hídrica e química (Tabela 6) utilizando as metodologias propostas por Richards (1954) e Silva (1999).

Tabela 6. Características físico-hídricas e químicas do solo

Características	Valor
	(g kg ⁻¹)
Areia	758
Silte	81
Argila	161
Densidade global	1,52
Densidade das partículas	2,63
Porosidade (%)	42,20
	Umidade % (base solo seco)
Capacidade de campo	9,60
Ponto de murcha permanente	2,90
	Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)
Cálcio	1,49
Magnésio	1,10
Sódio	0,16
Potássio	0,14
Hidrogênio	0,00
Alumínio	0,00
Capacidade de troca de cátions (cmol _c kg ⁻¹)	2,89
Porcentagem de sódio trocável (%)	5,88
Carbonato de cálcio qualitativo	Ausente
Carbono orgânico (g kg ⁻¹)	2,60
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	4,50
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	0,30
Fósforo assimilável (mg kg ⁻¹)	0,30
pH em água (1:2,5)	7,06
	Extrato de saturação
pH do extrato de saturação	6,62
CE do extrato de saturação (dS m ⁻¹)	0,35
Cloreto (mmol _c L ⁻¹)	1,95
Carbonato (mmol _c L ⁻¹)	0,00
Bicarbonato (mmol _c L ⁻¹)	2,08
Sulfato (mmol _c L ⁻¹)	Ausente
Cálcio (mmol _c L ⁻¹)	0,58
Magnésio (mmol _c L ⁻¹)	1,27
Potássio (mmol _c L ⁻¹)	0,24
Sódio (mmol _c L ⁻¹)	2,03
Relação de adsorção de sódio (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	2,11
Classificação do solo em relação à salinidade	não salino e não sódico

Utilizou-se o clone cajueiro anão precoce CCP76, fornecido pela Embrapa Agroindústria Tropical, produzido sem estresse salino no Campo Experimental localizado em Pacajus-CE, sendo um dos genótipos mais utilizados nos novos plantios pela qualidade das castanhas e do pedúnculo.

Visando assegurar o desenvolvimento inicial das plantas, os tratamentos salinos foram iniciados somente quatro meses após o transplântio das mudas (fevereiro/2006).

3.2. Tratamentos

Os tratamentos consistiram de cinco níveis de salinidade da água de irrigação, denominados S1, S2, S3, S4 e S5, correspondendo às condutividades elétricas de 0,8; 1,6; 2,4; 3,2 e 4,0 dS m⁻¹ a 25° C, e três fases do ciclo, denominadas A, B, e C, correspondentes às fases do transplântio ao início de emissão de botões florais (A), da emissão de botões florais ao início de formação de frutos (B) e do início de formação de frutos ao final de frutificação (C) (Figura 3A). Observa-se na figura a disposição da condução do experimento quanto a fase fenológica durante a qual a planta sofre estresse salino.

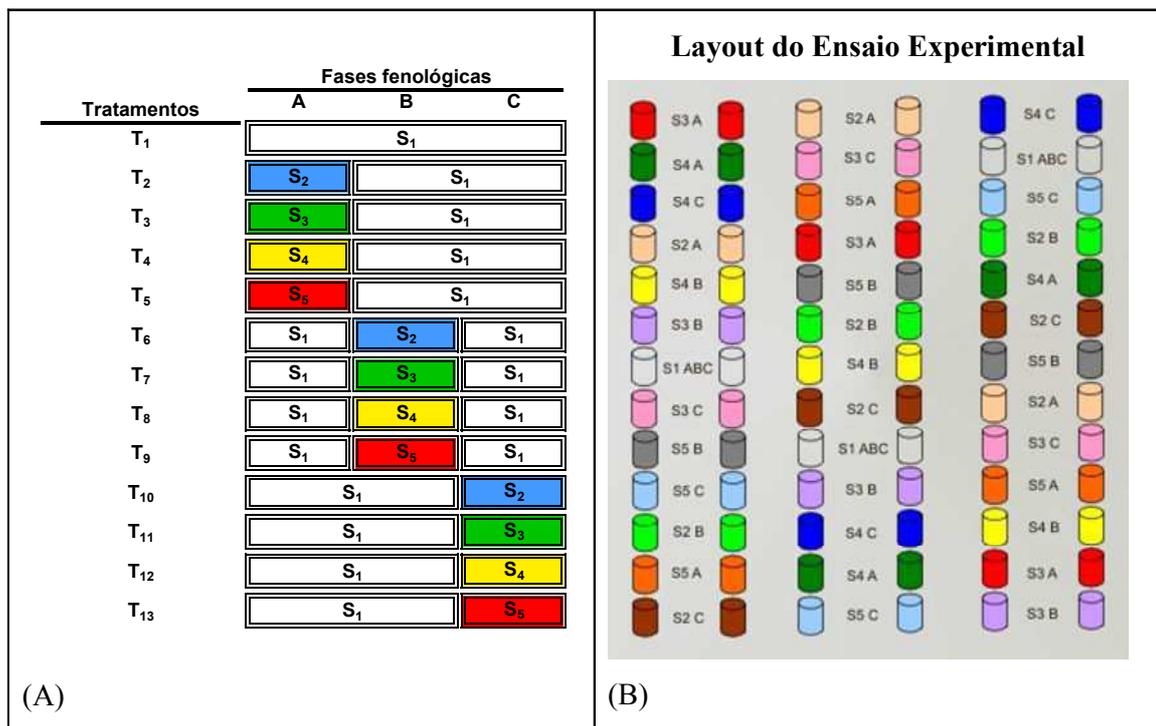


Figura 3: Layout do experimento, mostrando os tratamentos de salinidade nas diferentes fases fonológicas da planta (A) e a disposição das parcelas com suas respectivas identificações (B).

Por exemplo, a planta identificada com sendo S₃BP₁, sofreu estresse salino de 2,4 dS m⁻¹ (S₃) unicamente na fase de floração (Fase B) recebendo nas outras duas fases (A e C)

irrigação com água de boa qualidade. Assim, 6 plantas receberam os 13 tratamentos de salinidade distribuídos nas três fases fenológicas.

O tratamento S1 corresponde a testemunha absoluta em que a irrigação foi feita com água de abastecimento da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) – Seccional Campina Grande - com uma condutividade elétrica de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ a 25° C .

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial $(4 \times 3) + 1$ com seis repetições, totalizando 13 tratamentos e 78 parcelas. Cada unidade experimental foi composta por uma planta (Figura 1B).

O experimento iniciou-se em dezembro de 2006, correspondendo ao segundo ciclo de produção e se estendeu até a colheita dos últimos frutos em março de 2007, quando foram coletadas as plantas. Assim, foram utilizadas amostras da planta unicamente no último estágio da frutificação. Apenas no último estágio de frutificação, foram retiradas amostras para análise foliar

3.3. Instalação e Condução do Experimento

Montou-se o ensaio em vasos plásticos com dimensões de 0,70 m de altura e 0,55 m de diâmetro, perfurados na base para monitorar a água de drenagem. Posteriormente, foi realizada uma adubação fosfatada de fundação e de cobertura em nitrogênio e potássio, com base na análise do material de solo e recomendações apresentadas por Crisóstomo et al. (2001). Para o primeiro ano de cultivo de cajueiro anão precoce sob irrigação: incorporou-se, em cada planta, 200 g de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples (18% P_2O_5), e 60 g de N, na forma de uréia (46% N), e de K_2O , na forma de cloreto de potássio (58% K_2O), sendo o primeiro aplicado de uma única vez quando da acomodação das plantas nos seus respectivos vasos. Objetivando o maior aproveitamento da uréia e do cloreto de potássio, bem como para minimizar a lixiviação, dividiu-se a recomendação anual desses fertilizantes em 24 parcelas, aplicando-se, quinzenalmente, 5,42 g de uréia e 4,31 g de KCl por planta.

Os recipientes com capacidade para 170 litros (Figura 4), onde as plantas foram cultivadas foram perfurados na base com dois orifícios de 0,50 polegada de diâmetro para instalação de conexões do sistema de drenagem, ligado a um recipiente externo com capacidade de 2,0 litros, coletando a água lixiviada e controlando o consumo de água pela planta.



Figura 4. Recipientes utilizados para o cultivo da planta do cajueiro

Na base inferior de cada vaso foi colocado uma camada de 5 cm de brita nº 05 para uma melhor drenagem da água excedente da irrigação.

Utilizou-se nas irrigações um sistema de irrigação por gotejamento, composto de mangueiras de polietileno com $\frac{1}{2}$ polegada de diâmetro e emissores integrados do tipo “Katif”, com vazão nominal de $2,4 \text{ L h}^{-1}$, sendo três gotejadores por planta (Figura 5), totalizando a uma vazão de $7,2 \text{ L h}^{-1}$ por planta. As irrigações foram efetuadas a cada três dias, com base no consumo de água das plantas, determinada pelo balanço hídrico sob uma fração de lixiviação (FL) de aproximadamente 0,2, como indica a Eq. 1:

$$VI = (VA - VD)/(1 - FL) \quad (1)$$

Sendo:

VI → Volume de água a ser aplicado na irrigação (mL).

VA → Volume de água aplicado da irrigação anterior (mL).

VD → Volume de água drenado da irrigação anterior (mL).



Figura 5. Mangueiras e Gotejadores utilizados na irrigação

Após cada irrigação, na manhã seguinte, coletou-se a água de drenagem, medindo-se o volume percolado. A partir do acompanhamento do volume drenado, avaliaram-se, ainda, a condutividade elétrica (CEad) e o fator de concentração (FC) de sais, a fração de lixiviação $[FL = (VD/VA)]$ e a demanda de evapotranspiração (ETr), estimada através da Eq. 2, obtida pelo balanço hídrico proposto por Van Hoorn & Van Alphen (1994):

$$ETr = [(VA - VD) \cdot 10^{-3} / (\pi \times D^2 / 4)] \times FI \quad (2)$$

em que,

ETr = Evapotranspiração (mm)

D - diâmetro de exposição do recipiente (0,55 m);

FI - frequência ou intervalo de irrigação (dias).

A condutividade elétrica da água de irrigação foi medida com auxílio de um condutivímetro portátil.

3.4. Preparo das Águas de Irrigação

Para a obtenção da condutividade elétrica das águas utilizadas nas irrigações foi realizado a adição de NaCl, na água do sistema de abastecimento local da CAGEPA (Ver características no Anexo I) em seguida colocada em seus respectivos recipientes de acordo com o nível de salinidade pré-estabelecido para cada tratamento (Figura 6), sendo a quantidade de NaCl (Qtd de NaCl) determinadas utilizando a seguinte fórmula, citada por Richards (1954): $\text{NaCl (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa}$, em que CEa é a condutividade elétrica da água desejada, em dS m^{-1} .



Figura 6. Recipientes utilizados para acomodação das águas salinas usadas na irrigação.

3.5. Partes da Planta Analisadas

Ao final do segundo ciclo de produção (frutificação), coletaram-se as raízes, os porta-enxertos, enxertos, ramos e folhas das plantas para determinação da fitomassa e dos teores de nutrientes. As raízes foram cuidadosamente separadas do solo através de lavagem sobre uma peneira.

Depois de coletadas todas as partes da planta, foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados, e levadas à estufa com circulação forçada de ar quente a 65° C, até atingir peso constante. O peso da fitomassa foi devidamente registrado.

3.6. Elementos Determinados

Em cada órgão da planta determinou-se os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cloreto e sódio. Foram determinados, em cada órgão da planta, os teores de nutrientes (N, P, K, Cl) e de Na, conforme metodologia recomendada por Silva (1999).

3.7. Análises Estatísticas

A fitomassa teve os valores transformados ($\sqrt{x+1}$) dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cloreto e sódio nas raízes, porta-enxertos, enxertos, ramos e folhas foram submetidos a análise de variância e teste 'F' (Ferreira, 2000). Por ser a salinidade um fator de natureza quantitativa, realizou-se análise de regressão polinomial. O modelo estatístico utilizado foi o SISVAR (2003).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. FITOMASSA DAS DIVERSAS PARTES DA PLANTA DO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE CLONE CCP76

Consta-se, na Tabela 7 o resumo das análises de variância e médias para a fitomassa das diversas partes da plantas na frutificação, do clone CCP76 de cajueiro anão precoce, irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino.

Tabela7: Resumo da análise de variância e médias para a fitomassa nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigado com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino.

Fontes de Variação	GL	Raízes	Porta-enxerto	Enxerto	Ramos	Folhas
		Quadrados Médios				
Salinidade	4	9919,36**	787,58**	503,14**	124147,48**	159397,14**
Reg. Linear	1	35932,48**	2957,60**	1867,46**	327196,86**	549741,02**
Reg. Quadrática	1	2668,79ns	178,08ns	71,25**	84344,84**	10773,70**
Desvio	2	538,08ns	7,33ns	36,93**	42524,12**	38536,91**
Bloco	5	797,54ns	160,79ns	3,79ns	10140,35ns	671,54ns
Resíduo	20	778,74	77,42	3,45	6700,16	497,19
CV (%)		10,39	11,72	2,09	17,29	6,48
		Médias				
				g		
	(dS m ⁻¹)					
	S ₁ (0,8)	330,05	86,70	99,13	723,25	490,12
	S ₂ (1,6)	281,54	82,30	93,66	421,22	523,47
	S ₃ (2,4)	266,83	78,67	90,04	460,82	288,97
	S ₄ (3,2)	232,74	69,80	86,78	394,63	291,94
	S ₅ (4,0)	231,45	57,84	74,68	367,31	127,28

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} não significativo

Houve um efeito altamente significativo ($p < 0,01$) da salinidade da água de irrigação sobre a fitomassa de todas as partes da planta.

Verificou-se um decréscimo da matéria seca em todas as partes do clone CCP76 de cajueiro anão precoce com o aumento da salinidade da água de irrigação utilizada, observando-se uma redução onde a queda mais acentuada nas folhas, onde essas plantas apresentaram uma massa médio de 490,12g para as plantas irrigadas com o nível mais baixo de salinidade ou testemunha (0,8 dS m⁻¹) e de 127,28g, para àquelas irrigadas com o nível mais elevado de salinidade (4,0 dS m⁻¹). Resultando num decréscimo foi de 74,03%.

A queda menos acentuada foi observada nos enxertos, onde estes tiveram um peso médio de 99,13 g para as plantas irrigadas com o nível mais baixo de salinidade ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) e de 74,68 g para aquelas irrigadas com o nível mais elevado de salinidade ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$), apresentando uma redução de 24,66%. A salinidade do solo é um dos estresses ambientais que mais limita o crescimento e reduz a produtividade das culturas e as raízes por estarem mais intimamente ligada ao solo, são as que inicialmente refletem a queda.

As análises das regressões, também apresentadas na Tabela 7, permitem constatar que, com exceção das raízes e porta-enxertos, as demais partes da planta se ajustaram a regressão quadrática. As curvas de regressão e suas respectivas equações podem ser observadas na Figura 7.

Na produção de fitomassa da raiz (Figura 7A), houve redução linear ($p < 0,01$), com decréscimo, relativo à S_1 , de 7,59% por aumento unitário de CE_a com relação a níveis superiores de salinidade nos demais níveis subseqüentes. A diminuição da fitomassa da raiz pode ser explicada, pelo acúmulo de sais com aumento dos níveis de salinidade e por conseqüência a diminuição de água de boa qualidade causando assim efeito osmótico, ocasionando uma redução da quantidade de fitomassa. No porta-enxertos (Figura 7B), enxerto (Figura 7C) e folhas (Figura 7E) onde, a cada aumento unitário da CE, ocorreu uma redução de 7,02, 6,97 e 119,65 g, respectivamente. Nos ramos (Figura 7D) o efeito da salinidade sobre a fitomassa, ajustou-se ao modelo de regressão quadrática ($p < 0,01$), com o ponto máximo de decréscimo em $3,33 \text{ dS m}^{-1}$ o que correspondeu a $410,66 \text{ g kg}^{-1}$ dos ramos extraído. Possivelmente, a senescência das folhas, como mecanismo de defesa das plantas de cajueiro, tinha ocasionando redução da fitomassa. Diante do exposto, a queda da quantidade de fitomassa em todas as partes da plantas estudada está ligada aos efeitos sobre a nutrição mineral, decorrentes, principalmente, da toxicidade dos íons, em razão da absorção excessiva do Na^+ e Cl^- e do desequilíbrio nutricional, causado por distúrbios na absorção e distribuição dos nutrientes. Esta afirmativa pode ter como referência Flores (1990) onde a relata que os excessos de Na^+ e, em especial, de Cl^- no protoplasma ocasionam distúrbios em relação ao balanço iônico, além dos efeitos específicos desses íons sobre as enzimas e membranas celulares.

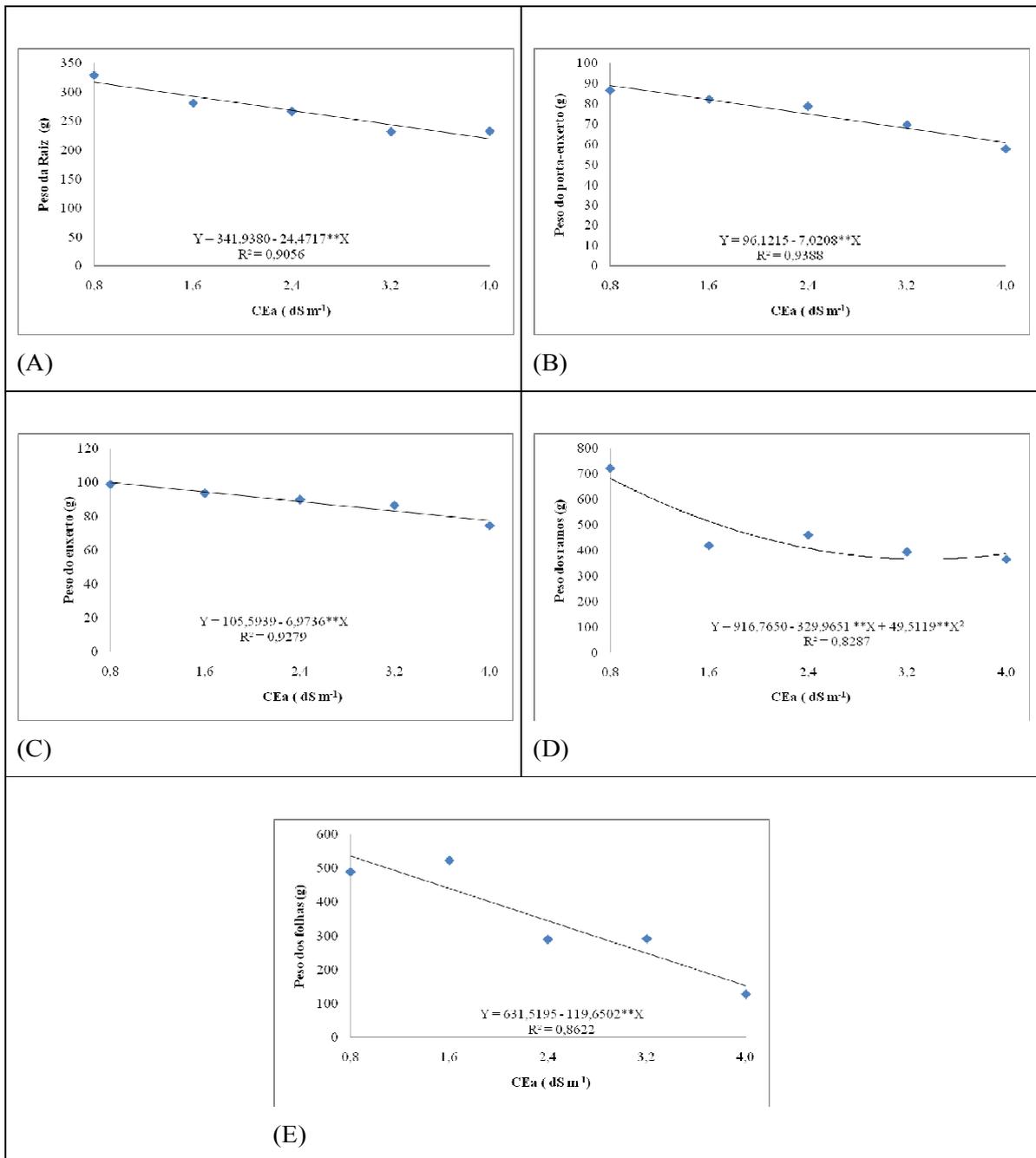


Figura 7- Fitomassa das raízes (A), porta-enxertos (B), enxertos (C), ramos (D) e folhas (E) em plantas de cajueiro anão-precoce, clone CCP76 em função da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação, após 90 dias de estresse salino na frutificação

4.2. EFEITO DA SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO TEOR DE NUTRIENTES NAS DIFERENTES PARTES DA PLANTA

Para avaliação do estado nutricional das plantas, é imprescindível conhecer os fatores que influenciam a concentração de nutrientes na planta, pois, em todos os métodos de interpretação do resultado da análise foliar, usa-se a concentração do nutriente como referencial. Todos os fatores que proporcionarem mudanças diferenciadas nos valores das taxas de crescimento e absorção dos nutrientes acarretarão diferentes concentrações do nutriente no tecido vegetal (Fontes, 2001).

A maioria das culturas evoluiu, sob condições de baixa salinidade do solo. Os mecanismos desenvolvidos para absorver, transportar e utilizar os nutrientes minerais presentes em substratos não salinos, podem não ser eficazes em condições salinas. Nessas condições, a concentração dos íons de Na^+ e/ou de Cl^- , freqüentemente, excedem as concentrações de macro e micronutrientes (Grattan & Grieve, 1999). Em ambientes salinos, o NaCl é o sal predominante e é, também, aquele que causa maiores danos às plantas. Os efeitos sobre a nutrição mineral são decorrentes, principalmente, da toxicidade dos íons, em razão da absorção excessiva do Na^+ e Cl^- e do desequilíbrio nutricional, causado por distúrbios na absorção e distribuição dos nutrientes (Yahya, 1998).

4.2.1-Nitrogênio

O mesmo das análises de variância e médias para o teor de nitrogênio nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, aos 90 dias de estresse salino na frutificação.

Encontrou-se na tabela 8 com exceção das folhas, onde verificou-se efeito significativo de 5% para a CE_a , todas as partes da planta de cajueiro, apresentaram um efeito significativo ($p < 0,01$) sobre o teor de nitrogênio.

As análises de regressão para a variação do teor de nitrogênio nas diferentes partes da planta com o aumento da salinidade da água de irrigação e suas respectivas equações encontram-se na Figura 8.

Tabela 8: Resumo das análises de variância e médias para o teor de nitrogênio nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino na frutificação.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Raízes	Porta-enxerto	Enxerto	Ramos	Folhas
Salinidade	4	2,22**	0,53**	1,51**	0,25**	0,116*
Reg. Linear	1	5,08**	0,42*	3,50**	0,38**	0,005ns
Reg. Quadrática	1	2,29**	1,54**	1,41*	0,28**	0,414**
Desvio Regressão	2	0,76*	0,09ns	0,56ns	0,19**	0,023ns
Bloco	5	0,15ns	0,03ns	0,04ns	0,02ns	0,023ns
Resíduo	20	0,14	0,07	0,19	0,02	0,03
CV (%)		8,83	7,94	10,24	3,80	3,93
		Médias				
	(dS m ⁻¹)	g kg ⁻¹				
	S ₁ (0,8)	9,09	13,60	10,84	13,60	15,58
	S ₂ (1,6)	19,22	11,41	19,22	14,44	17,94
	S ₃ (2,4)	17,38	8,56	17,38	15,31	18,10
	S ₄ (3,2)	21,35	9,16	21,35	11,76	16,81
	S ₅ (4,0)	19,64	11,92	19,64	12,02	15,76

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{NS} não significativo

O efeito da salinidade sobre o teor de nitrogênio ajustou-se ao modelo quadrático ($p < 0,01$) para todas as partes da planta do cajueiro anão precoce. Tanto na raiz (Figura 8A) quanto no enxerto (Figura 8C), os comportamentos foram semelhantes onde se verificou a tendência de aumento do teor de N de acordo com o aumento da condutividade elétrica da água utilizada na irrigação, com ponto de máximo em 3,11 e 2,15 dS m⁻¹ para a raiz e enxerto, respectivamente. Após os máximos, a ocorreu uma redução no teor de N com a salinidade da água de irrigação. No caso dos porta-enxertos (Figura 8B), observou-se que o ponto máximo de decréscimo na concentração do N foi em 2,65 dS m⁻¹ e em seguida, tende a crescer com o aumento dos níveis de salinidade da água. Nos ramos (Figura 8D) e folhas (Figura 8E) os pontos máximos foram de 1,80 e 2,35 dS m⁻¹, respectivamente.

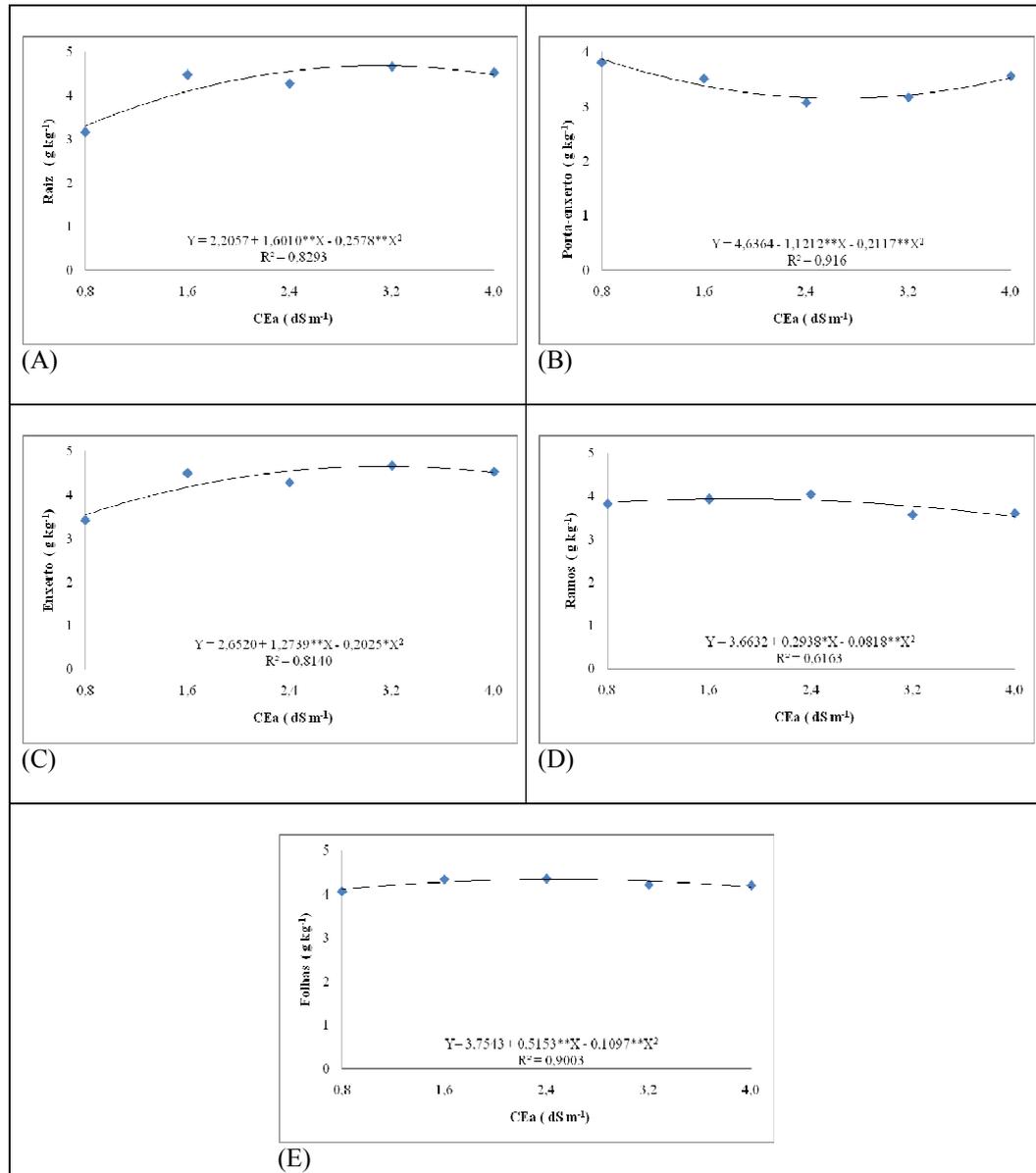


Figura 8: Teor de nitrogênio das raízes (A), porta-enxertos (B), enxertos (C), ramos (D) e folhas (E) em plantas de cajueiro anão-precoce, clone CCP76, em função da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação, após 90 dias de estresse salino na frutificação

As plantas, em geral, apresentam uma relação equilibrada entre os teores de carbono (carboidratos) e nitrogênio (proteínas, aminoácidos, N-total), e a salinidade pode ter alterado essa relação C:N. A tendência a aumentar pode ter sido em função do decréscimo na massa seca, tendo em vista que houve uma redução na massa seca com o aumento da salinidade. A salinidade causou uma redução na produção de matéria seca da planta, em conseqüência houve aumento da concentração de N no tecido por efeito de concentração (massa de nutriente/massa seca). Além disso, pode ter ocorrido acúmulo de substâncias ativas nitrogenadas em resposta a baixos níveis de sal.

No caso das raízes, é provável que as concentrações de nitrogênio inicialmente aumentaram devido a uma maior demanda por água, ocasionando assim uma maior absorção de NO_3 (Ullrich e Novacky, 1990). O nitrogênio entra em contato com a raiz por fluxo de massa, ou seja, devido à movimentação da solução de solo a favor do gradiente de umidade (Barber, 1984).

No porta-enxerto e enxerto, a natureza da redistribuição do nitrogênio pode estar relacionada com o citado por Wolswinkel (1999). Segundo o autor, se trata de um movimento de um elemento entre dois elementos de armazenamento – folha, raiz, fruto, lenho que se dá predominantemente no floema, embora o xilema possa participar também. Isto pode ser observado nos gráficos 8B e 8C na Figura acima.

Segundo Marschner, (1995) os teores de N na planta variam consideravelmente com a parte da planta analisada, metodologia usada, idade da planta, fertilização, entre outros. Ximenes (1995), avaliando amostras compostas (caule + folhas) de mudas de cajueiro anão precoce verificou que os teores de N variavam de 0,99 g/kg a 2,72 g/kg. Todavia, Haag et al. (1975), conduzindo estudos com mudas de cajueiro comum em solução nutritiva, estabeleceram como adequados os teores foliares de 2,40 g/kg a 2,58 g/kg e como deficientes de 0,98 g/kg a 1,38 g/kg.

O exposto é fundamentado por Ping et al.(2000), que indicam que as folhas são capazes de absorver nitrogênio nas formas gasosas de amoníaco e dióxido de nitrogênio. Por Sparks et al. (2001) amônia e nitratos e por Furuya e Umemiya (2002) uréia e aminoácidos.

Fernandes (2000) citando por Peres-Alfocea et al. (1993) indica que a relação do nitrogênio com a salinidade nas plantas cultivadas é bastante complexa e que um grande número de estudos indica que a absorção ou acumulação de N na parte aérea pode ser reduzida pela salinidade. Já outros indicam que a salinidade aumentado-a ou simplesmente não tem nenhum efeito; assim não existe uma evidência suficientemente forte para apoiar o fato de que a salinidade é o limitador do crescimento das plantas. Sugere também, que o efeito da salinidade sobre o teor de N parece depende do nível de salinidade, da duração em que a planta é submetida ao estresse salino e da maior ou menor tolerância entre as espécies ou genótipos.

4.2.2 Fósforo

A Tabela 9 apresenta um resumo da análise de variância e as médias para o teor de fósforo nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigado com águas de diferentes concentrações de sais, aos 90 dias de estresse salino na frutificação.

Tabela 9: Resumo das análises de variância e médias para os teores de fósforo nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino.

Fontes de Variação	GL	Raízes	Porta-enxertos	Enxertos	Ramos	Folhas
		Quadrados Médios				
Salinidade	4	0,13ns	0,0889ns	0,26**	0,133**	0,024**
Reg. Linear	1	0,002ns	0,0010ns	0,90**	0,095**	0,027*
Reg. Quadrática	1	0,004ns	0,3458ns	0,11ns	0,045*	0,045**
Desvio Regressão	2	0,259ns	0,0043ns	0,02ns	0,196**	0,010ns
Bloco	5	0,02ns	0,047ns	0,05ns	0,010ns	0,023**
Resíduo	20	0,05	0,11	0,03	0,008	0,004
CV (%)		10,75	15,03	7,80	3,89	4,11
				Médias		
	(dS m ⁻¹)			g kg ⁻¹		
	S ₁ (0,8)	2,93	3,10	2,16	4,70	1,45
	S ₂ (1,6)	3,72	3,42	3,12	5,07	1,13
	S ₃ (2,4)	3,50	3,61	3,95	3,34	1,37
	S ₄ (3,2)	2,35	4,31	3,90	4,57	1,37
	S ₅ (4,0)	3,73	4,60	4,31	4,08	1,68

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} não significativo

O efeito da salinidade da água de irrigação sobre o teor de fósforo teve um efeito altamente significativo ($p < 0,01$) para os enxertos, ramos e folhas.

As análises de regressão para a variação do teor de fósforo nas diferentes partes da planta com o aumento da salinidade da água de irrigação e suas respectivas equações encontram-se na Figura 9.

O efeito da salinidade sobre o teor de P no enxerto e nos ramos (Figura 9A e 9B) foi linear ($p < 0,01$), onde houve um incremento de 9,96% do teor de fósforo no enxerto por aumento unitário (dS m⁻¹) do nível de salinidade da água utilizada para irrigação e de 1,66% para os ramos. Para as folhas (Figura 9C), o efeito da salinidade ajustou-se ao modelo quadrático ($p < 0,01$), com um decréscimo máximo nos níveis de salinidade de 2,03 dS m⁻¹. A ausência de significância sobre os teores de fósforo nas raízes pode está relacionado a fase de avaliação do sistema radicular (frutificação) Este macronutriente tem sua principal função

ligada ao desenvolvimento da raiz na sua fase inicial, ou seja, período durante o qual se concentra maior quantidade do nutriente na raiz.

Stauffer & Sulewski (2004) sugerem que devido ao fato de o P ser tão fortemente ligado aos processos metabólicos da planta, ele é móvel nos tecidos da planta e fica concentrado nas áreas mais ativas de crescimento e onde também ocorre a redistribuição do P de um lugar de residência para outro qualquer, tal como folhas velhas para as folhas ou brotos novos ou do lenho para os ramos novos as flores ou os frutos.

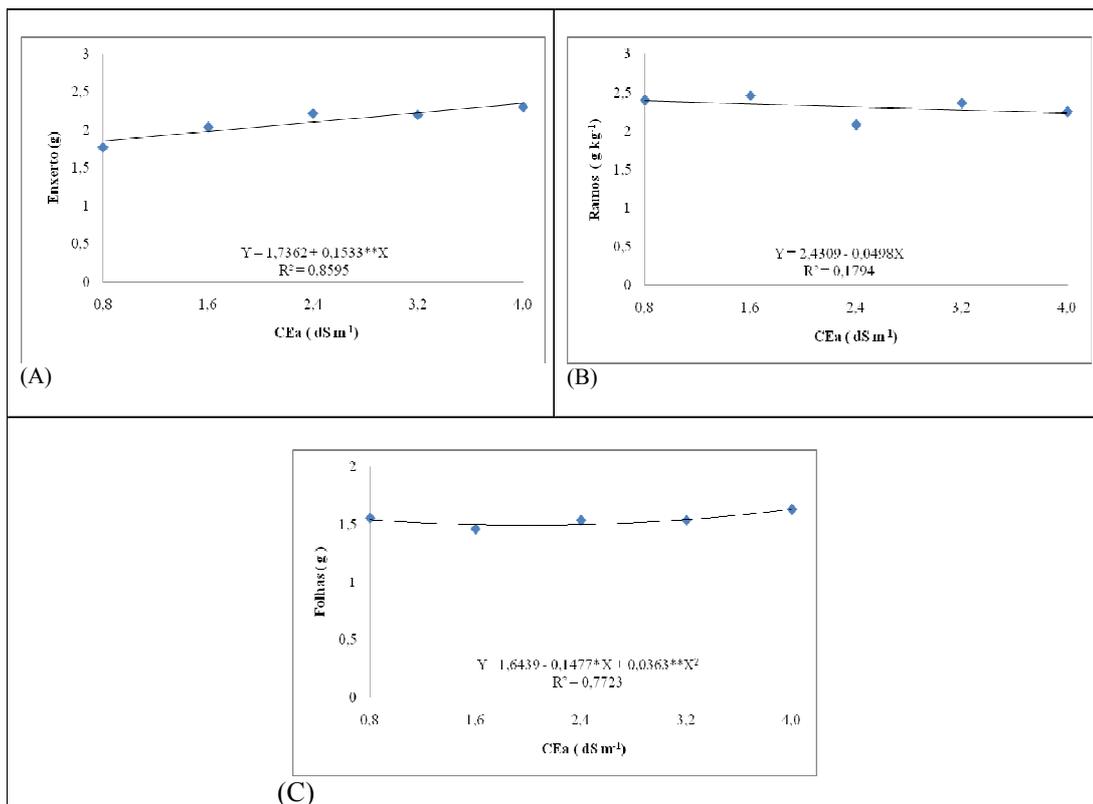


Figura 9: Teores de fósforo nos enxertos (A), ramos (B) e folhas (C) em planta de cajueiro anão-precoce, clone CCP76 em função da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação, após 90 dias de estresse salino na frutificação

No caso dos porta-enxertos, onde também não foi observada diferença estatística entre os níveis de salinidade na água de irrigação, sugere-se que isto pode ser devido ao fato de que o porta-enxerto está diretamente ligado ao sistema radicular do clone e, conseqüentemente, pode ter ocorrido o mesmo comportamento com relação a raiz, diferentemente do enxerto, que corresponde quase que a totalidade do caule da planta. Segundo Stauffer & Sulewski (2004), sob condições limitantes de P, as plantas normalmente apresentam pequeno desenvolvimento de raízes e de brotações e, como resultado, ocorre

exploração insuficiente do solo, resultando em acesso restrito e baixa eficiência de uso, tanto de água quanto de nutrientes. Sendo assim, os mesmos indicam que tendo em vista que as folhas mais velhas são afetadas antes das mais novas, pela fase fisiológica que a planta se encontrava, poderia acontecer um equilíbrio nutricional dentro da planta, independentemente da salinidade da água utilizada na irrigação.

4.2.3 Potássio

O resumo das análises de variância e as médias para os teores de potássio nas raízes, porta-enxertos, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, aos 90 dias de estresse salino na frutificação encontra-se na Tabela 10. Observa-se o efeito da salinidade da água de irrigação sobre o teor de potássio que teve um efeito significativo ao 1% de probabilidade ($p < 0, 01$) para os porta-enxertos, ramos e folhas e não significância para as raízes e enxertos.

Tabela 10: Resumo das análises de variância e médias para o teores de potássio nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino na frutificação.

Fontes de Variação	GL	Raízes	Porta-enxertos	Enxertos	Ramos	Folhas
		Valores de Quadrados Médios				
Salinidade	4	0,06ns	0,18**	0,03ns	0,65**	1,26**
Reg. Linear	1	0,15ns	0,16**	3,50ns	1,25**	1,24**
Reg. Quadrática	1	0,04ns	0,24**	1,41ns	0,84**	3,15**
Desvio Regressão	2	0,03ns	0,16**	0,56 ns	0,25**	0,32ns
Bloco	5	0,03ns	0,04ns	0,02ns	0,07ns	0,11ns
Resíduo	20	0,06	0,02	0,01	0,02	0,09
CV (%)		11,13	5,80	6,38	6,28	14,36
				Médias		
				g kg ⁻¹		
(dS m ⁻¹)						
S ₁ (0,8)		4,19	4,60	2,56	7,66	7,46
S ₂ (1,6)		4,30	3,42	2,56	6,24	2,15
S ₃ (2,4)		4,19	3,10	2,15	3,32	2,14
S ₄ (3,2)		3,37	3,61	2,76	4,60	2,50
S ₅ (4,0)		3,37	4,31	2,15	4,60	3,45

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{NS} não significativo

Observa-se na Tabela 10 que, em geral, houve um decréscimo do teor de potássio com a salinidade da água de irrigação. Kawasaki et al., (1983) indicam que o aumento da concentração de sódio do meio externo ocasiona a diminuição dos teores de potássio nos tecidos das plantas, pois o aumento da concentração de sódio no meio radicular inibe a absorção de potássio devido à relação competitiva entre estes cátions monovalentes.

As folhas são as partes da planta onde se observa a maior queda com relação à testemunha (0,8 dS m⁻¹), 46,25% da fitomassa das folhas coletadas para análise nutricional, seguida dos ramos com redução de 39,95%. A menor variação desses teores na planta foi registrada nos porta-enxertos, onde o teor de potássio nas plantas irrigadas com CE_a de 0,8 dS m⁻¹ e as irrigadas com 4,0 dS m⁻¹, decresceu um 6,30%.

As análises de regressão para a variação do teores de potássio nas diferentes partes da planta com o aumento da salinidade da água de irrigação e suas respectivas equações encontram-se na Figura 10.

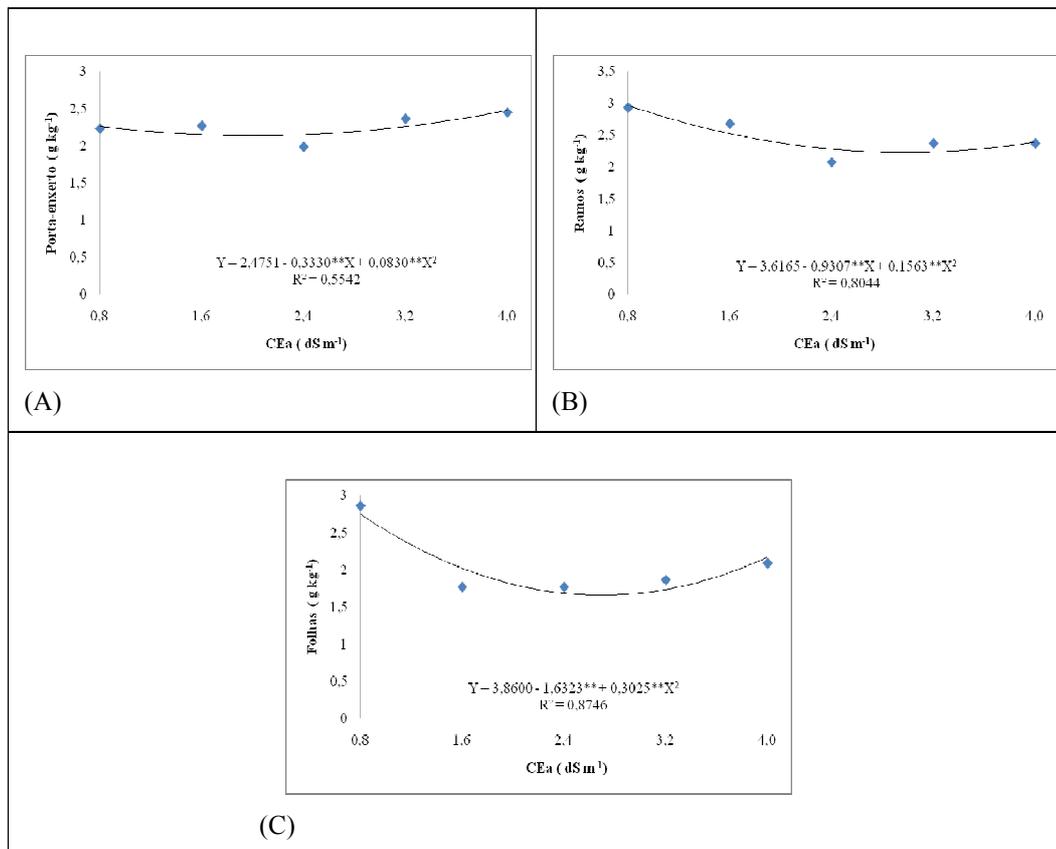


Figura 10: Teores de potássio nos porta-enxertos (S), ramos (B) e folhas (C) em plantas de cajueiro anão-precoce, clone CCP76 em função da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação, após 90 dias de estresse salino na frutificação

Como observado na Tabela 10, o efeito da salinidade da água de irrigação sobre o teor de potássio foi quadrático ($p < 0,01$) nos porta-enxertos (Figura 10A), ramos (Figura 10B), e folhas (Figura 10C). Observa-se maior acúmulo de K, no caso do porta-enxerto com ponto de máximo em 2,01 dS m⁻¹ e decréscimo máximo para os ramos e folhas em 2,98 e 2,70 dS m⁻¹, respectivamente.

De acordo com Pugnaire et al. (1993) várias espécies absorvem e translocam mais potássio que sódio, mas nas espécies mais sensíveis ao potássio essa afinidade é reduzida, uma vez que, quando crescem em substratos com altos níveis de NaCl, o teor de potássio no tecido vegetal é sensivelmente reduzido, conclui-se então, que houve uma sensibilidade ao K para porta-enxerto, ramos e folhas com o aumento da CE_a . Soares (2006) observou que não houve diferença estatística no teor de K nas folhas das cultivares de banana Prata Anã e Grand Naine irrigadas com águas de CE de 0,31 e 1,66 $dS\ m^{-1}$, respectivamente; no entanto observou que os teores de K nas folhas dessas duas cultivares com as duas águas de irrigação, começaram a decrescer aos 210 DAT ocasionado, provavelmente, pela translocação deste nutriente para o fruto, fato que acontece normalmente no final do ciclo de crescimento da planta. No cajueiro em estudo, pode ter ocorrido uma situação semelhante, tendo em vista que a planta se encontrava no final do ciclo (frutificação).

4.2.4.- Cloreto

A Tabela 11 apresenta o resumo das análises de variância e médias para os teores de cloreto nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigado com águas de diferentes concentrações de sais, aos 90 dias de estresse salino na frutificação. Observa-se que o efeito da salinidade da água de irrigação sobre o teor de cloreto altamente significativo ($p < 0, 01$) para os porta-enxertos, enxertos e folhas; já para as raízes e ramos não houve efeito significativo. O aumento do teor de Cl^- no caule da planta com o aumento da salinidade da água de irrigação deve-se principalmente ao fato de que as águas foram preparadas com cloreto de sódio, e assim a medida que aumentava a salinidade da água aumentava a quantidade de cloreto adicionado ao solo.

Tabela 11: Resumo das análises de variância e médias para o teor de cloreto nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino na frutificação.

Fontes de Variação	GL	Raízes	Porta-enxertos	Enxertos	Ramos	Folhas	
		Quadrados Médios					
Salinidade	4	0,012ns	0,025**	0,0307**	0,0308ns	0,034**	
Reg. Linear	1	0,036ns	0,038**	0,0749**	0,0048ns	0,021ns	
Reg. Quadrática	1	0,006ns	0,001ns	0,0167**	0,0002ns	0,067**	
Desvio Regressão	2	0,004ns	0,032**	0,0155**	0,0595**	0,023ns	
Bloco	5	0,002ns	0,003ns	0,0008ns	0,005ns	0,005ns	
Resíduo	20	0,005	0,003	0,0010	0,0021	0,007	
CV (%)		5,19	4,42	2,60	3,52	6,60	
		Médias					
		(dS m ⁻¹)		mg kg ⁻¹			
		S ₁ (0,8)	0,58	0,55	0,37	0,63	0,85
		S ₂ (1,6)	0,68	0,82	0,56	0,83	0,58
		S ₃ (2,4)	0,59	0,85	0,82	0,46	0,33
		S ₄ (3,2)	0,74	0,63	0,62	0,94	0,64
		S ₅ (4,0)	0,87	0,98	0,79	0,67	0,57

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{NS} não significativo

Nas folhas houve um decréscimo de (32,94% do maior pra o menor) 26,64% do teor do nutriente onde as plantas irrigadas com água de salinidade com 0,8 dS m⁻¹ tiveram peso médio de 0,85 mg kg⁻¹ enquanto que as plantas irrigadas com 4,0 dS m⁻¹ obtiveram 0,57 mg kg⁻¹ no seu peso médio. O maior acréscimo do teor de cloreto foi verificado nos enxertos, onde as médias desse teor foram de 0,37 e 0,79 mg kg⁻¹, respectivamente, para as plantas irrigadas com CE_a de 0,8 dS m⁻¹ e 4,0 dS m⁻¹, o que proporcionou um incremento de 53,16%. Nas raízes e ramos obtiveram um acréscimo de 33 e 6%, respectivamente.

As análises de regressão para a variação do teor de cloreto nas diferentes partes da planta com o aumento da salinidade da água de irrigação e suas respectivas equações encontram-se na Figura 11. A variação dos teores de cloreto com a salinidade da água de irrigação nos porta enxertos e enxertos se ajustaram de uma forma altamente significativa ($p < 0,01$) a uma reta (Figuras 11B e 11C). Para as folhas (Fig. 11C) a uma equação quadrática.

Os porta-enxertos tiveram um incremento de 2,56% de Cl por aumento unitário de salinidade da água de irrigação. O enxerto teve um acréscimo do nutriente com o aumento da salinidade tendo seu ponto máximo em 2,41 dS m⁻¹, já para as folhas houve um decréscimo no teor de Cloreto e teve seu ponto de máximo em 2,66 dS m⁻¹.

Supostamente, a redução do crescimento, acompanhada pelo desenvolvimento de sintomas de toxidez de cloro, pode ser devida à redução do potencial osmótico gerado pelo NaCl no solo ou acúmulo de sais nos tecidos da plantas e, conseqüentemente, seu acúmulo no caule do cajueiro de acordo com aumento da CE da água usada na irrigação. Isto está de

acordo com o verificado por Yahya (1998), onde relata que o efeito osmótico tem sido a causa maior da redução do crescimento das plantas, associado à toxicidade de íons pela absorção excessiva de sódio e cloro e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e/ou distribuição dos nutrientes essenciais.

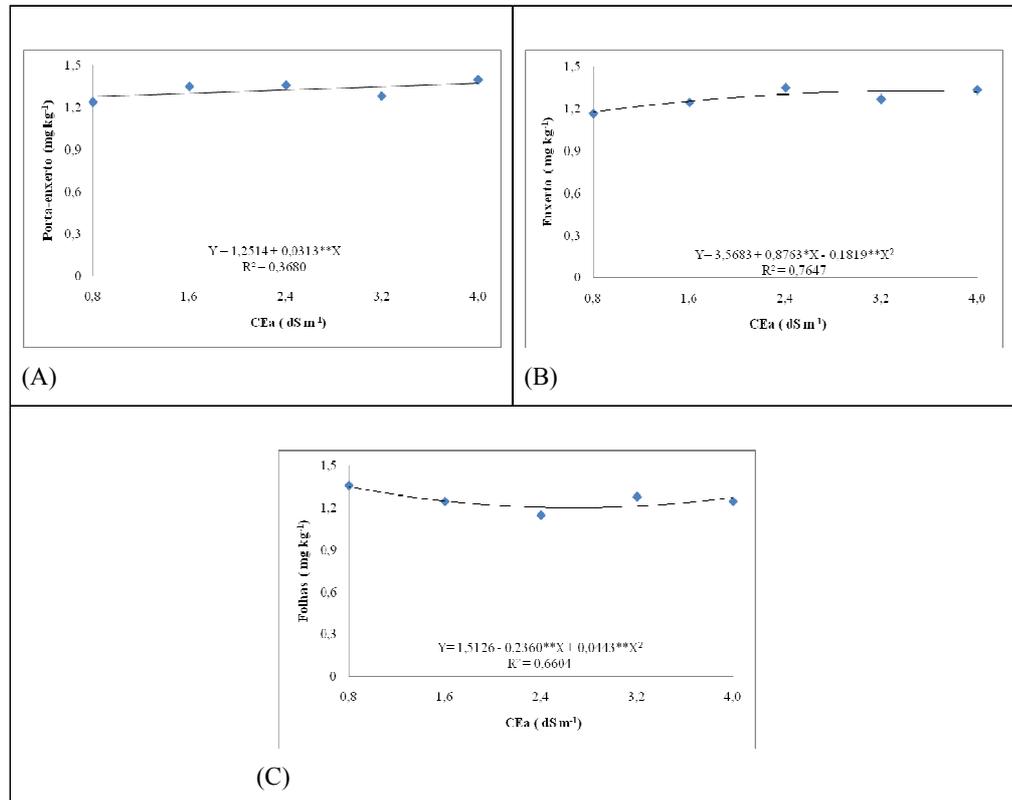


Figura 11: Teores de cloreto nos porta-enxertos (A), enxertos (B) e folhas (C) em plantas de cajueiro anão-precoce, clone CCP76 em função da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação, após 90 dias de estresse salino na frutificação

As folhas (Figura 11C) tiveram comportamento similar ao descrito por O'Leary (1995), onde o aumento da CE da água utilizada para irrigação e nos níveis de cloreto nas folhas, sugere que o cajueiro-anão precoce restringe a entrada dos íons nas raízes e/ou o transporte dos mesmos para as folhas, estratégias apresentadas por plantas halotolerantes para se adaptarem aos altos níveis de sais no solo.

As espécies lenhosas e algumas plantas herbáceas apresentam sintomas de injúria foliar caracterizada por queimaduras, necroses e perda de folhas devido à toxidez de íons específicos (Bezerra et al., 2002; Tyerman & Skreett, 1999; Cushman et al., 1990), o que, foi observado nas folhas das plantas estudadas no presente trabalho

4.2.5. Sódio

A Tabela 12 apresenta o resumo das análises de variância e médias para o teores de sódio nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, aos 90 dias de estresse salino na frutificação. Verifica-se na Tabela um efeito altamente significativo da salinidade da água de irrigação ($p < 0,01$) sobre o teor de sódio em todas as partes da planta com exceção nas das folhas onde não foi observado nenhum efeito.

Tabela 12: Resumo da análise de variância e médias para o teores de sódio nas raízes, porta-enxerto, enxerto, ramos e folhas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, após 90 dias de estresse salino.

Fontes de Variação	GL	Raízes	Porta-enxertos	Enxertos	Ramos	Folhas
		Quadrados Médios				
Salinidade	4	1,29**	0,934**	0,51**	0,59**	0,3725ns
Reg. Linear	1	1,18**	3,679**	1,40**	1,56**	0,0003ns
Reg. Quadrática	1	3,66**	0,051ns	0,07ns	0,61*	1,1389ns
Desvio Regressão	2	0,15ns	0,004ns	0,28**	0,09ns	0,1753ns
Bloco	5	0,03ns	0,051ns	0,10ns	0,19ns	0,0511ns
Resíduo	20	0,10	0,157	0,05	0,11	0,1361
CV (%)		12,65	14,46	8,74	11,86	8,40
		Médias				
		(dS m ⁻¹)		mg kg ⁻¹		
S ₁ (0,8)		2,58	3,81	3,68	4,49	15,66
S ₂ (1,6)		5,00	5,36	4,47	6,85	21,18
S ₃ (2,4)		8,67	7,00	5,50	8,83	19,37
S ₄ (3,2)		7,33	8,14	4,61	7,91	19,22
S ₅ (4,0)		4,73	9,41	7,53	8,60	16,71

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{NS} não significativo

Semelhantemente ao cloreto, o aumento do sódio com a salinidade da água se deve principalmente ao fato de que as águas foram preparadas com cloreto de sódio, e assim a medida que aumentava a quantidade de sódio na água de irrigação, aumentava a quantidade de sódio adicionado ao solo e conseqüentemente na planta. No caso das folhas talvez o caju direcione o sódio para as folhas velhas (com baixa atividade metabólica) como relatado por Shannon et al. (1994) para algumas espécies tolerantes a salinidade. Segundo Marschner (1995) haveria uma restrição da importação de sódio e cloro para as folhas jovens, sendo esta uma característica de espécies tolerantes à salinidade.

As análises de regressão para a variação do teor de sódio nas diferentes partes da planta com o aumento da salinidade da água de irrigação e suas respectivas equações

encontram-se na Figura 12. Para o teor de Na nas raízes e ramos, houve um efeito quadrático estatisticamente significativo ($p < 0,01$) da salinidade da água de irrigação (Figuras 12A e 12D); já para o porta-enxertos (Figura 12B) e enxerto (Figura 12C) ajustaram-se a um modelo linear ($p < 0,01$). Para as folhas, não houve diferença significativa do teor de Na com relação aos níveis da CE da água utilizada na irrigação do cajueiro anão precoce.

O efeito da salinidade da água utilizada para irrigação no teor de sódio na raiz (Figura 12A) tem seu ponto máximo em $2,66 \text{ dS m}^{-1}$ e nos ramos (Figura 12D) $3,16 \text{ dS m}^{-1}$. Quanto ao porta-enxerto (Figura 12B) e o enxerto (Figura 12C) houve um incremento de 13,79% e 14,14%, respectivamente, por aumento unitário de salinidade da água de irrigação.

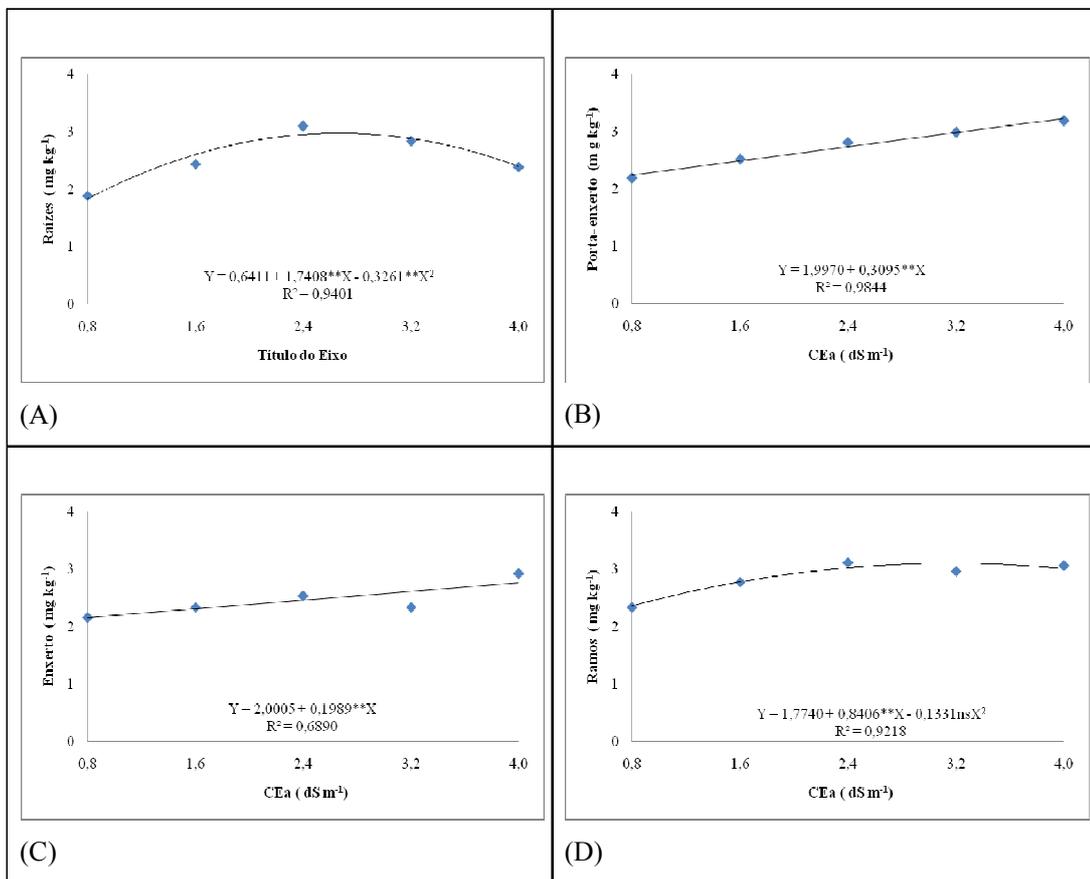


Figura 12: Teores de sódio das raízes (A), porta-enxertos (B), enxertos (C) e ramos (D) em planta do cajueiro anão-precoce, clone CCP76 em função da condutividade elétrica da água (CEa) utilizada na irrigação, após 90 dias de estresse salino na frutificação.

Das partes da planta que tiveram significância, com exceção das raízes, as demais partes da planta do cajueiro anão precoce tiveram um crescente aumento dos teores de sódio o que pode estar de acordo com o relatado por Silva et al. (1997), citado por Fernandes, (2000) que dizem que o sódio pode agir estimulando o desenvolvimento vegetal, pois, é considerado um elemento útil para muitas culturas por efeitos fisiológicos próprios ou por substituir parte do K^+ requerido pela planta. O grau dessa substituição dependerá do potencial de absorção e da translocação de Na^+ para a parte aérea da planta, bem como da eficiência da planta em utilizar o K^+ , o que é possivelmente aceito, tendo em vista a planta encontra-se na fase de frutificação, fase responsável pelo período muito grande da demanda de potássio, tendo em vista a formação dos frutos. Por exemplo, na presença de elevada concentração externa de sódio, a absorção de potássio e cálcio pode ser inibida, causando deficiência desses nutrientes e aumento no teor de sódio nas células das plantas (Subbarao citado por Fernandes, 2000).

O aumento do sódio com a salinidade da água pode ser atribuído também ao fato de que as águas foram preparadas com cloreto de sódio.

As Tabelas 13 e 14 apresentam, respectivamente, os teores de nutrientes em ordem decrescente nas diferentes partes do cajueiro bem como em ordem decrescente, os teores dos nutrientes nas diferentes plantas de cajueiro anão precoce irrigado com água salina na fase de frutificação em relação

Tabela 13. Teores de nutrientes em ordem decrescente nas diversas partes do cajueiro anão precoce irrigado com água salina na fase de frutificação.

Partes de Cajueiro	Nutriente								
Raízes	Na	>	N	>	K	>	P	>	Cl
Porta-enxertos	N	>	P	=	K	>	Na	>	Cl
Enxertos	N	>	Na	>	P	>	K	>	Cl
Ramos	N	>	Na	>	K	>	P	>	Cl
Folhas	Na	>	N	>	K	>	P	>	Cl

Tabela 14. Ordem decrescente das diferentes plantas de cajueiro anão precoce irrigado com água salina na fase de frutificação em relação aos teores dos nutrientes.

Nutriente	Partes da Planta				
N	Enxerto	> Raízes	> Folhas	> Ramos	> Porta-enxertos
P	Ramos	> Porta-enxerto	> Enxertos	> Raízes	> Folhas
K	Ramos	> Raízes	> Porta-enxertos	> Folhas	> Enxertos
Cl	Porta-enxertos	> Ramos	> Raízes	> Enxertos	> Folhas
Na	Folhas	> Ramos	> Porta-enxerto	> Raízes	> Enxertos

5. CONCLUSÕES

Para as condições sob as quais o estudo foi conduzido pode ser obter as seguintes conclusões:

- 1.- O aumento da salinidade da água inibiu a produção de fitomassa do cajueiro, CCP76.
- 2.- O nitrogênio foi o único elemento inibido pela salinidade da água de irrigação em todas as partes da planta.
- 3.- Exceto para o potássio, a fitomassa do enxerto aumentou como a elevação da condutividade elétrica da água de irrigação
- 4.- Com exceção das folhas, houve um aumento dos teores de cloreto e sódio com a salinidade da água de irrigação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2003. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. 2004, 496p.

AGUIAR, M. de J. N.; COSTA, C. A. R. Exigências climáticas. IN: BARROS, L. de M. (Org). **Caju**. Produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 21-25, 2002. (Frutas do Brasil, 30).

ALLISON, L. E. Salinity in relation to irrigation. **Adv. Agron.**, n. 16, p. 139-80, 1964.

ALMEIDA, J. I. L., ARAÚJO, F. E. de, BARROS, L. M. **Características do clone EPACE CL 49 de cajueiro tipo anão precoce**. Fortaleza: EPACE, 1993a. 13p. (Comunicado Técnico, 44).

ALMEIDA, J. I. L. de; ARAÚJO, F. E. de; LOPES, J. G. V. **Evolução do cajueiro anão precoce na estação experimental de Pacajus**. Ceará, Fortaleza: EPACE, 1993b. 17p.

ANDRADE JÚNIOR, A. S., SILVA E. F. F., BASTOS, E. A., MELO, F. B & LEAL, C. M. uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no Semi-Árido piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.4, p. 873-880, 2006

ARAGUEZLAFARGA, R. **Adecuación del agua para riego**. Tenerife: INIA, 1982. (INIA. Curso Internacional de Riego Localizado, 3).

ARAÚJO, J. P. P de, SILVA, V. V. da. **Cajucultura**: modernas técnicas de produção. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. 292p.

ASCENSO, J.C.; DUNCAN, A. Cashew processing and marketing Dar Es Salaam, **Proceedings of the International Cashew and Coconut Conference**, 1997.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão do Nordeste: caracterização, variação sazonal, limitação de uso**. Recife: CNPq, 1995. 128 p.

AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na Agricultura**. Campina Grande: UFPB. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. 1999, 218 p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado).

BALL, M. C.; CHOW, W. S.; ANDERSON, J. M. Salinity-induced potassium deficiency causes loss of functional photosystem II. In: leaves of the grey mangrove, *avicennia marina*, through depletion of the atrazine-binding polypeptide. **Aust. J. Plant Physiol**, Victoria, v. 14, p. 351-361, 1987.

BARROS, L.M, ARAÚJO, F. E. de, ALMEIDA, J. I. L. de, et al. **A cultura do cajueiro anão**. Fortaleza: EPACE, 1984. 67p. (Documentos, 3).

BARROS, L. de M.; PIMENTEL, C. R. M.; CORREA, M. P. F.; MESQUITA, A. L. M. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro anão precoce**. Fortaleza: EMBRAPACNPAT, 1993. 65p. (EMBRAPA – CNPAT. Circular Técnica, 1).

BARROS, L. de M. Botânica, origem e distribuição geográfica. In: ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. (Org.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p.55-71.

BARROS, L. de M.; PAIVA, J. R. de; CAVALCANTI, J. J. V. Cajueiro anão precoce. **Biotecnologia**, v.2, n.6, p.18-21, 1998.

BARROS, L. de M.; CAVALCANTI, J.J.V.; PAIVA, J.R.; CRISÓSTOMO, J.R.; CORRÊA, M.P.F.; LIMA, A.C. **Seleção de clones de cajueiro-anão para o plantio comercial no Estado do Ceará**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.11, p. 2197-2204, nov. 2000.

BERNARDO, S. **Manual e Irrigação e Drenagem**. 8^a ed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 2006. 625 p.

BERNSTEIN, L. Crop growth and salinity. In: SCHILFGAARD, J. van (ed.). **Drainage for agriculture**. Madison: Amer. Soc. Agron., 1974. cap. 3, p. 39-54. (Agronomy, 17).

BERNSTEIN, L. Effect of salinity on mineral composition and growth of plants. **Plant analyses and Fertilizer Problems**, n. 4, p. 25-45, 1964.

BERNSTEIN, L. **Salt tolerance of fruit crops**. Washington: United States Department of Agriculture, Agriculture Information Bulletin n° 292. 1965.

BERNSTEIN, L. Effect of salinity and sodicity on plant growth. **Annual Rev. Phytopathol.**, Palo Alto, n. 13, p. 295-311, 1975.

BEZERRA, I. L. **Produção de mudas enxertadas de cajueiro anão precoce, usando águas de diferentes salinidades**. 2001. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; GURGEL, M. T.; NOBRE, R. G. Germinação, formação de porta-enxertos e enxertia de cajueiro anão-precoce, sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 420-424. 2002.

BHUMBLA, D. R. Chemical composition of irrigation water and its effect on crop growth and soil properties. In: WORTHINGTON, E. B. (ed.). **Arid land irrigation in developing countries**: Environmental problems and effects. Oxford: Pergamon Press, 1977. p.279 – 287.

BIGGAR, J. W. **Water quality for agriculture and related uses**. Department of Land, Air and Water Resources. University of California. Class Notes. 1984.

BOHN, H. L., McNEAL, B. L., O'CONNOR, G. A. **Soil chemistry**. 2^a ed. New York: John Wiley & Sons, 1985. 341 p.

BRADY, N., BUCKMAN, H. O. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S. A., 1983. 647 p.

BRESLER, E., McNEAL, B. L., CARTER, D. L. **Saline and sodic soils: principles, dynamic and modeling**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 249 p.

CAIRO, P.A.R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 1995. 32p.

CARNEIRO, P.T. **Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro anão precoce sob condições de salinidade**. Campina Grande, UFPB, 2001. 84p. Dissertação Mestrado.

CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precoce em condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, PB, v. 6, n. 2, p. 199-206, 2002.

CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; VIANA, S. B. A. Salt tolerance of precocious dwarf cashew rootstocks - physiological and growth indexes. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 1, p. 9-16, 2004.

CARTER, D. L. Problems of salinity in agriculture. In: POLJAKOFF-MAYBER, A., GALE, J. (eds.). **Plants in saline environments**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. cap. 2., p. 25-35. (Ecological Studies, 15).

CHRISTIANSEN, J. E. OLSEN, E. C.; WILLARDSON, L. S. Irrigation water quality evaluation. **Journal of the Irrigation and Drainage**, Berlin, v. 103, p. 155-169, 1977.

COELHO, M. A., Aspecto da dinâmica da água em solos sódicos e salino-sódicos. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 14, n. 1-2, p. 61-68. 1983.

CRAMER, G. R.; LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Influx of Na⁺, K⁺ e Ca²⁺ into roots of salt-stressed cotton seedlings. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 83, p. 510-516, 1988.

CRISÓSTOMO, L. A., SANTOS, F. J. de S., OLIVEIRA, V. H. de., van RAIJ, B., BERNARDI, A. C. de C., SILVA, C. A., SOARES, I. **Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 20p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnico, 08).

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura.** 4ª ed. São Paulo: Ed. Nobel, 1987. 337p.

CUSHMAN, J. C.; De ROCHER, E. J.; BOHNERT, H. J. Gene expression during adaptation to salt stress. In: **Environmental Injury to Plants.** KATTERMAN, F (ed.). New York: Academic Press Inc., 1990. p. 173 - 203.

DAKER, A. **A água na agricultura.** 7ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, v.3, 1988, 543p.

EMBRAPA. CIRCULAR TÉCNICA n. 10 **Cultivo do cajueiro anão precoce: Aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação.** Fortaleza, 2001.

EPSTEIN, E. The essential role of calcium in selective cation transport by plant cells. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 36, p. 437-444, 1961.

EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives.** New York: John Wiley and Sons, 1972. 412 p.

EPSTEIN, E., RAINS, D. W. Advances in salt tolerance. **Plant and soil**, The Hague, v. 99, p. 17-29, 1987.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas.** Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 18).

FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura.** Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p. 363-383.

FAO/UNESCO. **Irrigation drainage and salinity**. Paris: Hutchison, 1973, 510p.

FERNANDES, A. R. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H. B. K.), em solução nutritiva, em função do balanço de nutrientes e níveis de salinidade**. Lavras, 2000. 145p.

FERREIRA, O. S.; MATOS, N. N.; MENESES JÚNIOR, J.; BARROS, L. DE M.; LIMA JÚNIOR, A.; SILVEIRA, J. A. G. da. Avaliação inicial da tolerância ao estresse salino em materiais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) através de índices de crescimento. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 16, 2000, Fortaleza, Anais... Fortaleza: SBF, 2000. CD-Rom

FIREMAN, M.; WADLEIGH, C. H. A statistical study of the relation between pH and the exchangeable-sodium-percentage of western soils. **Soil Science**, v. 71, p. 273 – 285, 1951.

FLORES, H. E. Polyamines and plant stress. In: LASCHER, R.G.; CUMMING, J.R. Stress responses in plants: **adaptation and acclimation mechanisms**. Wiley-liss, New York, 1990, p.217-239.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.

FROTA, P. C. E. Clima e fenologia. In: LIMA, V.P.M.S. (Org.). **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil/ETENE, 1988. p. 63-79. (BNB. Estudos Econômicos e Sociais, 35).

FROTA, P. C. E.; BUENO, D. M.; RAMOS, A. D. Estudo exploratório do sistema radicular do cajueiro comum, cultivado sob as condições de solo e clima do litoral cearense - Brasil. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 11., 1991, Petrolina. **Programa e Resumo**. Cruz das Almas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1991.

FRENKEL, L. H. Reassessment of water quality criteria for irrigation. In: SHAINBERG, I.; SHALHEVET, J. **Soil salinity under irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, p. 143-72, 1984.

FURUYA, S.; UMEMIYA, Y. The influence of chemical forms on foliar-applied nitrogen absorption of Peach Trees. **Acta Horticulturæ**, v. 594, p. 97 – 103, 2002.

GERVÁSIO, E. S.; CARVALHO, J. A.; SANTANA, M. J. de. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 125-128, 2000.

GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, M. A. F. **Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos**. Documento elaborado pela Escola Superior de Agronomia de Mossoró/RN, 1991. 70 p.

GRATTAN, S. R.; SHANNON, C.; MAY, D. M.; MITCHELL, J.P.; BURAU, R. G. Use of drainage water for irrigation of melon and tomatoes. **California Agriculture**, v.41, p.24-26. 1987.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturæ*, Amsterdam, v.78, p.127-157, 1999.

GUANDIQUE, M.E.G., LIBARDI, P. L. Balanço hídrico do solo e consumo de água para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 10, 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.638-40.

HAAG, H. P.; SARRUGE, J. R.; OLIVEIRA, G. D. de; DECHEN, A. R. **Nutrição mineral do cajueiro** (*Anacardium occidentale* L.). I - Deficiência dos macronutrientes - nota prévia. Anais da E.S.A “Luíz de Queiroz”, Piracicaba, v.32, p.185-190, 1975a.

HAAG, H. P.; SARRUGE, J. R.; OLIVEIRA, G. D. de; SCOTON, L. C.; DECHEN, A. R. **Nutrição mineral do cajueiro** (*Anacardium occidentale* L.). III - Absorção de nutrientes - nota prévia. Anais da E.S.A. “Luíz de Queiroz”, Piracicaba, v.32, p.197-204, 1975b.

HANAMASHETTI, S.I.; HEGDE, M.; HIRAMATH, I.G.; KHAM, M.M. Effect of different levels of fertilizer on yield of young cashew trees. **South Indian Horticulture**, v.3, n.3, p.190-192, 1985.

HAYWARD, H. E., SPURR, W. B. Effects of isosmotic concentrations of inorganic and organic substrats on entry of water into corn roots. **Bot. Gaz.**, n. 105, p. 152-64, 1944.

HEUER, B. Photosynthetic carbon metabolism of crops under salt stress. In: PESSARAKLI, M. (Ed). **Handbook of photosynthesis**. New York: Marcel Dekker, 1997. p.887-896.

HOFFMAN, G.J.; HOWELL, T.A.; SOLOMON, K. H. **Management farm irrigation systems**. St. Joseph: SAE, 1992. 1040p. (ASAE Monograph, 9).

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade de água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; & MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p. 137-169.

HOORN, J. W. van. Quality of irrigation water, limits of use of long-term effects. In: Salinity Seminar, Baghidad. Rome: FAO, 1971. p. 117-35. (FAO. Irrigation and Drainage Papper, 7).

HOSTALÁCIO, S.; VÁLIO, I.F.M. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano precoce, em diferentes regimes de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.211- 218, 1984.

INGVALSON, R. D.; RHOADES, J. D.; PAGE, A. L. Correlation of alfafa yield with various index of salinity. **Soil Science**, Baltimore, v. 122, n. 3, p. 145-153, 1976.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

JACKSON, M.L. **Nitrogen determinations for soil and plant tissue**. In: JACKSON, M.L. (Ed). Soil chemical analysis. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1958. p. 183-204.

JOHNSON, D.V. The botany, origin, and spread of cashew, *Anacardium occidentale* L. **The Journal of Plantation Crops**, Kerala, v.1, n.1/2, p.1-7, 1973.

KAFKAFI, U. Plant nutrition under saline conditions. In: SHAINBERG, I.; SHALHEVET, K. (Ed.). **Soil salinity under irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p. 319-338. (Ecological Studies, 51).

KAMPHORST, A.; BOLT, G. H. Saline and sodic soils. In: BOLT, G. H.; BRUGGENT, M. G. M. (eds.) **Soil chemistry**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1976. V.1, p. 171 – 91. (Developments in Soil Science, 5A)

KARASAWA, S.; EGUCHI, E.S.; MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N.; KARASAWA, M. M. G. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigadas com água salina. **Engenharia Rural**, v.14, único, 2003.

KAWASAKI, T.; AKIBA, T.; MORITSUGU, M.. **Effects of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth and ion absorption in plants: I. Water culture experiments in a greenhouse**. *Plant and Soil*, 75:75-85. 1983.

KORKOR, S. A.; HILLAL, M. H. Use of saline water for irrigating wheat crop. **Agrochemical**, v. 20, n. 1-2, Mar./May, 1976.

KOVDA, V. A.; YARON, B.; SHALHEVET, Y. Quality of irrigation water. In: KOVDA, V. A.; BERG, C. van den; HAGAN, R. M. (eds.). **International source book on irrigation, drainage and salinity**. London: HUTCHINSON/FAO/UNESCO, Cap. 7, p. 177-205, 1973.

KRAMER, D. - Cytological aspects of salt tolerance in higher plants. **In: Salinity Tolerance in Plnts: Strategies for Crop Improvement**. C. Staples e G. H. Toenniessen. (eds.), John Wiley & Sons, Ney York, EEUU, p. 3-15, 1984.

KRAMER, P. J. **Water relations of plants**. Orlando: Academic Press, 1983. 489 p.

LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Transport of potassium and rubidium in plant roots. The significance of calcium. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 45, p. 639-641, 1970.

LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K. K. (Ed.) **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. cap. 6, p. 113-137.

LEPRUN, J. C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste**. Relatório do Convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE, p. 91-141, 1983.

LIMA, L. A. Efeito de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; & MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 113-136.

LIMA, V. L. A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem**. 1998. 87 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas da água**. Trad. LEMOS, A. M. de. Recife: U. S. Agency for International Development, 1965. 75 p.

LOPES, A. S. **Calagem e gesso agrícola**. Belo Horizonte: [s.n.], 1986. 58p.

MAAS, E. V., NIEMAN, R. H. Physiology of plant tolerance to salinity. In: JUNG, G. A. (ed.). **Crop tolerance to sub-optimal land conditions**. Madison: Amer. Soc. Agron. 1978. cap. 1. p. 277-9. (Special Publication, 32).

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. . 2a ed. Londres, Academic Press, 1995, 889p.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos estados de RN, PB e CE.** Campina Grande: UFPB, 1992. 173 p. (Dissertação de Mestrado).

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. **Qualidade de água de irrigação.** Mossoró, ENA/ESAM. 1994. 60 p. (ESAM, Boletim técnico/científico, 22).

MEHTA, B. V.; DESAI, R. S. Effect of soil salinity on germination of some seeds. **Journal of Soil Water Conservation**, Ankeny, v.6, p.169-176, 1957.

MEIRELES, A. C. M. **Salinidade da água de irrigação e desenvolvimento de mudas de cajueiro anão-precoce** (*Anacardium occidentale* L.). Fortaleza: UFC, 1999. 60p. (Dissertação de Mestrado).

MEIRE, A., SHALHEVET, J. Crop growth under saline conditions. In: YARON, B., DANFORS, E., VAADIA, Y. (eds.). **Arid zone irrigation.** Berlin: Springer-Verlag, 1973. cap. 6, p. 277-290. (Ecological Studies, 5).

MENEZES, J. B., ALVES, R. E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju.** Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. 20p. (Documentos, 17).

MENGUEL, K.; KIRBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 4 ed. Bern: Intern. Potash. Inst., 1987. 687 p.

NERSON, H.; PARIS, H.S. Effects of salinity on germination, seedling growth and yield of melons. **Irrigation Science**, Berlin, n.5, p.265-273, 1984.

O'LEARY, J. W. 1995. **Adaptative components of tolerance.** p.577-585. In: Pessaraki, M. (ed.). Handbook of plant and crop physiology. New York: Marcel Dekker.

OLIVEIRA, V. H.; BANDEIRA, C. T. Tratos culturais. In: BARROS, L. de M. (Org.). **Manual do caju.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 2001.

OLIVEIRA, L. B.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, M. G. V. X.; LIMA, J. F. W. F.; MARQUES, F. A. Inferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de custódia, PE, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 37, p. 1477 – 1486, 2002.

OLIVEIRA, V. H., SANTOS, F. J. S., CRISÓSTOMO, L. de A., ELOI, W. M. **Fertirrigação em cajueiro anão precoce**. Fortaleza: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (CNPAT), 2001. 49p.

OLIVEIRA, V. H. de; SANTOS, F. J. de S.; CRISÓSTOMO, L. A.; SAUNDERS, L. C. U. **Manejo da Irrigação da Produção Integrada do Cajueiro Anão Precoce**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 2003. 7p. (Circular Técnica, nº. 15).

OSTER, J. D.; SCHRDER, F. W. Infiltration as influenced by irrigation water quality. *Soil Science*. **Society of American Journal**, Madison, v.43, p. 444 – 447, 1979.

PALACIOS, O. V.; ACEVES, E. N. **Instructivo para el muestreo registro de dados e interpretacion de la calidad del agua para riego agricola**. Chapingo: Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, 1970. 49 p. (Rama de Riego y Drenaje, 15).

PASTERNAK, D. Salt tolerance and crop production - a comprehensive approach. **Ann. Rer. Phytophathol**. Palo Alto, v. 25, p. 271-291, 1987.

PASTERNAK, D.; TWERSKY, M.; MALACH, Y. Salt resistance in agricultural crops. In: MUSSED, H. & STAPLES, R. C. (ed.). **stress physiology in crop plants**. New York: John Wiley and Sons Inc., 1979. p. 127-142.

PASTERNAK, D.; DE MALACH, Y. Crop irrigation with saline water. In: PESSARAKLI, M. (ed). **Handbook of plant and crop stress**. Tucson, University of Arizona, 1994, p. 599-622.

PAULA PESSOA, P. F. A. de; LEITE, L. A. de S. Cadeia produtiva do caju: subsídios para a pesquisa e desenvolvimento. In: CASTRO, A.M.G.; LIMA, S. M. V.; GOEDWERT, W. J.; FREITAS FILHO, A.; VASCONCELOS, J.R.P. (Ed.). **Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1998. cap.11. p.275-301.

PAULA PESSOA, P. F. A. de; LEITE, L. A. de S.; PIMENTEL, C. R. M. Situação atual e perspectiva da agroindústria do caju. In: ARAUJO, J. P. de; SILVA, V. V. da (Org.) **Cajucultura**: modernas técnicas de produção. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p.23-42.

PING, J.; BREMER, E.; JANZEND, H. H. Foliar uptake of volatilized ammonia from surface-applied urea by spring wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 31 n. 1-2, p. 165 – 172, 2000.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid: Editora Agrícola Española, S. A. 1985. 542 p.

POSTEL, S. Water for Agriculture: Facing the Limits. **Worldwatch Paper 93**. Worldwatch Institute. Washington, 1989. 54 p.

PRATA, E. B. **Acumulação de biomassa e absorção de nutrientes por híbridos de meloeiro** (*Cucumis melo* L.). Fortaleza - CE: UFC, 1999. 59 p. (Dissertação de Mestrado).

PRISCO, J. T. Alguns aspectos da fisiologia do “stress” Salino. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.3, p.85-94, 1980.

RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100)

RAMOS, A. D.; BLEICHER, E.; FREIRE, F. das C. de O.; CARDOSO, J. E.; PARENTE, J. I. G.; BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, L. A.; FROTA, P. C. E.; CORRÊA, M. P. F.; PAULA PESSOA, P. F. A. DE; MELO, Q. M. S.; OLIVEIRA, V. H. de. **A cultura do caju**. Brasília: SPI, 1996. 96p. Coleção Plantar, 34

RAMOS, A. D.; LIMA, A. A. C. Solos cultivados com cajueiro. IN: ARAÚJO, J. P. P. de.; SILVA, V. V. (Org.) **Cajucultura**: modernas técnicas de produção. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p.133-147.

RHOADES, J. D. Quality of water for irrigation. **Soil Science**, Baltimore, v. 113, n. 4, p. 277-284, 1972.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Trad. GHEYI, H.R., SOUSA, J.R., QUEIROZ, J.E. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHAL, A. M. **The use of saline water for crop production**. Rome: FAO. 1992. 133 p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 48).

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).

RICHARDS, L. A. (ed.). **Diagnoses and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

RUSH, D. W.; EPSTEIN, E. Breeding and selection for salt tolerance by the incorporation of wild germplasm into a domesticated tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 106, n. 2, p. 669-704, 1981.

RUSSO, D.; BRESLER, E. Soil-water-suction relationships as affected by soil solution composition and concentration. In: BANIN, A.; KAFKAFI (eds). **Agrochemicals in soils**. Pergamon Press.. 1980. p.287 – 296.

SPARKS, J. P.; MONSON, R. K.; SPARKS, K. L.; LERDAU, M. Leaf uptake of nitrogen dioxide (NO₂) In: a tropical wet forest: implications for tropospheric chemistry. **Oecologia**, v. 127, p. 214-221, 2001.

SANTOS, J. G. R. dos. **Crescimento da bananeira nanica (*Musa sp.*) sob diferentes qualidades de água de irrigação**. 1990. 78f. Dissertação (Mestrado) – Campina Grande, 1990.

SANTOS, R. V. dos; HERNANDEZ, F. F. F. Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p. 319-361.

SANTOS, F. J. de S.; MEIRELES, A. C. M. Efeito da qualidade da água sobre a germinação em viveiro de dois clones de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.). In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 26, 1997, Campina Grande. Anais... Campina Grande: SBEA, 1997. CD-Rom

SHAINBERG, I.; OSTER, J. D. **Quality of irrigation water**. Bet Dagan: International Irrigation Center, 1978. 65 p.

SHANNON, M.C.; GRIEVE, C.M.; FRANCOIS, L.E. Whole-plant response to salinity. In: _____. Plant environmental interactions. **Wilkinson E.R.** ed. 1994. cap. 7, p.199-244.

SHANNON, M. C. In quest of rapid screening techniques for plant salt tolerance. **Hort. Science**, Fort Collins, v. 14, n. 5, p. 587-589, 1979.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999. 370p.

SISVAR. Sistema de Analise de Variancia para dados Balanceados: versão 4.3. Software para análises estatísticas por meio do Windows. Lavras: UFLA, 2003

SMEDEMA, L. K., RYCROFT, D. W. **Land drainage: planning and desing of agricultural drainage systems**. London: B. T. Batsford Ltd., 1988. 376 p.

SOARES, A. C. D. **Tolerância de porta-enxertos de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) à salinidade do substrato**. 1998. 40f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOARES, F. A. L. **Crescimento, nutrição mineral e produção de bananeiras irrigadas com águas de salinidades diferentes**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2006. 171 p. (Tese de doutorado).

SOUZA, M. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Lavras: UFLA, 1995. 94p. (Dissertação de Mestrado).

SOUZA, R. F. A. **Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de melão (*Cucumis melo* L.) e melancia (*Citrullus vulgaris*) sob diferentes salinidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1999. 96 p. (Dissertação de Mestrado).

SOUZA CARVALHO, M. S. B. de. **Perdas de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio por lixiviação em alguns solos dos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte cultivados com cajueiro**. Fortaleza: UFC, 1996. 74p. (Dissertação de Mestrado).

SSSA – SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Glossary of Soil Science Terms**. Madison, USA, 1976. 677p.

STROGONOV, B. P. **Physiological basis of salt tolerance of plants**. Jerusalem: Israel Prog. Sci. Transl., 1964. 279 p.

SYVERTSEN, J. P.; YELENOSKY, G. Salinity can enhance freeze tolerance of citrus rootstock seedlings by modifying growth, water relations, and mineral nutrition. **J. Amer. Soc. Hort. Science**, Geneva, v. 13, p. 889-893, 1988.

STAUFFER, M, D. SULEWSKI G., Fósforo – Essencial para a vida In ____: **Anais Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira**. ed por TSUIOSHI YAMADA e SILVIA REGINA STIPP e ABDALLA. – Piracicaba: POTAFOS. ed. 2004. cap. 1, p.1-12.

SZABOLCS, I. **Salt-Affected Soils**. Florida, Library of Congress, 1989, 274 p.

TÁVORA, F. J. A. F.; FERREIRA R. G.; HERNANDEZ E. F. F. F.; Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 23, n. 2, p. 441-446, agosto 2001

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2004. 719p.

TAYER, J. N. **Effect og irrigation methods with saline waters on maize production and salt distribution in soil**. Bari, 1987. 285 p. Thesis. (M.Sc.) - International Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies.

TYERMAN, S. D.; SKERRETT, I. M. Root ion channels and salinity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 78, n. 1/4, p. 175-235, Jan. 1999.

TYLER, K. B.; LORENZ, O. A. Nutrient absorption on growth of four muskmelon varieties. **American Society of Horticulture Science**, Alexandria, v.84, p.364-371, 1964.

UNESCO/FAO. **Irrigation, drainage and salinity: an international sourcebook**. Paris: UNESCO, London: Hutchinson, 1973. 501p.

van ALPHEN, D. W.; VERHOEVEN, B. **Salt-affected soils and their reclamation**. Wageningen: 22 International Course on Land Drainage. 1983. 34p.

van BLADEL, R.; GHEYI, H. R. Thermodynamic study of calcium-sodium and calcium-magnesium exchange in calcareous soils. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 44, p.938 – 942, 1980.

van HOORN, J. W.; van ALPHEN, J. G. Salinity control. In: RITZEMA, H. P. (ed.) **Drainage principles and applications**. 2ed. Wageningem: ILRI, 1994. cap.15, p.533-600. (ILRI Publication, 16)

VASCONCELOS, M. F. **Comportamento de cultivares do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) sob diferentes percentagens de sódio trocável**. Campina Grande: UFPB, 1990. 76p. (Dissertação de Mestrado)

VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. da; LIMA Jr., A. R. de; QUEIROZ, J. E.; FAUSTO, M. J. M. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in Young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 216-222, 2001.

XIMENES, C. H. M. **Adubação mineral de mudas de cajueiro-anão-precoce cultivadas em diferentes substratos**. 1995. 102f. Dissertação (Mestrado) – Universidade federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

WILCOX, L. V.; DURUM, W. H. Quality of irrigation. In: HAGAN, R. M.; HAISE, R. H.; EDMINISTER, T. W. (eds.). **Irrigation of agricultural lands**. Madison: Amer. Soc. Agron., 1967. cap. 9, p. 104-122. (Agronomy, 11).

YAHYA, A. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.7, p. 1439-1451, 1998.

YARON, B.; SHALHEVET, J.; SHIMSHI, D. patterns of salt distribution under trickle irrigation. In: HADA, A.; SWARTZENDRUBER, D.; RIJTEMA, P.E.; FUCHS, M.; YARON, B (Ed.). **Physical aspects of soil water and salts in ecosystems**. Berlin: Springer-Verlag, 1973. P. 389-394. (Ecological Studies, 4)

7. ANEXO I

Análise química da água de abastecimento da CAGEPA utilizada como testemunha e na preparação das água de irrigação com diferentes níveis de salinidade.

pH	7,23
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	490,30
Cálcio (meq/L)	1,28
Magnésio (meq/L)	0,04
Sódio (meq/L)	2,10
Potássio (meq/L)	0,12
Carbonatos (meq/L)	0,00
Bicarbonatos (meq/L)	1,34
Cloretos (meq/L)	3,50
Sulfatos (meq/L)	ausente
