



Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia Química
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química



TESE DE DOUTORADO

**IMPACTOS DO ESTRESSE SALINO E DA COBERTURA
MORTA NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO
SOLO E NO DESENVOLVIMENTO DO AMARANTO.**

Djeson Mateus Alves da Costa

Orientador: Prof. Dr. Henio Normando de Souza Melo

Co-Orientador: Prof. Dr. Sebastião Ribeiro Ferreira

Natal / RN

Novembro / 2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Costa, Djeson Mateus Alves da.

Impactos do estresse salino e da cobertura morta nas características químicas do solo e no desenvolvimento do amaranto / Djeson Mateus Alves da Costa. – Natal, RN, 2007

124 f.

Orientador: Henio Normando de Souza Melo

Co-orientador: Sebastião Ribeiro Ferreira.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

1. Amaranto – Tese. 2. Salinidade – Tese. 3. Condutividade elétrica – Tese. 4. água de irrigação – Tese. 5. Proteção do solo – Tese. I. Melo, Henio Normando de Souza. II. Ferreira, Sebastião Ribeiro. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 582.663(043.2).

DJESON MATEUS ALVES DA COSTA

**IMPACTOS DO ESTRESSE SALINO E DA COBERTURA MORTA NAS
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E NO DESENVOLVIMENTO
DO AMARANTO.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Química, na área de concentração: Engenharia Ambiental.

**Natal / RN
Novembro / 2007.**

COSTA, Djerson Mateus Alves da. Impactos do estresse salino e da cobertura morta nas características químicas do solo e no desenvolvimento do amaranto. Tese de Doutorado, UFRN, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Área de Concentração: Engenharia Ambiental, Natal/RN, Brasil.

Orientador: Henio Normando de Souza Melo

Co-Orientador: Sebastião Ribeiro Ferreira

RESUMO: A disponibilidade de água de boa qualidade tem diminuído vertiginosamente nas últimas décadas, em todo o mundo. Em algumas regiões os recursos hídricos disponíveis apresentam altos teores de sais dissolvidos, inviabilizando a sua utilização. A qualidade da água pode ser um fator limitante para a agricultura irrigada, principalmente nas regiões de clima árido ou semi-árido onde os recursos hídricos são geralmente salinos e se encontram expostos a altas taxas de evaporação que ocasiona a precipitação de sais na superfície do solo e acúmulo no tecido vegetal, diminuindo, respectivamente, a fertilidade e o rendimento da cultura. Logo, a adoção de cultivares tolerantes à salinidade da água de irrigação e do solo, assim como, resistentes às condições climáticas é outra necessidade emergente na atualidade. Este trabalho teve o objetivo de estudar os efeitos de quatro níveis de salinidade da água de irrigação e da cobertura morta, folhas secas de acácia (*Acacia mangium* Willd), em solo cultivado com amaranto (*Amaranthus cruentus*, variedade *BRS Alegria*), conduzido em casa de vegetação. Foi utilizado o sistema de formação de mudas, transplantadas 10 dias após emergência para colunas de PVC contendo 30 kg de solo franco-siltoso, no espaçamento de 0,50 x 0,50 m. Os tratamentos foram compostos pela combinação de quatro níveis de salinidade (0,147; 1,500; 3,000 e 4,500 dS m⁻¹), obtidos pela adição de NaCl (comercial) à água de irrigação, e solo com e sem proteção por cobertura morta. Utilizou-se um arranjo fatorial 4x2 com quatro repetições, perfazendo um total de 32 parcelas. Foram avaliados os teores de nutrientes presentes na solução do solo e na matéria seca do tecido vegetal (raízes, caule, folhas, grãos e resíduo de panícula), ao final do ciclo vegetativo. O uso de proteção do solo reduziu o tempo para o início da floração das plantas, ao mesmo tempo em que o aumento da salinidade retardou essa fase do desenvolvimento do amaranto. O uso da proteção do solo proporcionou aumentos significativos na altura, no diâmetro de caule, na área da folha mais desenvolvida, na quantidade de matéria fresca e seca e na produção de grãos do amaranto. A espécie vegetal apresentou tolerância à salinidade, para os níveis experimentados. Os tratamentos adotados não afetaram os valores de pH, capacidade de troca de cátions (CTC), condutividade elétrica da solução do solo (CE_{1:5}) e extrato saturado (CE_{ES}), e teores de Ca⁺², Mg⁺², Fe⁺² e Mn⁺², na solução de solo. O aumento da concentração salina na água de irrigação inibiu o processo de mineralização da matéria orgânica (MO) e, conseqüentemente, a eficiência de seu aproveitamento pelas plantas, ao mesmo tempo em que provocou aumento nos valores da porcentagem de sódio trocável (PST), da razão de adsorção de sódio (RAS) e de potássio (RAP) na solução de solo. No entanto, o uso de proteção do solo não afetou os três primeiros fatores. Os teores de proteína bruta e dos nutrientes: K⁺, Ca⁺², P, Mg⁺² e Cu⁺², nos grãos do amaranto, foram beneficiados pelas condições de cultivo. Os resíduos de panículas apresentaram composição química/nutricional que favorece a sua utilização como complemento para ração animal. Neste contexto, pode-se concluir que o amaranto é tolerante ao estresse salino, da água de irrigação, até o nível de 4,500 dS m⁻¹ e às condições de temperatura e umidade relativa do ar predominantes no ambiente experimental.

PALAVRAS-CHAVES: Amaranto, salinidade, condutividade elétrica, água de irrigação, proteção do solo.

BANCA EXAMINADORA E DATA DA TESE: 30 de Novembro de 2007.

Presidente: Prof. Dr. Henio Normando de Souza Melo (DEQ – UFRN)

Membros: Prof. Dr. Sebastião Ribeiro Ferreira (DEQ – UFRN)

Prof. Dr. Apolino José Nogueira da Silva (DEAG - UFRN)

Prof. Dr. Roberto Pereira (DAREN - CEFET – RN)

Pesq. Dr. José Araújo Dantas (EMPARN)

Prof. Dr. Luiz Olinto Monteggia (UFRGS)

Abstract

Impacts on the soil chemical characteristics and development of amaranth under saline stress and mulch

Availability of good quality water has been reduced vertiginously, over the last decade, in the world. In some regions, the water resources have high concentration of the dissolved salts, these characteristics of the water make it's use impossible. Water quality can be a limitation for irrigated agriculture, principally in regions of arid or semiarid climate where the water resources are generally saline and are exposed at high evaporation ratio. For that reason, precipitation of the salts occurs near the soil surface and those salts themselves cumulate in the vegetal tissue, reducing the soil fertility and crop production. The adoption of tolerant crop to the water salinity and soil salinity, adaptable to the climatic conditions is other emergent necessity. This work had the goal of studying the effects of four salinity levels of the irrigation water salinity and use of mulch, dried leaves of Forest mangrove (*Acacia mangium Willd*), in cultivated soil with amaranth (*Amaranthus cruentus*, BRS *Alegria* variety), in greenhouse. It was utilized the transplant of plants to PVC columns, containing 30 kg of silty loam soil, 10 days after emerging, with space of 50 x 50 cm between lines. Treatments were composed by combination of four levels of salinity (0.147; 1.500; 3.000 e 4.500 dS m⁻¹), obtained by addition NaCl (commercial) to irrigation water and soil with and without protection, by mulch. A factorial system 4 x 2 was used with four repetitions, totalizing 32 parcels. The concentrations of nutrients in soil solution have been evaluated, in the dry matter of the vegetal tissue (roots, stem, leaves and raceme residue), at the end of the vegetative cycle. The use of soil protection reduced time for the beginning inflorescence of plants, at the same time, the increase of the salinity delayed this phase of amaranth development. The use of the mulch effectively increased the height, stem diameter, area of the larger leaf, humidity and dry matter content and amaranth grain production. The vegetal species showed salinity tolerance to experimented levels. The adopted treatments did not affect the pH values, exchangeable cation contents, electrical conductivity of soil solution (EC_{1:5}) and saturated extract (EC_{SE}), and Ca⁺², Mg⁺, Fe⁺² and Mn⁺² contents, in the soil solution. The increase of the salinity concentration in the irrigation water inhibited the mineralization process of the organic matter (OM) and, consequently, the efficiency in the it's utilization by plants, at the same time, produced increase in the values of the exchangeable sodium percentage (ESP), sodium adsorption ratio (SAR) and potassium adsorption ratio (PAR), in the soil solution. Therefore, the use of the mulch did not affect the first three parameters. The protein and nutrient contents: K⁺, Ca⁺², P, Mg⁺² e Cu⁺², in amaranth grains, were improved by tillage condition. The raceme residues showed chemical/nutritional composition that makes advantageous its application in animal ration. In this context, it follows that amaranth tolerate the saline stress, of the irrigation water, until 4.500 dS m⁻¹, temperature and relative humidity of the air predominant in the experimental environment.

Key-words: *Amaranthus spp*, salinity, electric conductivity, irrigation water, soil protection.

Dedicatória

“À minha esposa, Ana Cândida; aos meus filhos, Marine, Djan e Djamar; à minha amiga, Djanete; e, *in memorium*, ao meu tio, Milton, que com certeza se ainda convivesse em nosso meio, estaria vibrando e comemorando conosco esse momento de grande alegria.”.

Pensamento

Aos meus filhos

“... Não basta ser gênio, é preciso ser forte, corajoso, persistente e, principalmente, humilde para enfrentar e vencer os percalços da nossa vida”

Agradecimento

Para mim, torna-se praticamente impossível, nesse momento, lembrar de todas aquelas pessoas que me ajudaram a desenvolver e concluir este trabalho de pesquisa. Porém, gostaria de ressaltar a importância das contribuições dadas pelos Professores Sérgio Luiz Alves de França, Msc. José Yvan Pereira Leite e Msc. Tércio Luiz Gonzaga que, na condição de Diretor Geral do CEFET-RN, Diretor de Pesquisa e do Departamento Acadêmico de Formação de Professores, respectivamente, se empenharam para que fosse construída uma casa de vegetação, nas dependências daquela Instituição, e na aquisição de equipamentos para a realização de ensaios laboratoriais e custeio dos trabalhos de campo.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química (PPGEQ), através da Prof^a Dra. Ana Lúcia de Medeiros Lula da Mata, pela disponibilidade de recursos financeiros, vindos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Professores do Ensino Superior (CAPES), para a realização de análises químicas em tecido vegetal, no Laboratório de Solo, Água e Planta da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) e, aos professores Dr. Henio Normando de Souza Melo, Dr. Sebastião Ribeiro Ferreira e Dra. Josette Lourdes de Souza Melo que, na condição de, respectivamente, Orientador, Co-orientador e Colaboradora, dispuseram-se, a todo instante, a revisar e dar contribuições para melhorar a qualidade deste trabalho.

Aos Pesquisadores Dr. José Simplício de Holanda (EMPARN), Dr. José Araújo Dantas (EMPARN) e ao Prof. Dr. Hans Haj Gheyi pelas inestimáveis orientações, sem as quais jamais este trabalho teria sido concluído.

Sumário

	Página
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Siglas	xv
1. Introdução	16
2. Aspectos teóricos	19
2.1. A cultura do amaranto	19
2.1.1. Usos dos grãos	21
2.1.2. Usos das flores	22
2.1.3. Usos das folhas	23
2.1.4. Características nutricionais	23
2.1.5. Características agronômicas	27
2.2. Efeitos da salinidade na agricultura	30
2.2.1. Efeitos da salinidade nas plantas	36
2.2.2. Efeitos da salinidade no amaranto	39
2.3. Parâmetros utilizados para a avaliação do desenvolvimento das plantas	40
2.4. Cultivo em ambiente protegido	41
2.4.1. Salinização do solo em ambiente protegido	42
2.4.2. Proteção do solo	43
2.5. Métodos e sistemas de irrigação	47
3. Metodologia experimental	49
3.1. Localização e características da área experimental	49
3.2. Cultura utilizada	49
3.3. Coleta e amostragem do solo em campo	49
3.4. Características físicas e químicas do solo antes do plantio	50
3.5. Características físicas e químicas das soluções aquosas utilizadas para irrigação.....	52
3.6. Descrição da estrutura experimental	53
3.7. Condução das plantas e tratos culturais	56
3.8. Tratamentos e delineamento estatístico	57

3.9. Parâmetros avaliados	57
3.10. Análise estatística	60
4. Resultados e discussões	61
4.1. Monitoramento ambiental para caracterização dos meios interior e exterior à casa de Vegetação	61
4.1.1. Temperatura e umidade relativa do ar	61
4.1.2. Temperatura da superfície do solo	63
4.1.3. Taxas de evaporação em minitanques	65
4.2. Características meteorológicas durante o período de cultivo do amaranto	66
4.3. Características físicas e químicas do solo após o cultivo	68
4.4. Avaliação da frequência e do volume de água na irrigação	75
4.5. Variáveis relacionadas ao desenvolvimento do amaranto	76
4.5.1. Emergência das plântulas	76
4.5.2. Tempo para o início da inflorescência das plantas	77
4.5.3. Número de folhas por planta	78
4.5.4. Altura e espessura do caule das plantas	79
4.5.5. Área da folha mais desenvolvida	80
4.5.6. Produção de biomassa fresca	82
4.5.7. Produção de biomassa seca	86
4.5.8. Produção de grãos	89
4.6. Variabilidade de nutrientes no tecido vegetal	91
4.6.1. Nutrientes nas raízes	91
4.6.2. Nutrientes no caule	94
4.6.3. Nutrientes nas folhas	98
4.7. Composição química dos grãos de amaranto	101
4.8. Características químicas do resíduo de panícula	101
5. Conclusões	102
6. Sugestões	104
Referências bibliográficas	105
Anexos	117

Lista de Figuras

2.1 – Fertigrama de comparação da análise do solo de quatro anos com teores equilibrados	31
3.1 – Curva característica de retenção de água pelo material do solo utilizado	52
3.2 – Estrutura experimental da casa de vegetação, utilizada no cultivo do amaranto	54
3.3 – Disposição dos reservatórios contendo as soluções salinas	55
3.4 – Parte apical das plantas antes (A) e depois (B) da colocação da proteção do solo	57
3.5 – Disposição das parcelas em sistema inteiramente casualizado	58
4.1 – Média diária para a temperatura e umidade relativa do ar no interior (A) e no exterior (B) da casa de vegetação durante o período experimental	62
4.2 – Relação entre as médias diárias da umidade relativa e da temperatura do ar no interior (A) e no exterior (B) da casa de vegetação durante o período experimental	63
4.3 – Temperatura média diária na superfície do solo nos meios interior (A) e exterior (B) à casa de vegetação, para o período de experimentação	64
4.4 – Temperatura diária (A) e umidade relativa do ar (B) no interior da casa no interior da casa de vegetação durante o período de cultivo	66
4.5 – Média diária de água evaporada de minitanque em função da salinidade da água, de irrigação, em ambiente protegido	67
4.6 – Valores do teor de matéria orgânica (A) e da porcentagem de sódio trocável (B) em função da salinidade da água de irrigação, 90 dias após emergência do amaranto ..	71
4.7 – Teores de macronutrientes do solo, 90 dias após emergência do amaranto, em função da salinidade da água de irrigação	73
4.8 – Teores de micronutrientes do solo, 90 dias após emergência do amaranto, em função da salinidade da água de irrigação	74
4.9- Conteúdo diário (A) e relativo (B) de água adicionada às parcelas, durante o cultivo do amaranto	75
4.10- Visualização das plântulas, dois dias após o início da emergência	76
4.11- Aparência da floração na fase inicial (A) e final (B) da maturação dos grãos	77
4.12- Tempo para floração das plantas em função da salinidade da água de irrigação	78
4.13- Altura média de planta (A) e diâmetro médio de caule (B) do amaranto ao final do ciclo vegetativo, em função da salinidade da água de irrigação	79
4.14- Efeitos da proteção do solo e da salinidade da água de irrigação na área da folha mais	

desenvolvida do amaranto, em função do tempo após a emergência das plântulas	81
4.15- Área da folha mais desenvolvida do amaranto aos 90 dias após emergência, em função da salinidade da água de irrigação	82
4.16: Produção de matéria fresca de folhas em solo protegido e descoberto, aos 90 dias após emergência, em função da salinidade da água de irrigação.....	83
4.17- Aspectos visuais do caule (A) e das raízes (B) do amaranto, 90 dias após emergência	84
4.18- Produção de matéria fresca total em solo protegido e descoberto, aos 90 dias após emergência, em função da salinidade da água de irrigação	85
4.19- Produção de matéria fresca das partes da planta, em função dos tratamentos adotados ...	86
4.20- Efeitos da salinidade da água de irrigação na produção de biomassa seca de panícula (A) e de folhas (B), em solo com e sem proteção por cobertura morta	87
4.21- Efeitos da salinidade da água de irrigação na produção de biomassa seca total do amaranto, em solo com e sem proteção por cobertura morta	88
4.22- Produção de matéria seca das partes da planta, em função dos tratamentos adotados ..	89
4.23- Efeitos da salinidade da água de irrigação na produção total de grãos do amaranto, por planta, em solo com e sem proteção	90
4.24- Aspecto visual dos grãos do amaranto	91
4.25- Teores de nitrogênio (A), potássio (B), magnésio (C) e sódio (D) nas raízes do amaranto, em função da salinidade da água de irrigação, 90 dias após emergência ..	92
4.26- Níveis de nitrogênio (A), enxofre (B), sódio (C) e cloreto (D) no caule das plantas, em função da salinidade da água de irrigação, 90 dias após emergência	96
4.27- Teores de cloreto (A) e sódio (B) no tecido foliar do amaranto, em função da salinidade da água de irrigação, 90 dias após emergência	98

Lista de Tabelas

2.1 – Composição química presente em 100 g de grãos do amaranto em relação à mesma quantidade de grãos de trigo, base seca	26
2.2 – Composição nutricional presente em 100 g de folhas do amaranto, base fresca.....	27
2.3 – Classificação dos solos quanto à afetação por sais, segundo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos da América	33
2.4 – Classificação dos tipos de classes de água	34
2.5 – Classificação das plantas quanto a sensibilidade aos sais na solução do solo ou água de irrigação	35
3.1 – Características físicas e químicas do solo antes do plantio e dos tratamentos	50
3.2 – Características físicas e químicas das soluções utilizadas como água de irrigação	53
4.4 – Medidas estatísticas descritivas das características do solo cultivado, 90 dias após emergência.....	69
4.11- Componentes de produção de matéria fresca total do amaranto, 90 dias após emergência	83
4.13- Componentes de produção de matéria seca total do amaranto, 90 dias após emergência	86
4.15- Medidas estatísticas descritivas dos macro e micronutrientes nas raízes do amaranto, 90 dias após emergência	93
4.16- Medidas estatísticas descritivas dos macro e micronutrientes no caule do amaranto, 90 dias após emergência	97
4.17- Medidas estatísticas descritivas dos macro e micronutrientes nas folhas do amaranto, 90 dias após emergência	100
Anexos:	
4.1 – Análise de variância para a temperatura média diária na superfície do solo, relativa as intervalos experimentados	117
4.2 – Análise de variância da média diária de água evaporada em minitanque com solo com e sem proteção, dentro e fora da casa de vegetação	117
4.3 – Análise de variância da taxa de evaporação de soluções salinas, em ambiente protegido	118
4.5 – Resumo das análises de variância de parâmetros caracterizadores do solo cultivado .	118
4.6 – Resumo das análises de variância de macro e micronutrientes do solo cultivado	119
4.7 – Análise de variância do tempo para o início da floração do amaranto	120

4.8 – Análise de variância da altura e da espessura do caule do amaranto, 90 dias após emergência	120
4.9- Análise de variância para a área da folha mais desenvolvida, 90 dias após emergência	120
4.10- Resumo das análises de variância da produção de biomassa fresca das diferentes partes das plantas, 90 dias após emergência	121
4.12- Resumo das análises de variância da produção de biomassa seca das diferentes partes das plantas, 90 dias após emergência	122
4.14- Análise de variância para macro e micronutrientes presentes no tecido vegetal do amaranto, 90 dias após emergência	123
4.18- Resumo das análises de variância das relações de nutrientes na matéria seca das folhas do amaranto, 90 dias após emergência	124

Lista de Siglas

AFMD – área da folha mais desenvolvida

Bsh – clima quente e seco com chuvas de verão

CE_A – condutividade elétrica da água

CE_{ES} – condutividade elétrica do extrato saturado do solo

CE_{1:5} – condutividade elétrica da solução do solo, proporção de 1:5

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco

CTC – capacidade de troca de cátions

CV % - coeficiente de variação, em porcentagem

dS m⁻¹ – deci-Siemens por metro.

DAE – dias após a emergência das plântulas do solo

DAP – dias após o plantio das sementes

DMS – diferença mínima significativa

FAO – Food and Agriculture Organization

MFF – matéria fresca de folha

MFT – matéria fresca total

MO – matéria orgânica

MST – matéria seca total

pH – potencial de hidrogênio iônico

PVC – polyvinyl chloride

PST – porcentagem de sódio trocável

RAP – razão de adsorção de potássio

RAS – razão de adsorção de sódio

SPD – sistema de plantio direto

TSD – total de sólidos dissolvidos

TS1-CC – temperatura na superfície do solo com proteção, no interior da casa de vegetação

TS1-SC – temperatura na superfície do solo sem proteção, no interior da casa de vegetação

TS2-CC – temperatura na superfície do solo com proteção, no exterior da casa de vegetação

TS2-SC – temperatura na superfície do solo sem proteção, no exterior da casa de vegetação

V % - saturação por bases, em porcentagem

WHO – World Health Organization

1. Introdução

Aumentar efetivamente a qualidade e a quantidade da produção agrícola requer o uso e/ou conhecimento de técnicas adequadas que conciliem as necessidades da cultura a ser semeada às condições climáticas, às potencialidades hídricas e edáficas predominantes. Uma das ações capazes de atender às necessidades citadas é a prática da agricultura irrigada. O uso dessa tecnologia tem como vantagens a manutenção, quase que constante, dos níveis de umidade do solo e da quantidade de água disponível para as plantas, o aumento da produtividade agrícola (2,5 a 3 vezes maior que nas áreas não irrigadas), a continuidade da produção no período da estiagem, a valorização da propriedade rural e da produção (o valor bruto da produção é 5 vezes maior que o das áreas não irrigadas), permite um maior número de colheitas por ano e o controle das ervas daninhas, podendo, ainda, ser utilizada com eficiência na dessalinização do solo (CODEVASF, 2003).

Como desvantagem, pode-se mencionar que a irrigação, quando mal conduzida, provoca a degradação do solo ocasionando a diminuição do seu potencial produtivo (Bahner, 1999) e, em alguns casos, levando-o à esterilidade. Tal fato ocorre, em geral, devido ao acúmulo de sais no solo, os quais são transportados através da água utilizada na irrigação (Moleiro, 1998; Lamond & Whitney, 2000). Esse fenômeno é mais intenso nas regiões de clima semi-árido, típicas do Nordeste brasileiro, onde a alta incidência solar proporciona elevação na taxa de evapotranspiração da água retida no solo e, conseqüentemente, ocorre a precipitação dos sais nela dissolvidos. Por conseguinte, é imprescindível a adoção de manejos agrícolas que viabilizem a redução no consumo e na taxa de evaporação da água, como também a preferência por culturas tolerantes à salinidade da água de irrigação e do solo e às condições climáticas predominantes na região de cultivo.

Uma técnica bastante difundida, que minimiza as perdas de água e ameniza a temperatura do solo, é o uso de proteção (Gill et al., 1996). Esse manejo envolve a adição de uma camada de material (palha seca, bucha de coco, folhas secas, esterco bovino, areia, plástico etc) sobre o solo a ser cultivado. Segundo Kalberer (1985), a espessura dessa camada interfere na produção de matéria fresca e seca. Como resultado, observou-se que a diminuição da espessura da camada de cobertura proporcionava aumento do conteúdo de matéria seca, porém diminuía a produtividade em base fresca, em cogumelos. Vijay et al. (1987) afirmam que o uso de coberturas com espessuras inferiores a 2,5 cm facilitam o ressecamento e a formação de estroma (filamentos da parte

vegetativa dos fungos) e, conseqüentemente, diminui a produtividade de cogumelos. Contudo, camadas mais espessas induzem maior número de frutificações. A camada de proteção, com cobertura morta, pode ainda prover nutrientes essenciais às plantas (Cadavid et al., 1998).

Algumas espécies vegetais apresentam rendimentos favoráveis ainda que cultivadas sob condições de altos índices de salinidade e sodicidade, enquanto outras são mais sensíveis. Segundo Ayers & Westcot (1991), essa diferença associa-se à melhor capacidade de adaptação osmótica de algumas espécies, sendo capaz de absorver e acumular íons, utilizando-os na síntese de compostos orgânicos, além de absorver água quando submetidas a baixos potenciais osmóticos.

O amaranto é uma planta que apresenta relativa tolerância à salinidade (Shimose et al., 1991), é de fácil cultivo e pode ser plantado em qualquer época do ano (Spehar et al., 2003) e tanto as folhas quanto os grãos apresentam elevados teores de proteínas (Cole, 1979; Putnam et al., 1989; Myers, 1996), podendo ainda ser utilizada em dietas especiais (Perguntas frequentes industrial, 2003) e, também, em cosméticos (Kauffman & Weber, 1990; Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993). Por outro lado, essa cultura agrícola além de ser pouco conhecida no Brasil, carece também de informações sobre seu desenvolvimento sob condições de estresse salino e proteção do solo

Estudos realizados em vários países apontam o amaranto como uma cultura adaptável a climas semelhantes aos das regiões árida e semi-árida (Corke, 2003; Omami, 2005) e que pode ser utilizada na alimentação humana e animal (Globo Rural, 1999). Esses trabalhos, ainda apresentam dados da obtenção de boa produtividade dessa espécie quando semeados, até mesmo em solos pouco férteis. Nos cerrados brasileiros, Spehar et al. (2003) constataram ótima produção de grãos e de biomassa total do amaranto num período de 90 dias.

Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos do estresse salino e da cobertura morta nas características químicas do solo e no desenvolvimento do amaranto, em situação de casa de vegetação.

Os objetivos específicos que orientaram esta pesquisa foram:

- (i) testar a eficiência da cobertura morta na redução da temperatura do solo e na taxa de evapotranspiração;
- (ii) avaliar a influência de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e da cobertura morta no desenvolvimento do amaranto, em condições de casa de vegetação;

- (iii) analisar o impacto da salinidade da água de irrigação e da proteção do solo nas propriedades físicas e químicas do solo cultivado, após o ciclo vegetativo do amaranto;
e
- (iv) determinar os teores dos macro e micronutrientes, presentes e identificados na matéria seca do tecido vegetal do amaranto (raízes, caule, folhas, grãos e resíduos de panículas).

Os objetivos mencionados foram estabelecidos para testar as seguintes hipóteses:

- o uso da casa de vegetação e da cobertura morta diminui as magnitudes térmicas e a demanda evaporativa da água do solo;
- ao final de um ciclo de irrigação os valores dos parâmetros relacionados à salinidade do solo são superiores aos apresentados antes do período;
- o aumento da concentração de NaCl na água de irrigação proporciona reduções nas magnitudes dos parâmetros de desenvolvimento do amaranto e aumento na variabilidade dos nutrientes no tecido vegetal; e
- o uso de proteção do solo tem efeito positivo sobre as magnitudes dos parâmetros de desenvolvimento do amaranto e diminui a variabilidade de nutrientes no tecido vegetal.

2.Aspectos teóricos

2.1. A cultura do amaranto

O amaranto é um antigo pseudocereal de folhas largas, originado nas Américas do Sul e Central. Esta planta foi cultivada extensivamente durante os cinco séculos do auge da civilização Asteca, no México, e pelas sociedades mais modernas (Peru, Estados Unidos da América etc). Esta planta pode ser usada como fonte de grãos, de alto conteúdo protéico, como vegetal frondoso e tem potencial para crescer como forragem (Putnam et al., 1989; Belisle, 1990; Henderson et al., 1993; Myers, 1996). O gênero *Amaranthus* foi cultivado no princípio, como era cultivado o trigo, pelos Astecas entre 5.000 à 7.000 anos passados, antes da conquista da civilização Sul-americana pelos espanhóis (Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993).

Existem aproximadamente 60 espécies do gênero *Amaranthus*, das quais, apenas um número limitado de tipos é cultivado, enquanto a maioria é considerada erva daninha (Sauer, 1967). O amaranto cultivado possui sementes claras com ausência de dormência, enquanto que as invasoras possuem sementes escuras e dormência (Spehar et al., 2003). A espécie *Amaranthus hypochondriacus* é considerada a mais indicada para a produção de grãos, pois apresenta uma razoável produtividade, mesmo em solos pouco férteis (Searly et al., 1990), muito embora trabalhos realizados nos cerrados brasileiros mostraram que essa variedade apresentava baixa produção de grãos (Teixeira et al., 2003). Esse comportamento pode estar associado a não adaptação da espécie às condições de cultivo existentes, como, por exemplo, tipo de solo, condições climáticas, qualidade e quantidade da água de irrigação etc.

Os grãos de amaranto (*Amaranthus spp.*) são nativos para o Novo Mundo. As civilizações Pré-colombianas plantaram milhares de hectares desse pseudocereal. Algumas populações indígenas usaram os grãos de amaranto em associação com milho e feijão em seus manejos de cultivo (National Academy of Sciences, 1984).

As espécies de *Amaranthus*, produtoras de grãos, têm sido importantes em diferentes partes do mundo e em diferentes épocas por milhares de anos. Nos dois últimos séculos, o cultivo do amaranto, objetivando a produção de grãos, cresceu em diversas localidades, incluindo Estados Unidos, México, América Central, Índia, Caribe, Itália, Rússia, Nepal, China e África Oriental (Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993). Na década de 1970, agrônomos dos Estados Unidos

pesquisaram o amaranto e publicaram manuais para aperfeiçoar e uniformizar a produção, adaptada às variedades que ainda não tinham sido totalmente desenvolvidas (Putnam et al., 1989).

A maioria das pesquisas sobre a produção do amaranto está focalizada em questões práticas, tais como: taxa de germinação, dados de plantação, espaçamento entre fileiras, respostas à fertilização, insetos, doenças e, em alguns casos, na qualidade da água usada (Myers, 1996).

Na América Central, evidências indicam que o uso de grãos do amaranto data de, pelo menos, 6.000 anos. As sementes mais velhas, encontradas até hoje, são as do *Amaranthus cruentus*. A espécie *Amaranthus hypochondriacus* está em uso desde, pelo menos, 1.500 anos e tornou-se mais tarde a espécie usada pelos Astecas. Embora não existam registros históricos sobre o uso do *Amaranthus hypochondriacus*, sementes dessa espécie, encontradas em Ozarks do Sul nos Estados Unidos, datam de 1.100 anos antes de Cristo (Sauer, 1967).

O uso histórico mais importante do amaranto para produção de grãos foi durante a civilização Asteca no México Central. Seu uso foi importante tanto na alimentação como na prática religiosa. Sinônimos como *grãos místicos dos Astecas*, *super grãos dos Astecas*, e *grãos dourados dos Deuses* eram usados para descrever o aspecto nutritivo dos grãos do amaranto. Os grãos eram usados para nutrir os infantes e para prover energia e força aos soldados nas jornadas prolongadas (Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993).

Os fatores que contribuíram para a diminuição na produção do amaranto, após a conquista dos Astecas pelos espanhóis (por volta do ano 1500), não são bem conhecidos. Entretanto, alguns fatores são citados na literatura visando justificar tal fato, dentre os quais:

- como o amaranto era bastante usado, pelos Astecas, na sua alimentação e práticas religiosas, é bem provável que os espanhóis tenham desencorajado a sua produção visando diminuir a influência cultural da civilização por eles conquistada (Myers, 1996). Segundo o biólogo norte-americano, Edward Wilson, não fosse isso o amaranto poderia ter se tornado um dos principais produtos agrícolas do mundo; e
- o tamanho das sementes do amaranto pode ter sido uma das causas para a redução do seu cultivo. Por ser uma semente muito pequena, o que exigiria cuidados especiais no seu manejo, ela poderia ter sido substituída pelas sementes do milho (Kauffman & Weber, 1990).

Segundo Myers (1996), na década de 1970, o amaranto se propagou pela Europa para ser usado como erva medicinal e como planta ornamental. Na década de 1980, cresceu em vales das montanhas do Nepal e partes do leste da África. Durante o século 20, cresceu na China, Índia, África, Europa e nas Américas do Norte e do Sul.

Muitos são os países que, atualmente, cultivam o amaranto com finalidades diversas. Os Estados Unidos lidera a produção mundial de amaranto, em grãos, para uso como alimento em vários produtos. Contudo, a maior área destinada à produção dessa cultura, na última década, acredita-se que tem sido na China. O principal uso do amaranto, na China, é como forragem para a alimentação de porcos e não na produção de grãos para a alimentação humana (Corke, 2003).

Na Índia, utilizam-se os grãos de amaranto para a produção de farinha que passa a ser utilizada como fonte de proteínas para as classes sociais mais pobres da população. No Peru e nos Estados Unidos, o amaranto é industrializado para a produção de cereais matinais e bebidas.

Centros de pesquisas no mundo inteiro têm trabalhado no melhoramento genético do amaranto. No Brasil, a Embrapa Cerrados – Distrito Federal – vem testando quatro espécies visando torná-las alternativas para a produção de alimentos. O projeto visa, inicialmente, a produção de alimentos para animais. Os pesquisadores acreditam que o amaranto pode ser uma importante alternativa para a diversificação da produção de grãos e de adubação verde na entressafra, principalmente devido a sua tolerância à seca e ao ótimo potencial como fonte de proteínas (Globo Rural, 1999).

Segundo a Agência Brasil (2002), na Unicamp, estudos estão sendo feitos visando à utilização das sementes do amaranto como matéria-prima para a produção de embalagens para produtos comestíveis.

2.1.1. Usos dos grãos

A valorização dos grãos de amaranto como alimento pelos povos do México, Peru e Nepal data de longos anos, muito antes de ter sido conduzida qualquer análise nutricional. Devido a sua fácil digestão, o amaranto é tradicionalmente receitado para pessoas que estão se recuperando de alguma doença. No México, os grãos de amaranto são estalados como pipoca e misturados com

uma solução de açúcar para formar um produto chamado de *alegria*. O *atole*, um tradicional *drink* mexicano, é feito das sementes de amaranto, moída ou torrada (Kauffman & Weber, 1990).

Na Índia, o *Amaranthus hypochondriacus* é conhecido como *rajgeera* (grãos do Rei) e é freqüentemente torrado para ser usado na confecção do *laddoos*, muito similar a *alegria* Mexicana. No Nepal, as sementes do amaranto são consumidas como fonte de energia ou moídas em farinha para fazer *chappatis* (Singhal & Kulkarni, 1988).

Os grãos de amaranto foram usados para alimentação humana de várias maneiras. O uso mais comum é moer os grãos – em farinha – para usar na produção de pães, panquecas, cereais, bolos ou outros produtos, baseados nessa farinha (Stephens, 1994). Os grãos podem ser também floculados, como na papa de aveia. Mais de quarenta produtos contendo amaranto são comercializados nos Estados Unidos (Putnam et al., 1989; Kauffman & Weber, 1990).

Um uso comercial muito comum do amaranto, tanto no México como no Peru, é como refeição rápida (*alegria* no México e *turrones* no Peru) feita pela mistura das sementes torradas com melado. A farinha do amaranto (*pinole* no México e *mash'ka* no Peru), feita pela moagem das sementes torradas em uma pedra de moer, é o próximo uso mais comum. De forma menos freqüente, no México, os *tamales* são feitos também com a farinha. No Peru, as sementes são também fermentadas para fazer *chicha* ou cerveja. O caule seco é utilizado como combustível (Early, 1990).

Uma importante aplicação para o amaranto é como alimento para pessoas com alergias a outros grãos, principalmente os que contêm *glúten*.

Atualmente, o amaranto foi selecionado pela NASA (National Aeronautics and Space Administration), para alimentação dos astronautas nas viagens espaciais, devido ao seu alto valor nutritivo e alta digestibilidade (Asociación Mexicana del Amaranto, 2003).

2.1.2. Usos das flores

Na área de Cuzco (Peru), as flores do amaranto selvagem (*airampo*) são usadas para tratar dores de dente e febre. As flores vermelhas, aquecidas, são também usadas para colorir o milho e *chicha*. Durante as festas do carnaval as dançarinas, algumas vezes, pintam suas faces com as flores vermelhas, como uma espécie de *rouge*, e dançam carregando pacotes de amaranto em suas costas

como se eles fossem bebês. No Equador, eles aquecem as flores e adicionam a água colorida no rum para purificar o sangue. Estas são usadas, também, pelas mulheres quando necessitam de ajuda para regular seu ciclo menstrual (Early, 1990). Na Ásia e na Índia Ocidental são usadas em sopas.

2.1.3. Usos das folhas

Em contraste com os grãos, as folhas e caules têm recebido menos atenção no que diz respeito à pesquisa. Enquanto o vegetal amaranto é usado como uma matéria-prima alimentícia em muitas partes do mundo, o seu uso nos Estados Unidos está limitado às importações enlatadas, principalmente na área da cidade de Nova Iorque (Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993). No Brasil, as folhas do amaranto são utilizadas durante o período da Semana Santa, em Pernambuco, na produção de refogados. As folhas podem ser também usadas como ração animal, pois estas apresentam alto teor protéico.

Segundo Searly et al. (1990), a National Academy of Science, nos Estados Unidos da América, lista o amaranto como uma das 23 plantas que podem ser usadas para incrementar a nutrição e a qualidade de vida das pessoas que vivem nos países em desenvolvimento e, porque não dizer dos desenvolvidos, visto a sua grande produção, comercialização e utilização nos Estados Unidos.

2.1.4. Características nutricionais

O pequeno, porém, gradual crescimento do comércio para o amaranto em grão está baseado em suas características nutricionais, adaptabilidade às regiões de clima árido e semi-árido, razoável produtividade mesmo em solos pouco férteis, fácil cultivo e boa digestibilidade, variedade de aplicações em produtos alimentícios, fonte de alimento mais acessível às classes sociais mais carentes e devido a sua importância histórica como uma cultura mística dos Astecas.

A relação de digestibilidade e de proteína pode ser melhorada se os grãos forem processados com uso do calor. Essa técnica, no processamento dos grãos do amaranto, elimina a *lectina*, melhorando a relação de eficiência da proteína na farinha (Singhal & Kulkarni, 1988). O processamento térmico excessivo tem apresentado redução na qualidade dos grãos do amaranto e,

isto se torna mais evidente quando são processados usando calor quente e seco, como na torragem (Bressani & Elias, 1986).

As características nutricionais dos grãos do amaranto são bastante promissoras, com um conteúdo de proteína variando entre 12 a 17 %, um perfil de aminoácido bem balanceado (o que não ocorre com os outros cereais), incluindo uma alta quantidade de *lisina* (Teutonics & Knorr, 1985; Putnam et al., 1989; Belisle, 1990; Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993; Myers, 1996). O amaranto cultivado em Arlington, Wisconsin em 1978, apresentou níveis de proteína variando entre 16,5 a 17,5 %. A *lisina*, um aminoácido nutricionalmente crítico, está presente nos grãos do amaranto numa faixa compreendida entre 0,73 a 0,84 % do conteúdo total de proteína (Kauffman & Weber, 1990). O aminoácido limitante é usualmente reportado como sendo a *leucina* (Singhal & Kulkarni, 1988), embora algumas fontes indiquem que a *treonina* atualmente pode ser um aminoácido biologicamente mais limitante (Bressani & Elias, 1986). Os grãos do amaranto apresentam valor nutricional equivalente ao leite, carne e ovos (Agência Brasil, 2002).

Segundo Marcílio et al. (2003), a farinha refinada, obtida a partir de grãos do amaranto, apresentou poder calórico de 393 kcal/100 g, contra 413 kcal/100 g na farinha integral e 423 kcal/100 g na mistura das demais frações. Essa farinha proporcionou conteúdo energético superior ao da farinha integral de milho (5 %) e do trigo (13 %). Dados indicam que para um valor protéico de 100 i.u., o amaranto possui 75, o leite de vaca 72, a soja 68, o trigo 60 e o milho 44. Além disso, seus grãos apresentam digestibilidade de 93 % e ausência de glúten (Perguntas frequentes industrial, 2003).

Os grãos do amaranto são ricos em fibras e apresentam baixos níveis de gorduras saturadas, fatores que contribuem para seu uso no comércio como alimentação sadia. O teor de óleo nesses grãos varia de 6 a 10 % dos quais 76 % são insaturados, sendo rico em ácido linoleico, o qual é necessário para a nutrição humana. Em algumas análises, conduzidas pela USDA (United States Department of Agriculture) no Western Regional Research Center, o óleo do amaranto apresentou 7 % de *esqualene*, valor superior à quantidade encontrada em outras sementes oleaginosas. O *esqualene*, um produto químico de alto preço, é usualmente extraído do fígado do tubarão e usado como cosmético (Kauffman & Weber, 1990; Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993).

As implicações à saúde devido à presença de *tocotrienóis*, nos grãos do amaranto, receberam avaliação preliminar. Essas substâncias, semelhantes à vitamina E, são oxidantes de extrema importância para a saúde humana, haja vista que em pequenas concentrações inibem a peroxidação

lipídica (Kamat & Devasagayam, 1995); diminuem a agregação plaquetária colágeno-induzida; diminuem o teor do colesterol LDL - Low-density lipoprotein - (Putnam et al., 1989; Qureshi, 1991; Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993); apresentam atividades anti-cancerígenas (Nesaretnam et al., 1995); protege a pele contra o envelhecimento (Kooyenga et al., 1996) e previnem o surgimento de doenças cardíacas e obstrutivas (Nutrition Committee, 1988; Watkins et al., 1993).

Além das suas principais características originais como proteínas, carboidratos e lipídios, os grãos do amaranto contêm alto nível de cálcio, ferro e sódio quando comparado aos grãos de outros cereais (Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993).

Uma combinação de arroz e amaranto na razão de 1:1 aproxima-se às especificações de proteínas aconselhadas pela FAO/WHO – Food and Agriculture Organization/World Health Organization - (Singhal & Kulkarni, 1988). O valor protéico dos grãos do amaranto se destaca quando sua farinha é misturada a de outros cereais. Na mistura da farinha de amaranto na proporção 30:70 com qualquer outra de arroz, milho ou trigo, a qualidade protéica (baseada na caseína) aumenta de 72 para 90, 58 para 81 e 32 para 52, respectivamente (Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993).

O outro cereal comparável ao amaranto, que satisfaz as necessidades de proteína e de energia na alimentação humana, é o arroz (Morales et al., 1988). As folhas, caule e grãos do amaranto são ricos em proteínas, apresentando uma faixa de valores deste conteúdo variando de 15 a 24 %, em base de matéria seca (Putnam et al., 1989; Myers, 1996). Segundo O'Brien & Price (1983) esse valor pode chegar a 30 %. Seu paladar não é bem conhecido e, embora seu sabor tenha sido considerado igual ou superior ao do espinafre, sendo mais rico em cálcio, ferro e fósforo (Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993).

As folhas do amaranto são nutricionalmente significantes fontes de *betacaroteno*, substância que inibe erupções polimórficas na pele causada pela luz (Searly et al., 1990). Tem havido interesses sobre a presença de oxalatos no amaranto os quais podem se relacionar ao cálcio e, assim, sua concentração iônica no sangue, conduzindo a *hipocalcemia*. Os oxalatos podem compor de 0,2 a 11,4 % da matéria seca no amaranto (Teutonico & Knorr, 1985), mas os níveis de oxalatos são bastante reduzidos pelo vapor ou cozimento das folhas por dez minutos, o qual não reduz significativamente o nível de nutrientes (Searly et al., 1990). Segundo Saunders & Becker (1983), o conteúdo de matéria seca nas folhas do amaranto é igual a 13,1 %.

O amaranto, para produção de folhas, é comumente cultivado para ser consumido depois de cozido. Suas panículas são menores que aquelas do amaranto de grãos e a maioria das sementes é preta. Os verdes são de considerável valor nutricional sendo rico em cálcio, magnésio, ferro, vitaminas A e C como também em proteínas. Na Tabela 2.1 é apresentada uma análise comparativa da composição média dos grãos do amaranto e dos grãos do trigo, base seca e, na Tabela 2.2, a composição nutricional presente em 100 g de folhas de amaranto, base fresca.

Tabela 2.1: Composição química presente em 100 g de grãos do amaranto em relação à mesma quantidade de grãos do trigo, base seca (Cole, 1979).

Nutrientes	Unidade	Amaranto	% a mais que no trigo
Energia	kcal	374,000	114
Proteína	g	14,450	115
Lipídio	g	6,510	423
Gordura saturada	g	1,662	618
Gordura mono-insaturada	g	1,433	717
Gordura poli-insaturada	g	2,891	461
Fibra dietética	g	15,200	121
Ácido ascórbico (C)	mg	4,200	-
Riboflavina	mg	0,208	181
Ácido fólico	mg	49,000	129
Potássio	mg	366,000	101
Cálcio	mg	153,000	528
Fósforo	mg	455,000	158
Magnésio	mg	266,000	211
Ferro	mg	7,590	238
Zinco	mg	3,180	120
Cobre	mg	0,777	179
Ácido palmítico	g	1,284	549
Ácido oléico	g	1,433	746
Ácido linoléico	g	2,834	472
Fitos-esteróis	mg	24,000	-
Histidina	g	0,389	136
Isoleucina	g	0,582	127
Leucina	g	0,879	103
Lisina	g	0,747	223
Metionina	g	0,226	112
Treonina	g	0,558	153

Cont.

Triptofan	g	0,181	113
Valina	g	0,679	122
Arginina	g	1,060	178
Alanina	g	0,799	176
Niacina	mg	1,000	-
Tiamina (B1)	mg	0,140	-
Umidade	g	9,000	-
Cinza	g	2,600	-

Tabela 2.2: Composição nutricional presente em 100 g de folhas do amaranto, base fresca (Cole, 1979).

Componente	Unidade	Qtde.	Componente	Unidade	Qtde.
Umidade	g	86,90	Fibra	g	1,30
Proteína	g	3,50	Energia	kcal	36,00
Gordura	g	0,50	Fósforo	mg	67,00
Carboidrato	g	6,50	Ferro	mg	3,90
Potássio	mg	411,00	Riboflavina	mg	0,16
Vitamina A	i.u.	6,10	Niacina	mg	1,40
Ácido ascórbico (C)	mg	80,00	Cálcio	mg	67,00
Tiamina (B1)	mg	0,08	Cinza	g	2,60

2.1.5. Características agronômicas

A entrada do amaranto, em grãos, na arena comercial tem se confrontado com numerosos desafios. Em contraste para muitos outros produtos agrícolas, os desafios da produção são ainda maiores que os de comércio. Esse vegetal é certamente uma planta especial desde que alguns aspectos relativos ao plantio, colheita e armazenamento sejam conduzidos com especial atenção e consideração. A produção vem aumentando em todo o mundo através do plantio, solteiro, de

pequenos lotes. Outro fator que contribuiu para esse crescimento é que a cultura pode se desenvolver em solos pouco férteis e, frequentemente, é pouco atacada por doenças e insetos.

Segundo Spehar et al. (2003), o amaranto (*BRS Alegria*) pode ser cultivado em qualquer época do ano. Se for para a produção de grãos, as melhores épocas são nas semeaduras de safrinha, entre março a junho (outono), e de entressafra, entre junho a setembro (inverno) e, para a produção de forragem, as semeaduras de verão (dezembro a março) são ideais, quando o cultivo for no hemisfério sul. A planta tem uma característica agrônômica bastante marcante, que é a capacidade de extrair nutrientes de camadas mais profundas do solo, o que poderá beneficiar outras culturas como o milho e a batata, quando cultivadas em consórcio ou em rotação de cultura. As duas espécies de amaranto mais comumente cultivadas são o *Amaranthus cruentus* e *Amaranthus hypochondriacus*.

A variedade do amaranto para a produção de grãos possui ciclo anual, variando em média de 85 a 100 dias (Berti et al., 1996). A altura da planta varia significativamente dependendo da espécie e das condições ambientais. Em Montana (EUA), o caule apresentou diâmetro variando de 2,54 a 15 mm. Dependendo da densidade de plantas e da umidade do solo (Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993), a planta pode atingir altura entre 1,0 e 2,5 m (Kauffman & Weber, 1990) e no caso específico do *Amaranthus hypochondriacus*, pode atingir 1,78 m (Berti, et al., 1996).

As sementes de amaranto têm diâmetro que varia de 1,0 a 1,5 mm e espessura de 0,5 mm. Apresentam coloração variada: branca, amarela, rosada, cinza, vermelha ou preta. O embrião ocupa grande parte de seu volume. O peso dos grãos varia de 0,49 a 0,93 mg (National Research Council, 1984). As espécies graníferas possuem cores claras, variando de douradas, rosadas a totalmente brancas e sem dormência (Teixeira et al., 2003).

As sementes desse vegetal devem ser plantadas numa profundidade não superior a 0,5 polegadas – aproximadamente 1,3 cm - dependendo da textura e da umidade da superfície do solo (Myers & Putnam, 1988; Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993). Deve-se evitar solos com textura argilosa (Putnam et al., 1989; Berti et al., 1996). Para condições ótimas de temperatura e umidade do solo, as sementes poderão germinar de 4 a 6 dias (Belisle, 1990). A emergência das plântulas, no solo, pode ocorrer em até 14 dias depois de plantadas. No caso de se optar pela produção de mudas, o transplante poderá ser feito de duas a três semanas após a germinação. As plantas transplantadas devem ser bem irrigadas para terem sucesso.

Inicialmente o produtor de amaranto deve selecionar e preparar uma sementeira similar àquela que é feita para olericultura, de preferência em solos com pH em torno de 6,0 (Schulte et al., 1991). Alguns dados são avaliados no que diz respeito à fertilidade e ao pH do solo requerido pelo amaranto. Putnam et al. (1989) afirmam que essa cultura se adapta a solos ligeiramente ácidos a ligeiramente básicos (pH = 6,5 a 7,5) e em solos com fertilidade intermediária entre a de culturas de pequenos grãos e a do milho. Singh & Whitehead (1992) verificaram que em solo com pH = 6,4, as plantas apresentaram maior altura, quantidade de ramos, folhas e área foliar que as desenvolvidas em pH = 5,3 ou 4,7. A umidade do solo na sementeira deve ser constante e apresentar temperatura do solo superior a 15 °C, o que irá favorecer o desenvolvimento de um padrão de boas plantas (Stallknecht & Schulz-Schaeffer, 1993).

Se o desenvolvimento da cultura for feito com irrigação, aconselha-se fazê-la logo após a colocação das sementes. Caso ocorra a formação de crosta, uma segunda irrigação deverá ser aplicada. Singh & Whitehead (1992) reportam que o amaranto produziu, em solo areno-argiloso, ótimo crescimento vegetativo com uma irrigação de 6 % de umidade do solo.

A produção de grãos e de forragem, a partir do amaranto, depende da espécie cultivada, da densidade de plantas, do tipo e da qualidade do solo e, também, dos tratos culturais utilizados durante o ciclo vegetativo. Estudos realizados no Peru por Apaza-Gutierrez et al. (2002), com o *Amaranthus caudatus*, indicaram que uma ótima produção de grãos pode ser obtida para uma densidade de aproximadamente 450.000 plantas ha⁻¹ e níveis de fertilização aplicando-se 100, 138 e 180 kg ha⁻¹ de N, K₂O e P₂O₅, respectivamente.

Estudos realizados nos cerrados por Spehar et al. (2003) constataram uma produção, do *Amaranthus cruentus*, de 2.359 kg ha⁻¹ de grãos e 5.650 kg ha⁻¹ de biomassa fresca total em 90 dias de ciclo. A planta, nos primeiros dias após a emergência, tem aparência da invasora. Ela se desenvolve vigorosa, com inflorescências (panículas ou cachos) coloridas, com variações do amarelo ao roxo. Após os 30 dias da emergência, apresenta rápido crescimento podendo atingir 2,0 m, com inflorescência de até 0,6 m, dependendo dos tratos culturais e suprimento de água. Em pesquisa realizada pela Embrapa Cerrado (2001), com a espécie *BRS Alegria*, obteve-se panículas com 48 cm. Devido as sementes de amaranto serem muito pequenas e de fácil fragmentação sua colheita manual se torna bastante difícil, o que poderá causar perdas na produção de grãos. Segundo Fitterer et al. (1996), essas perdas podem reduzir a produção a menos de 1.100 kg ha⁻¹. Elas germinam com grande facilidade ao caírem em solo úmido.

Devido a suas características agrícolas e nutricionais, o amaranto é considerado a planta mais promissora para o desenvolvimento econômico, pela Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos e pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (Asociación Mexicana del Amaranto, 2003). Desde 1985 o amaranto passou a ser cultivado nas viagens espaciais, tendo germinado e florescido no espaço durante o vôo orbital da nave Atlantis. O pioneiro desse feito foi o Dr. Rodolfo Néri Vela, primeiro astronauta mexicano (Asociación Mexicana del Amaranto, 2003).

Levando em consideração o curto período da emergência até a maturação, produção de grãos e de biomassa total, comparados com o de outros cereais, como o trigo ou o milho, o amaranto torna-se um componente de grande potencial para o fortalecimento de uma agricultura sustentável, quando irrigado durante o período da estiagem, no semi-árido do Nordeste brasileiro.

2.2. Efeitos da salinidade na agricultura

Os solos possuem quatro componentes principais: matéria mineral, matéria orgânica, água e ar. Da proporção entre eles, extremamente variável, depende a sua produtividade. Segundo Coelho & Verlengia (1973), um solo que apresenta na camada arável 45 % de minerais, 25 % de água, 25 % de ar e 5 % de matéria orgânica pode ser considerado com boas condições para o desenvolvimento das plantas.

A fertilidade de um solo pode ser avaliada através do conhecimento dos valores de pH; % de matéria orgânica; teores de P, K⁺, Ca⁺², Mg⁺² e % de saturação de Al⁺³ (Alvim & Kozlowski, 1977). Por outro lado, a variabilidade desses nutrientes, segundo Warrick & Nielsen (1980), pode ser analisada por meio do coeficiente de variação CV, sendo considerada baixa ($CV \leq 12\%$), média ($12\% < CV \leq 52\%$) e alta ($CV > 52\%$). Na Figura 2.1 está representado um fertigrama comparando a análise do solo de quatro anos com os teores equilibrados mínimos e máximos (Malavolta, 2006b).

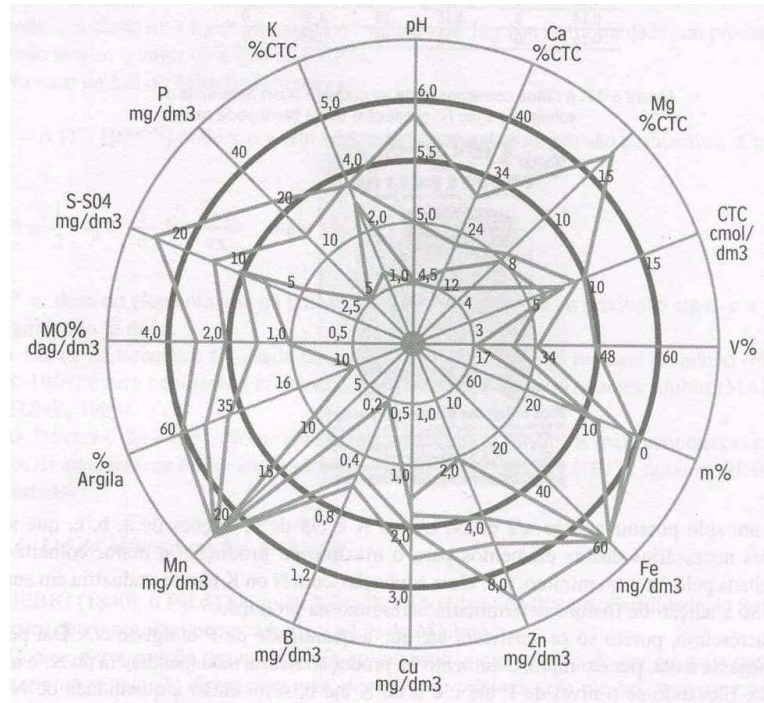


Figura 2.1: Fertigrama de comparação da análise do solo de quatro anos com teores equilibrados.

A salinidade das terras aráveis e irrigadas é um problema crescente em todo o mundo, principalmente nas regiões de clima árido e semi-árido onde a precipitação de chuvas é insuficiente para lixiviar os sais presentes na zona radicular e, esse é um fator que reduz, significativamente, a produção agrícola. Estima-se que essa precipitação, para o semi-árido do Nordeste brasileiro, varie entre 400 a 1200 mm por ano (Villela, 1999).

Em geral, os solos apresentam quantidades variáveis de sais solúveis em água, uns mais, outros menos, que se movimentam para cima ou para baixo, carregados pelo movimento dela no perfil do solo. Esses sais podem ser encontrados nos solos na forma de íons presentes na água do solo, na forma de íons adsorvidos às partículas do solo e na forma de sal precipitado. A salinização de um solo pode ocorrer quando esse tem um perfil característico e plenamente desenvolvido ou quando possui material com influência de sedimentos, como é o caso dos solos das aluviões (Richards, 1974). Os solos afetados por sais são classificados em função dos valores do pH, CE_{ES} e PST (Raij, 1991).

As reações que ocorrem no solo controlam o comportamento dos elementos químicos e sua disponibilidade para as plantas (Alloway, 1990). Estas reações são definidas pelo pH, pela porcentagem de saturação por bases (V %), pela capacidade de troca de cátions (CTC), e pela

saturação por alumínio (m %). Segundo Malavolta (2006a), de um modo geral, as condições de reação do solo mais adequadas, para a maioria das plantas, são pH (em H₂O) entre 5,5 e 6,5 e V entre 40 e 70 %.

Um solo é dito salino quando a quantidade de sais, existente na zona radicular, é capaz de impedir o crescimento normal das plantas e sua identificação é feita por meio da medida da condutividade elétrica do extrato saturado (CE_{ES}).

O pH do solo é um importante parâmetro indicador das condições químicas daquele meio, pois possui capacidade de interferir na disposição de vários elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, como por exemplo, o cobre, cuja biodisponibilidade é reduzida em pH alcalino (Perwak et al., 1980). Segundo Callahan et al. (1979), o pH do solo superior a 7,0 inibe a absorção do zinco pela plantas. Para Brady (1983), valores de pH inferiores a 4,5 podem provocar a dissolução de elementos como ferro, alumínio e manganês, em proporções tais que podem tornar-se tóxicos, interferindo no desenvolvimento das plantas. Por outro lado, quando seu valor é superior a 8,0 o ferro, o manganês e o zinco tornam-se menos assimiláveis ao vegetal, também provocando alterações em seu desempenho. Estudos realizados pela NSF (1977) indicaram que a absorção de chumbo ocorria de forma mais efetiva ao pH inferior a 7,0. Já a absorção do cádmio, pelas plantas, era mais intensa em solos arenosos que em solos argilosos (He & Singh, 1994).

O valor da porcentagem de sódio trocável (PST) do solo pode ser estimado através da razão de adsorção de sódio (RAS) da água a ser utilizada na irrigação. Em geral, não se espera que esse valor coincida com o de campo, pois a solução do solo apresenta maiores concentrações que as das águas de irrigação (Richards, 1974). Essa estimativa pode ser feita utilizando a expressão

$$PST = \frac{Na^+}{CTC} \cdot 100 \% \quad (2.1)$$

Experiências e estudos permitiram estabelecer que o pH do solo igual ou maior que 8,5 indicam quase sempre uma porcentagem do sódio trocável (PST) maior ou igual a 15 % e a presença de carbonatos de metais alcalino-terrosos; quando o valor do pH é menor que 8,5, a PST pode ou não ser maior que 15 %; quando o valor do pH é menor que 7,5 quase sempre indica ausência de carbonatos de metais alcalino-terrosos e, se o pH for inferior a 7,0, o solo contém quantidade considerável de hidrogênio trocável (Fireman & Wadleigh, 1951). Atribui-se, também, que a diminuição do pH do solo se deva à produção de ácidos orgânicos, em conseqüência da decomposição da matéria orgânica (Moraes, 1991) e a lixiviação das bases trocáveis.

Segundo Richards (1974), quanto à afetação por sais, os solos se classificam em: normais (sem problemas de salinidade), salinos, salinos sódicos e sódicos não-salinos. Essa classificação é a mesma apresentada pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (USDA), citada por Bernardo (1995). As características desses grupos de solos e as respectivas técnicas de recuperação estão listadas na Tabela 2.3.

Tabela 2.3: Classificação dos solos quanto salinidade e sodicidade, segundo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos da América.

Denominação	CE_{ES} (dS m⁻¹)	PST	pH	Recuperação
Sem problema de salinidade	< 4,0	< 15,0	4,0 a 8,5	-
Salino	> 4,0	< 15,0	≤ 8,5	Lixiviação
Salino-sódico	> 4,0	> 15,0	≅ 8,5	Lixiviação/corretivo
Alcalino ou sódico	< 4,0	> 15,0	> 8,5 e < 10,0	Lixiviação/corretivo

Segundo Oliveira (1998), os solos das aluviões apresentam grande variabilidade nos valores de pH, PST e CE_{ES}, características que identificam sua heterogeneidade. Isso pode ser atribuído ao processo de formação desses solos, que ocorre pela acumulação e distribuição não-uniforme de sucessivos depósitos de materiais oriundos de outros lugares. Costa et al. (2004), trabalhando com esse tipo de solo, observaram que o aumento nos valores da CE_{ES} sempre foi acompanhado por um aumento recíproco nos valores da CTC e da PST.

Normalmente, os solos com problemas de salinidade, dependendo da concentração salina, possuem a mesma aparência que os não-salinizados. Sua aparência só apresenta alguma diferença quando o processo de salinização atinge alto grau, dessa forma surgem manchas sobre sua superfície, indicando a precipitação de sais. Geralmente, a existência de solos salinos está atrelada às regiões de clima mais quente, principalmente as áridas e semi-áridas. Por outro lado, não existem solos salinos nas regiões de clima úmido, exceto quando o solo está exposto à água do mar, nos deltas dos rios e noutras terras baixas próximas ao mar (Richards, 1974).

Os cátions mais comuns associados à salinidade do solo são o Na⁺, K⁺, Ca⁺² e Mg⁺², enquanto os ânions são Cl⁻, SO₄⁻² e HCO₃⁻. Todavia, os íons Na⁺ e Cl⁻ são considerados mais

importantes, devido ao Na^+ causar deterioração da estrutura física do solo e ambos Na^+ e Cl^- serem tóxicos às plantas, em concentrações elevadas (Dudley, 1994). A capacidade de troca de cátions (CTC), calculada através da soma algébrica dos teores de Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , H^+ e Al^{+3} , pode ser afetada devido às variações nos teores de matéria orgânica e varia com a textura do solo. Para Malavolta (1976), o que mais favorece o aumento da CTC em solo com textura franco é a presença de cargas negativas nas partículas que compõem a fração argila e que se encontram saturadas, nas quais os cátions podem ser substituídos por outros eventualmente adicionados ao solo. Ciotta et al. (2003) observaram, em sistema de plantio direto (SPD), que um pequeno aumento no conteúdo de matéria orgânica proporcionou acréscimos importantes nos valores da CTC do solo, a pH 7,0 em até 8,0 cm de profundidade.

O crescente aumento da população mundial favoreceu a competição por água de boa qualidade entre os setores municipal, industrial e agrícola, em todas as partes do planeta. Este fenômeno torna-se mais acentuado nos países com regiões áridas e/ou semi-áridas, os quais apresentam alta taxa de crescimento populacional somados aos sérios problemas ambientais. Por essa razão, aumenta a pressão para se irrigar com água salina, como água subterrânea, água drenada e água tratada. Na Tabela 2.4 estão listadas as características das classes de água, em termos da condutividade elétrica (CE_A) e do total de sólidos dissolvidos (TSD), segundo Rhoades et al. (1992).

Tabela 2.4: Classificação dos tipos de classes de água.

Tipo de água	CE_A (dS m^{-1})	TSD (g L^{-1})	Classe
Água para beber e irrigar	< 0,7	< 0,5	não salina
Água para irrigar	0,7 a 2,0	0,5 a 1,5	ligeiramente salina
Água de 1ª drenagem/subterrânea	2,0 a 10,0	1,5 a 7,0	moderadamente salina
Água de 2ª drenagem/subterrânea	10,0 a 20,0	7,0 a 15,0	muito salina
Água subterrânea muito salina	20,0 a 45,0	15,0 a 35,0	altamente salina
Água do mar	> 45,0	> 35,0	salmoura

Segundo Bernardo (1995), os principais problemas causados pela salinização do solo são: o aumento da pressão osmótica da solução do solo, diminuindo sua disponibilidade de água para as

plantas; a dispersão das partículas do solo, diminuindo a capacidade de infiltração de água e o aumento da concentração de certos íons (Cl^- , Na^+ , B etc), os quais causam problemas de toxicidade, por inibir o metabolismo das plantas.

As causas da salinização dos solos podem ser primárias, devido à natureza geológica, hidrológica e aos processos pedogenéticos (como ocorreu sua origem) e secundária, devido às atividades antrópicas, principalmente como consequência do uso de métodos inadequados, na irrigação (Wanjogu et al., 2001).

Os fatores climáticos e o manejo incorreto da água de irrigação podem acelerar o processo de salinização do solo, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas em que a taxa de evapotranspiração é muito alta em relação ao nível de precipitação de chuvas. A quantidade de água precipitada não é suficiente para lixiviar os sais presentes na zona radicular.

Segundo Ayers & Westcot (1999), quanto à tolerância aos sais, as plantas são classificadas como sensíveis, moderadamente sensíveis, moderadamente tolerantes e tolerantes. Na Tabela 2.5 é apresentada a classificação das plantas em função da CE, em dS m^{-1} , do solo e da água de irrigação.

Tabela 2.5: Classificação das plantas quanto à sensibilidade aos sais na solução do solo ou água de irrigação.

Nível de tolerância	Salinidade (dS m^{-1})	
	Solo (extrato de saturação)	Água
Sensível	< 1,3	< 0,87
Moderadamente sensível	1,3 a 3,0	0,87 a 2,0
Moderadamente tolerante	3,0 a 6,0	2,0 a 4,0
Tolerante	6,0 a 10,0	4,0 a 6,7

Ayers & Westcot (1991) afirmam que água de irrigação com salinidade inferior a $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ não apresenta problema de salinidade, independente do tipo de solo utilizado, para todas as espécies de plantas. No entanto, sabe-se que se houver má drenagem do solo poderá haver precipitação de sais, que causará a sua salinização.

Segundo Mills (1999), Hillel (2000) e Cavalcante et al. (2001), outros fatores relacionados ao solo devem ser levados em consideração ao se elaborar critérios para a classificação das plantas, quanto à tolerância aos sais, tais como: os relacionados à natureza física, como porosidade, aeração e fluxo de água e os de natureza química, como disponibilidade de nutrientes no solo, e de natureza climática, como temperatura e evaporação.

2.2.1. Efeitos da salinidade nas plantas

Os sais causam efeitos tóxicos e osmóticos nas plantas e a maioria das respostas, relativas à salinidade, estão ligadas a esses efeitos (Dubey, 1997). A principal resposta das plantas à salinidade é a redução no crescimento (Ghoulam et al., 2002). O efeito inicial e primário da salinidade, especialmente de baixa a moderada concentração, é devido aos efeitos osmóticos (Munns & Termaat, 1986). Para todos os potenciais de água baixos, essa condição interfere na habilidade da planta de absorver água do solo e manter-se turgente.

Para altas salinidades, alguns sintomas específicos de danos às plantas se caracterizam como necroses e queimaduras nas bordas das folhas causadas pelo Na^+ ou Cl^- (Wahome et al., 2001). As altas concentrações de íons podem causar distúrbios na integridade e na função da membrana celular, interferir no balanço de solutos e nutrientes, causando sintomas de deficiência nutricional semelhantes àqueles que ocorrem na ausência de salinidade (Grattan & Grieve, 1999).

O grau da salinidade para o qual ocorre redução no crescimento da planta difere muito entre as espécies e em menor extensão entre as variedades (Ghoulam et al., 2002). O rigor da resposta à salinidade é também mediado pelas interações ambientais tais como umidade relativa, temperatura, radiação e poluição do ar (Shannon et al., 1994). O acúmulo de sais nas folhas causa senescência prematura, reduz a absorção de nutrientes e, assim, a diminuição do crescimento das plantas. O estresse salino afeta a maioria dos processos assim como o crescimento de plantas, relações de água, a fotossíntese e reposição de sais minerais.

Muitos pesquisadores têm relatado a diminuição do crescimento das plantas devido ao estresse salino. Aziz & Khan (2001) descobriram que o crescimento ótimo da planta *Rhizophora mucronata* foi obtido com salinidade perto de 50 % daquela da água do mar (3,5 % ou 35 g L^{-1}) e declinou com aumentos da salinidade, enquanto que na *Alhagi pseudoalhagi*, a massa total da planta aumentou para baixa salinidade ($0,05 \text{ mol L}^{-1}$ de NaCl), porém diminuiu para altas concentrações ($0,10$ a $0,20 \text{ mol L}^{-1}$ de NaCl).

A principal causa da redução no crescimento das plantas pode ser devido à salinidade da água. De acordo com Sohan et al. (1999), o aumento de sais na raiz pode conduzir ao declínio do potencial de água das folhas e, então, afetar muitos processos nas plantas. Os efeitos osmóticos dos sais nas plantas surgem como resultado da diminuição do potencial de água do solo, devido ao aumento da concentração salina na zona radicular. Na planta halófito, *Suaeda salsa*, o aumento na concentração de sais diminuiu o potencial de água e a taxa de evaporação das folhas (Lu et al., 2002).

Observações constatadas por Longstreth & Noble (1979) indicaram que a anatomia das folhas de algumas plantas sofre mudanças quando submetidas à salinidade. Por exemplo, as folhas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), algodoeiro (*Gossypium herbaceum* L) e atriplex (*Atriplex nummularia*) apresentaram aumento na espessura epidérmica, na espessura do tecido interno, no comprimento celular e no diâmetro das células esponjosas com o aumento da salinidade. Por outro lado, em folhas de espinafre ocorreu redução dos espaços intercelulares (Delfine et al., 1998), enquanto nas do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* L.) houve redução da densidade estomática (Romero-Aranda et al., 2001).

O crescimento das plantas depende da taxa de fotossíntese e, por conseguinte, o estresse salino afetando o crescimento afeta também a fotossíntese. Estudos conduzidos por diversos autores, com diferentes espécies de plantas, mostraram que a capacidade fotossintética foi suprimida pela salinidade (Dubey, 1997). Uma associação positiva entre a velocidade de fotossíntese e a produção sob condições salinas foi encontrada em diferentes plantas, tais como *Gossypium hirsutum* (Pettigrew & Meredith, 1994) e *Asparagus officinalis* (Faville et al., 1999). Fisarakis et al. (2001) descobriram que a inibição do crescimento vegetativo em plantas submetidas à salinidade estava associada a inibição da fotossíntese.

O efeito da salinidade na velocidade da reação fotossintética depende da concentração salina e da espécie da planta. Existem evidências de que baixas concentrações salinas podem estimular a fotossíntese. Segundo Parida et al. (2004), na *B. parviflora* a velocidade da reação fotossintética aumentou para baixa salinidade e diminuiu para alta salinidade, enquanto que a condutância nos estômatos não sofreu mudanças à baixa salinidade e diminuiu à alta salinidade.

Sabe-se que a alta concentração de Na^+ e Cl^- compete com outros íons nutrientes, como K^+ , Ca^{+2} , N e P, resultando em prejuízo nutricional e, eventualmente, redução na qualidade e produtividade do vegetal (Grattan & Grieve, 1999). Segundo Khan et al. (2000), o aumento na

concentração de NaCl induziu aumento de Na^+ e Cl^- e diminuiu os níveis de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+ num considerado número de plantas. Ghoulam et al. (2002) observaram aumento nos níveis de Na^+ e Cl^- nas folhas e raízes da beterraba doce com o aumento da concentração de NaCl na zona radicular. O conteúdo de K^+ diminuiu nas folhas, porém, não foi afetado nas raízes, em resposta ao aumento da concentração de NaCl. Observaram, ainda, que o aumento da salinidade proporcionou reduções drásticas na área foliar, no conteúdo de biomassa das folhas e raízes daquela espécie, ao mesmo tempo em que o número de folhas por planta foi pouco afetado. Foram observadas diminuições nos conteúdos de Ca^{+2} e Mg^{+2} das folhas de mangues (*B. parviflora*) como resposta ao acúmulo de sais. (Parida et al., 2004).

A salinidade pode afetar o crescimento, o acúmulo de matéria seca e a produção das plantas (Sultana et al., 1999). É bem conhecido que a produção de matéria seca diminui proporcionalmente com o aumento da salinidade (Pardossi et al., 1999; Romero-Aranda et al., 2001)

Sob condições de estresse salino, a assimilação de N pelas plantas é geralmente afetada. Alguns estudos apontaram que o aumento da salinidade diminuiu a acumulação de N pelas plantas (Feigin et al., 1991). O aumento da assimilação e acumulação do íon Cl^- tem sido acompanhado por redução na concentração de NO_3^- na berinjela (Savvas & Lenz, 1996). Por outro lado, as palmáceas se destacam pela tolerância a sais e tem o cloreto como o macro nutriente essencial (Uexkull, 1992).

Grattan & Grieve (1994) relatam que o efeito da salinidade na concentração de P é altamente dependente da espécie de planta, do estado de desenvolvimento da planta, da composição e nível da salinidade, e da concentração de P no substrato. Em muitos casos, a salinidade diminui a concentração de P no tecido da planta (Kaya et al., 2001), mas os resultados de alguns estudos indicam que a salinidade pode também não causar efeito na assimilação de P (Ansari, 1990).

O estresse salino tem efeito estimulativo como também inibitório na assimilação de alguns micronutrientes pelas plantas. O desequilíbrio nutricional pode resultar do efeito da salinidade na disponibilidade de nutrientes, na competitividade assimilativa, no transporte ou partição dentro da planta, ou pode ser causado pela inativação fisiológica de um nutriente fixado, resultando no aumento do requerimento interno da planta pelo elemento essencial (Grattan & Grieve, 1999). Segundo Blanco (2004), as plantas mais tolerantes à salinidade apresentam maiores relações de nutrientes nas folhas do que aquelas de menor tolerância e as principais relações são N/Cl^- , K^+/Na^+ e $\text{Ca}^{+2}/\text{Na}^{+2}$. Em estudo com mudas de aroeira, Melloni et al. (2000) encontraram valores baixos para as relações K^+/Na^+ , $\text{Ca}^{+2}/\text{Na}^+$ e $\text{Mg}^{+2}/\text{Na}^+$, respectivamente, iguais a 1,83, 1,47 e 0,23, sendo

considerada uma cultura sensível à sais ($\sim 13,0 \text{ dS m}^{-1}$). Relações adequadas de K^+/Na^+ proporcionam o funcionamento normal das células, pois em algumas espécies a substituição do K^+ pelo Na^+ favorece o desenvolvimento das plantas (Marschner, 1995).

2.2.2. Efeitos da salinidade no amaranto

Poucos estudos foram realizados para avaliar o efeito do estresse salino no desenvolvimento do amaranto. Murata et al. (1992) relatam que as plantas da família *Amaranthaceae* é uma das três famílias com maior afinidade por Na^+ , isto é, necessita de certo conteúdo dessa espécie química para o seu crescimento. O Na^+ pode ser classificado como um elemento essencial a essa cultura, segundo critérios citados por Malavolta (2006b). Todavia, o acúmulo de Na^+ (em excesso), principalmente em associação com Cl^- , pode reduzir o crescimento da planta através de muitos processos fisiológicos e bioquímicos (Match et al., 1986). Macler et al. (1990) relatam que o *Amaranthus tricolor* germinou sob condições de alta salinidade ($\text{CE} = 25 \text{ dS m}^{-1}$), experimentado em casa de vegetação. Essa espécie foi considerada relativamente tolerante a sais quando cultivada em solução nutritiva contendo de 0 a $60 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$ de NaCl , condutividade elétrica correspondente de 0 a 6 dS m^{-1} (Shimose et al., 1991). Dessa forma, o *Amaranthus tricolor*, devido a sua tolerância a sais, pode assumir papel importante na produção de forragem, para as regiões que apresentam problemas de salinidade.

Em trabalhos de campo com o *Amaranthus spp*, Gaikwad & Chavan (1995) descobriram que o aumento da salinidade da água de irrigação de 4 para 6 dS m^{-1} causou redução dos níveis de carboidratos, do conteúdo total de oxalatos solúveis e de nitratos, tanto na fase vegetativa como na floração das plantas. Aumentando a salinidade da água de irrigação para 16 dS m^{-1} , obteve-se redução na taxa de transpiração foliar, na resistência difusiva para o CO_2 e diminuição do potencial osmótico em campo com o *Amaranthus hypochondriacus*, *caudatus* e *paniculatus* (Gaikwad & Chavan, 1998).

Segundo Omami (2005), as diferenças na tolerância dos genótipos do amaranto à salinidade, particularmente para diferentes fases do desenvolvimento, não foi suficientemente pesquisado. Apesar de a salinidade ser predominante em regiões áridas, a resposta do amaranto ao efeito interativo da salinidade e do estresse da água ainda não foi bem documentado.

De qualquer modo, pouco tem sido reportado com respeito ao melhoramento do estresse salino no amaranto e, principalmente, sua resposta quando cultivado sob condições de estresse salino e proteção do solo.

2.3. Parâmetros utilizados para a avaliação do desenvolvimento das plantas

Vários parâmetros são medidos e analisados visando-se avaliar o desenvolvimento de uma cultura agrícola. Dentre esses, citam-se: a altura das plantas, o diâmetro do caule, o índice de emissão foliar, a área foliar, a matéria fresca total, a matéria seca total, a produção de frutos e a qualidade da produção (Lombardi et al., 2000).

A altura das plantas e a espessura do caule são parâmetros fáceis de serem visualizados e medidos quando se deseja avaliar o desenvolvimento de uma cultura. Conhecido o ciclo vegetativo da planta, após a realização dessas medidas, de imediato é possível dizer se determinada cultura encontra-se em boa ou má fase de desenvolvimento. A altura da planta pode fornecer dados relativos à taxa de crescimento, enquanto a espessura do caule indica a sustentabilidade desse crescimento. Uma planta com caule mais espesso é menos suscetível ao tombamento. Segundo Andrade et al. (1997), pela análise da altura da planta, pode-se detectar a deficiência ou não de macronutrientes, nesse caso, de potássio no solo.

A medição da área foliar serve tanto para avaliar o desenvolvimento das plantas como para estudos agrônômicos e fisiológicos. Vários são os métodos utilizados para estimar a área foliar, como o emprego de medidores eletrônicos e técnicas de planimetria (Kvet & Marshall, 1971). Devido ao método eletrônico ter custo muito elevado, a estimativa da área foliar pode ser feita por meio de medições simples e não destrutiva, conhecido como o método das dimensões. Medidas simples das dimensões médias das folhas podem ser realizadas e o cálculo da área foliar média total (*AFMT*) é feito utilizando-se a equação

$$AFMT = n.AFM \quad (2.2)$$

onde *n* é o número de folhas de cada planta e *AFM* é a área foliar média da folha (cm²). Logo, a área foliar de uma planta depende do tamanho de cada folha, do número de folhas por planta e do tempo de permanência na planta. O cálculo da *AFM* pode ser feito utilizando-se as medidas das dimensões da folha – comprimento, *C*, e largura, *L* - e um fator de forma, *f*, característico de cada cultura, ou seja,

$$AFM = f.C.L \quad (2.3)$$

Segundo Monteiro et al. (2005), a variação temporal da área foliar em uma cultura agrícola depende das condições edafoclimáticas, do cultivar e da densidade populacional, entre outros fatores. Geralmente a área foliar aumenta até um valor máximo e, em seguida, diminui em função da senescência das folhas. Nesse caso, quanto mais rápido a planta se desenvolver, mais tempo a área foliar permanecerá ativa e, conseqüentemente, maior será sua produtividade biológica.

2.4. Cultivo em ambiente protegido

No mundo, uma significativa parte da pesquisa agrícola e da produção de algumas hortaliças e plantas ornamentais é feita em casas de vegetação. Em termo global, estimou-se que em 1995 existia, aproximadamente, uma área de 300.000 ha de casa de vegetação, sendo que 1.000 ha encontravam-se cultivados no Brasil, dos quais 40 ha estavam destinados à pesquisa científica (Oliveira, 1995).

Observaram-se no Brasil, nos últimos anos, um aumento significativo na área cultivada em ambiente protegido, principalmente para a produção de hortaliças e flores. Entre as culturas mais exploradas sob este sistema de cultivo, encontram-se pimentão, pepino, tomate e alface (Trani et al., 1997).

Segundo Trani (1999), aproximadamente 1 % da área total do cultivo de hortaliças, no Estado de São Paulo, já é feito em ambiente protegido. O cultivo nesse ambiente tem a vantagem, quando comparado ao cultivo tradicional em ambiente aberto, de proteger as plantas contra as adversidades climáticas, aumentar a produtividade, melhorar a qualidade da produção, aumentar a eficiência no uso de água e de fertilizantes. Segundo Martins et al. (1999), um dos principais efeitos do filme plástico sobre as condições do interior da casa de vegetação é a diminuição da demanda evaporativa em função da diminuição da radiação solar e diminuição da velocidade do vento.

A diferença entre a taxa de evapotranspiração no interior e exterior da casa de vegetação varia de acordo com as condições atmosféricas. Experiências evidenciam que o potencial de evapotranspiração no interior da casa de vegetação varia de 60 a 80 % daquele observado no exterior (Monteiro et al., 1985). Para Farias et al. (1994) essa taxa, no interior da casa de vegetação, fica entre 45 e 77 % da verificada para o exterior. Essas taxas podem variar, também, em função da orientação em que se encontra a construção da casa de vegetação (Braga & Klar, 2000).

Durante a estação do verão, Martins (1991), trabalhando em ambiente protegido com o tomateiro do grupo Salada, obteve aumento expressivo na produtividade devido principalmente a redução na incidência de pragas e doenças e ao aumento do período de colheita, em relação ao cultivo em campo aberto. Para Correa et al. (2000), o cultivo nesse ambiente é mais aconselhável às culturas de pequeno porte por impedir ou dificultar a penetração de vetores. Entretanto, a maioria dos trabalhos realizados em ambiente protegido tem relacionado aspectos relativos ao desenvolvimento, à produção e à qualidade dos frutos, sendo, muitas vezes, sem informações sobre a incidência de pragas e doenças nesses ambientes.

Furlan et al. (1998) observaram aumento significativo na área foliar e que, a partir do 80º dia após o plantio, ocorreu diminuição desse parâmetro do crisântemo (*Dendranthema grandiflora cv. Puritan*), cultivado em vasos sob condições de casa de vegetação.

Além disso, Galvani et al. (1998) afirmam que o uso de casa de vegetação altera a temperatura do ar e do solo, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento, o balanço de radiação e energia e, conseqüentemente, a evapotranspiração. Para Tanaka & Genta (1982) a umidade relativa do ar sofre influência direta da temperatura do meio e, em ambiente fechado, varia exponencialmente com esta. Segundo Furlan & Folegatti (2002), a distribuição de temperatura do ar em ambiente protegido não é homogênea e, por isso, a escolha do local para a instalação dos equipamentos é de fundamental importância para a obtenção de dados representativos das condições micrometeorológicas.

2.4.1. Salinização do solo em ambiente protegido

O termo salinidade se refere à acumulação de sais no solo que possam prejudicar, de maneira economicamente significativa, o rendimento das plantas cultivadas. A sensibilidade à existência de maiores ou menores teores de sais no solo é uma característica de cada tipo de planta. Umam toleram concentrações altas, como a cevada e o algodão, enquanto outras, como o feijão e a cenoura, são bastante sensíveis, mesmo a baixos teores.

A salinização ocorre, de uma maneira geral, em solos situados em regiões de baixas precipitações pluviométricas, alto déficit hídrico e que tenham deficiências naturais de drenagem interna. Porém, como a adição de fertilizantes em cultivo no interior de casas de vegetação é feita por meio da água de irrigação, a aplicação de uma lâmina inadequada poderá promover a

salinização do solo. O nível de salinidade dessa água de irrigação estará diretamente relacionado com a quantidade de sais dissolvidos nela.

Segundo Petersen (1996), sob condições de irrigação, muitas vezes, os sais podem elevar o nível de salinidade do solo, tornando-o mais salino. O aumento da quantidade de água aplicada em cada irrigação poderá reduzir a salinidade do solo devido a lixiviação dos sais presentes na zona radicular. Trabalhando em ambiente protegido, Medeiros (1998) e Blanco (1999), cultivando pimentão e pepino, respectivamente, verificaram que a aplicação de diferentes lâminas de lixiviação não foi suficiente para evitar o acúmulo de sais na região radicular da cultura, sendo que a salinidade acumulada no solo variou linearmente com a salinidade da água utilizada na irrigação.

Sempre se faz necessário a redução na salinidade do solo até o limite da cultura a ser trabalhada, pela lavagem de recuperação, quando as frações de lixiviação da irrigação não são suficientes para impedir o aumento da salinidade do solo (Rhoades et al., 1992). Quando a água não se apresenta muita salina, essa lavagem pode ser feita apenas uma vez no final do ciclo da cultura (Hoffman et al., 1992).

Em regiões com acentuada incidência solar e alta taxa de evaporação, mesmo se trabalhando em ambiente protegido, o uso de água de má qualidade na irrigação (elevado teor de sais dissolvidos) viabiliza a salinização do solo. Esses sais são comumente precipitados na superfície do solo e na zona radicular da planta, quando a água evapora. Este fenômeno provoca diminuição do potencial osmótico do solo dificultando a absorção de água pelas plantas, causando o seu estresse hídrico.

Em alguns casos, a precipitação dos sais pode favorecer a floculação do solo, aumentando a sua permeabilidade, facilitando a infiltração da água no solo. Se a velocidade de infiltração da água for muito alta, sua retenção pelo solo é reduzida, a ponto de não ser suficiente para a absorção de água pelas raízes das plantas. Por outro lado, se ocorrer precipitação de sais de sódio provocará a dispersão do solo, causando o seu endurecimento e diminuição da permeabilidade, o que pode dificultar a chegada da água até as raízes das plantas.

2.4.2. Proteção do solo

Inibir a evaporação da água dos reservatórios ou da água adicionada por meio da irrigação pode evitar o aumento da concentração salina e reduzir a quantidade de sais precipitados na superfície do solo, respectivamente. A técnica comumente aplicada com esse fim é o uso de

cobertura morta a qual consiste de uma camada, constituída de restos de vegetais da própria propriedade rural, posta sobre a superfície do solo.

Stamets & Chilton (1983) afirmam que essa camada protege o substrato colonizado contra a perda de água, favorece a formação de micro-clima úmido, serve como reservatório de água para os cogumelos em crescimento e favorece o desenvolvimento de microorganismos benéficos à frutificação.

A cobertura morta, ao sofrer decomposição, pode fornecer nutrientes essenciais às plantas (Cadavid et al., 1998). Por reduzir as perdas de água do solo, por evaporação, promove o crescimento do sistema radicular na camada superficial e reduz as flutuações de temperatura do solo (Gill et al., 1996).

A temperatura do solo é um parâmetro de grande importância para o desenvolvimento das plantas, pois afeta diretamente os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no substrato. A sua variação funciona como resposta aos processos de troca de energia que ocorrem na sua superfície. A temperatura de solo, a 5,0 cm de profundidade, apresenta grande importância no processo de germinação de sementes, na duração do sub-período fenológico, semeadura-emergência, e no início da formação do sistema radicular (Maluf et al., 1999). Independentemente de quão favorável possam ser as condições de luz, o crescimento da planta cessa quando a temperatura cai abaixo de certo valor mínimo ou excede certo valor máximo. Entre estes limites, existe uma temperatura ótima na qual o crescimento se dá com maior rapidez. Essas faixas de valores são conhecidas como temperaturas cardeais.

Segundo Parker (1946), citado por Assis (2004), a espécie, o estágio de desenvolvimento e a complexidade fisiológica da planta impedem a determinação precisa das temperaturas cardeais. Em culturas como aveia, trigo, centeio e cevada, as temperaturas são comparativamente baixas: mínima de 0 a 5 °C; ótima de 25 a 31 °C e máxima de 31 a 37 °C (culturas típicas de estação fria). Para as culturas de verão, como melão e sorgo, as temperaturas cardeais são: mínima de 15 a 18 °C; ótima de 31 a 37 °C e máxima de 44 a 50 °C.

Em trabalho de campo com a cultura do milho, Matzenauer et al. (1982) verificaram que, na profundidade de 5,0 cm, não houve emergência de plântulas para temperaturas do solo inferior a 16 °C e superior a 31 °C. Observaram, ainda, que o aumento da temperatura do solo provocou diminuição na duração do sub-período semeadura-emergência, constatando a maioria dos registros

na faixa de 26 a 30 °C. Desta forma, concluíram ser possível estimar a duração do sub-período semeadura-emergência a partir do conhecimento da temperatura do solo.

A temperatura do solo altera o movimento da água. Baixas temperaturas diminuem a viscosidade da água, diminuindo a velocidade de absorção pelas raízes e altas temperaturas provocam perdas mais acentuadas pelos poros do solo. Temperaturas muito elevadas são prejudiciais às raízes e podem causar lesões no caule. Por outro lado, baixíssimas temperaturas impedem a absorção de nutrientes minerais. Segundo Assis (2004), temperaturas do solo desfavoráveis durante o crescimento das plantas podem retardar o período de colheita e prejudicar o índice de área foliar.

A temperatura é de fundamental importância na formação do próprio solo, pois influencia na desintegração da matéria orgânica, na retenção e fluxo de água, na aeração do solo, na movimentação de colóides, no metabolismo e desenvolvimento de microorganismos que habitam o solo, na germinação de sementes e no crescimento do sistema radicular das plantas (Ortolani & Pinto, 1972).

Devido a estes fatos, o conhecimento do comportamento da temperatura no perfil do solo é um aspecto importante numa agricultura bem orientada e artificios como irrigação e coberturas mortas têm sido utilizadas para melhorar o seu controle.

Os fatores que afetam a temperatura do solo podem ser agrupados em três categorias: meteorológicas, de terrenos e sub-superfícies (Williams & Gold, 1976).

As diferenças em escala regional, da temperatura do solo, são determinadas preliminarmente pelos fatores meteorológicos como radiação solar, temperatura do ar e precipitação. As variações em micro e em escala local dependem das diferenças entre as propriedades do terreno, das características da superfície e das propriedades térmicas do solo.

Em regiões frias, a neve é o segundo mais importante fator que afeta a temperatura do solo. Sua importância deve-se não somente ao efeito isolante que exerce, como também ao conteúdo de água que disponibiliza no solo durante o período de ocorrência. A vegetação exerce um efeito similar ao proteger a superfície do solo de condições mais extremas, evitando a perda de energia da atmosfera para o solo e vice-versa.

As propriedades que afetam as respostas de mudanças de temperatura na superfície do solo são: a capacidade térmica, a condutividade térmica, o calor latente e o conteúdo de água.

Depois de incorporada ao solo, a camada de cobertura morta aumenta a capacidade de água disponível do solo, a qual é determinada pela diferença entre a quantidade de água à capacidade de campo e ao ponto de murcha permanente (Stewart, 1994). Dados da FAO apontam reduções de até 30 % na taxa de evapotranspiração do solo quando submetido à proteção, comparado ao solo descoberto (Stanghellini, 1993).

A proteção do solo minimiza a emergência de ervas daninhas, pois bloqueia a luz solar necessária à sua germinação e controla a erosão do solo, devido a sua interferência na redução da velocidade do escoamento superficial (runoff) e do impacto das gotas de água das chuvas.

O uso de camadas com espessura superior a 5,0 cm retém mais água e proporciona melhor proteção do substrato contra o ressecamento, permite também maior absorção de água pelo cogumelo, promove o aumento no número de cogumelos e a redução do seu tamanho e da sua biomassa seca. Em ambientes com menor controle das condições ambientais, é recomendado o uso de camadas de cobertura mais espessas (Hayes et al., 1978; MacCanna, 1984).

O uso da cobertura morta, como camada protetora, provoca modificações nos efeitos do clima local sobre o solo. Uma larga variedade de materiais naturais e sintéticos pode ser utilizada com a função de proteger o substrato. Dentre os mais comuns citam-se:

- resíduos orgânicos: aparas de capim, folhas, feno, forragem, palha, serragem, pó de serra, cavaco e/ou lasca de madeira, fibra de papel, papelão, cartolina, lã etc.;
- compostos: substitui o material resultante da compostagem, onde as ervas daninhas foram eliminadas ou então a cobertura morta favorece a produção de erva daninha;
- cobertura plástica: as plantas crescem por entre as fendas existentes no plástico. Este método é o predominante em plantio em larga escala. O uso do plástico na agricultura é apontado como um problema ambiental, principalmente, devido a sua relativa resistência à biodegradação;
- lençol orgânico: vários materiais biodegradáveis foram desenvolvidos para substituir a cobertura plástica; e
- resíduos minerais: rocha, cascalho, areia etc. podem ser utilizados como cobertura para a proteção do solo.

Santos et al. (2002) observaram que o uso de proteção do solo, com casca de café, proporcionou aumento linear no número de folhas emitidas por planta, na área foliar e na produção de biomassa seca do caruru de mancha. O uso de proteção do solo, com filme plástico (polietileno

preto) aumentou a área foliar, fitomassa seca da parte aérea e taxa de crescimento relativo do melão (Ibarra et al., 2001).

Usando cobertura plástica, como proteção do solo, Silva et al. (2005) observaram maior facilidade de controle das ervas daninhas e melhor aproveitamento da água de irrigação, devido a menor taxa de evaporação, reduzindo assim o consumo de água.

A cobertura viva também pode ser utilizada como forma de proteção do solo e desempenha função semelhante à cobertura morta. Por exemplo, uma árvore que apresenta crescimento mais rápido que outra cultura poderá atuar protegendo-a contra a incidência da radiação solar direta. Esse tipo de proteção faz com que a planta protegida se submeta às menores flutuações de temperatura e perca menor quantidade de água por transpiração, fato esse que lhe proporcionará melhores condições de desenvolvimento e produção.

2.5. Métodos e sistemas de irrigação

A irrigação é uma técnica utilizada na agricultura que visa o controle do fornecimento de água às plantas, proporcionando maior quantidade e melhor qualidade da produção da cultura semeada. Em geral, essa prática é feita em regiões que apresentam déficit hídrico. A forma como a água é levada até a planta caracteriza o método de irrigação. Dependendo das condições climáticas, de solo, da qualidade e quantidade de água disponível e da espécie a ser cultivada é que se faz a escolha do método de irrigação. Os principais métodos adicionam água às plantas por escoamento ou inundação, submersão, infiltração e aspersão.

Cada método possui um ou mais sistemas de irrigação associados a ele. Os principais sistemas de irrigação são: por gotejamento, micro-aspersão, aspersão convencional, canhão hidráulico, pivô central, subirrigação e sulco. Dentre os sistemas de irrigação mencionados, os que apresentam maiores eficiências são os que utilizam gotejamento e micro-aspersão, chegando a atingir 90%. Essa eficiência é calculada tomando por base a quantidade de água que realmente é absorvida pela planta, comparada àquela que foi adicionada ao solo, ou seja,

$$E = \frac{q}{Q} \cdot 100 \quad (2.4)$$

onde E indica a eficiência do sistema de irrigação, q a quantidade de água absorvida pela planta e Q a quantidade total de água adicionada ao solo (Wikipedia, 2006).

Para as plantas terrestres, o solo é o seu reservatório natural de água e sua sobrevivência dependerá dessa disponibilidade. A água apresenta-se no solo na forma de água higroscópica, capilar e gravitacional. A primeira fração, a higroscópica, encontra-se ligada quimicamente às partículas do solo, não sendo utilizada pelas plantas; a segunda fração, a capilar, compõe a solução do solo e encontra-se retida entre os pequenos poros, sendo a principal fonte de água para as plantas; e a terceira fração, a gravitacional, está retida entre os grandes poros antes de ser drenada por gravidade, sendo seu tempo de residência de 2 a 3 dias, aproximadamente (Lima, 2006).

3. Metodologia experimental

Neste capítulo estão apresentadas as características da área experimental, da cultura semeada, as metodologias utilizadas, os principais parâmetros mensurados durante o período de experimentação e os tratamentos estatísticos aplicados nas análises dos dados.

3.1. Localização e características da área experimental

Este trabalho de pesquisa foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (CEFET-RN), na cidade de Natal-RN, situada nas coordenadas geográficas de 5°48'37,5'' latitude sul e 35°12'14,4'' longitude oeste, numa altitude média de 57 m, apresentando insolação média anual de 2800 h, com incidência de 0,86 cal cm⁻² min⁻¹ ou 600 J m⁻² s⁻¹ (Fontes Não Convencionais de Energia, 1999). A classificação climática para a região, segundo Köppen (1948), é do tipo Bsh (clima seco com chuvas de inverno e quente).

3.2. Cultura utilizada

A cultura utilizada foi o amaranto (BRS *Alegria*), espécie híbrida do gênero *Amaranthus* desenvolvida pela Embrapa Cerrados. Essa espécie originou-se do *Amaranthus cruentus* AM 5189, procedente dos Estados Unidos.

O amaranto BRS *Alegria* apresenta grão arredondado e cor bege; folhas grandes, verdes e nervuras róseas (face abaxial); caule róseo e ereto; inflorescência terminal, compacta, rósea e altura média de 48 cm; tipo de semente pixídio (apenas uma por fruto); hipocótilo róseo; a altura média da planta é de 1,80 m; o período médio da emergência a floração é de 45 dias e, da emergência até a maturação fisiológica, de 90 dias; apresenta massa média de 0,68 g por 1000 sementes; o acabamento dos grãos é resistente e o fruto é deiscente; apresenta de 15 a 17% de proteína bruta no grão (Embrapa Cerrado, 2001).

3.3. Coleta e amostragem do solo em campo

A amostragem do solo, em campo, foi feita utilizando sistema em zigue-zague, retirando-se amostras na profundidade de 0-30 cm, com auxílio de um trado de aço ($\phi = 50$ mm), e colocando-as em um balde plástico (amostras simples). Após 10 coletas, misturaram-se todas as amostras simples e formou-se uma só amostra com 1,0 kg de solo, representando, assim, a área em estudo. A amostra

foi colocada em saco plástico e etiquetada com os dados sobre a propriedade rural, data e local da coleta e, em seguida, foi enviada ao laboratório. O solo utilizado para enchimento das colunas de PVC foi colhido da mesma área amostrada.

O material foi recolhido de uma propriedade rural, pertencente ao Sr. Cleidimar Alves Pereira, localizada às margens do Rio Cabugí, no município de Afonso Bezerra-RN, distando 170 km da cidade de Natal. Essa área situa-se, segundo IDEMA (1999), numa região de clima semi-árido, apresentando uma média anual para temperatura, umidade relativa do ar e precipitação de 27,2 °C, 70 % e 516,5 mm, respectivamente. A classificação climática de Köppen (1948), para essa região, é do tipo Bsh (seco com chuvas de inverno e quente).

3.4. Características físicas e químicas do solo

O solo agrícola utilizado foi oriundo de um terreno de formação aluvial, o qual apresentou a seguinte granulometria: 325,5 g kg⁻¹ de areia, 80,0 g kg⁻¹ de argila e 594,5 g kg⁻¹ de silte, tendo como classificação a denominação Neossolo Flúvico Distrófico (Embrapa, 2006), com textura Franco-Siltoso (Kiehl, 1979). As características físicas e químicas do solo amostrado, utilizado para o empacotamento das colunas, constam na Tabela 3.1. As análises do solo utilizado foram feitas no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A, em Natal-RN), seguindo as metodologias da Embrapa (1997).

Tabela 3.1: Características físicas e químicas do solo antes do plantio e dos tratamentos.

Determinação	Teor	Determinação	Teor
pH em água (1:2,5)	7,01	Cu ⁺² (mg kg ⁻¹)	1,20
Ca ⁺² (cmol _c kg ⁻¹)	12,10	Ni ⁺² (mg kg ⁻¹)	1,55
Mg ⁺² (cmol _c kg ⁻¹)	4,50	Cr ⁺² (mg kg ⁻¹)	0,60
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,45	Cd ⁺² (mg kg ⁻¹)	0,05
Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	2,57	Pb ⁺² (mg kg ⁻¹)	0,60
Al ⁺³ (cmol _c kg ⁻¹)	0,00	pH em KCl, N	6,35
H ⁺ + Al ⁺³ (cmol _c kg ⁻¹)	0,90	CE _{1:5} no extrato (dS m ⁻¹)	0,59
P - Mehlich (mg kg ⁻¹)	220,00	PST (%)	12,53
Zn ⁺² (mg kg ⁻¹)	2,50	Densidade do solo (Mg m ⁻³)	1,36
Mn ⁺² (mg kg ⁻¹)	31,37	R. umidade a 0,03 MPa (%)	15,00
Fe ⁺² (mg kg ⁻¹)	24,00	Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	4,71

CE: condutividade elétrica. PST: Percentagem de sódio trocável. Mg: Megagrama. MPa: MegaPascal. R: retenção.

De acordo com os dados contidos na Tabela 3.1, observa-se que o solo não se encontra afetado por sais, pois apresenta $CE < 4,0$ e $PST < 15,0$ (Richards, 1974). O solo estudado possui, ainda, vantagens de não apresentar problemas de acidez, dispensando correção com uso de calcário. O pH do solo encontra-se dentro da faixa considerada favorável para o bom desenvolvimento do amaranto (Putnam et al., 1989; Schulte et al., 1991). Pode ser caracterizado como solo de baixa densidade (1000 a 1400 kg m^{-3}) o que induz a concluir que o solo, apesar de possuir baixo teor de matéria orgânica, os teores de argila e silte favorecem a capacidade de retenção de umidade e uma boa porosidade (Raij, 1991). Segundo Coelho & Verlengia (1973), esse nível de matéria orgânica ($4,71 \text{ g kg}^{-1}$) encontra-se abaixo daquele que confere ao solo boas condições para o desenvolvimento das plantas, o qual é igual a 50 g kg^{-1} .

Analisando os dados de pH (em água e em KCl), observa-se que o solo não se apresenta com potencial inibidor para a biodisponibilidade do cobre para as plantas, o que poderia afetar a absorção desse nutriente (Perwak et al., 1980). Por outro lado, o solo não apresenta valor de pH que favoreça a absorção do zinco, cuja absorção é mais rápida em pH do solo superior a $7,0$ (Callahan et al., 1979). A absorção, pelas plantas, dos metais pesados chumbo (NSF, 1977) e cádmio (He & Singh, 1994) também poderá ser inibida, respectivamente, pelo pH e pela característica argilosa do solo.

Pela curva característica de retenção de água (Figura 3.1), observa-se que a capacidade do solo em reter água é bastante reduzida para um potencial mátrico (tensão da água no solo), ψ_m , abaixo de -80 kPa . Mesmo assim, o solo utilizado pode ser considerado de boa capacidade de retenção de água, visto que outros solos apresentam reduções significativas, no valor dessa propriedade, com potencial inferior a -30 kPa (Blanco, 2004). Na amostragem em campo, o solo utilizado apresentou $11,5 \% (\pm 0,2)$ de água em base massa, correspondendo a $33,6 \%$ da umidade do solo saturado, cujo valor é igual a $34,2 \%$.

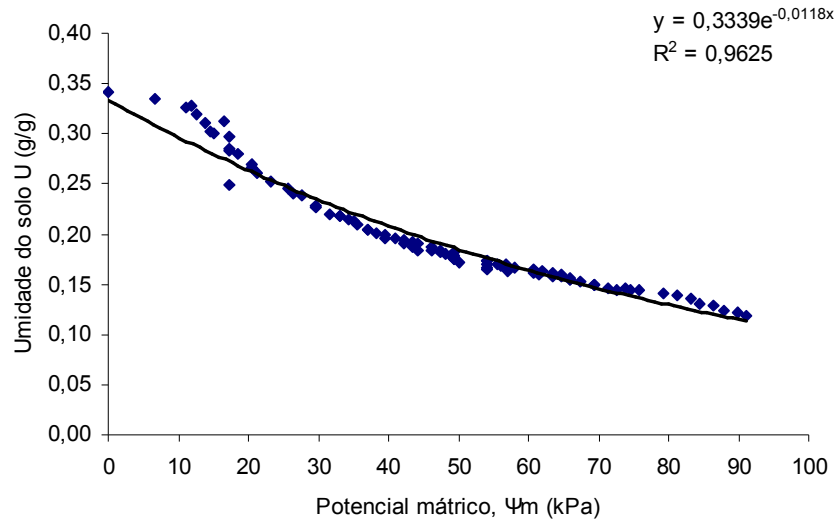


Figura 3.1: Curva característica de retenção de água no solo utilizado na pesquisa.

3.5. Características físicas e químicas das soluções aquosas utilizadas para irrigação

A água utilizada para a preparação das soluções com NaCl comercial, foi colhida do sistema de abastecimento do CEFET-RN, e apresentou condutividade elétrica igual a $0,147 \text{ dS m}^{-1}$, salinidade correspondente à da solução S1 (testemunha). As demais soluções, S2, S3 e S4, foram obtidas pela adição de NaCl comercial até atingir os níveis de salinidades desejados, que eram, respectivamente, de $1,500$; $3,000$ e $4,500 \text{ dS m}^{-1}$. Essa faixa de salinidade é compatível com a condutividade elétrica das águas subterrâneas existentes no Município onde foi feita a coleta de solo (Costa et al., 2004).

As soluções aquosas S1, S2, S3 e S4 foram analisadas e apresentaram composição físico-química com valores iguais aos apresentados na Tabela 3.2. De acordo com os dados, observa-se que a solução S1 possui baixo nível de salinidade, sendo aconselhável para uso na maioria das culturas, com todos os métodos de aplicação de água, com baixa probabilidade de desenvolver problemas de salinidade. Da mesma forma, as concentrações dos íons Na^+ e Cl^- não apresentam riscos de sodicidade e toxicidade, respectivamente, sendo, portanto, convenientes para todas as culturas (Ayers & Westcot, 1991; Mills, 1999).

Tabela 3.2: Características físico-químicas das soluções utilizadas como água de irrigação.

Parâmetros	Unidade	Técnica	Soluções salinas			
			S1	S2	S3	S4
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	Potenciometria	0,147	1,500	3,000	4,500
Alcalinidade total	mg L ⁻¹	Titulometria	17,00	17,00	16,00	16,32
Dureza total	mg L ⁻¹	Titulometria	31,00	83,33	123,00	160,00
Ca ⁺²	mg L ⁻¹	Titulometria	5,71	6,53	11,36	16,32
Mg ⁺²	mg L ⁻¹	Cálculos	4,10	16,23	23,43	28,92
Na ⁺	mg L ⁻¹	Fotometria/chama	38,00	256,00	541,00	749,50
K ⁺	mg L ⁻¹	Fotometria/chama	4,80	15,50	26,70	37,40
HCO ₃ ⁻	mg L ⁻¹	Titulometria	20,74	20,74	19,52	18,30
SO ₄ ⁻²	mg L ⁻¹	Turbidimetria	8,40	44,60	129,70	157,90
Cl ⁻	mg L ⁻¹	Titulometria	27,99	466,52	979,70	1414,56

A solução S2 utilizada na irrigação apresenta média salinidade, satisfatória para todo uso, menos para as culturas pouco tolerantes. O uso dessa água na irrigação pode causar queimaduras nas folhas das culturas mais sensíveis aos sais, especialmente em ambientes de altas temperaturas durante o dia, quando a evapotranspiração pode ser elevada. Os níveis de sódio e cloreto nessa água tornam-se convenientes apenas para plantas com alta e média tolerância aos sais (Mills, 1999).

As concentrações salinas das soluções S3 e S4 potencializam riscos de salinização de moderado a alto, de sodicidade muito alta e toxidez, devido ao cloreto, muito elevada para a maioria das culturas (Rhoades et al., 1992).

3.6. Descrição da estrutura experimental

O experimento foi desenvolvido inicialmente no período de 04/11/2005 a 11/12/2005, durante o qual se estudou a influência do meio condicionado nas propriedades térmicas e hídricas do solo, e no período de 23/07/2006 a 23/10/2006, para avaliação do desenvolvimento do amaranto, ambos realizados em casa de vegetação.

A casa de vegetação foi edificada com alicerce em estrutura de concreto armado, estrutura de sustentação e cobertura com barra de ferro galvanizada, coberta e fechada lateralmente com tela plástica, em malha vazada, com redutor de insolação de 50 %. Foi colocada na cobertura uma outra tela plástica transparente (250 μ), não vazada, com a finalidade de evitar interferência de chuvas sobre o plantio, durante o desenvolvimento do amaranto. As dimensões da casa de vegetação compreendem 4,50 x 8,00 m, com altura na parte central de 3,00 m e pé direito de 2,50 m, como apresentada na Figura 3.2.



Figura 3.2: Estrutura experimental da casa de vegetação utilizada no cultivo do amaranto.

No interior da casa de vegetação foram colocadas 5 bancadas de madeira. Uma medindo 0,50 m de largura, 3,00 m de comprimento e 1,20 m de altura, sobre a qual foram postos 4 tambores plásticos, nos quais foram colocados os fluidos de irrigação (capacidade de 50 L) providos de uma torneira plástica de $\frac{1}{2}$ polegada. Em cada tambor foi introduzida, em ordem, uma solução aquosa de NaCl comercial, previamente preparada em laboratório, com a seguinte seqüência de salinidade, medida em termos da condutividade elétrica: 0,147; 1,500; 3,000 e 4,500 dS m^{-1} , identificadas anteriormente como soluções salinas S1, S2, S3 e S4, respectivamente. Além disso, como a tolerância ao estresse salino depende da espécie e do estado de crescimento da cultura (Omami, 2005), e devido o genótipo *BRS Alegria* ter sido desenvolvido recentemente pela Embrapa Cerrado, não se tem conhecimento sobre os impactos que o estresse salino e a proteção do solo poderão

causar durante o seu ciclo de cultivo. Na Figura 3.3 é apresentada a disposição dos reservatórios das soluções salinas preparadas, postos sobre uma das cinco bancadas.



Figura 3.3: Disposição dos reservatórios contendo as soluções salinas.

Cada uma das outras 4 bancadas possuía superfície de $2,00 \text{ m}^2$ e altura de $0,30 \text{ m}$, dispostas em um espaçamento de $1,00 \text{ m}$, entre si. Em cada uma delas foram colocadas oito colunas plásticas, empacotada com solo agrícola ($\approx 30,0 \text{ kg}$), das quais quatro apresentavam proteção na superfície do solo (com cobertura morta) e as outras quatro estavam desprotegidas. As colunas plásticas possuíam diâmetro interno de $0,245 \text{ m}$, altura de $0,60 \text{ m}$ (área superficial de $0,0471 \text{ m}^2$) com um orifício na base para permitir a drenagem de água. As colunas foram dispostas sobre as bancadas em sistema inteiramente casualizado.

Utilizou-se um sistema de irrigação localizada (gotejamento) com um emissor por coluna (garrafa PET com capacidade de 350 mL). Diariamente as garrafas plásticas eram abastecidas com o respectivo fluido de irrigação. Nesta etapa foram utilizadas folhas de acácia (*Acacia mangium* Willd), secas e trituradas, como forma de proteção do solo. A escolha por esse tipo de material protetor deve-se à sua facilidade de aquisição no local onde se realizou o experimento. As folhas secas foram colocadas e pressionadas manualmente sobre a superfície do solo, após o transplante das plantas em cada coluna, perfazendo uma espessura de, aproximadamente, $5,0 \text{ cm}$.

No interior e exterior da casa de vegetação, para fins de caracterização das condições meteorológicas onde o experimento foi conduzido, foram instalados sensores para medição da temperatura e umidade relativa do ar e minitanques de evaporação, medindo 0,25 m de diâmetro e 0,30 m de altura, apresentando área de superfície igual a 0,0491 m². O uso dos minitanques objetivou mensurar o potencial evaporativo dos fluidos de irrigação, no interior da casa de vegetação, e compará-lo ao potencial evaporativo em tanque tipo Classe A. As águas colocadas nos minitanques de evaporação possuíam salinidades, em termos de condutividade elétrica, iguais as correspondentes às dos fluidos de irrigação, ou seja, das soluções S1, S2, S3 e S4.

Utilizaram-se, também, colunas plásticas empacotadas com solo, com e sem proteção de cobertura morta, no interior e exterior da casa de vegetação, com a finalidade de se determinar as respectivas taxas de evaporação diária do solo nesses meios e, a partir dessa determinação, quantificar o volume mínimo diário de água a ser adicionada a cada coluna, através da irrigação. Monitorou-se, também, a temperatura diária da superfície do solo nos dois ambientes, entre 7:00 e 17:00 h do dia (uma vez por semana). O monitoramento desse parâmetro deve-se a sua influência na decomposição da matéria orgânica, na retenção e fluxo de água, na germinação de sementes e no metabolismo e desenvolvimento de microorganismos no solo (Ortoloni & Pinto, 1972).

Ao final do ciclo vegetativo, foram realizadas novas análises do solo visando identificar os impactos causados no solo, devido aos tratamentos. As amostras de solo foram coletadas nas 32 parcelas constituintes do experimento, na profundidade de 0 a 5 cm.

3.7. Condução das plantas e tratamentos culturais

A adição das sementes (23/07/2006) – em copo plástico com aproximadamente 250 g de solo - foi feita após prévia irrigação do solo e estas foram colocadas em covas com 1,0 cm de profundidade, aproximadamente, conforme recomendações de Myers & Putnam (1988) e Stallknecht & Schulz-Schaeffer (1993).

Foi usado o sistema de transplante direto, com formação de mudas, iniciado em 23/07/2006. As colunas, empacotadas com o substrato amostrado, foram dispostas de modo que ficassem com espaçamento de 0,50 x 0,50 m. Após 10 dias da emergência das plântulas, promoveu-se a seleção das plântulas mais vigorosas e fez-se o transplante das mudas, colocando-se apenas uma plântula por coluna.

Durante todo o período experimental e de desenvolvimento do amaranto nenhum tratamento contra praga e doença foi realizado. Realizou-se apenas uma adubação de cobertura 10 dias após o início da floração – 55 dias após emergência - devido ao surgimento de sintomas de deficiência nutricional (detecção visual). A solução nutritiva foi preparada pela adição de 600 g de fertilizante a 8,0 litros de água destilada. A adição dessa solução às 32 parcelas foi feita em duas doses, num intervalo de uma semana. A natureza física do fertilizante era uma mistura de grãos com a seguinte composição: 10 % de nitrogênio (N), 10 % de fósforo (P_2O_5), 10 % de potássio (K_2O), 1,0 % de magnésio (Mg), 6 % de enxofre (S), 0,03 % de boro (B), 0,05 % de cobre (Cu), 0,1 % de manganês (Mn), 0,02 % de molibdênio (Mo) e 0,1 % de zinco (Zn).

3.8. Tratamentos e delineamento estatístico

Os tratamentos foram compostos de dois fatores: salinidade da água de irrigação (correspondente às soluções S1, S2, S3 e S4) e solo com e sem proteção (cobertura morta), num total de 8 tratamentos e 4 repetições. O uso de proteção foi utilizado após o transplante, tempo suficiente para que todas as plantas atingissem altura mínima de 5 cm. Com isso, evitou-se que a camada protetora do solo (5 cm de espessura) impedisse que a luz solar alcançasse a parte apical das plantas, como destacado na Figura 3.4. Por outro lado, as soluções salinas foram usadas desde a colocação das sementes no solo para germinação.



(A)



(B)

Figura 3.4: Parte apical das plantas antes (A) e depois (B) da colocação da proteção do solo.

O delineamento estatístico adotado foi inteiramente casualizado com quatro repetições e os tratamentos foram arranjados no esquema fatorial 4x2 (4 níveis de salinidades e 2 níveis de tratamento para o solo – com e sem proteção de cobertura morta) com 4 repetições, num total de 32

parcelas (Figura 3.5). Os termos S1, S2, S3 e S4 indicam as salinidades das águas de irrigação, enquanto, os termos CC e SC enfatizam o solo com cobertura e sem cobertura, respectivamente.

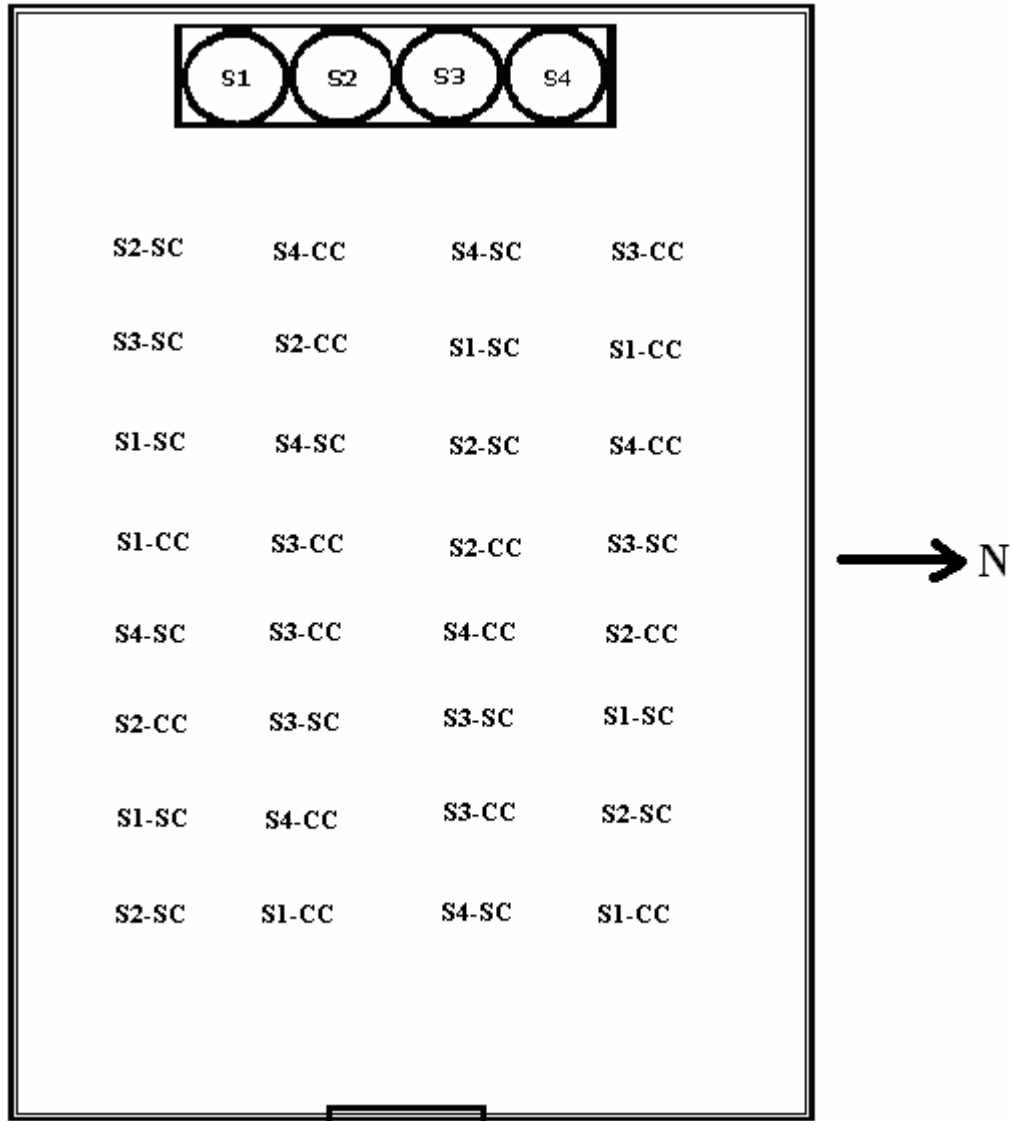


Figura 3.5: Disposição das parcelas em sistema inteiramente casualizado.

3.9. Parâmetros avaliados

Os parâmetros medidos e avaliados durante o período experimental de semeadura, desenvolvimento e produção do amaranto foram distribuídos em três conjuntos: aqueles relacionados às condições meteorológicas internas e externas à casa de vegetação, os relacionados às características do solo e os que se relacionavam aos impactos nas características de desenvolvimento das plantas.

As condições meteorológicas interiores e exteriores à casa de vegetação foram definidas através do monitoramento semanal - no intervalo das 7:00 às 17:00 h - da temperatura e umidade relativa do ar e da temperatura da superfície do solo, com e sem proteção. Além disso, determinou-se a taxa de evaporação diária, nos dois meios, em minitanque contendo apenas água (tipo Classe A) e em minitanque com solo protegido e não protegido.

Para o segundo conjunto de parâmetros, determinou-se inicialmente as características físicas e químicas do solo e da água de irrigação e o volume de água adicionado por meio das soluções S1, S2, S3 e S4 (diariamente). Ao final do cultivo avaliaram-se os impactos causados ao solo devido aos tratamentos através da determinação do pH, condutividade elétrica do extrato saturado (CE_{ES}) e da solução do solo ($CE_{1:5}$), salinidade ($mg\ L^{-1}$ de NaCl), capacidade de troca de cátions (CTC), teor de matéria orgânica (MO), porcentagem de sódio trocável (PST) e da razão de adsorção de sódio (RAS) e potássio (RAP).

Para o último conjunto de parâmetros, avaliou-se o tempo para a emergência e inflorescência das plantas (em dias) e, ao final do cultivo, a altura de planta, a espessura de caule a 5 cm de altura em relação à superfície do solo, o número de folhas por planta, a área da folha mais desenvolvida de cada planta (AFMD), a produção de grãos (PG), de matéria fresca total (MFT) e de matéria seca total (MST), em base mássica.

O cálculo da AFMD foi feito utilizando a expressão

$$AFMD = \frac{2.h.c}{3} \quad (3.1)$$

onde h e c indicam as maiores dimensões da folha nos sentidos longitudinal e transversal, respectivamente. Os valores calculados pela equação (3.1) foram comparados aos obtidos após digitalização de cada folha, no software Autocad, tendo apresentado um erro percentual de aproximadamente $\pm 2\%$. O uso da expressão 3.1 está de acordo com a sugestão de Kvet & Marshall (1971), na qual o fator de forma, f , foi determinado como sendo igual a $2/3$.

Avaliaram-se, ainda, as concentrações de macro e micronutrientes no tecido vegetal, relativos à parte aérea (folha e caule) e raízes das plantas, 90 DAE. Foram determinados os teores de proteína bruta nas diferentes partes das plantas, sendo o seu valor calculado pela expressão

$$Pr\ oteína\ bruta = N.5,7 \quad (3.2)$$

onde N indica o teor de nitrogênio (%) no respectivo tecido analisado e 5,7 é o fator de conversão nitrogênio:proteína (Sosulski & Imafidon, 1990).

3.10. Análise estatística

Os parâmetros avaliados foram submetidos ao teste de normalidade, conforme Kolmogorov-Smirnov (KS) e Shapiro-Wilk (SW), sendo os dados sucessivamente transformados sempre que os testes indicavam ausência de normalidade, conforme recomendações de Steel & Torrie (1980), ou então, até que o coeficiente de variação (CV) assumisse valor inferior a 10 % (Pimentel-Gomes, 1987). A transformação dos dados foi feita utilizando-se a expressão $x = \arcsen \sqrt{\frac{x}{100}}$. A significância de cada tratamento foi avaliada através da análise de variância, Teste F, seguida pelo contraste de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 1 ou 5 % de probabilidade. Utilizou-se o teste *t-student* para a comparação entre duas médias, Testes pareados.

4. Resultados e discussões

4.1. Monitoramento ambiental para caracterização dos meios interior e exterior à casa de vegetação

O trabalho experimental teve início em 04/11/2005 por meio do monitoramento das condições meteorológicas no interior e exterior de uma casa de vegetação, construída numa área experimental do CEFET-RN, em Natal. Essa atividade teve duração de 37 dias (encerrada em 11/12/2005) e objetivou verificar a influência do meio condicionado na temperatura e umidade relativa do ar, na temperatura da superfície do solo e na retenção de umidade no solo, com e sem uso de proteção, com cobertura morta.

4.1.1. Temperatura e umidade relativa do ar

As magnitudes térmicas do ar para o meio interior à casa de vegetação (TA1) foram consideradas elevadas, apresentando média igual 33,9 °C, sendo a máxima e a mínima de 43,4 °C (11h) e 26,9 °C (17h), respectivamente. No meio exterior (TA2), os valores foram de 42,6 °C (14h), para a temperatura máxima, de 26,9 °C (17h), para a temperatura mínima e, de 34,5 °C, para a temperatura média. Pôde-se constatar que as máximas magnitude e amplitude térmicas no meio interior foram ligeiramente superiores ao meio exterior, conseqüência da menor aeração do meio interno, em relação ao externo. Entretanto, as magnitudes mínimas para a temperatura do ar nos dois meios foram iguais. Por outro lado, a temperatura média no meio externo apresentou valor superior ao do meio interno à casa de vegetação. As alterações observadas nas magnitudes desses parâmetros no interior da casa de vegetação, em relação aos exteriores, foram previstos por Galvani et al. (1998).

Pela análise estatística, teste t-student ($P < 0,05$), verificou-se que o uso da casa de vegetação influenciou efetivamente para a redução da temperatura média do ar, porém, não afetou significativamente nos conteúdos da umidade relativa do ar, em todos os intervalos de tempo observados (7:00 às 17:00 h).

Para o período de menor insolação, início da manhã e final da tarde, as temperaturas do ar no interior da casa de vegetação foram inferiores que as do exterior. Porém, uma inversão térmica para essa situação foi constatada para o intervalo do dia compreendido entre 11:00 a 13:00 h.

O aumento da temperatura do ar, no período das 7:00 às 12:00 h, ocasionou diminuição gradativa da umidade relativa do ar nos meios interior (UR1) e exterior (UR2) à casa de vegetação, para o mesmo período de observação. Entretanto, para o intervalo de decréscimo na temperatura do ar, entre as 12:00 a 17:00 h, ocorreu acréscimo no conteúdo de umidade relativa do ar nos dois ambientes citados, conforme apresentado no Figura 4.1.

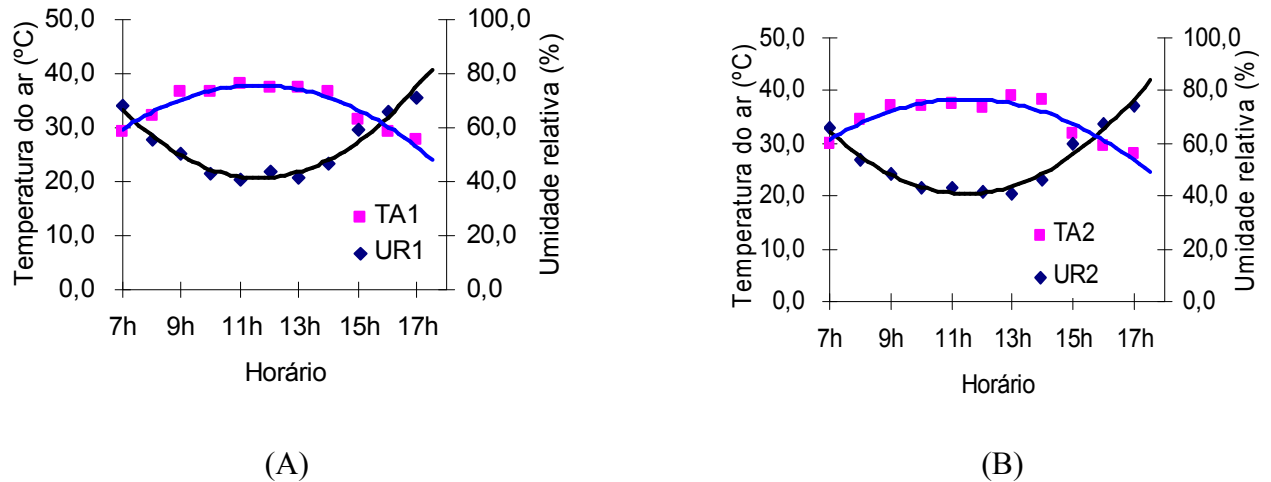


Figura 4.1: Média diária para a temperatura e umidade relativa do ar no interior (A) e no exterior (B) da casa de vegetação durante o período experimental.

Os valores máximos, médio e mínimos para a umidade relativa do ar no interior e exterior da casa de vegetação, durante o período experimental, foram 77 %, 53 % e 32 %; 79 %, 53 e 31 %, respectivamente.

O fato do aumento da temperatura provocar diminuição na umidade relativa do ar justifica-se devido ao aumento da energia cinética das moléculas de água no estado de vapor. Nesse caso, com maior energia cinética, as moléculas passam a se deslocarem com maior velocidade ocupando, ao mesmo tempo, maior espaço em relação ao estado termodinâmico de menor temperatura. Com a dispersão das partículas de vapor de água, o meio torna-se menos concentrado implicando numa diminuição da umidade relativa do ar.

A análise de regressão para a umidade relativa do ar, nos dois ambientes, apresentou uma redução linear com o aumento da respectiva temperatura, tendo como coeficiente de determinação R^2 , indicativo do grau de dispersão dos dados obtidos, iguais a 0,9487, no interior e, 0,9804, no exterior da casa de vegetação, como mostrado na Figura 4.2. Esses coeficientes indicam que a

predição da umidade relativa pode ser feita, com boa precisão, a partir do conhecimento da respectiva temperatura do ar.

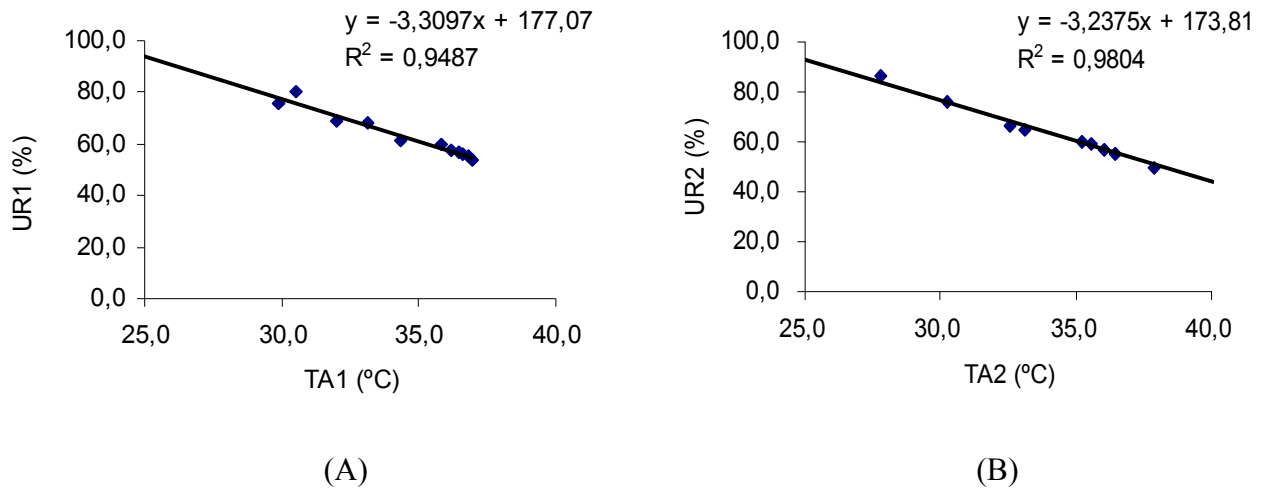


Figura 4.2: Relação entre as médias diárias da umidade relativa e da temperatura do ar no interior (A) e no exterior (B) da casa de vegetação durante o período de experimentação.

A constatação de que a umidade relativa sofre influência direta da temperatura do ar corrobora com as conclusões de Tanaka & Genta (1982), porém, esses autores mostraram que a umidade relativa varia exponencialmente com a temperatura do ar. Essa diferença de comportamento deve-se às condições nas quais os experimentos foram conduzidos. As constatações desses autores foram feitas para ambiente fechado, ao passo que no presente trabalho o ambiente difere dessa característica.

4.1.2. Temperatura da superfície do solo

Observou-se que as temperaturas médias na superfície do solo, para a maioria dos intervalos experimentados, quando protegido por cobertura morta, TS1-CC (interior) e TS2-CC (exterior), apresentaram valores sempre inferiores aos da superfície sem proteção, TS1-SC (interior) e TS2-SC (exterior), fato também observado por Gill et al. (1996). Esse comportamento foi verificado tanto para o solo acondicionado no meio interior quanto no meio exterior da casa de vegetação, conforme apresentado na Figura 4.3. Esse desempenho é uma consequência do bloqueio da incidência direta dos raios solares sobre a superfície do solo, ocasionado pelo uso da cobertura morta. Neste caso, menor quantidade de energia térmica é absorvida pela superfície do solo, logo, em decorrência menores valores para a temperatura são induzidos ao solo. Segundo Ortolani & Pinto (1972), essa

redução na temperatura pode ser uma consequência da melhor aeração e maior retenção de água no solo.

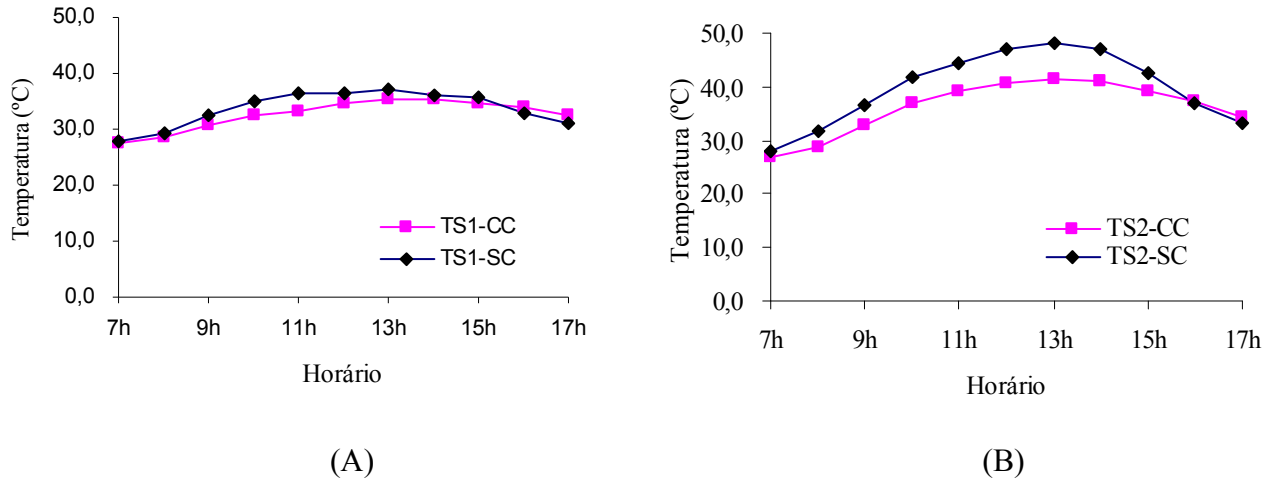


Figura 4.3: Temperatura média diária na superfície do solo nos meios interior (A) e exterior (B) a casa de vegetação, para o período experimentado.

Na Figura 4.3 evidencia-se ainda, uma inversão térmica da temperatura média na superfície do solo protegido quando comparado ao não protegido, a partir das 15:00 h, fato este observado nos dois ambientes experimentados. A presença da cobertura morta induziu uma maior retenção de umidade pelo solo e, nesse caso, tendo a água um calor específico maior que o do solo seco, promoveu maior acúmulo de energia térmica no solo úmido. A dissipação de calor pelo solo umedecido, quando a temperatura começou a diminuir, após as 13:00 h, foi mais lenta que a do solo seco, conseqüentemente, a temperatura na superfície do solo úmido tendeu a alcançar magnitudes mais elevadas que no solo com menos umidade, para esse intervalo do dia.

As menores magnitudes térmicas observadas em solo protegido, nos dois ambientes, não diferem significativamente, quando comparadas àquelas em solo descoberto. Por outro lado, o uso da casa de vegetação proporcionou reduções significativas na temperatura da superfície do solo, aspecto observado, também, por Galvani et al. (1998). Não se observou interação significativa entre os tratamentos casa de vegetação *versus* proteção do solo, como discriminado na Tabela 4.1 (Anexo).

Durante o experimento, no interior da casa de vegetação, a temperatura média na superfície do solo variou de 33,7 °C (sem proteção) a 32,6 °C (com proteção), enquanto no exterior essa oscilação foi de 39,8 °C (sem proteção) a 36,3 °C (com proteção). Esse fato comprova a eficiência do uso da casa de vegetação na redução desse parâmetro termodinâmico. Em condições de cultivo, a redução da amplitude e da magnitude da temperatura na superfície do solo imprime uma melhor homogeneidade desse parâmetro disponibilizando maior quantidade de água para as plantas. Hayes et al. (1978) e MacCanna (1984) trabalhando com cogumelos observaram que o uso de camada protetora superior a 5,0 cm reduziu o efeito de ressecamento da superfície do solo, permitiu maior absorção de água pelas plantas, aumentou o número de plantas e a quantidade de biomassa seca.

4.1.3. Taxas de evaporação em minitanques

O teste *t-student* ($P < 0,01$) indicou que a taxa média diária de evaporação da água em minitanque, tipo Classe A, no interior da casa de vegetação foi significativamente reduzida quando comparada àquela no meio exterior; resultado que se adapta às observações de Martins et al. (1999). A evaporação total acumulada, no minitanque com água, durante o período experimentado foi igual a 136,66 mm, no interior, e 188,29 mm no exterior da casa de vegetação. Esse fato pode ser uma consequência da redução na incidência solar, na velocidade do vento e na temperatura no interior da casa de vegetação. Nesse caso, constatou-se um aumento do potencial evaporativo igual a 37,78 %, quando comparados os dois ambientes (interno e externo à casa de vegetação). Esses dados estão de acordo com os obtidos por Monteiro et al. (1985), Farias et al. (1994) e Braga & Klar (2000).

As análises estatísticas das taxas de evaporação da água em minitanques com solo com proteção e sem proteção, no interior e exterior da casa de vegetação estão apresentadas na Tabela 4.2 (Anexo). Os dados indicam que o uso da casa de vegetação e da cobertura morta, por amenizarem as flutuações de temperatura do solo, proporcionaram reduções significativas na taxa de evaporação diária. Não foi observada interação significativa entre os tratamentos adotados. Reduções na perda de água do solo, por evaporação, devido ao uso de proteção foram, anteriormente, observadas por Gill et al. (1996) e por Silva et al. (2005).

O uso da casa de vegetação reduziu a taxa de evaporação, acumulada no período, de 72,61 para 60,69 mm (em solo protegido) e de 111,61 para 93,95 mm (em solo descoberto), representando, respectivamente, reduções de 16,42 % e 5,82 %. Por conseguinte, os redutores para as taxas de evaporação acumulada devido ao uso de proteção do solo, no meio interior e exterior à casa de vegetação foram, respectivamente, iguais a 35,40 % e 34,94 %. Esses resultados corroboram com os dados da FAO, segundo os quais o uso de proteção reduz em, aproximadamente, 30 % a evaporação da água do solo (Stanghellini, 1993).

Os resultados obtidos vislumbram a importância da prática do cultivo em ambiente condicionado, em casa de vegetação e do uso da cobertura morta, como forma de retenção da água no solo. Portanto, esses manejos favorecem reduções na temperatura do solo, maior capacidade de retenção de umidade pelo solo e, obviamente, maior disponibilidade de água para as plantas, o que torna o habitat propício a uma boa germinação, desenvolvimento e produção de culturas agrícolas, conforme verificações feitas por Stamets & Chilton (1983), Stanghellini (1993), Stewart (1994), Gill et al. (1996) e Cadavid et al. (1998).

4.2. Características meteorológicas durante o período de cultivo do amaranto

Foram observadas temperaturas muito altas durante o período experimental, conforme representado na Figura 4.4, sendo que a máxima, mínima e média para o período, para o interior da casa de vegetação, assumiram valores iguais a 46,0 °C, 21,0 °C e 33,2 °C ($\pm 1,3$), respectivamente.

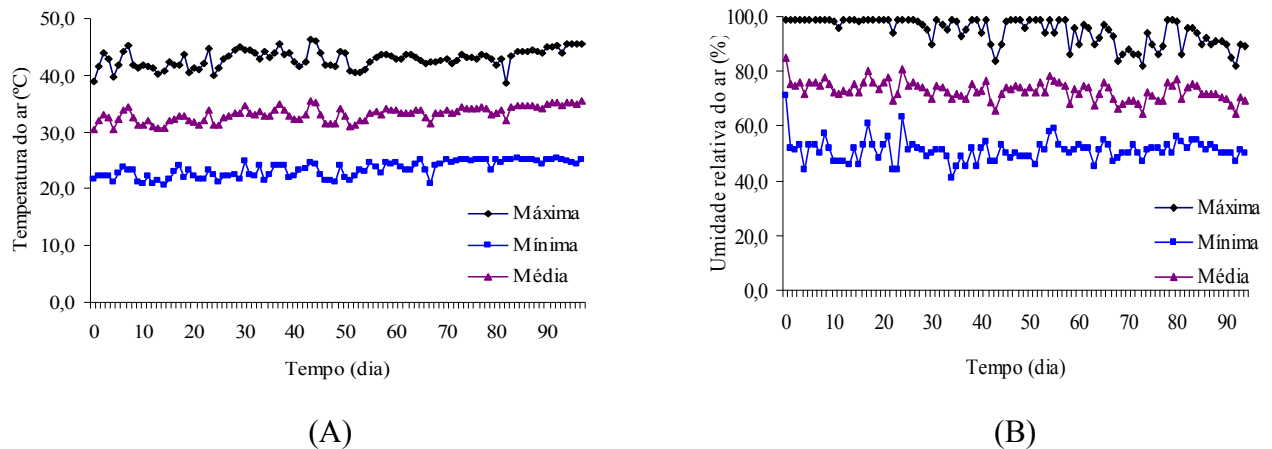


Figura 4.4: Temperatura diária (A) e umidade relativa do ar (B) no interior da casa de vegetação durante o período de cultivo.

A umidade relativa máxima e mínima diária do ar no interior da casa de vegetação foi de 99 % e 41 %, respectivamente, com valor médio para o período igual a 72,7 % ($\pm 3,6$), como representada na Figura 4.4.

Observou-se que as flutuações da temperatura do ar estão sempre associadas às da umidade relativa do ar, ou seja, quando a temperatura aumenta ocorre ligeira redução na umidade, algo já constatado por Tanaka & Genta (1982).

A dispersão dos dados relativos à temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação, calculada pelo coeficiente de variação (CV), mostrou-se bastante reduzida, tanto para a temperatura (CV = 4,92 %) como para a umidade relativa do ar (CV = 3,87 %), indicando boa precisão dos dados do experimento (Pimentel-Gomes, 1987).

As magnitudes amenas da temperatura e os valores elevados para a umidade relativa do ar, observados no interior do ambiente protegido, deve-se ao fato de que o período de condução do experimento coincidiu, em parte, com a estação das chuvas.

O aumento da salinidade da água utilizada na irrigação (soluções salinas S1, S2, S3 e S4), colocada em mini-tanques no interior da casa de vegetação, proporcionou redução significativa na taxa de evaporação, como apresentado na Tabela 4.3 (Anexo) e, a análise de regressão mostrou que a diminuição do potencial evaporativo variou linearmente com o aumento da salinidade da água, medida em termos de condutividade elétrica, como destacado na Figura 4.5.

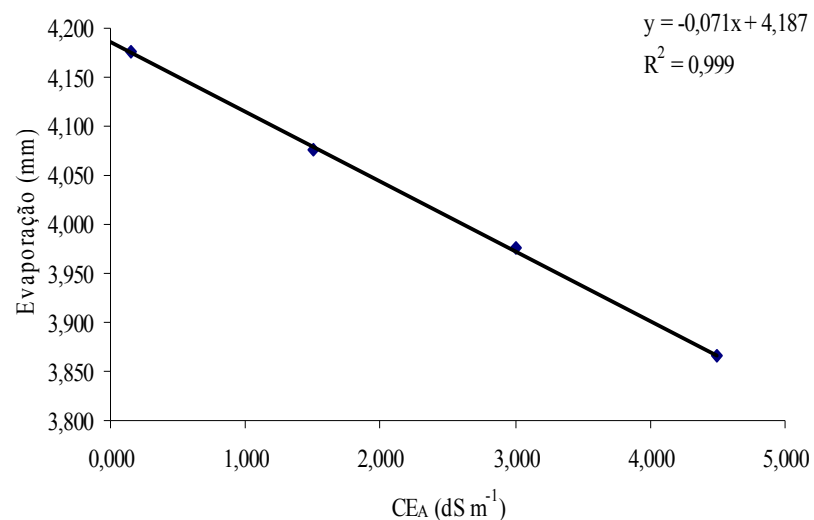


Figura 4.5: Média diária de água evaporada de minitanque em função da salinidade da água, em ambiente protegido.

Observa-se que o conhecimento da salinidade da água, em termos de condutividade elétrica, é um excelente dado para se estimar, com precisão, a taxa de evaporação diária em mini-tanque no interior de casa de vegetação. A redução máxima na taxa de evaporação acumulada nos mini-tanques, durante o período experimental, foi de 7,47 %, da solução S4 em relação à solução S1, correspondendo a um abaixamento na taxa evaporativa de 5,74 mm/(dS m⁻¹), durante o período experimental.

4.3. Características físicas e químicas do solo após cultivo

Os valores médios de pH variaram de 7,01 antes do plantio para 5,82 em solo protegido e 5,89 em solo descoberto, com média geral igual a 5,86 e coeficiente de variação (CV) igual a 10 %, após cultivo. A proximidade dos valores obtidos para o pH é um indicativo de possíveis ajustes dos dados desta variável à distribuição normal, o que foi comprovado por meio da aplicação dos testes KS e SW ($P < 0,05$), conforme apresentado na Tabela 4.4.

A diminuição nos valores do pH do solo pode está associada à diminuição na saturação por bases (camada de 0 – 20 cm), visto que os íons H⁺ e Al⁺³, responsáveis pela acidez, substituem as bases K⁺, Ca⁺² e Mg⁺² na fase lábil (Alloway, 1990) ou, ainda, pode ser atribuído à produção de ácidos orgânicos provenientes da decomposição da matéria orgânica (Moraes, 1991). Fireman & Wadleigh (1951) afirmam que se o pH do solo for inferior a 7,0 seguramente o solo possui quantidade considerável de hidrogênio trocável (H⁺). Nesse caso, o teor de bicarbonato (HCO₃⁻) presente na água de irrigação não foi suficiente para alcalinizar o solo.

O valor médio do pH do solo em água (1:2,5) não apresentou variação nem interações significativas ao final do ciclo vegetativo do amaranto, com os tratamentos adotados, como apresentado na Tabela 4.5 (Anexo). O valor médio do pH do solo, ao final do cultivo do amaranto, apresentou-se um pouco abaixo da faixa considerada adequada para essa espécie que é de 6,5 a 7,5 (Putnam et al., 1989), porém, não atingiu o valor crítico (< 4,5 ou > 8,0), abaixo ou acima do qual a planta teria seu desenvolvimento mais rigorosamente afetado (Brady, 1983). Para Malavolta (2006a), essa faixa de pH (5,5 a 6,5) favorece a reação do solo para a maioria das culturas agrícolas.

Tabela 4.4: Medidas estatísticas descritivas das características do solo cultivado, 90 dias após emergência.

Características	Medida estatística descritiva							Distribuição
	Média	Mediana	D. padrão	Variância	Coeficiente			
					Varição	Assimetria	Curtose	
pH	5,85	5,71	0,52	0,27	10,00	0,72	- 0,66	N
CTC (cmol kg ⁻¹)	22,34	21,18	4,93	24,27	21,09	1,19	0,73	SN
MO (g kg ⁻¹)	25,45	25,91	5,04	25,40	17,18	- 0,46	0,74	N
CE _(1:5) (dS m ⁻¹)	1,13	0,90	0,72	0,52	58,56	1,33	0,89	SN
NaCl (mg L ⁻¹)	223,24	163,00	196,26	38518,05	80,15	2,45	6,77	SN
CE _(ES) (dS m ⁻¹)	11,45	9,03	7,72	59,60	62,01	1,33	0,89	SN
PST (%)	16,95	16,67	8,87	78,72	28,23	0,08	- 0,60	N
RAS	1,63	1,42	1,03	1,05	38,51	0,68	0,43	N
RAP	1,08	1,10	0,26	0,07	20,41	- 0,44	0,14	N

N: distribuição normal; SN: distribuição não-normal.

A análise conjunta dos valores das médias e medianas, coeficientes de variação e dos testes KS e SW ($P < 0,05$), indicaram ausência de normalidade dos dados das variáveis CTC, $CE_{1,5}$, salinidade (mg L^{-1} de NaCl) e CE_{ES} . Este fato pôde ser também evidenciado pelos altos coeficientes de variação apresentados por essas variáveis. Em ordem crescente dos valores de CV, a seqüência foi a seguinte: $CTC < CE_{1,5} < CE_{ES} < \text{salinidade}$ (mg L^{-1} de NaCl), como apresentado na Tabela 4.4. Essas características são típicas dos Neossolos Flúvicos e essas observações estão de acordo com as de Oliveira (1998). Por conseguinte, realizaram-se as transformações dos dados e, em seguida, a análise de variância, conforme recomendações de Steel & Torrie (1980).

A capacidade de troca de cátions do solo (CTC), a $CE_{1,5}$, a salinidade (em mg L^{-1} de NaCl) e a CE_{ES} não apresentaram diferenças significativas entre si devido ao uso de proteção do solo e ao aumento da salinidade da água de irrigação. Não foi verificada interação significativa entre os tratamentos de proteção do solo *versus* salinidade da água de irrigação, como apresentado na Tabela 4.5 (Anexo), indicando que eles se comportam independentemente.

Ao final do ciclo vegetativo do amaranto, o valor médio da CTC do solo ($22,34 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) foi 8,82 % maior que o seu valor antes do plantio ($20,53 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Segundo Malavolta (1976), o aumento da CTC, em solo com textura franco, é favorecido pelas cargas negativas das partículas que compõem a fração argila e que se encontram saturadas, cujos cátions podem ser substituídos por outros incidentalmente adicionados ao substrato.

O valor médio da $CE_{1,5}$ foi aumentada em 91,53 % aos 90 DAE ($1,13 \text{ dS m}^{-1}$) em relação ao valor inicial ($0,59 \text{ dS m}^{-1}$). A salinidade, medida em termos da concentração de NaCl (mg L^{-1}), apresentou valor mínimo e máximo, respectivamente, iguais a 50,60 e 980,00, com média geral 223, 24. A medida da condutividade elétrica no extrato saturado (CE_{ES}), ao final do ciclo da cultura, variou de 1,20 a $30,6 \text{ dS m}^{-1}$, apresentando média geral igual a $11,45 \text{ dS m}^{-1}$. Essas largas faixas de valores, observadas para esses parâmetros do solo, podem ser comprovadas pelos seus altos coeficientes de variação, como apresentado na Tabela 4.4. Os aumentos nos valores dessas variáveis estão diretamente relacionados aos sais adicionados ao solo, dissolvidos na própria água de irrigação e, também, pelos fertilizantes adicionados ao solo, durante o cultivo do vegetal (Ayers & Westcot, 1991).

Embora o teor médio de MO em solo protegido ($26,78 \text{ g kg}^{-1}$) tenha sido superior ao obtido em solo sem proteção ($24,13 \text{ g kg}^{-1}$), 90 DAE do amaranto, a análise de variância, como apresentado na Tabela 4.5 (Anexo) indicou que não houve incorporação significativa desse material

ao solo, como consequência do uso de cobertura morta. Por outro lado, o aumento da salinidade da água de irrigação, ao elevar o teor de matéria orgânica de 25,51 (no tratamento com a solução S1) para 27,44 g kg⁻¹ (no tratamento com a solução S4), ocasionou retenção significativa deste componente no solo experimentado, ratificando os resultados obtidos por Ciotta et al. (2003). Esses autores obtiveram aumentos importantes no valor da CTC em função de pequenos acréscimos no valor da MO do solo.

Observou-se aumento linear na retenção de matéria orgânica do solo em função do aumento da salinidade da água de irrigação, como representado na Figura 4.6. Esse comportamento pode estar associado à menor taxa de mineralização da matéria orgânica pelos microorganismos presentes no solo, em função do aumento da salinidade, ocasionando maior retenção desse material no substrato.

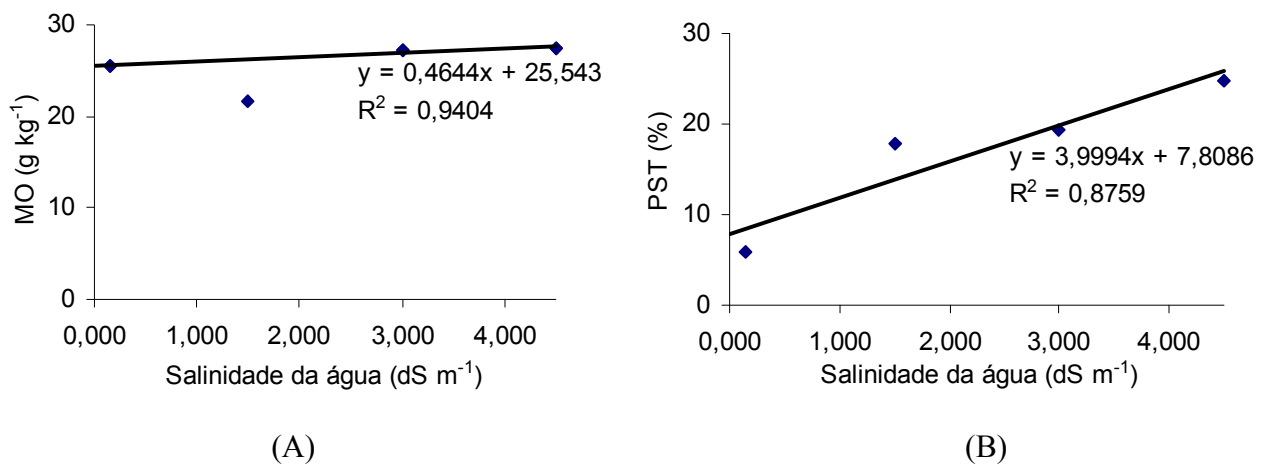


Figura 4.6: Valores do teor de matéria orgânica (A) e da porcentagem de sódio trocável (B) em função da salinidade da água de irrigação, 90 dias após emergência do amaranto.

O aumento da salinidade da água de irrigação proporcionou aumento significativo no valor da PST, ao mesmo tempo em que o uso de proteção do solo não causou modificações consideráveis nesse parâmetro. Mesmo não apresentando diferença significativa, o valor médio da PST em solo protegido (15,75 %) foi inferior ao determinado em solo descoberto (18,16 %), indicando que esse manejo favorece a concentração do Na⁺ do solo. Este fato pode ser uma consequência da maior taxa de evaporação da água em solo descoberto, que se assemelha ao que acontece nas regiões semi-áridas. Foi observada interação significativa entre os tratamentos adotados, conforme discriminação

na Tabela 4.5 (Anexo). Este comportamento indica que a proteção do solo e a salinidade da água de irrigação provocam efeitos associados nessa variável. Mesmo sem apresentar diferenças significativas em relação aos tratamentos aplicados, os acréscimos nos valores da CE_{ES} foram acompanhados por aumentos nos valores da CTC e da PST, indicando que estes dados estão coerentes com as verificações de Costa et al. (2004).

Através de estudo de regressão é possível estimar a variação da PST do solo ($R^2 = 0,8759$) por meio da equação $y = 3,9994x + 7,8086$, 90 DAE, onde x representa a condutividade elétrica da água de irrigação ($dS\ m^{-1}$ a $25\ ^\circ C$), conforme indicado na Figura 4.6.

O aumento na salinidade da água de irrigação elevou significativamente os valores médios da RAS de 0,47 (no tratamento com a solução S1) para 2,54 (no tratamento com a solução S4); da RAP de 0,96 (no tratamento com a solução S1) para 1,04 (no tratamento com a solução S4) em solo com proteção e de 1,21 (no tratamento com a solução S1) para 1,14 (no tratamento com a solução S4) em solo descoberto, 90 DAE do amaranço. Nesse caso, constata-se que o uso da cobertura morta não proporcionou diferenças significativas do valor médio do primeiro parâmetro (RAS), ao mesmo tempo em que proporcionou reduções significativas no valor do segundo (RAP), conforme discriminado na Tabela 4.5 (Anexo). Constatou-se, portanto, que o aumento da salinidade induziu menor retenção de K^+ no solo, ao mesmo tempo em que o uso de proteção do solo inibiu esse processo. Pode-se, ainda, inferir que o aumento da RAS, por provocar a dispersão das partículas do solo e, conseqüentemente, diminuir a sua permeabilidade, afeta a velocidade de movimentação da solução do solo, dificultando a absorção desse nutriente pelas raízes das plantas (Richards, 1974).

A aplicação dos testes KS e SW ($P < 0,05$) indicou que os dados referentes à MO, PST, RAS e RAP podem ser considerados procedentes de uma população cuja distribuição é normal (Tabela 4.4). De forma semelhante, analisaram-se os dados referentes aos macro e micronutrientes, constatando-se, com exceção do Mn^{+2} , que todos provinham também de populações com distribuição normal (Steel & Torrie, 1980).

A análise de variância indicou ausência de alteração e interação significativa para os macronutrientes Ca^{+2} e Mg^{+2} (90 DAE), com os tratamentos adotados, muito embora tenham ocorrido reduções de 29,38 % e de 23,18 %, respectivamente, nos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} no solo, em relação ao seu valor inicial, que eram de $12,10\ cmol_c\ kg^{-1}$ de Ca^{+2} e de $4,50\ cmol_c\ kg^{-1}$ de Mg^{+2} . As reduções nesses teores foram decorrentes da absorção desses macronutrientes pelas plantas.

Observou-se que o aumento da concentração salina na água de irrigação proporcionou maior acúmulo de P no solo, aos 90 DAE. Por conseguinte, constatou-se que as concentrações finais do P ($517,20 \text{ mg kg}^{-1}$) no tratamento com a solução S1 e ($569,85 \text{ mg kg}^{-1}$) no tratamento com a solução S4 foram, respectivamente, 235,09 % e 259,02 % superiores àquelas antes do plantio. Esse comportamento retrata a interferência da adição de fertilizantes, aplicado no início da fase da floração das plantas, e a inibição da absorção desse nutriente pelas plantas, devido ao aumento da salinidade. A análise de regressão, para o P, indicou acréscimo linear no conteúdo desse elemento, expresso pela equação $y = 0,0348x + 1,6509$ ($R^2 = 0,7587$), onde x indica a condutividade elétrica da água de irrigação (dS m^{-1}) e y o teor de P disponível no solo. Como não houve lixiviação de sais nas colunas, pode-se inferir que o uso de proteção do solo favoreceu em 16,89 % a absorção de K^+ pelas plantas, em relação à absorção em solo descoberto, mas não interferiu para a absorção de P, como representado na Tabela 4.6 (Anexo) e Figura 4.7.

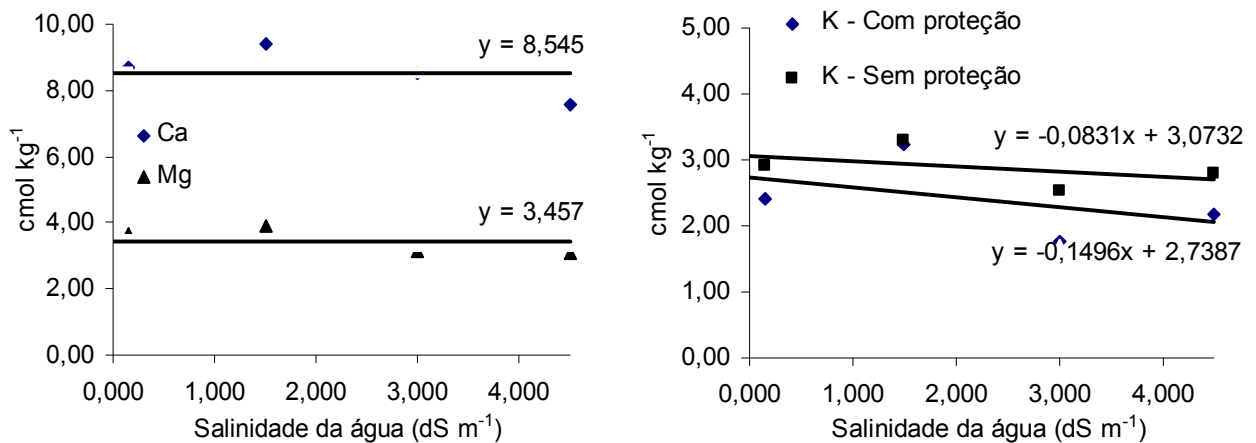


Figura 4.7: Teores de macronutrientes do solo, 90 dias após emergência do amaranto, em função da salinidade da água de irrigação.

A análise estatística ANOVA indicou ausência de efeito e interação significativa dos tratamentos proteção *versus* salinidade da água de irrigação, relativos aos valores das concentrações de Fe^{+2} e Mn^{+2} no solo. Entretanto, os valores das concentrações de Zn^{+2} e Cu^{+2} , no solo, foram significativamente reduzidos com o aumento da salinidade da água de irrigação. Essa redução pode também está relacionada ao aumento da acidez do solo ao final do cultivo do amaranto, que favorece a disponibilidade desses nutrientes. O uso de proteção do solo proporcionou variações significativas no teor de Cu^{+2} , ao mesmo tempo em que não induziu alterações no valor da

concentração de Zn^{+2} no solo. O teor de Cu^{+2} no solo, ao final do cultivo, foi superior ao seu valor inicial, sendo uma consequência da adição de fertilizante. Não foi observada interação significativa entre os tratamentos, conforme Tabela 4.6 (Anexo) e Figura 4.8. Provavelmente devido à adição de fertilizantes ao solo, verificou-se que a quantidade média de Mn^{+2} ($164,06 \text{ mg kg}^{-1}$) ao final do ciclo do vegetal foi 422,98 % superior que seu valor inicial, que era de $31,37 \text{ mg kg}^{-1}$.

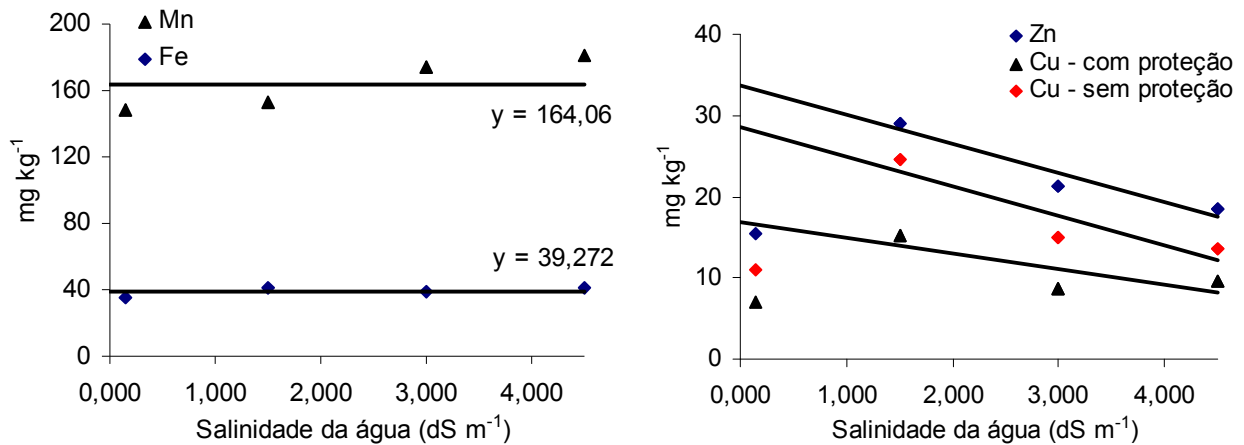


Figura 4.8: Teores de micronutrientes do solo, 90 dias após emergência do amaranto, em função da salinidade da água de irrigação.

Ao término do cultivo do amaranto, observou-se que os valores dos teores de Zn^{+2} , no solo, apresentaram faixa de variação de $7,0$ a $43,5 \text{ mg kg}^{-1}$, com média geral igual a $21,0 \text{ mg kg}^{-1}$. Constatou-se, portanto, um aumento médio de 740 % na quantidade desse parâmetro, com relação àquela existente antes do plantio ($2,50 \text{ mg kg}^{-1}$), devendo-se isso à adição de fertilizantes realizada. A análise da regressão para a concentração de Zn^{+2} no solo apresentou alto coeficiente de determinação, com equação $y = -3,571x + 33,617$ ($R^2 = 0,9332$), indicando a facilidade da determinação da retenção desse micronutriente em razão do aumento da salinidade da água de irrigação.

Para o Cu^{+2} os valores variaram de $4,75 \text{ mg kg}^{-1}$ a $29,9 \text{ mg kg}^{-1}$, apresentando média igual a $10,1 \text{ mg kg}^{-1}$ em solo protegido e $16,0 \text{ mg kg}^{-1}$ em solo descoberto, com média geral igual a $13,1 \text{ mg kg}^{-1}$. Como não houve drenagem do solo, contido nas colunas, esse fato pode caracterizar que o uso de proteção favoreceu a assimilação dessa espécie química pela planta, o que ocasionou sua redução no substrato, comparado aos valores obtidos em solo descoberto. As análises de regressão forneceram as equações: $y = -1,934x + 16,93$ ($R^2 = 0,6326$), para solo protegido e, $y = -3,632x +$

28,576 ($R^2 = 0,8475$), para solo descoberto, onde x é a salinidade da água de irrigação e y os conteúdos de Cu^{+2} no solo (Figura 4.8).

Levando-se em consideração os valores médios da CE_{ES} ($11,45 \text{ dS m}^{-1}$) e da PST que foram iguais a 17,81 %, 19,40 % e 24,82 %, respectivamente, relativos aos tratamentos com as soluções S2, S3 e S4, apresentados ao final do cultivo do amaranto, conforme citação de Bernardo (1995), constata-se uma tendência de salinização e de sodicidade do solo utilizado (salino-sódico), muito embora o valor médio do pH (5,86) não esteja próximo de 8,0. Neste caso, torna-se necessária a aplicação de corretivos e a lixiviação dos sais para posterior uso desses substratos.

4.4. Avaliação da frequência e do volume de água na irrigação

Adotou-se uma frequência de irrigação diária ao longo de todo período de cultivo do amaranto. O volume de água adicionado a cada parcela variou com o desenvolvimento da cultura, como apresentado na Figura 4.9.

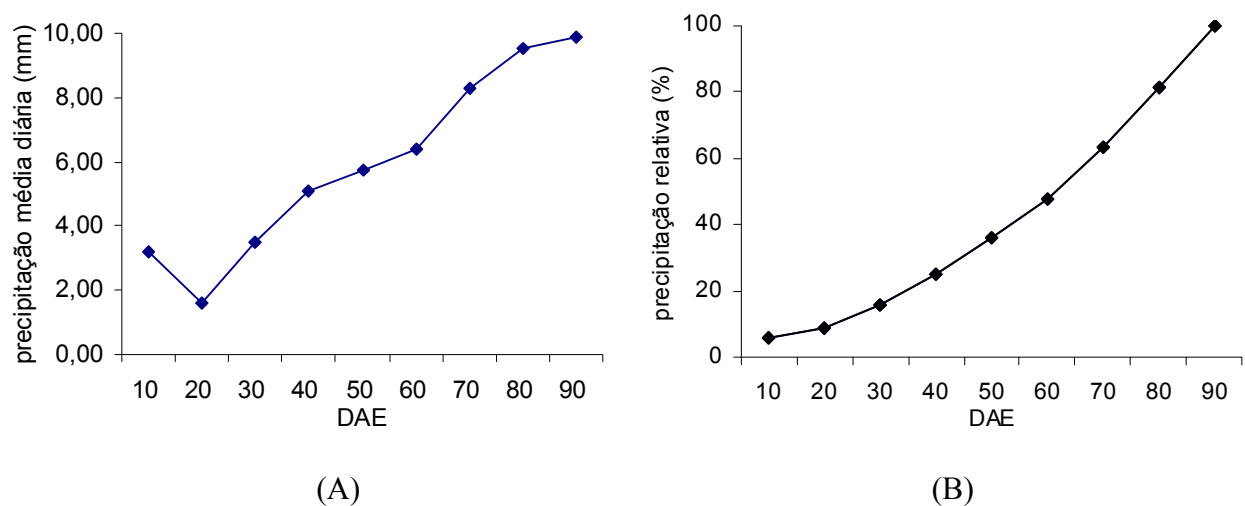


Figura 4.9: Conteúdo diário (A) e relativo (B) de água adicionada às parcelas, durante o cultivo do amaranto.

O volume total de água adicionado a cada coluna, no cultivo do amaranto, foi igual a 25.050 mL, quantidade equivalente a uma precipitação pluviométrica de 531,85 mm. Observou-se que a maior exigência hídrica da planta ocorreu logo após o início da floração (43 DAE). No início dessa fase, aproximadamente 40 % do volume total de água havia sido adicionado às plantas, conforme representação na Figura 4.9. Esses quantitativos de água não evidenciaram déficit hídrico para a

espécie cultivada, por isso, caracteriza-se o favorecimento do seu cultivo na região semi-árida do nordeste brasileiro, cuja precipitação média anual é suficiente para suprir essa necessidade (Villela, 1999). O volume total de água adicionado a cada parcela do experimento não foi suficiente para provocar a drenagem do substrato.

4.5. Variáveis relacionadas ao desenvolvimento do amaranto

4.5.1. Emergência das plântulas

A emergência das plântulas iniciou-se 3 dias após o plantio (DAP) e ao quarto DAP 100% das plântulas já tinham emergido do solo. Constatou-se, nesse caso, uma redução do sub-período semeadura-emergência quando comparado ao observado em regiões de clima com temperaturas mais amenas, que era de 4 a 6 dias após o plantio (Belisle, 1990). Esse fato corrobora com as conclusões de Matzenauer et al. (1982). Esses autores afirmam, ainda, ser possível estimar a duração do sub-período semeadura-emergência a partir do conhecimento da temperatura do solo.

Para o tempo de emergência das plântulas, não foi observado diferença significativa ($P < 0,05$) em relação aos tratamentos aplicados. Ao emergir do solo, essa espécie apresentou aparência semelhante às ervas daninhas, como observado por Spehar et al. (2003). Nessa fase do desenvolvimento, ambas apresentam mesmo número de folhas por planta (duas) com características morfológicas também semelhantes. Contudo, sua diferenciação pôde ser observada 5 dias após sua emergência do solo (DAE), momento no qual seu caule apresentou cor rósea, com 5 folhas por planta e 5 cm de altura média (Figura 4.10). O transplante das mudas foi realizado na segunda semana após a emergência das plântulas.



Figura 4.10: Visualização das plântulas, dois dias após o início da emergência.

4.5.2. Tempo para o início da inflorescência das plantas

As primeiras inflorescências ocorreram 43 DAE, sendo que no 48º DAE todas as plantas já apresentavam floração. A floração é única e terminal (no ápice da planta) sendo que as seguintes são múltiplas e não terminais.

No início, a floração surge como um “cacho verde”, em forma de uma “árvore de natal” e, à medida que amadurece, adquire uma tonalidade rósea, semelhante à cor do caule, como apresentado na Figura 4.11. Ao amadurecerem os grãos começam a se desgarrarem do cacho, sendo a ocasião adequada para a sua colheita (Spehar et al., 2003).



Figura 4.11: Aparência da floração na fase inicial (A) e final (B) da maturação dos grãos.

O uso de cobertura morta e a salinidade da água de irrigação contribuíram significativamente para a diminuição e aumento do tempo, respectivamente, para início da floração das plantas, conforme Tabela 4.7 (Anexo). O tempo médio para a floração variou de 43,75 dias, em solo protegido, para 45,44 dias, em solo desprotegido. O aumento da salinidade elevou o tempo médio para o início da floração de 43,5 dias, irrigado com a solução S1, para 45,38 dias, irrigado com a solução S4 (Figura 4.12).

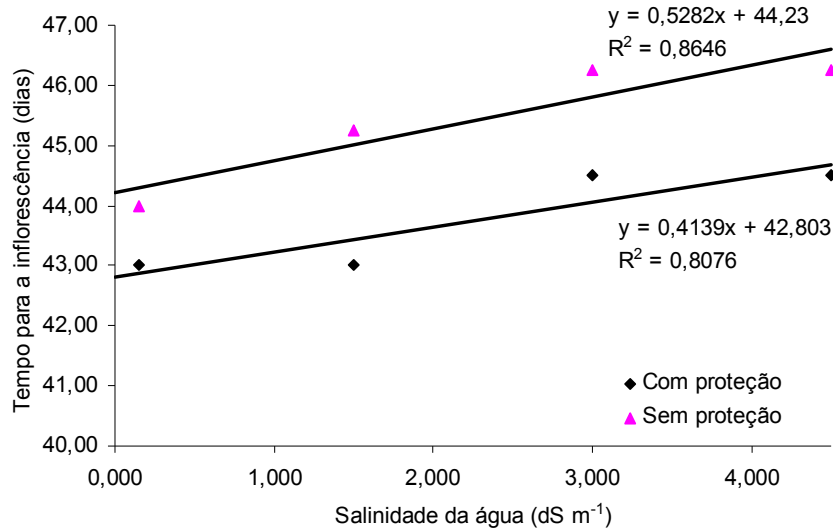


Figura 4.12: Tempo para floração das plantas em função da salinidade da água de irrigação.

Esse fato evidencia que o uso de proteção do solo proporciona melhores condições para o início da floração, ao mesmo tempo em que o aumento da salinidade da água de irrigação retarda essa fase do desenvolvimento do amaranto. Em outras culturas, o estresse salino tem efeito estimulante na assimilação de alguns micronutrientes antecipando essa fase do desenvolvimento das plantas (Grattan & Grieve, 1999). Pela análise de variância, observou-se que a interação proteção do solo *versus* salinidade não foi significativa, indicando que se comportam independentes em relação ao parâmetro avaliado, como apresentados na Tabela 4.7 (Anexo) e na Figura 4.12.

O tempo para o início da floração das plantas aumentou linearmente quanto maior foi a salinidade da água de irrigação (Figura 4.12). Sem cobertura, para cada dS m⁻¹ de aumento na salinidade da água houve um retardamento de meio dia na floração. Os resultados evidenciam uma redução no tempo para essa fase do amaranto, sob baixa salinidade da água cuja floração é iniciada aos 45 dias, após emergência (Teixeira et al., 2003). Mesmo apresentando coeficientes angulares diferentes, observa-se uma tendência ao paralelismo, representado pelas retas na Figura 4.12, confirmando a ausência de interação entre as variáveis.

4.5.3. Número de folhas por planta

A média do número de folhas por planta, para todos os intervalos de tempo e para todos os níveis de salinidade aplicados na água de irrigação, foi sempre maior em valor absoluto no cultivo do amaranto em solo protegido quando comparado à encontrada em solo não protegido por

cobertura morta. No entanto, seus valores não foram significativos ($P < 0,05$). O aumento da salinidade da água de irrigação não afetou a média do número de folhas por planta em nenhuma fase do desenvolvimento da cultura, resultado que ratifica as observações de Ghoulam et al. (2002). Por outro lado, em experiência com o caruru de mancha, Santos et al. (2002) observaram que o uso da casca de café, como proteção do solo, proporcionou um aumento linear no número de folhas por planta. Com relação aos parâmetros ora mencionados, não houve interação significativa ($P < 0,05$), entre os tratamentos, em nenhuma das etapas avaliadas.

4.5.4. Altura e espessura do caule das plantas

Não foi observada qualquer diferenciação na altura e no diâmetro do caule das plantas até 10 DAE, para todos os tratamentos utilizados. Porém, o uso da cobertura morta, a partir do 20º DAE, proporcionou aumento significativo no desenvolvimento do amaranto, quando relacionado a esses dois parâmetros. As análises estatísticas para a altura e espessura do caule do amaranto, 90 DAE, estão apresentadas na Tabela 4.8 (Anexo).

De acordo com as informações apresentadas na Tabela 4.8 (Anexo) e na Figura 4.13 observa-se a ausência de interação entre os tratamentos na caracterização do parâmetro altura de plantas e, que o aumento da salinidade da água de irrigação não proporcionou diferenças significativas para essa medida. Mesmo assim, observou-se tendência à diminuição da altura média e diâmetro médio do caule das plantas com o aumento da salinidade da água de irrigação, algo já evidenciado em trabalhos realizados por Match et al. (1986) e Ghoulam et al. (2002).

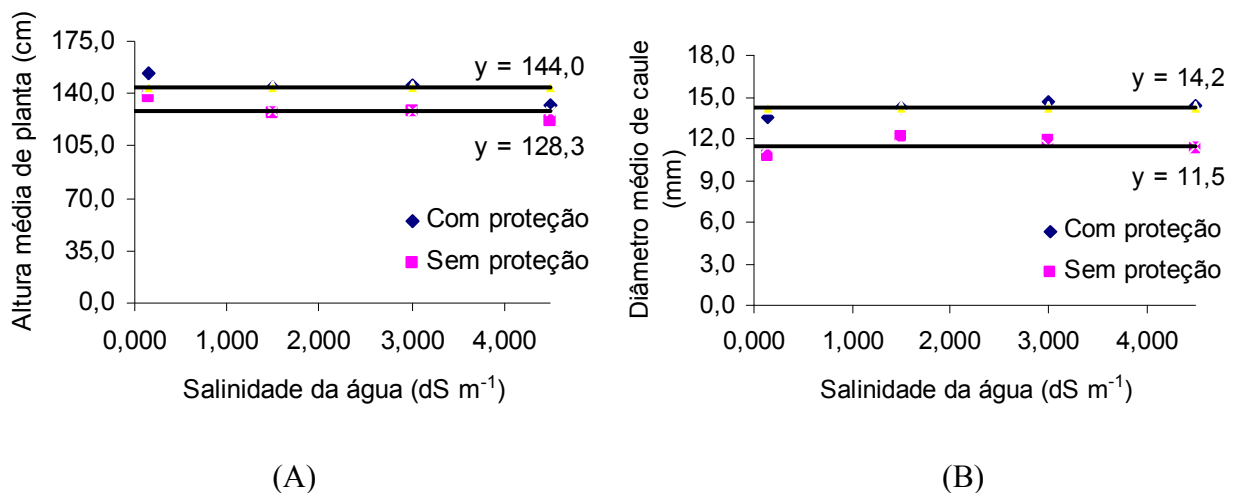


Figura 4.13: Altura média de planta (A) e diâmetro médio de caule (B) do amaranto ao final do ciclo vegetativo, em função da salinidade da água de irrigação.

Com respeito à espessura do caule do amaranto, constatou-se a ocorrência de interação entre os tratamentos e, que o aumento da salinidade da água de irrigação não afetou significativamente esse parâmetro, como apresentadas na Tabela 4.8 (Anexo) e na Figura 4.13. O uso de proteção do solo proporcionou aumento de 12,24 % na altura média de planta e de 23,48 % no diâmetro médio do caule de planta, em relação ao cultivo em solo descoberto, 90 DAE. Esse fato pode ser explicado pela maior disponibilidade de água e nutrientes às plantas e por haver redução nas flutuações de temperatura do solo, custeadas pelo uso da cobertura morta (Gill et al., 1996; Cadavid et al., 1998).

O intervalo de variação para as dimensões média de altura (1,21 a 1,54 m) e diâmetro de caule (10,8 a 14,7 mm) da planta, 90 DAE, foram considerados satisfatórios quando comparados aos obtidos por Kauffman & Weber (1990), Stallknecht & Schulz-Schaeffer (1993) e Berti et al. (1996). Os valores da altura e espessura de caule das plantas de amaranto, observados por esses autores, variaram, respectivamente, de 1,00 a 2,50 m e de 2,54 a 15,00 mm. Estas características evidenciam à adaptação da cultura às condições do experimento.

4.5.5. Área da folha mais desenvolvida

Os valores médios da área da folha mais desenvolvida de cada planta (AFMD), após 90 DAE, foram significativamente favorecidos quando se fez proteção do solo e moderadamente diminuídos com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 4.14). Não foi observado interação entre os tratamentos. As análises estatísticas para a AFMD, 90 DAE, estão apresentadas nas Tabelas 4.9 (Anexo).

Observou-se, durante o período de desenvolvimento do vegetal, que a área da folha mais desenvolvida das plantas cultivadas em solo protegido apresentou valores médios sempre superiores aos constatados em solo sem proteção, fato constatado para todos os níveis de salinidades testados, conforme representado na Figura 4.14. Resultados semelhantes, aos observados, foram obtidos por Ibarra et al. (2001), com o meloeiro, e por Santos et al. (2002), com o caruru de mancha.

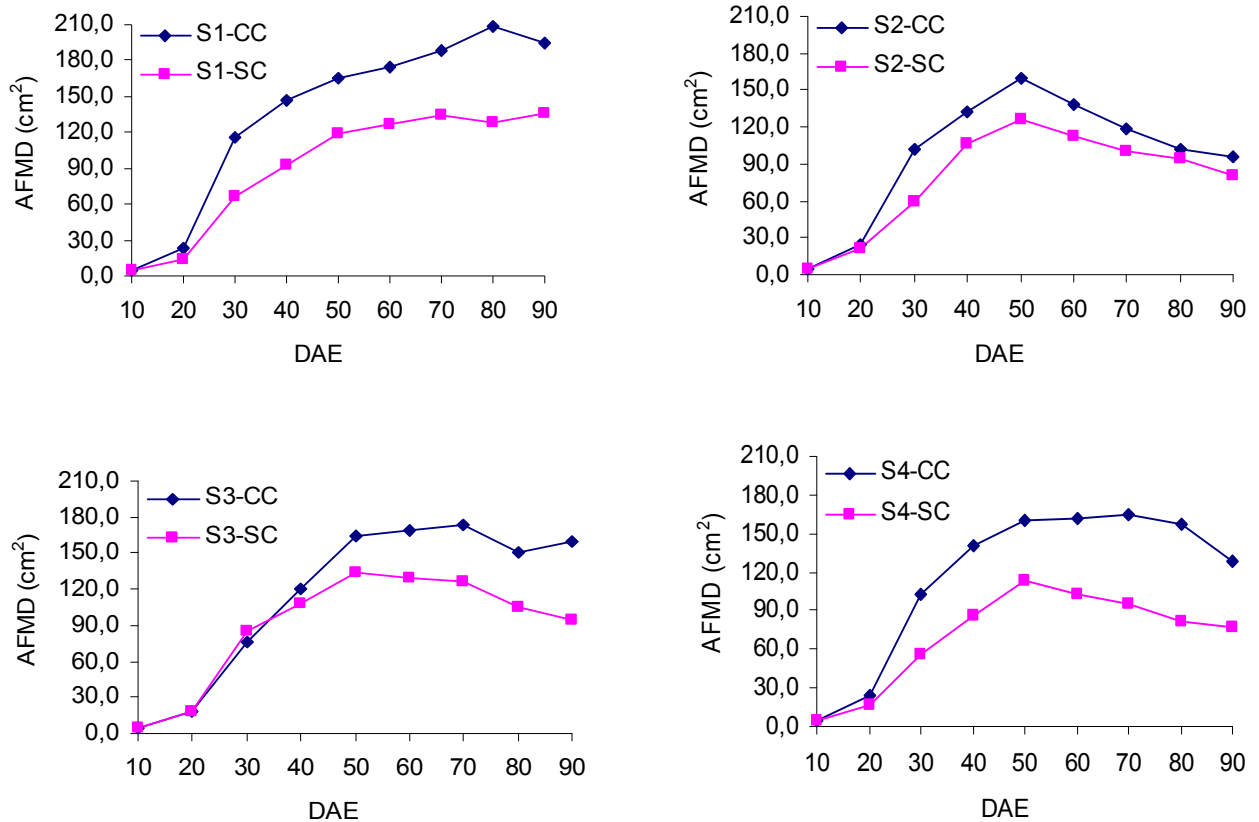


Figura 4.14: Efeitos da proteção do solo e da salinidade da água de irrigação na área da folha mais desenvolvida do amaranto, em função do tempo após a emergência das plântulas.

O aumento da AFMD do amaranto, em solo com e sem proteção, ocorreu até, aproximadamente, 60 DAE. A partir desse período, observou-se tendência de diminuição desse parâmetro com o tempo, como representado na Figura 4.14. Furlan et al. (1998) observaram um comportamento semelhante com o crisântemo (*Dendranthema grandiflora cv. Puritan*) cultivado em vasos sob condições de casa de vegetação. Segundo Monteiro et al. (2005) essa diminuição na área foliar, a partir de certo tempo, está associada à senescência (envelhecimento) das folhas.

O aumento relativo da AFMD devido ao uso de proteção do solo, 90 DAE, foi igual a 55,64 %, comparado à obtida em solo sem proteção. Em relação ao aumento da concentração salina, a redução foi de 36,05 % quando se comparou a AFMD de planta irrigada com a solução S4 em relação à irrigada com a solução S1. Essa observação identifica o efeito nocivo do estresse salino ao desenvolvimento da planta.

Por meio da análise de regressão, observou-se decréscimo linear da AFMD com o aumento da salinidade da água de irrigação, como representado na Figura 4.15. Verificou-se, ainda, uma redução média, nesse parâmetro, de 15,21 cm² por aumento de 1,000 dS m⁻¹ na salinidade da água. Esse efeito na área foliar é uma consequência do acúmulo de sais nas folhas, o que causa redução na absorção de nutrientes, como enunciado por Shannon et al. (1994) e Ghoulam et al. (2002). Esse comportamento pode ser também um mecanismo de defesa da própria planta ao estresse hídrico.

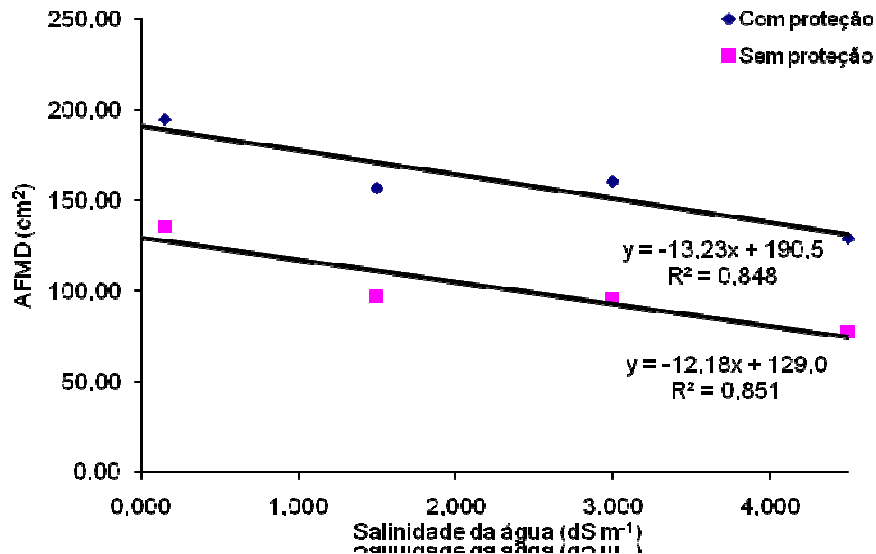


Figura 4.15: Área da folha mais desenvolvida do amaranto aos 90 dias após emergência, em função da salinidade da água de irrigação.

4.5.6. Produção de biomassa fresca

Antes da colheita dos grãos mediu-se o tamanho das panículas e constatou-se que esse parâmetro apresentou variação de magnitude entre 15 e 43 cm. Em pesquisas realizadas pela EMBRAPA CERRADO (2001) e Spehar et al. (2003) obtiveram, respectivamente, panículas com 48 e 60 cm.

Não foi constatada qualquer variação significativa no tamanho dos cachos e/ou interação, devido aos tratamentos aplicados. Por outro lado, a produção de biomassa fresca, de cada panícula, foi aumentada devido ao uso de proteção do solo. O aumento da salinidade da água de irrigação não promoveu variação significativa na massa de cada panícula, como apresentado nas Tabelas 4.10 (Anexo) e 4.11.

Tabela 4.11: Componentes de produção de matéria fresca total do amaranto, 90 dias após emergência.

Tratamento	Massa fresca média (g planta ⁻¹)			
	Panícula	Folhas	Caule	Raízes
Com proteção do solo	109,2750 a	212,7375 a	165,9250 a	39,2375 a
Sem proteção do solo	70,7125 b	165,6500 b	120,5000 b	33,9813 b
Média geral	89,9938	189,1938	143,2125	36,6094
Diferença mínima significativa (DMS)	18,0933	26,4309	16,2154	5,2003
Coefficiente de variação (CV %)	27,5412	19,1374	15,5104	19,4587

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1 % de probabilidade.

Os dados constantes nas Tabelas 4.10 (Anexo), 4.11 e na Figura 4.16 indicam que o uso de proteção do solo e o aumento da salinidade da água de irrigação proporcionaram aumento e diminuição, respectivamente, das massas das folhas frescas (MFF). Não foi observada interação significativa entre os tratamentos, relativo a esse parâmetro.

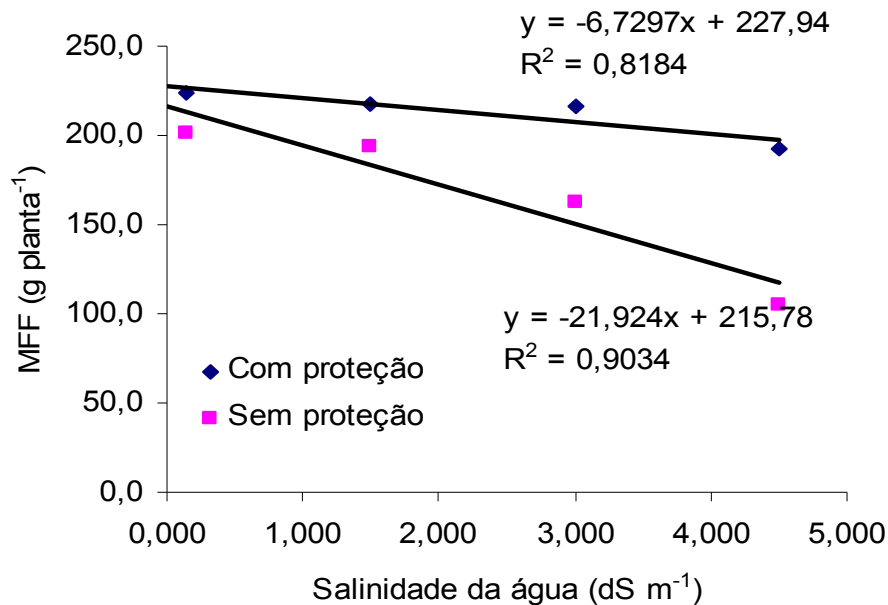


Figura 4.16: Produção de matéria fresca de folhas em solo protegido e descoberto, aos 90 dias após emergência, em função da salinidade da água de irrigação.

Não foram observadas variações significativas nem interação entre os tratamentos relativos à massa média dos caules das plantas. Entretanto, constatou-se que o uso da cobertura morta contribuiu significativamente para o aumento da massa média do caule do amaranto, como indicados nas Tabelas 4.10 (Anexo) e 4.11.

A massa média fresca das raízes das plantas foi aumentada devido ao uso de proteção do solo, porém, o aumento da salinidade da água de irrigação não provocou diferenças significativas nesse parâmetro, caracterizando sua tolerância aos níveis de salinidades submetidos. Ao mesmo nível de significância, não foi verificada interação entre os tratamentos relacionada à massa fresca das raízes das plantas, conforme Tabelas 4.10 (Anexo) e 4.11. As raízes apresentaram cor semelhante à do caule da planta, ou seja, rósea (Figura 4.17).



(A)



(B)

Figura 4.17: Aspectos visuais do caule (A) e das raízes (B) do amaranto, 90 dias após emergência.

Observou-se ao final do experimento, 90 DAE, que a quantidade de matéria fresca total (MFT) produzida em solo protegido foi significativamente superior àquela obtida em solo sem proteção, como apresentado na Tabela 4.11. O incremento geral na produção devido ao uso desse manejo atingiu o valor de 34,73 %. Portanto, a cobertura morta mostrou-se vantajosa em relação ao solo descoberto, pois favoreceu uma maior produção de MFT.

Por outro lado, o aumento da salinidade da água de irrigação causou reduções significativas ($P < 0,05$) na produção de biomassa fresca total do amaranto, como representado na Figura 4.18. Comparando-se a produção média de biomassa fresca obtida com água de salinidade $0,147 \text{ dS m}^{-1}$ (solução S1) com a de salinidade $4,500 \text{ dS m}^{-1}$ (solução S4), constatou-se uma redução de 16,60 %. Esta verificação confirma o efeito negativo do aumento da concentração salina, na água de

irrigação, para a produção de biomassa do amaranto, como observado por Aziz & Khan (2001) e Ghoulam et al. (2002).

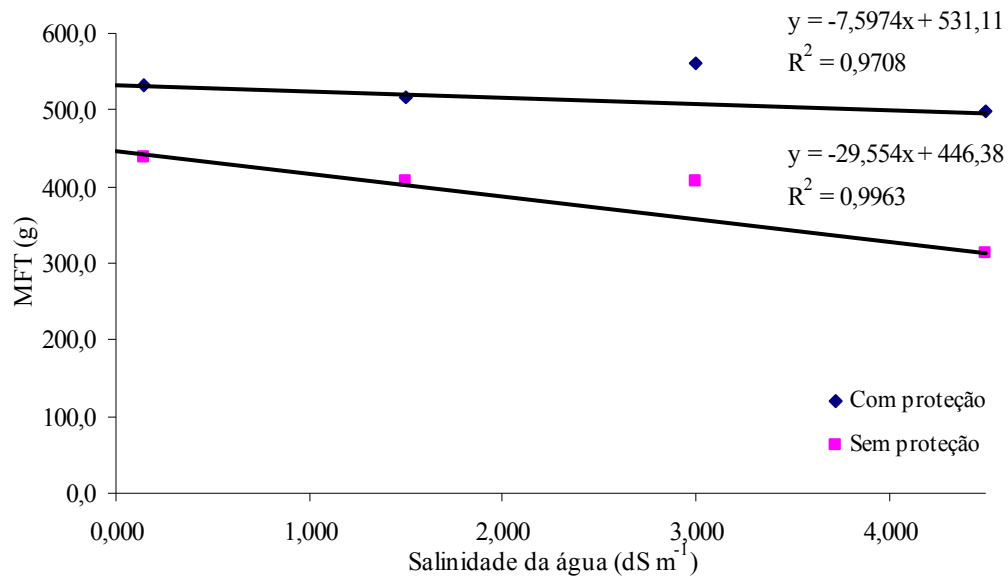


Figura 4.18: Produção de matéria fresca total em solo protegido e descoberto, aos 90 dias após emergência, em função da salinidade da água de irrigação.

A produção média total de biomassa fresca foi de 459,01 g planta⁻¹, com coeficiente de variação (CV) igual a 12,95 %. Segundo Pimentel-Gomes (1987), essas informações fornecem uma estimativa da dispersão ou da precisão dos dados obtidos no experimento. Nesse caso, o erro padrão da média do tratamento, em porcentagem da média, foi de 6,47 %.

A produção média relativa de biomassa fresca, de cada parte da planta, está representada na Figura 4.19. Observou-se que a porcentagem média de biomassa fresca correspondente às folhas, igual 41,20 % da MFT, apresentou valor superior que os das demais partes da planta. A menor fração mássica foi obtida para a parte submersa da planta, raízes, cujo valor médio global correspondeu a 7,97 % da MFT.

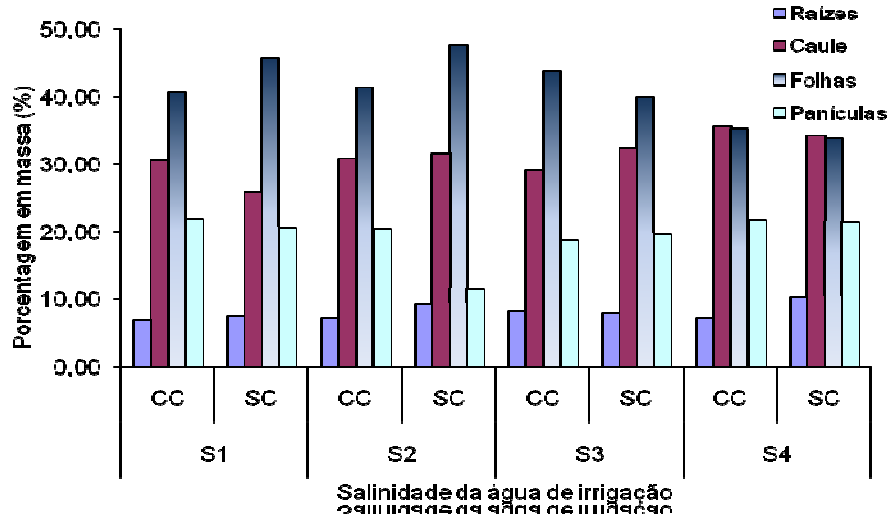


Figura 4.19: Produção de matéria fresca das diferentes partes da planta, em função dos tratamentos adotados.

4.5.7. Produção de biomassa seca

As análises estatísticas aplicadas à produção de biomassa seca das diferentes partes do amaranto, discriminadas nas Tabelas 4.12 (Anexo) e 4.13, indicam que o uso de proteção do solo, com cobertura morta, proporcionou aumentos significativos na massa das panículas, folhas, caules, raízes e, conseqüentemente, da biomassa seca total (MST). Não foi verificada interação significativa entre os tratamentos proteção do solo *versus* salinidade da água de irrigação, relativa aos parâmetros anteriormente avaliados.

Tabela 4.13: Componentes de produção de matéria seca total do amaranto, 90 dias após emergência.

Tratamento	Massa seca média (g planta ⁻¹)			
	Panícula	Folhas	Caule	Raízes
Com proteção do solo	23,3600 a	29,8569 a	21,7094 a	4,6806 a
Sem proteção do solo	15,8031 b	19,7631 b	13,3038 b	3,4006 b
Média geral	19,5816	24,8100	17,5066	4,0406
Diferença mínima significativa (DMS)	3,4960	2,8998	5,1589	0,6907
Coefficiente de variação (CV %)	24,4565	16,0108	40,3676	23,4170

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1 % de probabilidade.

Os valores dos teores de umidade nas raízes, caule e folhas foram praticamente iguais ($\sim 87,87\%$), evidência também constatada por Cole (1979) ao analisar esse parâmetro nas folhas do amaranto.

Os teores de matéria seca das panículas e folhas foram reduzidos expressivamente com o aumento da concentração salina na água de irrigação, conforme apresentado na Tabela 4.12 (Anexo). Por meio da análise de regressão verificou-se que esse decréscimo foi linear, para ambas as partes da planta, como representado na Figura 4.20. Esses resultados estão de acordo com as observações feitas por Pardossi et al. (1999), Sultana et al. (1999) e Romero-Aranda et al. (2001). Os demais conteúdos de matéria seca, relativos às outras partes da planta e MST, não foram afetados. Entre os tratamentos aplicados não se observou interação significativa.

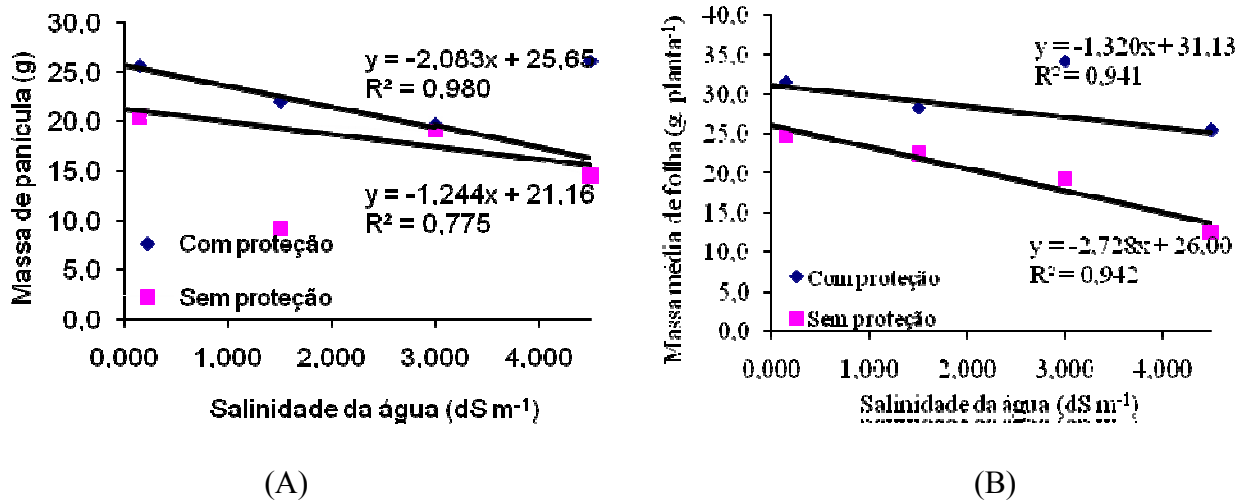


Figura 4.20: Efeitos da salinidade da água de irrigação na produção de biomassa seca de panícula (A) e de folha (B), em solo com e sem proteção por cobertura morta.

Obteve-se uma produção média total de biomassa seca igual a $65,94 \text{ g planta}^{-1}$, com coeficiente de variação (CV) igual a $17,15\%$. A média de produção em solo protegido e descoberto foi, respectivamente, igual a $79,63 \text{ g planta}^{-1}$ e $52,27 \text{ g planta}^{-1}$, representando um acréscimo na produção de matéria seca de $52,34\%$, quando se compara a produção em solo com proteção ao sem proteção. Essas observações caracterizam os aspectos positivos e a importância do uso de proteção do solo como manejo para melhorar o desenvolvimento da espécie vegetal cultivada e, por conseguinte, a produtividade agrícola, conforme já verificadas por Stamets & Chilton (1983), Stewart (1994), Gill et al. (1996) e Cadavid et al. (1998).

Ainda com respeito à produção total de biomassa seca (MST), o amaranto mostrou-se relativamente tolerante à salinidade, segundo critérios adotados por Sultana et al. (1999), Pardossi et al. (1999) e Romero-Aranda et al. (2001). Constatação semelhante à feita por Shimose et al. (1991), ou seja, o aumento da salinidade, nos níveis testados, não provocou alterações significativas na produção de biomassa seca total do amaranto (Figura 4.21). A quantidade de biomassa seca total representou uma fração equivalente a 14,36 % da biomassa fresca total, resultado compatível com os obtidos por Cole (1979) e Saunders & Becker (1983).

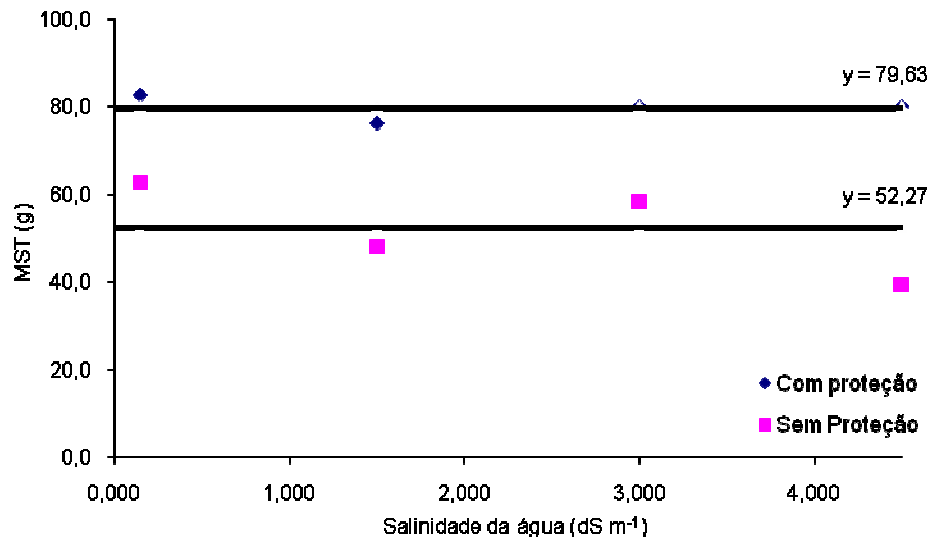


Figura 4.21: Efeitos da salinidade da água de irrigação na produção de biomassa seca total do amaranto, em solo com e sem proteção por cobertura morta.

Na Figura 4.22 está representada a produção média relativa de biomassa seca, de cada parte da planta. Nela e na Tabela 4.14 (Anexo), verifica-se que a porcentagem média de biomassa seca relativa às folhas, correspondendo a 37,62 % da MST, apresentou valor superior que os das demais partes da planta. Contudo, para concentrações salinas mais elevadas, 3,000 e 4,500 dS m⁻¹, a massa seca de panícula apresentou tendência de superação à das folhas. A menor fração mássica, para o conteúdo de matéria seca, também foi obtida para a parte submersa da planta, raízes, cujo valor foi igual a 6,13 % da MST.

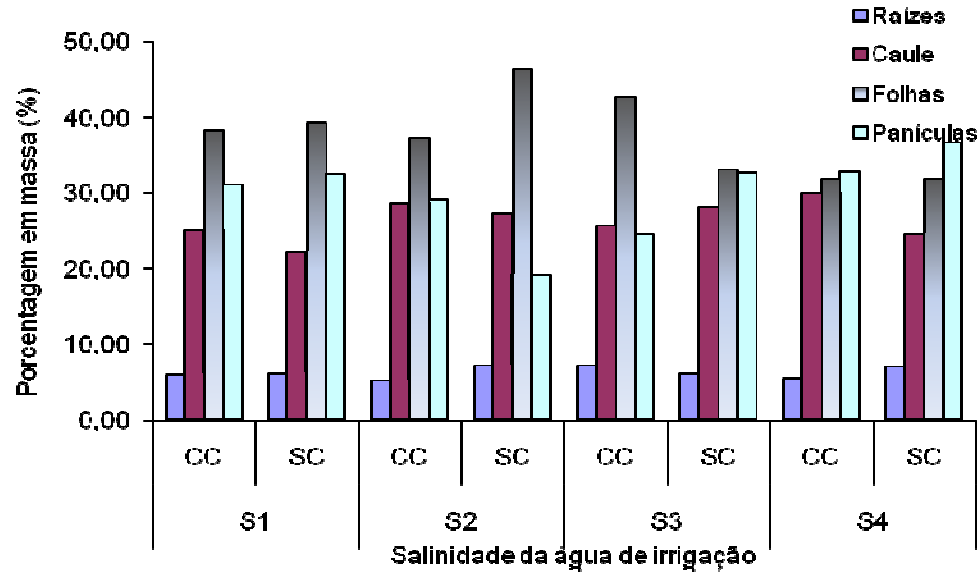


Figura 4.22: Produção de matéria seca das partes da planta, amaranto, em função dos tratamentos adotados.

4.5.8. Produção de grãos

A colheita dos grãos foi realizada aos 90 dias após emergência das plântulas. Este período se encontra dentro do intervalo de tempo citado por Berti et al. (1996). Através do teste t-Student, verificou-se que o uso de proteção do solo contribuiu significativamente ($P < 0,05$) para o aumento da produção total de grãos, enquanto que o aumento da salinidade da água de irrigação não afetou esse parâmetro de desenvolvimento. A produção total de grãos, em solo protegido, foi 65,98 % superior que em solo desprotegido (Figura 4.23). A massa seca total de grãos, em média, significou 48,83 % da matéria seca total de panículas.

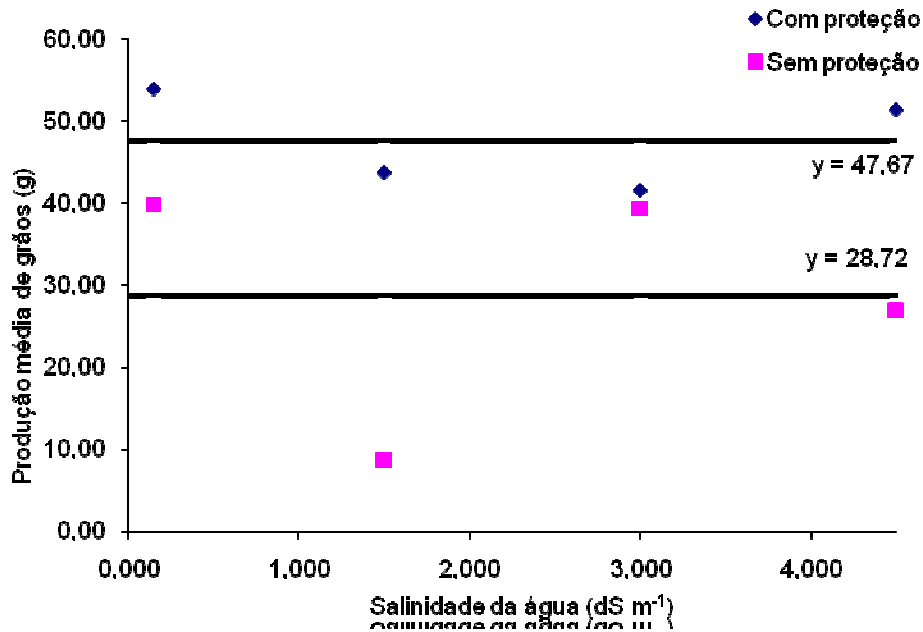


Figura 4.23: Efeitos da salinidade da água de irrigação na produção total de grãos do amaranto, por planta, em solo com e sem proteção.

Constata-se por meio da Figura 4.23 que a espécie cultivada comportou-se tolerante à salinidade da água de irrigação, para os níveis testados, não apresentando, portanto, variações significativas para a produção total de grãos devido a essa variável, fato que ratifica as observações feitas por Murata et al. (1992). Por outro lado, a produção de grãos foi beneficiada com o uso de proteção do solo, o que pode ser uma consequência da formação de um micro-clima favorável ao desenvolvimento de microorganismos benéficos às plantas, à maior disponibilidade de água às plantas, ao fornecimento de nutrientes essenciais e ao melhor desenvolvimento do sistema radicular ocasionado pela cobertura morta, conforme as constatações feitas por Stamets & Chilton (1983), Cadavid et al. (1998), Ibarra et al. (2001) e Santos et al. (2002).

Após secagem em estufa, por 48 horas a 65 °C, o peso médio dos grãos foi de aproximadamente 0,70 g/1000 sementes. Esse valor encontra-se dentro da faixa prevista pela National Research Council (1984), que é de 0,49 a 0,93 g/1000 sementes. As sementes apresentaram cor variando de amarela claro à dourada (Figura 4.24), confirmando as características citadas por Teixeira et al. (2003).



Figura 4.24: Aspecto visual dos grãos do amaranto.

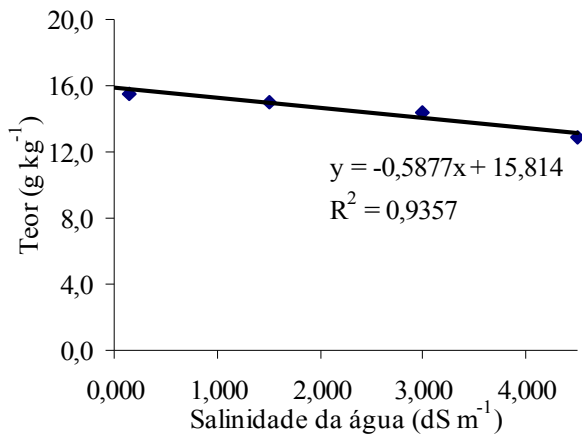
4.6. Variabilidade de nutrientes no tecido vegetal

4.6.1. Nutrientes nas raízes

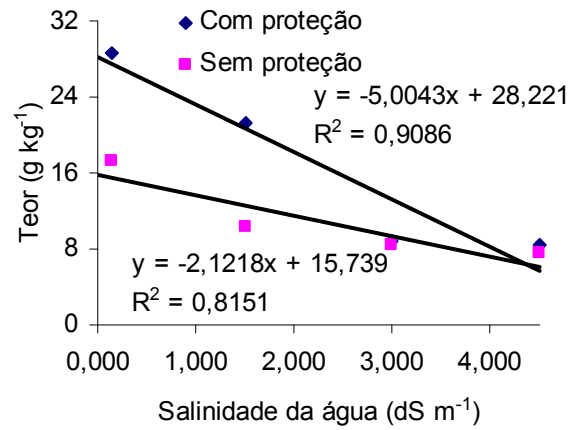
O uso de proteção do solo não afetou significativamente os teores dos nutrientes N, Ca^{+2} , Mg^{+2} , S, Na^+ , Cl^- , B, Zn^{+2} , Fe^{+2} e Mn^{+2} presentes nas raízes das plantas, 90 DAE. Por outro lado, proporcionou acréscimos nos quantitativos de P, K^+ e Cu^{+2} nesse mesmo tecido. O aumento no teor de nutrientes nas raízes do amaranto, devido a essas variáveis, corrobora com as constatações de Cadavid et al. (1998), as quais comprovam uma maior oferta de nutrientes às plantas, devido a esse manejo. Foram constatadas interações entre os tratamentos proteção *versus* salinidade para os nutrientes K^+ , Zn^{+2} , Cu^{+2} , Fe^{+2} e Mn^{+2} , como apresentado na Tabela 4.14 (Anexo). Esse fato evidencia que os efeitos nesses elementos, devido cada tratamento, não se dão de forma independente.

O aumento da concentração salina ocasionou prejuízo nutricional às raízes das plantas em relação aos nutrientes N, K^+ e Mg^{+2} , ratificando as observações de Feigin et al. (1991), Grattan & Grieve (1999) e Khan et al. (2000). Essa perturbação na absorção desses nutrientes pode ser resultante da competição entre o Na^+ e os íons NH_4^+ , K^+ e Mg^{+2} e do Cl^- com o NO_3^- . De forma oposta, acarretou aumentos significativos nos teores de Na^+ nesse mesmo tecido, evidência que se adapta as verificações de Ghoulam et al. (2002), como indicado e representado, respectivamente, na Tabela 4.14 (Anexo) e Figura 4.25. O estresse salino, devido ao NaCl na água de irrigação, não

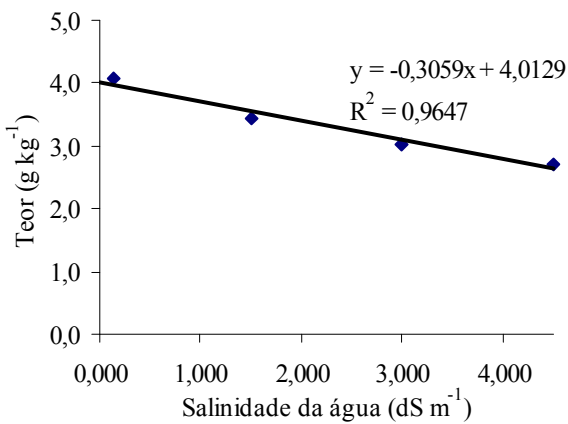
afetou os teores de P neste tecido, contrariando as observações de Ansari (1990) e Kaya et al. (2001).



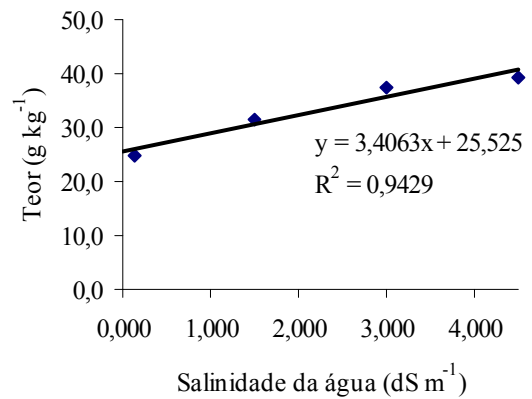
(A)



(B)



(C)



(D)

Figura 4.25: Teores de nitrogênio (A), potássio (B), magnésio (C) e sódio (D) nas raízes do amaranto, em função da salinidade da água de irrigação, 90 dias após emergência.

Tabela 4.15: Medidas estatísticas descritivas dos macro e micronutrientes nas raízes do amaranto, 90 dias após emergência.

Atributos	Medida estatística descritiva							Distribuição
	Média	Mediana	D. padrão	Variância	Coeficiente			
					Varição	Assimetria	Curtose	
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	13,38	13,52	3,80	14,41	28,40	- 0,30	0,13	N
Fósforo (g kg ⁻¹)	3,52	3,42	0,75	0,56	21,31	0,54	0,00	N
Potássio (g kg ⁻¹)	12,74	9,52	7,06	49,89	55,42	0,64	- 1,27	SN
Cálcio (g kg ⁻¹)	5,61	5,36	1,37	1,87	24,42	0,94	1,09	N
Magnésio (g kg ⁻¹)	3,13	3,18	1,07	1,15	34,19	1,63	6,23	N
Sódio (g kg ⁻¹)	33,31	33,90	7,87	61,90	23,63	- 0,24	- 0,85	N
Enxofre (g kg ⁻¹)	1,64	1,68	0,38	0,14	23,17	- 0,59	- 0,45	N
Cloreto (g kg ⁻¹)	34,14	33,75	7,37	54,28	21,59	- 0,43	1,58	N
Boro (mg kg ⁻¹)	46,03	46,00	10,28	105,64	22,33	- 0,08	- 1,13	N
Zinco (mg kg ⁻¹)	25,84	26,50	4,81	23,10	18,61	0,36	- 0,28	N
Cobre (mg kg ⁻¹)	21,22	21,00	5,80	33,60	27,33	0,04	- 0,35	N
Ferro (mg kg ⁻¹)	4097,13	3412,50	2751,90	7572937,08	67,17	0,39	- 1,36	N
Manganês (mg kg ⁻¹)	127,38	121,00	46,99	2208,18	36,89	0,28	- 1,04	N

N: distribuição normal; SN: distribuição não-normal.

As concentrações de Na^+ e Cl^- nas raízes das plantas foram praticamente iguais entre si, porém, superiores as dos demais nutrientes. Esse fato indica que esses dois elementos químicos atuam, no amaranto, como macronutrientes e esse comportamento é característico das plantas tolerantes à sais, conforme verificações feitas por Murata et al. (1992) e Uexkull (1992).

Por meio dos testes de KS e SW ($P < 0,05$) observou-se que dos nutrientes analisados apenas o K^+ apresentou distribuição assimétrica. Primeiramente os valores da média e mediana dos teores dos macro e micronutrientes são praticamente iguais para todos, exceto para o K^+ . Este, por sua vez, além de apresentar coeficientes de assimetria e curtose diferentes de zero possui um alto coeficiente de variação, segundo critérios adotados por Warrick & Nielsen (1980).

Outro fato é que os coeficientes de assimetria e curtose estão próximos de zero, indicando uma tendência à normalidade de quase todos os atributos nas raízes do amaranto. O menor coeficiente de variação encontrado foi de 18,61 % para o zinco, e o maior, de 67,17 % para o ferro. Adotando o critério proposto por Warrick & Nielsen (1980) para essa medida estatística de dispersão, os valores foram: a) altos, para o K^+ e o Fe^{+2} ; e, b) médio, para todos os demais, conforme apresentado na Tabela 4.15.

Estas observações evidenciam a não interferência dos tratamentos, proteção do solo e salinidade da água de irrigação, na normalidade da distribuição de frequência de valores dos atributos químicos, macro e micronutrientes, nas raízes do amaranto.

O teor médio de proteína bruta, determinado nesse tecido vegetal, foi igual a 7,63 % ($\pm 2,16$). O baixo conteúdo de proteína bruta acumulada nas raízes do amaranto pode ser uma consequência da redução no teor de nitrogênio nessa parte da planta, em relação ao acumulado nas folhas, devido ao aumento do estresse salino.

4.6.2. Nutrientes no caule

No caule a maioria dos nutrientes apresentou distribuição assimétrica, de acordo com os testes de normalidade de KS e SW ($p < 0,05$), como discriminado na Tabela 4.16. Para os atributos com distribuição normal – N, S, Na^+ , Cl^- e B - os valores da média e mediana foram aproximadamente iguais, ao mesmo tempo em que os coeficientes de assimetria apresentaram valores próximos de zero.

Aproximadamente 62 % dos atributos avaliados apresentaram-se com distribuição assimétrica, evidenciando que os tratamentos adotados interferiram significativamente na maioria

das distribuições de frequência de valores dos teores de macro e micronutrientes no caule do amaranto, 90 DAE. Não se verificou coeficiente de variação baixo para nenhum dos atributos analisados, conforme faixas propostas por Warrick & Nielsen (1980). No entanto, comparativamente observou-se que a menor e maior variabilidade foi de 17,24 e 63,03 %, respectivamente, para o Cl^- e Na^+ , como apresentado na Tabela 4.16. Essa ocorrência deve-se a maior amplitude nos teores desses íons e ao aumento da concentração salina na água de irrigação, dosada com NaCl.

O teor de Cl^- no caule do amaranto apresentou o maior valor dos atributos analisados, confirmando a sua participação como macronutriente para o amaranto.

O uso de proteção do solo, por disponibilizar maior quantidade de água às plantas, melhorou o transporte de nutrientes, através do xilema, contribuindo de forma significativa para a diminuição dos teores de N e de Na^+ acumulado no caule do amaranto, ao mesmo tempo em que o aumento da salinidade da água de irrigação proporcionou acréscimos significativos nos valores dos teores de S, Na^+ e Cl^- , na matéria seca do amaranto, como discriminado e representado, respectivamente, na Tabela 4.16 e Figura 4.26.

O efeito antagônico do Na^+ em relação aos íons K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} pode ter favorecido o seu acúmulo nesse tecido, em detrimento dos demais, fenômeno que corrobora com as conclusões de Khan et al. (2000) e Ghoulam et al. (2002). A diminuição no teor de N no tecido vegetal, como resposta ao uso de proteção do solo, está em discordância com os resultados obtidos por Cadavid et al. (1998). Esse manejo reduziu em 13,91 % o teor de N quando comparado ao obtido no caule das plantas cultivadas em solo sem proteção. Os demais atributos não foram afetados devidos aos tratamentos aplicados (proteção do solo *versus* salinidade da água de irrigação). A não interferência do aumento da concentração salina na assimilação de P, pelas plantas, está em concordância com os estudos realizados por Ansari (1990) e Grattan & Grieve (1994) e divergem dos resultados obtidos por Kaya et al. (2001). Esses autores relatam que a interferência da salinidade, na assimilação do P, depende da espécie, da fase de desenvolvimento da cultura, da composição e do nível de salinidade e da concentração do P no substrato.

A redução no teor de Na^+ nessa parte da planta, em relação ao apresentado nas raízes, contribuiu para o ganho no acúmulo de K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} e perda dos demais nutrientes. Foi constatada a menor concentração protéica nessa parte da planta, sendo igual a 7,30 % ($\pm 1,42$). Este

evento demonstra o antagonismo competitivo entre o íon Na^+ e os demais íons citados e o mecanismo de defesa da própria planta ao bloquear a passagem do Na^+ para o caule.

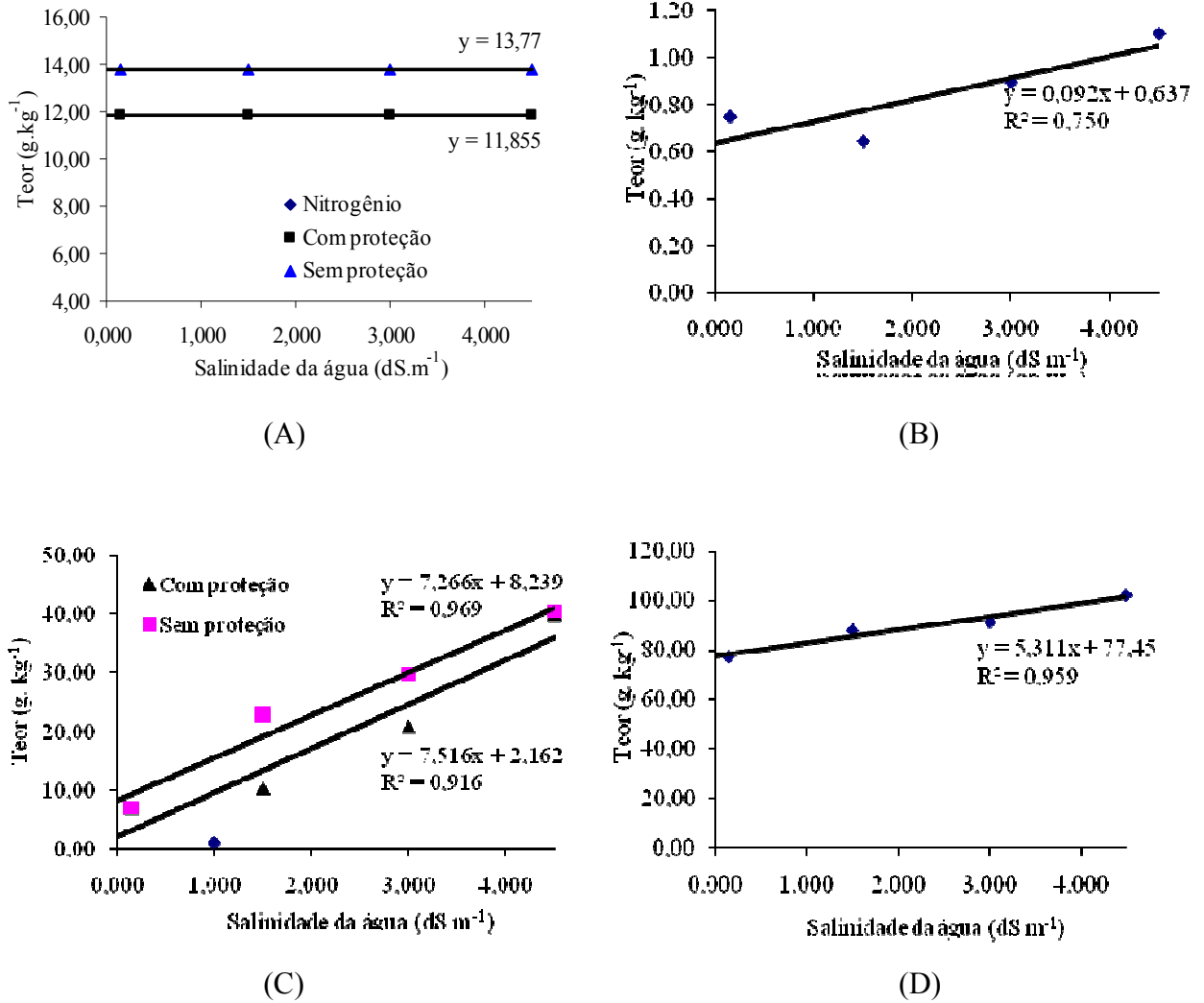


Figura 4.26: Níveis de nitrogênio (A), enxofre (B), sódio (C) e cloreto (D) no caule das plantas, em função da salinidade da água de irrigação, 90 dias após emergência.

Tabela 4.16: Medidas estatísticas descritivas dos macro e micronutrientes no caule do amaranto, 90 dias após emergência.

Atributo	Medida estatística descritiva							Distribuição
	Média	Mediana	D. padrão	Variância	Coeficiente			
					Varição	Assimetria	Curtose	
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	12,81	12,72	2,50	6,25	19,52	0,06	- 1,12	N
Fósforo (g kg ⁻¹)	3,47	3,09	1,21	1,47	34,87	2,14	5,66	SN
Potássio (g kg ⁻¹)	75,99	78,57	16,46	270,86	21,66	- 3,20	14,12	SN
Cálcio (g kg ⁻¹)	8,05	7,12	2,29	5,25	28,44	1,45	1,46	SN
Magnésio (g kg ⁻¹)	4,24	3,98	1,73	2,98	40,80	1,08	1,14	SN
Sódio (g kg ⁻¹)	22,10	22,60	13,93	193,99	63,03	0,41	- 0,80	N
Enxofre (g kg ⁻¹)	0,85	0,76	0,31	0,09	36,67	0,99	0,63	N
Cloreto (g kg ⁻¹)	89,60	88,75	15,45	238,59	17,24	0,10	- 0,44	N
Boro (mg kg ⁻¹)	31,65	31,00	6,66	44,36	21,04	- 0,99	1,48	N
Zinco (mg kg ⁻¹)	16,94	16,00	4,60	21,16	27,15	0,73	0,19	SN
Cobre (mg kg ⁻¹)	4,25	4,00	1,08	1,16	25,41	0,61	- 1,24	SN
Ferro (mg kg ⁻¹)	66,28	60,00	23,57	555,69	35,56	1,32	1,11	SN
Manganês (mg kg ⁻¹)	55,88	54,00	12,62	159,27	22,58	0,99	1,18	SN

N: distribuição normal; SN: distribuição não-normal.

4.6.3. Nutrientes nas folhas

A maioria dos nutrientes analisados no tecido foliar do amaranto apresentou distribuição assimétrica ($\sim 70,0\%$). Apenas o K^+ , S, Cl^- e Mn^{+2} apresentaram distribuições normais, cujos valores de média e mediana foram aproximadamente iguais ou, então, os coeficientes de assimetria e curtose tenderam à zero (Tabela 4.17). A menor variabilidade foi de 13,95 %, para o Cl^- , e a maior de 87,86 %, para o Na^+ . Esse comportamento, qualitativamente, foi semelhante ao verificado no caule. De maneira análoga ao das outras partes da planta, não se verificou nenhum coeficiente de variação baixo, em consonância com os critérios de Warrick & Nielsen (1980).

A fácil assimilação do cloreto em relação aos demais nutrientes também foi observada no tecido foliar do amaranto, confirmando as conclusões obtidas por Uexkull (1992).

O uso de proteção do solo proporcionou ganhos na assimilação e acumulação de Cl^- nas folhas do amaranto, quando comparado às quantidades verificadas para o cultivo em solo desprotegido. Por outro lado, o aumento da concentração salina provocou acréscimos no teor de sódio nessa parte da planta, conforme representado na Figura 4.27. Os demais nutrientes não foram afetados em decorrência dos manejos utilizados (Tabela 4.17).

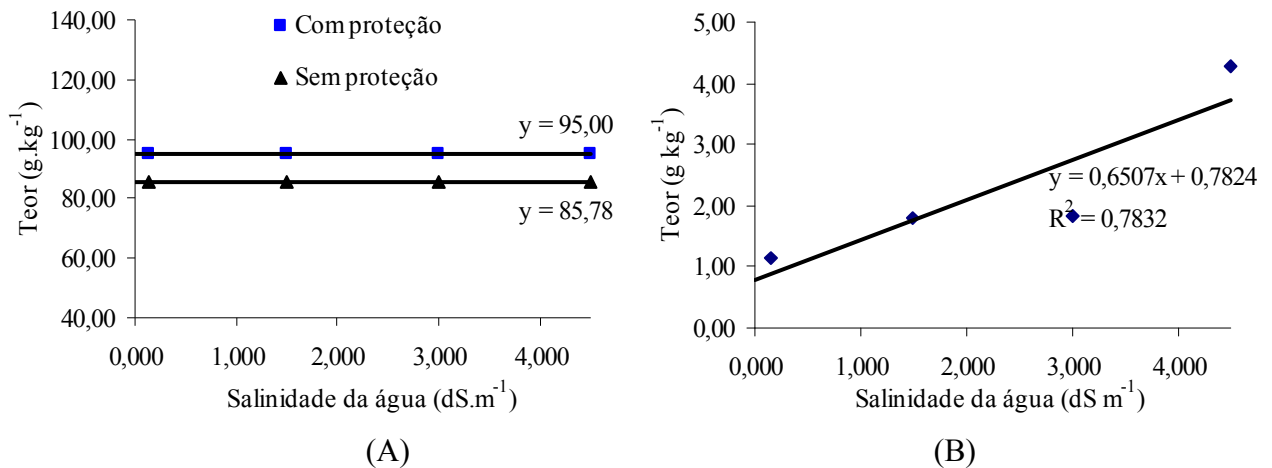


Figura 4.27: Teores de cloreto (A) e sódio (B) no tecido foliar do amaranto, em função da salinidade da água de irrigação, 90 dias após emergência.

O decréscimo da concentração de Na^+ no tecido foliar, em relação à do caule e à da raiz, proporcionou aumento no teor médio de N, P, K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , S, Cl^- , B e Mn^{+2} (Tabela 4.17). A indução no aumento das quantidades desses nutrientes nas plantas, devido a redução no teor de Na^+ ,

está em concordância com as observações feitas por Grattan & Grieve (1999), Khan et al. (2000), Ghoulam et al. (2002) e Parida et al. (2004).

Por outro lado, comparativamente o valor do teor de Cl^- , no tecido foliar, mostrou-se como o mais elevado de todos os atributos químicos, fato também observado nas raízes e no caule das plantas. Em ordem, o teor de cloreto nas diferentes partes das plantas foi: folhas > caule > raízes. Entretanto, a concentração de Na^+ nas folhas foi menor que nos demais tecidos da planta e seu maior acúmulo foi nas raízes. Esse fato distingue a maior mobilidade do Cl^- em relação ao Na^+ e, também, a exigência desses nutrientes pela planta.

Observou-se uma maior concentração de proteína bruta, 21,92 % ($\pm 4,08$) calculada pela expressão de Sosulski & Imafidon (1990), no tecido foliar, quando comparada àquelas encontradas nos outros componentes das plantas. A magnitude do teor de proteína encontra-se muito próxima da encontrada por Cole (1979) e dentro da faixa de valores obtida por Putnam et al. (1989) e por Myers (1996).

As concentrações dos nutrientes K^+ , P , Fe^{+2} e Ca^{+2} no tecido foliar foram sempre superiores às encontradas por Cole (1979). Esse comportamento ratifica a melhor assimilação desses elementos nas condições em que o experimento foi realizado (em casa de vegetação, submetida aos tratamentos proteção do solo *versus* salinidade da água de irrigação), comparada às condições testadas por aquele pesquisador (Tabela 4.17).

A relação de nutrientes N/Cl^- foi reduzida em 16,74 % devido ao uso de proteção do solo ($P < 0,05$), enquanto as demais, K^+/Na^+ , $\text{Ca}^{+2}/\text{Na}^+$ e $\text{Mg}^{+2}/\text{Na}^+$, não foram afetadas com este manejo do solo. Esse fato indica que em solo descoberto a assimilação relativa do N ($39,87 \text{ g kg}^{-1}$) no tecido foliar foi mais intensa que a do Cl^- ($85,78 \text{ g kg}^{-1}$), comparada a ocorrida em solo protegido, que foi de $37,05 \text{ g kg}^{-1}$ de N e de $95,00 \text{ g kg}^{-1}$ de Cl^- . Verifica-se, então, que o uso de proteção ao aumentar o conteúdo de Cl^- reduz ao mesmo tempo o de N, na matéria seca da parte aérea do amaranto, como já observado por Feigin et al. (1991). Dessa forma, confirma-se a competição entre os íons Cl^- e NO_3^- (Savvas & Lenz, 1996). Por outro lado, o aumento do estresse salino não afetou a relação entre esses dois nutrientes, enquanto reduziu os valores das relações K^+/Na^+ , $\text{Ca}^{+2}/\text{Na}^+$ e $\text{Mg}^{+2}/\text{Na}^+$ ($P < 0,05$), como apresentado na Tabela 18 (Anexo). Os valores das relações K^+/Na^+ (17,70), $\text{Ca}^{+2}/\text{Na}^+$ (10,71) e $\text{Mg}^{+2}/\text{Na}^+$ (7,95), no tratamento com a solução S4, foram considerados elevados, comparados aos encontrados por Melloni et al. (2000), caracterizando, portanto, que essa cultura é tolerante à sais (Blanco, 2004), até o nível de $4,500 \text{ dS m}^{-1}$. Confirma-se também

Tabela 4.17: Medidas estatísticas descritivas dos macro e micronutrientes nas folhas do amaranto, 90 dias após emergência.

Atributo	Medida estatística descritiva							Distribuição
	Média	Mediana	D. padrão	Variância	Coeficiente			
					Varição	Assimetria	Curtose	
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	38,46	40,08	7,16	51,22	18,62	- 1,42	2,80	SN
Fósforo (g kg ⁻¹)	4,80	4,56	1,26	1,59	26,25	1,51	4,67	SN
Potássio (g kg ⁻¹)	49,82	46,39	14,19	201,30	29,07	0,16	1,36	N
Cálcio (g kg ⁻¹)	29,63	27,32	12,77	162,99	43,10	3,34	13,83	SN
Magnésio (g kg ⁻¹)	21,60	19,26	8,59	73,71	39,77	3,10	10,31	SN
Sódio (g kg ⁻¹)	2,27	1,23	2,26	5,11	87,86	1,50	0,81	SN
Enxofre (g kg ⁻¹)	4,66	4,10	3,17	10,04	68,03	1,15	1,54	N
Cloreto (g kg ⁻¹)	90,39	91,25	12,61	158,92	13,95	- 0,15	- 0,26	N
Boro (mg kg ⁻¹)	67,53	75,00	24,26	588,32	35,92	- 0,81	- 0,46	SN
Zinco (mg kg ⁻¹)	26,78	26,50	5,97	35,66	22,29	1,21	2,32	SN
Cobre (mg kg ⁻¹)	15,00	13,00	6,65	44,26	44,33	2,24	7,80	SN
Ferro (mg kg ⁻¹)	424,31	359,50	212,38	45103,51	50,05	2,10	4,61	SN
Manganês (mg kg ⁻¹)	251,25	257,00	45,55	2075,10	18,13	0,07	0,24	N

N: distribuição normal; SN: distribuição não-normal.

a tolerância salina do amaranto pela redução da relação K^+/Na^+ , em que o cátion K^+ , no tecido foliar, é substituído pelo Na^+ sem haver prejuízo no desenvolvimento da espécie, principalmente em relação à altura, diâmetro de caule e produção de matéria seca total de planta, conforme evidenciado por Marschner (1995).

4.7. Composição química dos grãos de amaranto

A assimilação e acumulação dos nutrientes K^+ (5,81 g kg⁻¹), Ca^{+2} (1,66 g kg⁻¹), P (4,96 g kg⁻¹), Mg^{+2} (2,81 g kg⁻¹) e Cu^{+2} (31,00 mg kg⁻¹) nos grãos do amaranto foi favorecida pelas condições de cultivo, visto que suas magnitudes foram superiores às encontradas, nesse mesmo tecido, por Cole (1979). Por outro lado, as concentrações de Fe^{+2} (51,00 mg kg⁻¹) e Zn^{+2} (28,00 mg kg⁻¹) foram inferiores.

Nesse componente da planta, comparativamente, encontraram-se as menores concentrações de K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ (0,11 g kg⁻¹), Cl^- (1,00 g kg⁻¹), B (15,00 mg kg⁻¹), Fe^{+2} (51,00 mg kg⁻¹) e Mn^{+2} (39,00 mg kg⁻¹). O conteúdo de S (1,97 g kg⁻¹) nos grãos do amaranto foi superior ao encontrado nas raízes e caule, porém inferior ao de folhas e de resíduo de panículas (2,93 g kg⁻¹). O teor de proteína foi aproximadamente igual a 18,88 %, valor ligeiramente superior aos observados por Teutonics & Knorr (1985), Putnam et al. (1989), Belisle (1990), Stallknecht & Schulz-Schaeffer (1993) e Myers (1996), cujo valor variou de 16,5 a 17,5 %. O teor de umidade nas sementes foi de 9,4 %, valor aproximadamente igual ao obtido por Cole (1979), que é 9,0 %.

4.8. Características químicas do resíduo de panícula

Esse componente vegetal, apresentou alto teor de proteína (18,91 %) e alta concentração de P (3,65 g kg⁻¹), K^+ (65,88 g kg⁻¹), Ca^{+2} (15,09 g kg⁻¹), Mg^{+2} (5,81 g kg⁻¹), B (69,00 g kg⁻¹), Zn^{+2} (39,00 g kg⁻¹), Cu^{+2} (26,00 g kg⁻¹) e Fe^{+2} (103,00 g kg⁻¹). As concentrações de Na^+ (0,40 g kg⁻¹), Cl^- (12,00 g kg⁻¹) e Mn^{+2} (43,00 mg kg⁻¹) foram consideradas baixas, quando comparadas às encontradas nas outras partes das plantas (raízes, caule e folhas). Essas características favorecem a utilização desse material como ingrediente para a ração animal.

5. Conclusões

1. O uso da casa de vegetação, por reduzir a incidência da energia solar, proporciona reduções das amplitudes térmicas do ar, da superfície do solo, da taxa de evaporação em minitanque com água e em minitanque com solo, em relação ao meio exterior, porém, não afeta o conteúdo da umidade relativa do ar.
2. O aumento da temperatura, em ambiente aberto e semi-aberto, por elevar a energia cinética das partículas provoca a sua dispersão, ocasionando redução linear da umidade relativa do ar.
3. O uso da proteção do solo, ao impedir que os raios solares incidam diretamente sobre a superfície, reduz a taxa de evapotranspiração do solo, no interior e no exterior da casa de vegetação, comparado ao solo descoberto.
4. O efeito coligativo provocado pelo aumento da salinidade da água de irrigação diminui a pressão de vapor da solução em mini-tanque ocasionando redução linear do potencial evaporativo da água.
5. O uso de proteção do solo reduz o tempo para o início da floração do amaranto, devido impor melhores condições de temperatura e de disponibilidade de água às plantas, enquanto que o aumento da salinidade da água de irrigação diminui o potencial osmótico do solo retardando essa fase do desenvolvimento do amaranto.
6. Aos 90 dias, após emergir do solo, o número de folhas por planta do amaranto não é impactado com o uso de proteção do solo e devido ao estresse salino, até o limite de $4,500 \text{ dS m}^{-1}$.
7. O uso de proteção do solo disponibiliza maior quantidade de água e de nutrientes às plantas ocasionando, conseqüentemente, aumentos na altura de planta, no diâmetro de caule, na área da folha mais desenvolvida, na quantidade de matéria fresca e seca e na produção de grãos do amaranto, comparado ao solo sem proteção.
8. O aumento da salinidade da água de irrigação, até o nível de $4,500 \text{ dS m}^{-1}$, não afetou significativamente a altura média, o diâmetro médio de caule, a produção total de biomassa fresca e seca de planta, indicando que esta espécie, o amaranto, apresenta tolerância relativa à salinidade.
9. Os impactos nas características químicas do solo, ocasionados pelo aumento da salinidade da água de irrigação e pelo uso de cobertura morta, não proporcionaram entre si diferenças

significativas nos valores de pH, CTC, $CE_{1:5}$, salinidade, CE_{ES} e os teores de cálcio, magnésio, ferro e manganês, na solução de solo.

10. O aumento da concentração salina na água de irrigação inibe a absorção de nutrientes pelas plantas, aumenta o valor da porcentagem de sódio trocável, da razão de adsorção de sódio e da razão de adsorção de potássio na solução de solo. Entretanto, o uso de proteção do solo não afetou os três primeiros fatores.
11. A disponibilidade no solo dos macronutrientes fósforo e potássio e dos micronutrientes zinco e cobre não foi afetada com o aumento da salinidade da água de irrigação até o nível de $4,500 \text{ dS m}^{-1}$.
12. As variabilidades medidas pelo coeficiente de variação para os macro e micronutrientes no tecido vegetal – raiz, caule e folha – apresentaram valores de média a alta para os atributos químicos testados.
13. Os teores de proteína bruta e dos nutrientes potássio, cálcio, fósforo, magnésio e cobre nos grãos do amaranto foram beneficiados pelas condições de cultivo no interior da casa de vegetação.
14. Os resíduos de panículas apresentaram composição química/nutricional que favorece a sua utilização como complemento para ração animal.

6. Sugestões

1. Estudos futuros devem ser realizados visando determinar a salinidade limiar, o tipo de solo que o amaranto melhor se adapta e o efeito da adubação de solo e foliar no desenvolvimento do amaranto.
2. É aconselhável fazer-se um estudo para avaliar o desenvolvimento do amaranto quando irrigado com efluente de lagoa de estabilização.
3. Avaliar o impacto no desenvolvimento do amaranto causado pelo uso de diferentes tipos de proteção do solo e período de incubação da cobertura morta.
4. Determinar os coeficientes de transporte para os macronutrientes N, P e K no tecido do amaranto.
5. Realizar um estudo para avaliar a produtividade do amaranto em situação de campo.

Referências bibliográficas

AGÊNCIA BRASIL. Embalagem de comestíveis é feita com farinha de vegetal. **Ciência, Tecnologia & Meio Ambiente**. Virtualbooks. 2002.

ALLOWAY, B. J. Soil processes and the behaviour of metals. In: B. J. Alloway, ed. Blackie, John Wiley & Sons, **Heavy metals in soils**, Inc. Ipswich. 1990. p.7-28.

ALVIM, P. T. & KOZLOWSKI, T. T. Ecophysiology of Tropical Crops. **Academic Press**, New York, 1977. 479p.

ANDRADE, W.E.B.; SOUZA, A.F. & CARVALHO, J. G. de. Limitações nutricionais para a cultura do arroz irrigado em solo orgânico da região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v.21, p.513-517, 1997.

ANSARI, R. Growth and chemical composition of barley (*Hordeum vulgare L.*) cultivars on saline substrate as compared with a salt tolerance variety of wheat (*Triticum aestivum L.*) In: M. L. van Beusichen (ed.), **Plant Nutrition, Physiology and Applications**. Kluwar Academic, Amsterdam, 1990. 463p.

APAZA-GUTIERREZ, V.; ROMERO-SARAVIA, A.; GUILLÉN-PORTAL, F. R.; & BALTENSBERGER, D. D. Response of grain amaranth production to density and fertilization in Tarija, Bolívia. In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), **Trends in New Crops and New Uses**. ASHS Press. Alexandria, VA, 2002. p.107-109.

ASSIS, S. V. **Agrometeorologia**. Universidade Federal de Pelotas. Departamento de Meteorologia. Pelotas, RS. 2004. Disponível na internet: http://minerva.ufpel.tche.br/^assis/agro/agro_03.doc. 2006.

ASOCIACIÓN MEXICANA DEL AMARANTO. **Importancia del amaranto**. México D. F. 2003. Disponível na internet. <http://www.amaranta.com.mx/elamaranto/importancia/importancia.htm>. 2006.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A Qualidade da água na agricultura**. (Tradutores: H. R. Gheyi, J. F. de Medeiros, F. A. V. Damasceno). Campina Grande – Pb. Universidade Federal da Paraíba, 1991. 49p.

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. **A Qualidade da água na agricultura**. 2ª edição. Campina Grande: DEAg/CCT/Universidade Federal da Paraíba. 1999. 153p.

AZIZ, I & KHAN, M. A. Effect of seawater on the growth, ion content and water potential of *Rhizophora mucronata lam*. **J. Plant. Res.** 114, p.369–373. 2001.

BAHNER, D. Reclamation of salinized soils in arid regions. 1999. Disponível na internet. <http://hort.agri.umn.edu/h5015/99fpapers/bahner.htm>. 2000.

BELISLE, D. Amaranth. **Saskatchewan Agriculture, Food and Rural Revitalization**. 3085 Albert Street, Regina, Saskatchewan, Canada S4S 0B1. 1990.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Universidade Federal de Viçosa. Impr. Univ. 6^a Ed. Viçosa, 1995. 386p.

BERTI, M.; SERRI, R. WILCKENS & FIGUEROA, I. Field Evaluation of Grain Amaranth in Chile. In: J. Janick (ed.), **Progress in New Crops**. ASHS Press, Alexandria, VA, 1996. p.223-226.

BLANCO, F. F. **Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo**. Dissertação Mestrado. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz /Universidade de São Paulo, 1999. 104p.

BLANCO, F. F. **Tolerância do tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para a determinação de nutrientes na solução do solo e na planta**. Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2004. 115p.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Ed. Biblioteca Universitária Freitas Bastos. 6^a edição. 1983. 361p.

BRAGA, M. B. & KLAR, A. E. Evaporação e evapotranspiração de referência em campo e estufa orientadas nos sentidos norte-sul e leste-oeste. **Irriga**, Botucatu, v5, n.3, p.222-228, 2000.

BRESSANI, R. & ELIAS, L. G. **Development of 100% amaranth foods**. In: Proc. Third Amaranth Conf. Rodale Press, Inc., Emmaus, PA. 1986.

CADAVID, L. F.; EL-SHARKAWY, M. A.; ACOSTA, A. & SANCHES, T. Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. **Field Crops Research**, v.57, p.45-56, 1998.

CALLAHAN, M. A.; SLIMAK, M. W. & GABLE, N. W. **Water-related fate of 129 priority pollutants**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Planning and Standards. EPA-440/4-79-029. 1979.

CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M. de; CALVALCANTE, I. H. L. **Possibilidade do uso de água salina no cultivo do maracujazeiro amarelo**. 1^a ed. Areia-PB. Editorações Gráficas Diniz. 2001. 42p.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R. & ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p.1161-1164, 2003.

CODEVASF. **Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco**. Ministério da Integração. Disponível na internet. http://www.codevasf.gov.br/vale/hist_vantagens.htm. 2003.

COELHO, F. S. & VERLENGIA, F. **Fertilidade do Solo**. ICEA, 2ed. Campinas, 1973. 384p.

COLE, J. N. Amaranth: from the past, for the future, **Rodale Press**, Emmaus, PA. 1979.

CORKE, H. **Grain amaranth** – Integrated development of starch and other co-products. Department of Botany, University of Hong Kong. Pokfulam Road, Hong Kong. 2003.

CORREA, L. S.; CANESIN, R. C. F. S. & BOLIANI, A. C. Comportamento de cultivares de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em ambiente protegido com tela de propileno: desenvolvimento da planta e produção de frutos. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.9, n.1, p.65-78, 2000.

COSTA, D. M. A.; HOLANDA, J. S. & FILHO, O. A. F. Caracterização de solos quanto a afetação por sais na bacia do Rio Cabugí – Afonso Bezerra, RN. **Holos**, Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte. Natal. v.1, p.1-13, 2004.

DELFINE, S.; ALVINO, A.; ZACCHINI, M. & LORETO, F. Consequences of salt stress on conductance to CO₂ diffusion, Rubisco characteristics and anatomy of spinach leaves. **Aust. J. Plant Physiol.** v.25, p.395-402, 1998.

DUBEY, R. S. Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: M. Pessaraki, (Ed.), **Handbook of Photosynthesis**, Marcel Dekker, New York, 1997. p.859-875.

DUDLEY, L. M. Salinity in the soil environment. In: M. Pessaraki, (Ed.), **Handbook of Plants and Crops Stress**. Marcel Dekker, New York, 1994. p.13-30.

EARLY, D. K. Amaranth Production in Mexico and Peru. In: J. Janick and J. E. Simon (eds.), **Advances in New Crops**. Timber Press, Portland, OR, 1990. p.140-142.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Amaranto BRS Alegria**. Primeira cultivar para os sistemas de produção no Cerrado. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA CERRADO, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - 2ª Edição**. EMBRAPA, 2006. 306p.

FARIAS, J. R. B.; BERGAMASCHI, H. & MARTINS, S. R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.2. p.17-22, 1994.

FAVILLE, M. J.; SILVESTRE, W. B.; ALLAN GREEN, T. G. & JERMYN, W. A. Photosynthetic characteristics of three asparagus cultivars differing in yield. **Crops. Sci.** v.39, p.1070-1077, 1999.

FEIGIN, A.; PRESSAN, E.; IMAS, P. & MILTAU, O. Combined effect of KNO_3 and salinity on yield and chemical composition of lettuce and Chinese cabbage. **Irrig. Sci.** v.12, p.223-230, 1991.

FIREMAN, M. & WADLEIGH, C. H. A Statistical Study of the Relation Between pH and the Exchangeable-sodium-percentage of Western Soils. **Soil Sci.** v.71, p.273-285, 1951.

FITTERER, S. A.; JOHNSON, B. L. & SCHNEITER, A. A. Grain Amaranth Harvest Timeliness in Eastern North Dakota. In: J. Janick (ed.), **Progress in New Crops**. ASHS Press, Alexandria, VA. 1996. p.220-223.

FISARAKIS, I.; CHARTZOULAKIS, K. & STAVRAKAS, D. Response of sultana vines (*V. Vinifera L.*) on six rootstocks to NaCl salinity exposure and recovery. **Agric. Water Manage.** v.51, p.13-27, 2001.

FONTES NÃO CONVENCIONAIS DE ENERGIA. As Tecnologias solar, eólica e de biomassa. 3ª Edição – **Revista, Modificada e Ampliada** - UFSC. 1999. 218p.

FURLAN, R. A.; BOTREL, T. A. & SILVA PAZ, V. P. da. Consumo de água pela cultura do crisântemo envasado sob condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/Universidade Federal da Paraíba. v.2, n.1, p.52-55, 1998.

FURLAN, R. A. & FOLEGATTI, M. V. Distribuição vertical e horizontal de temperaturas do ar em ambientes protegidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/Universidade Federal da Paraíba. v.6, n.1, p.93-100, 2002.

GAIKWAD, D. K. & CHAVAN, P. D. Effect of salt stress on some antinutritional factors in *Amaranthus* species. **Acta Botanica Hungarica.** v.38, p.255-362, 1995.

GAIKWAD, D. K. & CHAVAN, P. D. Salinity induced changes in stomatal behavior and water relations in three *Amaranthus* species. **Ann. Plant Physiol.** v.12, p.119-125, 1998.

GALVANI, E.; DANTAS, R. T.; ESCOBEDO, J. F. & KLOSOWSKI, E. S. Parâmetros meteorológicos em cultura de alface (*Lactuca sativa*, L.) cultivada em casas de vegetação com orientações leste-oeste, norte-sul e condições externas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p.157-63, 1998.

GHOULAM, C.; FOURSY, A. & FARES, K. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and praline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. **Environ. Exp Bot.** v.47, p.39-50, 2002.

GILL, K. S.; GAJRI, P. R.; CHAUDHARY, M. R. & SINGH, B. Tillage, mulch, and irrigation effects on corn (*Zea mays L.*) in relation to evaporative demand. **Soil Tillage Research**, v.39, p.213-227, 1996.

GLOBO RURAL. **De volta ao campo**. Edição nº. 159, Janeiro de 1999.

- GRATTAN, S. R. & GRIEVE, C. M. Mineral nutrient acquisition and response by plant grown in saline environments. In: M. Pessarakli (ed.), **Handbook of Plant and crop stress**. Marcel Dekker, New York, 1994. p.203-226.
- GRATTAN, S. R. & GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Sci. Hort.** v.78, p.127-157, 1999.
- HAYES, W. A.; YEO, S. G.; GRESSWELL, P. A. & JAKEMAN, K. J. Paper and pulp mill by-product as a casing medium for mushroom culture. **Mushroom J.**, v.62, p.38-44, 1978.
- HE, Q. B. & SINGH, B. R. Crop uptake of cadmium from phosphorus fertilizers. Part I. Yield and cadmium content. **Water Air and Soil Pollution** v.74, p.251-265, 1994.
- HENDERSON, T. L.; SCHNEITER, A. A.; & RIVELAND, N. Row Spacing and Population Effects on Yield of Grain Amaranth in North Dakota. In: J. Janick and J. E. Simon (eds.) **New Crops Wiley**, New York, 1993. p.219-221.
- HILLEL, D. **Salinity management for sustainable irrigation**. Washington: World Bank, 2000. 92p.
- HOFFMAN, G. J.; RHOADES, J. D.; LETEY, J. & SHENG, F. Salinity management. In: Hoffman, G.J.; Howell, T.A.; Solomon, K.H. (Ed.) **Management of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, Pamela De-Vore-Hansen, 1992. p.667-715.
- IBARRA, L.; FLORES, J. & DÍAZ-PÉREZ, J. C. Growth and yield musk-melon in response to plastic mulch and row covers. **Scientia Horticulturae**, Coah, v.87, n.1-2, p.139-145, 2001.
- IDEMA-RN, **Informativo Municipal de Afonso Bezerra-Rn**. Natal, v 5, p1-1. 1999.
- KALBERER, P. P. Influence of the depth of the casing layer on the water extraction from casing soil and substrate by the sporophores, on the yield and on the dry matter content of the fruit bodies of the first three flushes of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. **Sci. Hort.** v.27, p.33-43, 1985.
- KAMAT, J. P. & DEVASAGAYAM, T. P. A. Tocotrienols from palm oil as potent inhibitor of lipid peroxidation and protein oxidation in rat brain mitochondria. **Neuroscience Letter**. v.195, p.179-182, 1995.
- KAUFFMAN, C. S. & WEBER, L. E. Grain Amaranth. In: J. Janick and J. E. Simon (eds.), **Advances in New Crops**. Timber, Portland, OR. 1990. p.127-139.
- KAYA, C.; KIRNAK, H. & HIGGS, D. Enhancement of growth and normal growth parameters by foliar application of potassium and phosphorus in tomato cultivars grown at high (NaCl) salinity. **J. Plant Nutr.** v.24, p.357-367, 2001.

KHAN, M. A.; UNGAR, I. A. & SHOWALTER, A. M. Effects of sodium chloride treatments on growth and ion accumulation of the halophyte *Haloxylon recurvum commun.* **Soil Sci. Plant Anal.** v.31, p.2763-2774, 2000.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KOOYENGA, D. K.; GELLER, M.; WATKINS, T. R.; GAPOR, A.; DIAKOUMAKIS, E. & BIERENBAUM, M. L. Antioxidant effects of tocotrienols in patients with hyperlipidemia and carotid stenosis. **PORIM - International Palm Oil Congress**, Kuala Lumpur, Malaysia. Nutrition Conference. 1996. p.152-160.

KÖPPEN, W. **Climatologia.** Fondo de Cultura Econômica. México, 1948. 478p.

KVET, J. & MARSHAL, J.K. Assessment of leaf area and other assimilating plant surfaces. In: CATZK, J.; JARVIS, P. G. (Ed.). **Plant photosynthetic production: manual of methods.** The Hague: Junk, 1971. p.517-575.

LAMOND, R. E. & WHITNEY, D. A. Management of saline and sodic soils, MF-1022. K-State. **Research & Extension.** Disponível na internet: http://www.oznet.ksu.edu/_library/crpsl2/samplers/mf1022.htm. 2000.

LIMA, W. P. **Regime da água do solo em microbacias florestais.** Disponível na internet: <http://lcf.esalq.usp.br/lhf/apostila/cap07.pdf>. 2006.

LOMBARDI, S. R. B.; MORAES, D. M. DE & CAMELATTO, D. Evaluation of growth and postharvest ripening of shinsseiki pears. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v.35, n.12, 2000.

LONGSTRETH, D. J. & NOBEL, P. S. Salinity effects on leaf anatomy. **Plant Physiol.** v.63, p.700-703, 1979.

LU, C. M.; QIU, N. W.; LU, Q. T.; WANG, B. S. & KUANG, T. Y. Does salt stress lead to increased susceptibility of photosystem II, to photoinhibition and changes in photosynthetic pigment composition in halophyte *Suaeda sausa* grown outdoors? **Plant Sci.** v.163, p.1063-1068, 2002.

MACCANNNA, C. **Comercial mushroom production.** Dublin: Foras Taluntais, 1984. 162p.

MACLER, B.; BAMBERG, G.; MOFFATT, E.; BUE, H. & NISHIOKA, L. Effects of salinity and nitrogen on growth, productivity and food value of *Amaranthus* in controlled culture. **Proc. 4th Nat. Amaranth Symp.** 1990. p.129-141.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola. Nutrição de plantas e fertilidade do solo.** Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo-SP, 1976. 312p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** Editora Agronômica Ceres. São Paulo-SP, 2006a. 251p

- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Editora Agronômica Ceres. São Paulo-SP, 2006b. 638p.
- MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; CAIAFFO, M. R. & BUENO, A. C. Comportamento da temperatura do solo gramado, a 5 cm de profundidade, no Estado do Rio Grande do Sul. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Trigo**. n. 5, 1999.
- MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; CIACCO, F. C. & SPEHAR, C. R. Fracionamento do grão de *Amaranthus cruentus* brasileiro por moagem e suas características composicionais. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, v.23, n.3, 2003.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. ed. New York: Academy Pres, 1995. 889p.
- MARTINS, G. Produção de tomate em ambiente protegido. In: Encontro Nacional de Produção e Abastecimento de Tomate, 2. **Anais**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. p.219-230.
- MARTINS, S. R.; FERNANDES, H.S.; ASSIS, F.N. de & MENDEZ, M.E.G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.15-23, 1999.
- MATCH, T.; OHTA, D. & TAKASHASHI, E. Effects of sodium application on growth of *Amaranthus tricolor* L. **Plant Cell Physiol**. v.27, p.187-192, 1986.
- MATZENAUER, R.; GESSINGER, G.I. & MALUF, J. R. T. Efeito da temperatura do solo na duração do sub-período sementeira-emergência em milho (Resultados preliminares). In: **Reunião Técnica Anual do Milho**, 27. Ata. Porto Alegre, Instituto de Pesquisa Agropecuária/Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1982. p.31-33.
- MEDEIROS, J.F. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão**. (Tese Doutorado). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, 1998. 152p.
- MELLONI, R; SILVA, F. A. M. & CARVALHO, J. G. Cálcio, magnésio e potássio como amenizadores dos efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). **Cerne**, v.6, n.2, p.35-40, 2000.
- MILLS, B. **Interpreting water analysis for crop and pasture**. May 1999. The State of Queensland, Department of Primary Industries (DPI). Disponível na internet. <http://www.dpi.qld.gov.au/dpinotes/fieldcrops/genmanage/fs99334.html>. 2000.
- MOLEIRO, J. F. Inheritance of the tolerance of salt in sunflower. Tektran. United States Department of Agriculture. **Agriculture Research Service**. Disponível na internet. <http://www.babelfish.altavista.com/cgi-bin/translate?.htm>. 2000.

MONTEIRO, J. I.; CASTILLA, N.; GUTIERREZ de RAVÉ, E. & BRETONES, F. Climate under plastic in the Almeria. **Acta Horticulturae**. The Hague, v.170, p.227-34, 1985.

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGATO, E. J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A. V. & PRELA, A. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.15-24, 2005

MORAES, J. F. V. Movimento de nutrientes em latossolo vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.1, p.85-97, 1991.

MORALES, E.; LEMBCKE, J. & GRAHAM, G. G. Nutritional value for young children of grain amaranth and maize-amaranth mixtures: effect of processing. **J. Nutr.** v.118, p.78-85, 1988.

MUNNS, R. & TERMAAT, A. Whole-plant responses to salinity. *Aust. J. Plants Physiol.* v.13, p.143-160, 1986.

MURATA, S.; KOBAYASHI, M.; MATOH, T. & SEKYIA, J. Sodium stimulates regeneration phosphoenolpyruvate in mesophyll chloroplasts of the *A. tricolor*. **Plant Cell Physiol.** v.33, p.1247-1250, 1992.

MYERS, R. L. & PUTNAM, D. H. **Growing grain amaranth as a specialty crop**. College of Agriculture, Food and Environmental Sciences. Department of Agronomy and Plant Genetics. University of Minnesota. FS-03458-GO, 1988.

MYERS, R. L. Amaranth: new crop opportunity. In: J. Janick (ed.), **Progress in New Crops**. ASHS Press, Alexandria, VA, 1996. p.207-220.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Amaranth modern prospects for an ancient crop. **Nat. Acad. Sci.**, Washington, DC, 1984.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Amaranth: modern prospect for an Ancient crop. Washington: **National Academy Press**, 1984. p.1-81.

NESARETNAM, K.; GUTHRIE, N.; CHAMBERS, A. F.; CARROLL, K. K. Effect of tocotrienols on the growth of a human breast cancer cell line in culture. **Lipids**; v.30, p.1139-1143, 1995.

NSF – National Science Foundation. **Lead in the environment**. (Bogges WR, ed.). Washington, DC: NSFIRA-770214, 1977.

NUTRITION COMMITTEE, AMERICAN HEART ASSOCIATION. Dietary guidelines for healthy American adults. **Circulation**. v.122, p.513-519, 1988.

O'BRIEN, G. K. & PRICE, M. L. Amaranth: grain and vegetable types. **Echo Technical Note**. 1983. Disponível na internet. <http://www.echotech.org/technical/technotes/amaranth.PDF>. 2007.

OLIVEIRA, M.R.V. de. O emprego de casas-de-vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.8, p.1049-1060, 1995.

OLIVEIRA, J. J. de. **Variabilidade de características químicas de um solo salino-sódico**. Campina Grande: Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. 1998. (Dissertação Mestrado).

OMAMI, E. N. **Response of amaranth to salinity stress**. Department of Plant Production and Soils Science. Faculty of Natural and Agricultural Sciences. University of Pretoria. South Africa. 2005. 255p. (Tese de Doutorado).

ORTOLANI, A. A. & PINTO, H. S. **Temperatura do solo**. In: MONIZ, A. C. Elementos de Pedologia, São Paulo:Polígono, 1972. p.59-76.

PARDOSSI, A.; BAGNOLI, G.; MALORGIO, F.; CAMPIOTTI, C. A. & TOFNONI, F. NaCl effect on celery (*Apium graveolens L.*) grown in NFT. **Scientia Hort.** v.81, p.229-242, 1999.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. & MITTRA, B. Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguiera parviflora*. **Trees-struct. Funct.** v.18, p.167-174, 2004.

PERWAK, J.; BYSSHE, S. & GOYER, M. **An exposure and risk assessment for copper**. Washington, DC: USEPA. USEPA-440/4-81-015, 1980.

PETERSEN, F.H. **Water Testing and Interpretation**. In: Reed, D.W. (Ed.) Water media, and nutrition for greenhouse crops. Batavia: Ball, 1996. p.31-49.

PETTIGREW, W. T. & MEREDITH, W. R. Leaf gas exchange parameter vary among cotton genotypes. **Crops. Sci.** v.34, p.700-705, 1994.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 12. Ed. Nobel. São Paulo, 1987. 466p.

PREGUNTAS FRECUENTES INDUSTRIAL. 28/07/2003. Disponível em: <http://www.amaranto.org.mx/article/articleprint/86/-1/30/>. 2006.

PUTNAM, D. H.; OPLINGER, E. S.; DOLL, J. D. & SCHULTE, E. M. **Amaranth**. Center for Alternative Plant & Animal Products, Minnesota Extension Service, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108. Departments of Agronomy and Soil Science, College of Agricultural and Life Sciences and Cooperative Extension Service, University of Wisconsin – Madison, WI 53706, 1989.

QURESHI, A. A. The structure of an inhibitor of chlolesterol biosynthesis isolated from barley. **J. Biol. Chem.** , v.261, p.10544-10550, 1991.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres/Potafos, 1991. 343 p.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils. Washington: United States Salinity Laboratory. (USDA. **Agriculture Handbook**, 60). 1974. 160p.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A. & MASHALI, A.M. The use of saline waters for crop production. **FAO Irrigation and Drainage Paper** N° 48. United Nations, Rome, 1992. 133p.

ROMERO-ARANDA, R.; SORIA, T. & CUARTERO, J. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. **Plant Sci.** v.160, p.265-272, 2001.

SANTOS, J. C. F.; SOUZA, I. F. de; MENDES, A. N. G.; MORAIS, A. R. de; CONCEIÇÃO, H. E. O. da & MARINHO, J. T. S. Efeitos de extratos de cascas de café e de arroz na emergência e no crescimento do caruru de mancha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.6, p.783-790, 2002.

SAUER, J. D. Historical geography of crop plants: a Select Roster. **CRC Press**, Boca Raton, FL, 1967.

SAUNDERS, R. M. & BECKER, R. **Amaranthus**. In: Y. Pomeranze (ed.), Advances in cereal science and technology. American Association of Cereal Chemistry. 1983. cap.6.

SAVVAS, D. & LENZ, F. Influence of NaCl concentration in the nutrient solution on mineral composition of eggplant grown in sand culture. **Angew.. Bot.** v.70, p.124-127, 1996.

SCHULTE, E. E.; PETERS, J. B. & KELLING, K. A. The Effect of soil pH and liming on the yield and quality of crops. Ann. Rpt. To the Winconsin Dept. Agr. Trade and Consumer Protection. Project 1813, Dept. **Soil Sci**, Univ. Winconsin, Madison, 1991.

SEARLY, R. L.; MCWILLIAMS, E. L.; J. NOVAK, F. FONG & KENERLEY, C. M. Vegetable Amaranths: Cultivar Selection for Summer Production in the South. In: J. Janick and J. E. Simo (eds.), **Advances in New Crops**. Tember Press, Portland, OR, 1990. p.396-398.

SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M. & FRANCOIS, L. E. Whole-plant response to salinity. In: R. E. Wilkinson (ed.). **Plant-environment interactions**. Marcel Dekker, New York, 1994. p.199-244.

SHIMOSE, N.; SHEKIYA, J.; KIMURA, O. & SUZUKI, I. Salt tolerance of amaranth, mugwort, eggplant and perilla. *Jap. J. Tropical Abric.* v.35, n.1, p.16-19, 1991.

SILVA, M. C. C.; MEDEIROS, J. F.; NEGREIROS, M. Z. & SOUZA, V. F. Produtividade de frutos do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, com e sem cobertura do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p. 202-205, 2005.

SINGH, B. P. & WHITEHEAD, W. F. Response of vegetable amaranth to differing soil pH and moisture regimes. **ISHS Acta Horticulturae** 318: II International Symposium on Specialty and Exotic Vegetable Crops. 1992. Disponível na internet. http://www.actahort.org/books/318/318_30.htm. 2003.

SINGHAL, R. S. & KULKARNI, P. R. Review: amaranths an underutilized resource. **Int. J. Food Sci. Tech.**, v.23, p.125-139, 1988.

SOHAN, D.; JASONI, R. & ZAJICEK, J. Plant-water relations of NaCl and calcium-treated sunflower plants. **Environ. Exp. Bot.** v.42, p.105-111, 1999.

SOSULSKI, F. W. & IMAFIDON, G. I. Amino acid composition and nitrogen-protein conversion factor for animal and plant foods. **J. Agric. Food Chem.**, Washington, v.38, p.1351-56, 1990.

SPEHAR, C. R.; TEIXEIRA, D. L.; LARA CABEZAS, W. A. R. & ERASMO, E. A. L. Amarantho BRS *Alegria*: alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.38, n.5, p.659-663, 2003.

STALLKNECHT, G. F. & SCHULZ-SCHAEFFER, J. R. Amaranth rediscovered. In: J. Janick and J. E. Simon (eds.), **New Crops**. Wiley, New York, 1993. p.211-218.

STAMETS, P. & CHILTON, J. S. The mushroom cultivator. Washington: Agrikon Press, 1983. 415p.

STANGHELLINI, C. Evapotranspiration in greenhouse with special reference to Mediterranean conditions. **Acta Horticulture**, Leven, n.335, p.296-304, 1993.

STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.

STEPHENS, J. M. **Amaranth**. *Amaranthus* ssp. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Disponível na internet. <http://edis.ifas.ufl.edu/MV006>. 1994.

STEWART, D. P. C. Unburnt bush fallows: a preliminary investigation of soil conditions in a bush fallow and two successive crops of taro (*Colocasia esculenta* L. Schoot) in western Samoa. **Field Crops Research**, v.38, p.29-36, 1994.

SULTANA, N.; IKEDA, T. & ITIH, R. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environ. Exp. Bot.** v.42, p.211-220, 1999.

TANAKA, M. & GENTA, H. Control del medio ambiente bajo invernadero y tunel plástico. Salto, Uruguay. Estación **Experimental de Citricultura**, 1982. 61p.

TEIXEIRA, D. L.; SPEHAR, C. R. & SOUZA, L. A. C. Caracterização agronômica de amarantho para cultivo na entressafra no cerrado. **Pesquisas Agropecuárias Brasileiras**, Brasília, v 38, n.1, p.45-51, 2003.

TEUTONICO, R. A. & KNORR, D. Amaranth: composition, properties and applications of a rediscovered food crop. **Food Technol.** v.39, p.49-60, 1985.

TRANI, P. E.; GROppo, G. A.; SILVA, M. C. P.; MINAMI, K. & BURKE, T. J. Diagnóstico sobre a produção de hortaliças no Estado de São Paulo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.19-24, 1997.

TRANI, P. E. Fertirrigação para hortaliças no Estado de São Paulo. In: **Workshop de Fertirrigação**, 1, Resumos. Piracicaba: DER/ESALQ/USP, 1999. p.35-36.

UEXKULL, H. R. von. Drought and chloride deficiency. A deadly combination for hybrid coconuts. **Better Crops International**, Atlanta, v.8, n.1, p.8-9, 1992.

VIJAY, B.; SAXENA, S & SOHI, H. S. Studies on new casing media for *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. **Mushroom J.** n.178, p.313-315, 1987.

VILLELA, S. M. Combate à seca no semi-árido nordestino – meu depoimento. 1999. Disponível na internet. <http://www.sds.org.br/aguadebeber/contribuicao/swami.htm>. 2006.

WAHOME, P. K.; JESCH, H. H. & GRITNER, I. Mechanism of salt stress tolerance in two rose rootstocks: *Rose chinensis* “major” and *R. rubiginosa*. **Sci. Hort.** v.87, p.207-216, 2001.

WANJOGU, S. N.; MUYA, E. M.; GICHERU, P. T. & WARURU, B. K. Soil degradation: management and rehabilitation in Kenya. Proceedings of the FAO/ISCW expert consultation on Management of Degraded Soil in Southern and Eastern Africa. (MADS/SEA). 2nd Networking Meeting, 18 – 22 September 2000, Pretoria, South Africa, 2001. p.102-113.

WARRICK, A. W. & NIELSEN, D. R. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980. cap.13, p.319-344.

WATKINS, T.; LENZ, P.; GAPOR, A.; STRUCK, M.; TOMEO, A. & BIERENBAUM, M. Gamma-tocotrienol as a hypocholesterolemic and antioxidant agent in rats fed atherogenic diets. **Lipids**, v.28, p.1113-1118, 1993.

WIKIPÉDIA. **Irrigação.** 2006. Disponível na internet em <http://pt.wikipedia.org/wiki/irriga%C3%A7%C3%A3o>. 2006.

WILLIAMS, G. P. & GOLD, L.W. Ground temperatures. Canadian Building Digest. National Research Council Canada. Canada, 1976.

ANEXOS: Análises de variância para os parâmetros avaliados

Tabela 4.1: Análise de variância para a temperatura média diária na superfície do solo, relativa aos intervalos experimentados.

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Casa de vegetação	1	58,4820	58,4820	45,2822 ^{**}
Proteção do solo	1	0,7220	0,7220	0,5590 ^{ns}
Interação	1	0,4500	0,4500	0,3484 ^{ns}
Resíduo	16	20,6640	1,2915	--
Total	19	80,3180	--	--

G.L.: Grau de liberdade; S. Q.: soma dos quadrados; Q. M.: quadrado médio; F.: fator para análise de variância.

** significativo ao nível de 1 % de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 4.2: Análise de variância da média diária de água evaporada em minitanque com solo com e sem proteção, dentro e fora da casa de vegetação.

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Casa de vegetação	1	1,5313	1,5313	6,5862 [*]
Proteção do solo	1	7,7815	7,7815	33,4698 ^{**}
Interação	1	0,0378	0,0378	0,1626 ^{ns}
Resíduo	28	6,5098	0,2325	--
Total	31	15,8604	--	--

G.L.: Grau de liberdade; S. Q.: soma dos quadrados; Q. M.: quadrado médio; F.: fator para análise de variância.

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

Tabela 4.3: Análise de variância da taxa de evaporação de soluções salinas, em ambiente protegido.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Probabilidade
Entre Grupos	3	4,9130	1,6377	3,8522	1 %
Dentro dos grupos	384	163,2509	0,4251	--	--
Total	387	168,1636	--	--	--

Tabela 4.5: Resumo das análises de variância de parâmetros caracterizadores do solo cultivado.

Parâmetro	Fonte de variação	Q.M.	F	Significância
pH	Proteção do solo	0,0378	0,1104	ns
	Salinidade	0,0064	0,0187	ns
	Interação	0,0526	0,1536	ns
CTC (mg kg ⁻¹)	Proteção do solo	2,8853	0,7333	ns
	Salinidade	7,1490	1,8170	ns
	Interação	4,6743	1,1880	ns
MO (g kg ⁻¹)	Proteção do solo	55,9153	2,9241	ns
	Salinidade	57,7062	3,0177	5 %
	Interação	33,1828	1,7353	ns
CE _{ES} (dS m ⁻¹)	Proteção do solo	14,8147	1,7808	ns
	Salinidade	14,0868	1,6933	ns
	Interação	14,2794	1,7164	ns
PST (%)	Proteção do solo	46,5371	2,0318	ns
	Salinidade	516,4293	22,5475	1 %
	Interação	98,2866	4,2912	5 %
RAS	Proteção do solo	0,9941	2,5105	ns
	Salinidade	5,8987	14,8977	1 %
	Interação	1,4860	3,7531	5 %
RAP	Proteção do solo	0,2701	5,5059	5 %
	Salinidade	0,2147	4,3763	5 %
	Interação	0,0193	0,3928	ns

ns: não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 4.6: Resumo das análises de variância de macro e micronutrientes do solo cultivado.

Parâmetro	Fonte de variação	Q.M.	F	Significância
Ca ⁺² (cmol _c kg ⁻¹)	Proteção do solo	0,0975	0,0030	ns
	Salinidade	4,6485	1,4869	ns
	Interação	5,4649	1,7480	ns
Mg ⁺² (cmol _c kg ⁻¹)	Proteção do solo	2,2208	3,5179	ns
	Salinidade	1,3299	2,1066	ns
	Interação	0,7081	1,1218	ns
K ⁺ (mg kg ⁻¹)	Proteção do solo	1,8964	6,7967	5 %
	Salinidade	1,7808	6,3823	1 %
	Interação	0,1939	0,6950	ns
P (mg kg ⁻¹)	Proteção do solo	0,2381	2,3226	ns
	Salinidade	0,5861	5,7188	1 %
	Interação	0,0347	0,3388	ns
Fe ⁺² (mg kg ⁻¹)	Proteção do solo	7,3153	0,2033	ns
	Salinidade	77,8737	2,1641	ns
	Interação	36,7237	1,0206	ns
Zn ⁺² (mg kg ⁻¹)	Proteção do solo	310,9395	4,1466	ns
	Salinidade	275,6442	3,6760	5 %
	Interação	27,5353	0,3672	ns
Cu ⁺² (mg kg ⁻¹)	Proteção do solo	279,6613	9,5984	1 %
	Salinidade	177,3128	6,0857	1 %
	Interação	11,9433	0,4099	ns
Mn ⁺² (mg kg ⁻¹)	Proteção do solo	0,0002	0,0152	ns
	Salinidade	0,0080	0,6914	ns
	Interação	0,0016	0,1345	ns
Na ⁺ (mg kg ⁻¹)	Proteção do solo	8,6320	2,2466	ns
	Salinidade	33,8133	8,8003	1 %
	Interação	12,1287	3,1566	5 %

ns: não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 4.7: Análise de variância do tempo para o início da floração do amaranto.

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Proteção do solo	1	22,7813	22,7813	20,8286**
Salinidade	3	21,0938	7,0313	6,4286**
Interação	3	1,5938	0,5313	0,4857 ^{ns}
Resíduo	24	26,2500	1,0938	--
Total	31	71,7188	--	--

** significativo ao nível de 1%; ^{ns} não significativo ao nível de 5%.

Tabela 4.8: Análise de variância da altura e da espessura do caule do amaranto, 90 dias após emergência.

Parâmetro	Fonte de variação	Q. M.	F	Significância
Altura de planta (cm)	Proteção do solo	2032,0312	11,1262	1 %
	Salinidade	498,1146	2,7274	ns
	Interação	23,1146	0,1266	ns
Espessura de caule (mm)	Proteção do solo	66,4128	48,9717	1 %
	Salinidade	1,7637	1,3005	ns
	Interação	0,0770	0,0568	5 %

^{ns} não significativo ao nível de 5%.

Tabela 4.9: Análise de variância para a área da folha mais desenvolvida, 90 dias após emergência.

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Proteção do solo	1	23017,9968	23017,9968	9,4959**
Salinidade	3	29066,4964	9688,8322	3,9971*
Interação	3	1872,5743	624,1914	0,2575 ^{ns}
Resíduo	24	58175,5648	2423,9819	--
Total	31	112132,6323	--	--

** significativo ao nível de 1 % de probabilidade; * significativo ao nível de 5 % de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 4.10: Resumo das análises de variância da produção de biomassa fresca das diferentes partes das plantas, 90 dias após emergência.

Parâmetro	Fonte de variação	Q.M.	F	Significância
Altura de panículas (cm)	Proteção do solo	10,1250	0,1705	ns
	Salinidade	143,7083	2,4204	ns
	Interação	34,2083	0,5761	ns
Massa de panículas (g planta ⁻¹)	Proteção do solo	11896,5313	19,3656	1 %
	Salinidade	998,5871	1,6255	ns
	Interação	490,5804	0,7986	ns
Massa de folhas (g planta ⁻¹)	Proteção do solo	17737,8613	13,5308	1 %
	Salinidade	8410,2388	6,4155	1 %
	Interação	2375,7954	1,8123	ns
Massa de caules (g planta ⁻¹)	Proteção do solo	16507,4450	33,4557	1 %
	Salinidade	134,3425	0,2723	ns
	Interação	687,4025	1,3932	ns
Massa de raízes (g planta ⁻¹)	Proteção do solo	221,0253	4,3554	5 %
	Salinidade	46,3228	0,9128	ns
	Interação	75,6553	1,4908	ns
MFT (g planta ⁻¹)	Proteção do solo	147736,8903	41,7987	1 %
	Salinidade	11471,6195	3,2456	5 %
	Interação	3560,1778	1,0073	ns

ns: não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 4.12: Resumo das análises de variância da produção de biomassa seca das diferentes partes das plantas, 90 dias após emergência.

Parâmetro	Fonte de variação	Q.M.	F	Significância
Massa de panículas (g planta ⁻¹)	Proteção do solo	456,8509	19,9201	1 %
	Salinidade	74,1302	3,2323	5 %
	Interação	66,5536	2,9019	ns
Massa de folhas (g planta ⁻¹)	Proteção do solo	815,0703	51,6552	1 %
	Salinidade	130,1275	8,2468	1 %
	Interação	38,5585	2,4437	ns
Massa de caules (g planta ⁻¹)	Proteção do solo	565,2363	11,3178	1 %
	Salinidade	4,2093	0,0843	ns
	Interação	36,9380	0,7396	ns
Massa de raízes (g planta ⁻¹)	Proteção do solo	13,1072	14,6403	1 %
	Salinidade	2,0513	2,2912	ns
	Interação	1,0416	1,1634	ns
MST (g planta ⁻¹)	Proteção do solo	5987,1889	46,8013	1 %
	Salinidade	294,1998	2,2997	ns
	Interação	176,7151	1,3814	ns

ns: não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

Tabela 4.14: Análise de variância para macro e micronutrientes presentes no tecido vegetal do amaranto, 90 dias após emergência.

Tratamentos	Macronutrientes (g kg ⁻¹)								Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl	B	Zn	Cu	Fe	Mn
Raízes													
Proteção do solo	3,31 ^{ns}	4,98 [*]	26,15 ^{**}	3,68 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,06 ^{ns}	3,39 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,57 ^{ns}	5,30 [*]	3,45 ^{ns}	1,65 ^{ns}
Salinidade	3,41 [*]	1,77 ^{ns}	30,73 ^{**}	0,61 ^{ns}	3,08 [*]	1,43 ^{ns}	12,11 ^{**}	0,63 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,23 ^{ns}
Interação	1,79 ^{ns}	2,63 ^{ns}	6,71 ^{**}	2,34 ^{ns}	2,27 ^{ns}	2,28 ^{ns}	2,13 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,76 ^{ns}	3,27 [*]	5,16 ^{**}	3,11 [*]	3,95 [*]
Caule													
Proteção do solo	6,85 [*]	0,44 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,16 ^{ns}	3,73 ^{ns}	6,88 [*]	0,30 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,99 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,06 ^{ns}
Salinidade	2,61 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,21 ^{ns}	5,69 [*]	44,39 ^{**}	5,25 ^{**}	2,88 ^{ns}	1,60 ^{ns}	2,17 ^{ns}	1,12 ^{ns}	2,74 ^{ns}
Interação	2,19 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,92 ^{ns}	2,15 ^{ns}	2,17 ^{ns}	2,23 ^{ns}	0,63 ^{ns}	3,35 [*]	2,30 ^{ns}	2,39 ^{ns}	0,93 ^{ns}
Folhas													
Proteção do solo	1,11 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,64 ^{ns}	4,15 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,10 ^{ns}	5,53 [*]	0,05 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,44 ^{ns}
Salinidade	0,15 ^{ns}	0,81 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,44 ^{ns}	3,84 [*]	1,04 ^{ns}	0,74 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,74 ^{ns}	1,86 ^{ns}
Interação	0,70 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,40 ^{ns}	2,47 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,43 ^{ns}

** : Significativo ao nível de 1 %; * : significativo ao nível de 5 %; e ns: não significativo ao nível de 5 %.

Tabela 4.18: Resumo das análises de variância das relações de nutrientes na matéria seca das folhas do amaranto, 90 dias após emergência.

Parâmetro	Fonte de variação	Q.M.	F	Significância
N/Cl ⁻	Proteção do solo	0,04961	7,2098	5 %
	Salinidade	0,00449	0,6527	ns
	Interação	0,01504	2,1853	ns
K ⁺ /Na ⁺	Proteção do solo	1273,98900	1,1178	ns
	Salinidade	4891,90780	4,2920	5 %
	Interação	1616,54281	1,4183	ns
Ca ⁺² /Na ⁺	Proteção do solo	1255,63133	3,5503	ns
	Salinidade	1185,21509	3,3512	5 %
	Interação	1008,88219	2,8526	ns
Mg ⁺² /Na ⁺	Proteção do solo	392,07000	2,0171	ns
	Salinidade	679,34639	3,4951	5 %
	Interação	306,07527	1,5747	ns

ns: não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)