

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO AMARANTO (*Amaranthus* spp.) SOB ESTRESSE SALINO E COBERTURA MORTA⁽¹⁾

Djeson Mateus Alves da Costa⁽²⁾, Henio Normando de Souza Melo⁽³⁾,
Sebastião Ribeiro Ferreira⁽³⁾ & José Simplício de Holanda⁽⁴⁾

RESUMO

Investigar cultivares tolerantes à salinidade da água de irrigação e do solo é uma necessidade nas áreas agrícolas abastecidas por água de qualidade insatisfatória. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da salinidade da água de irrigação e da cobertura morta do solo no desenvolvimento vegetativo do amaranto (*Amaranthus* spp.) cultivado em casa de vegetação. O experimento foi realizado entre março e maio de 2006, utilizando-se colunas de PVC com 30 kg de um solo de textura franco-siltosa. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e oito tratamentos, sendo testado o uso ou não de cobertura morta e quatro níveis de salinidade na água de irrigação (0,147; 1,5; 3,0; e 4,5 dS m⁻¹, a 25 °C). A cobertura morta antecipou o início da floração e aumentou a área foliar, a altura de planta, o diâmetro de caule e a produção de biomassa. O aumento na concentração salina não ocasionou redução nos teores de Ca e Mg, no tecido foliar. O aumento na concentração de sais na água de irrigação retardou a floração do amaranto, porém a espécie apresentou tolerância até o limite de 4,5 dS m⁻¹, pois a produção de biomassa seca não foi afetada por esse aumento de salinidade.

Termos de indexação: água de irrigação. área foliar, floração.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Recebido para publicação em março de 2007 e aprovado em outubro de 2007.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Formação de Professores, Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFETRN. Av. Sen. Salgado Filho 1553, CEP 59015-000 Natal (RN). E-mail: djeson@cefetrn.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Campus Universitário, CEP 59000-000 Natal (RN). E-mail: henio@eq.ufrn.br; ferreira@eq.ufrn.br

⁽⁴⁾ Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN. Caixa Postal 59, CEP 59020-390 Natal (RN). E-mail: simplicioemparn@rn.gov.br

SUMMARY: GROWTH AND DEVELOPMENT OF AMARANTH (*Amaranthus spp*) UNDER SALINE STRESS AND MULCH

*In agricultural areas irrigated with water of unsatisfactory quality, plants that are tolerant to the salinity in water and soil are needed. The purpose of this work was to evaluate the influence of the salinity of irrigation water and soil mulch on the vegetative development of amaranth (*Amaranthus spp*) in a greenhouse. The experiment was carried out from March to May 2006 in PVC columns with 30 kg of soil with silt loam texture. The non-use of mulch and four salinity levels of the irrigation water (0.147; 1.5; 3.0; 4.5 dS m⁻¹, to 25 °C) was evaluated in a completely randomized design with eight treatments and four replications. Mulch reduced the beginning of flowering and increased the leaf area, plant height, stalk diameter and biomass production. The increase of the saline concentration did not reduce the calcium and magnesium concentrations in the leaf tissue. The higher salt concentration of the irrigation water delayed amaranth flowering, but the species was tolerant up to 4.5 dS m⁻¹, since dry biomass production was not affected by the higher water salinity.*

Index terms: irrigation water, leaf area, flowering.

INTRODUÇÃO

A irrigação é uma técnica que tem como vantagens a manutenção quase que constante da umidade do solo e da quantidade de água disponível para as plantas, o aumento da produtividade agrícola, a continuidade da produção no período da estiagem e a valorização da propriedade rural e da produção. Permite, também, maior número de colheitas por ano e o controle das plantas invasoras, reduz o uso de insumos agrícolas e pode, ainda, ser utilizada com eficiência na dessalinização do solo. No entanto, quando mal conduzida, provoca a degradação do solo, ocasionando diminuição do seu potencial produtivo. Esse fato ocorre, em geral, devido ao acúmulo de sais no solo, os quais são transportados pela água de irrigação (CODEVASF, 2003).

A qualidade da água utilizada na irrigação é uma característica que deve ser questionada antes do início do cultivo, pois se trata de um dos fatores que têm limitado ou impossibilitado a expansão da produção agrícola no Nordeste brasileiro. Além disso, a alta taxa de evapotranspiração e a baixa pluviosidade contribuem para salinização dos solos irrigados (Medeiros, 1992). Embora as águas salinas tenham sido consideradas inadequadas para irrigação, seu uso pode ser viabilizado, desde que se adotem práticas de manejo culturais adequadas e culturas tolerantes à salinidade (Stephuhn, 2001).

O uso de cobertura morta, como proteção do solo, diminui a evaporação da água adicionada durante a irrigação, evitando a precipitação de sais na zona radicular. Segundo Stamets & Chilton (1983), essa camada protege o substrato colonizado contra a perda de água, favorece a formação de microclima úmido, serve como reservatório de água para a cultura em crescimento e favorece o desenvolvimento de

microrganismos benéficos à frutificação. A cobertura morta pode prover nutrientes às plantas (Cadavid et al., 1998), promove o crescimento do sistema radicular na camada superficial e reduz as flutuações de temperatura do solo (Gill et al., 1996). Depois de incorporada ao solo, essa proteção viabiliza o aumento da quantidade de água disponível à planta (Stewart, 1994).

Nos solos afetados por sais, o Na é o que causa mais problemas, podendo interferir no crescimento das plantas (Kashem et al., 2000) e na distribuição de nutrientes nas suas partes (Viana et al., 2001). Algumas espécies vegetais apresentam rendimentos favoráveis, inclusive em condições de cultivo em alta salinidade e sodicidade, muito embora outras sejam mais sensíveis. As palmas destacam-se por sua tolerância a sais e têm o Cl⁻ como macronutriente (Uexkull, 1992). Segundo Ayers & Westcot (1991), essa diferença associa-se à melhor capacidade de adaptação osmótica de algumas espécies, sendo estas capazes de absorver e acumular íons, utilizando-os na síntese de compostos orgânicos, além de absorverem água quando submetidas a baixos potenciais osmóticos.

A escolha da cultura a ser irrigada deve levar em consideração, principalmente, sua adaptação ao clima e sua tolerância à salinidade da água e do solo. Segundo Guillen-Portal et al. (1999) e Putnam et al. (2003), uma das culturas que se adaptam bem às condições de alta insolação e à temperatura de morna a quente, típicas das regiões áridas e semi-áridas, é o gênero *Amaranthus* spp. Essa cultura se adapta, também, a altitudes que vão desde o nível do mar até 3.500 m (Teixeira et al., 2003). Todavia, o excesso de sais pode interferir na área foliar (Makus, 2003; Omami, 2005) e na produção de biomassa (Pardossi et al., 1999; Romero-Aranda et al., 2001).

Por ser o amaranto uma cultura de alto teor protéico, variando de 12 a 17 %, com perfil de aminoácido bem distribuído, incluindo alta quantidade de lisina (Myers, 1996), ele desponta como uma nova espécie capaz de diversificar a produção de alimentos, na região do Nordeste brasileiro, principalmente em períodos de entressafra. Os grãos do amaranto podem ser utilizados na alimentação humana e animal e adotados em dietas especiais, como farinha, cereais matinais, massas, biscoitos livres de colesterol, e consumido por pacientes celíacos (William & Brenner, 1995).

Em razão de se tratar de um cultivo pouco conhecido no Brasil, este trabalho objetivou avaliar a influência da salinidade da água de irrigação e da cobertura morta no desenvolvimento e produção de biomassa do amaranto, em ambiente protegido.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em casa de vegetação no Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (CEFET-RN), na cidade de Natal-RN. A classificação climática para a região, segundo Köppen (1948), é do tipo Bsh. O experimento se desenvolveu no período de 7/3 a 7/5/2006, correspondente à estação chuvosa.

As condições no interior da casa de vegetação, durante o período experimental, apresentaram como valores máximo e mínimo para a temperatura do ar 38,5 e 27,9 °C, respectivamente. A umidade relativa máxima foi de 99 % e a mínima de 52 %. A alta amplitude verificada para a umidade relativa reflete as condições climáticas predominantes durante a estação das chuvas.

O solo utilizado foi oriundo de um terreno de formação aluvial, o qual apresentou como granulometria 36,1 % de areia, 11,0 % de argila e 52,9 % de silte, tendo como classificação textural franco-siltoso (Quadro 1).

O delineamento experimental foi completamente casualizado com quatro repetições e com os tratamentos dispostos em fatorial 2 x 4, correspondendo ao uso ou não de cobertura morta e quatro níveis de salinidade, perfazendo um total de 32 parcelas. Os níveis de salinidade para água de irrigação (dosados com NaCl) em termos de condutividade elétrica corresponderam a 0,147; 1,5; 3,0; e 4,5 dS m⁻¹. A escolha desses níveis de salinidade deve-se às condutividades elétricas apresentadas pelas águas disponíveis para irrigação, na região onde foi feita a coleta de solo para o estudo (Costa et al., 2004).

A água utilizada foi coletada do sistema de abastecimento de água do CEFET-RN e apresentou condutividade elétrica de 0,147 dS m⁻¹ e salinidade correspondente à da solução S1. As demais soluções, S2, S3 e S4, foram obtidas pela adição de NaCl até atingir os níveis de salinidade desejados.

Utilizaram-se folhas de acácia, secas e trituradas, como material para formação da camada de cobertura morta, com altura de 5 cm. Esse componente vegetal encontra-se em abundância nas proximidades da área na qual se realizou o experimento. Nesse caso, cada parcela era constituída por um tubo de PVC (diâmetro de 25 e 60 cm de altura), empacotado com aproximadamente 30 kg de solo.

No final do período experimental, aos 43 dias após transplante (DAT), foram avaliados: a altura das plantas, desde o nível do solo até o ápice; a espessura do caule (5 cm acima do nível do solo), utilizando um paquímetro; e a área da folha mais desenvolvida (AFMD), por meio da expressão $AFMD = 2hc/3$, em que 2/3 é o fator de forma determinado para as folhas do amaranto, enquanto *h* e *c* indicam as maiores dimensões da folha nos sentidos longitudinal e transversal, respectivamente (Monteiro et al., 2005). Os valores calculados por esse método foram comparados aos obtidos após digitalização de cada folha, no software Autocad, tendo apresentado erro percentual de aproximadamente ± 2 %.

Quadro 1. Propriedades físicas e químicas do solo antes do plantio e dos tratamentos

Propriedade	Resultado	Propriedade	Resultado
pH em água (1:2,5)	7,50	K (mg kg ⁻¹)	389,00
Ca ²⁺ (cmolc kg ⁻¹)	8,90	Na (mg kg ⁻¹)	129,00
Mg ²⁺ (cmolc kg ⁻¹)	3,50	CEES (1:5) (dS m ⁻¹)	0,34
Al ³⁺ (cmolc kg ⁻¹)	0,00	PST (%)	3,75
H + Al (cmolc kg ⁻¹)	0,99	Retenção de água a -0,03 MPa (%)	14,60
P disponível (mg kg ⁻¹)	175,00	Densidade aparente (g cm ³)	1,36

CE_{ES}: condutividade elétrica do extrato saturado. PST: percentagem de sódio trocável.

Observou-se também o tempo para início da floração (dias) e produção de matéria seca total por meio da soma da matéria seca de parte aérea (caule e folhas) e raízes das plantas. Foram avaliados, também, os teores de Na, Ca, Mg, K, N, P e Cl na matéria seca do tecido foliar (Embrapa, 1999), relacionando-os aos tratamentos aplicados.

Os dados obtidos foram estatisticamente avaliados por meio de análise de variância e teste F ($p < 0,01$), e ajuste de equação de regressão dos resultados obtidos como variável dos níveis de salinidade da água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de proteção do solo e o aumento da salinidade da água de irrigação contribuíram ($p < 0,01$), respectivamente, para diminuição e aumento do tempo para início da floração das plantas (Figura 1). Esse fato evidencia que o uso de proteção do solo, por disponibilizar maior quantidade de água às plantas (Stewart, 1994) e favorecer o desenvolvimento de microrganismos benéficos a estas (Stamets & Chilton, 1983), propicia melhores condições para o início da floração, ao mesmo tempo em que o aumento da salinidade da água de irrigação, por elevar a concentração de sais no solo (Medeiros, 1992; Kashem et al., 2000), retarda essa fase do desenvolvimento do amaranto. Pela análise de variância, observou-se que a interação proteção do solo x salinidade não foi significativa.

O tempo para início da floração das plantas aumentou linearmente, com níveis crescentes da salinidade da água de irrigação (Figura 1). Em solo sem cobertura, para cada dS m^{-1} de aumento na salinidade houve retardamento de aproximadamente meio dia na floração. Esses resultados evidenciam redução no tempo para essa fase do desenvolvimento, o qual é apresentado como sendo de 45 dias após

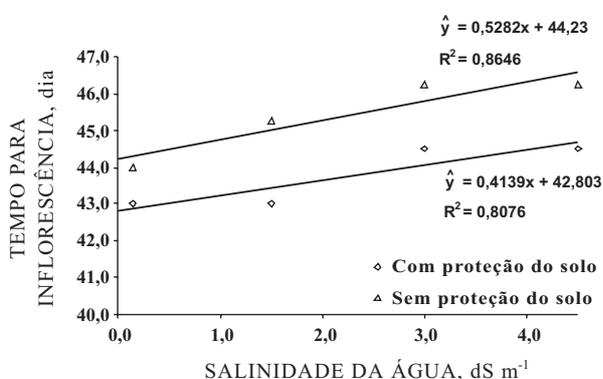


Figura 1. Tempo para floração de plantas de amaranto, em função da salinidade da água de irrigação.

emergência (Teixeira et al., 2003). A tendência ao paralelismo pelas retas (Figura 1) confirma a ausência de interação entre os tratamentos. Dessa maneira, o uso de proteção do solo interferiu no desenvolvimento do amaranto, independentemente do nível de salinidade da água de irrigação, até o limite de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$.

O uso da cobertura morta, como proteção do solo, proporcionou aumento significativo ($p < 0,01$) na altura e no diâmetro de caule das plantas (Figura 2). Contrariando as observações feitas por Omami (2005), não foram observadas alterações significativas para altura e diâmetro de caule com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 2), tampouco interações entre os tratamentos adotados. Observou-se pequena redução na altura de plantas devido à elevação da concentração de sais na água de irrigação, o que pode ser conseqüência da redução do potencial osmótico da solução do solo (Ayers & Westcot, 1991), resultando em menor crescimento da planta. O excesso de Na, usualmente associado ao Cl^- , também pode reduzir o crescimento das plantas por meio de processos fisiológicos Kashem et al., 2000).

A proteção do solo aumentou significativamente ($p < 0,01$) a área da folha maior, enquanto o aumento da salinidade da água de irrigação não modificou a área desse tecido vegetal (Figura 3). O uso de proteção do solo proporcionou aumento médio da AFMD de 19,98 %, quando comparado ao solo desprotegido. Makus (2003) verificou redução do tamanho do caule

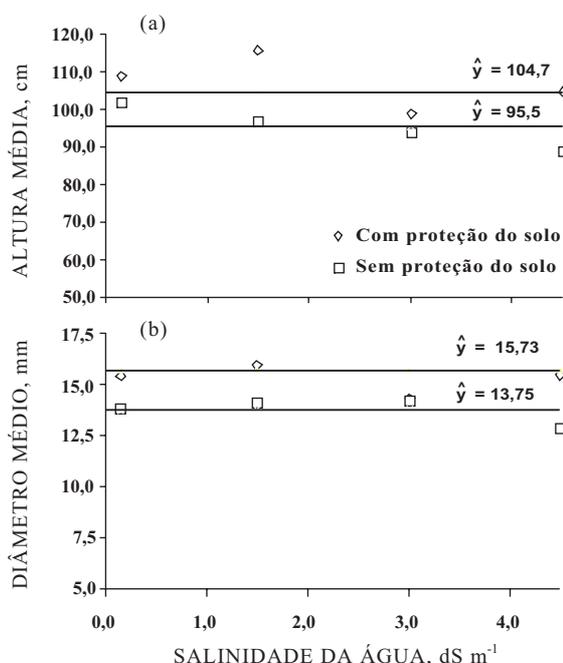


Figura 2. Altura (a) e diâmetro (b) de plantas de amaranto aos 43 dias após o transplante, em função da salinidade da água de irrigação, medida pela condutividade elétrica.

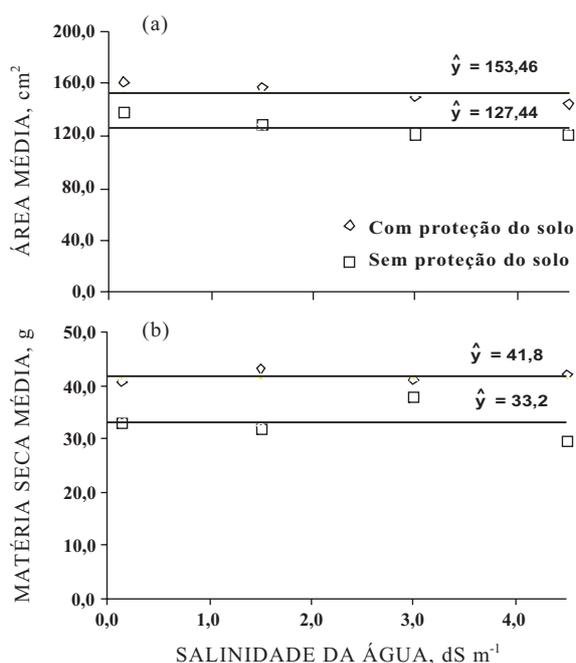


Figura 3. Área da folha maior (a) e massa de matéria seca total (b) de plantas de amaranto aos 43 dias após o transplante, em função da salinidade da água de irrigação.

e da área foliar ao elevar o nível de salinidade de 0,17 para 3,11 dS m⁻¹. Para um nível de salinidade mais elevado, Omami (2005) observou redução de 35 % na área foliar quando elevou a concentração salina de 1,2 para 7,0 dS m⁻¹ (NaCl); essas diferenças são atribuídas ao ambiente, à espécie cultivada e aos níveis de salinidade.

A produção de biomassa seca em solo protegido foi significativamente ($p < 0,01$) superior à obtida em solo não-protegido (Figura 3) – acréscimo que correspondeu a 26,10 %. Esse fato evidencia maior disponibilidade de água e nutrientes às plantas, devido ao uso da proteção do solo (Cadavid et al., 1998), mas pode ser também consequência da redução de flutuações de temperatura do solo, imposta pelo uso de proteção, o que favoreceu uma maior produção de biomassa (Gill et al., 1996).

O aumento da salinidade da água de irrigação não proporcionou reduções significativas ($p < 0,01$) na produção de biomassa seca (Figura 3), contrariando os resultados obtidos por Pardossi et al. (1999) e Romero-Aranda et al. (2001). Isso indica que a espécie se adaptou ao clima (Putnam et al., 2003) e ao solo e apresentou tolerância aos níveis de salinidade testados (Guillen-Portal et al., 1999; Teixeira et al., 2003). Pela análise de variância, não foi constatada interação significativa entre proteção do solo x salinidade.

Os valores médios para a biomassa seca de parte aérea e de parte submersa representaram, respectivamente, 91,17 e 8,83 % da matéria seca total das

plantas. A matéria seca representou aproximadamente 13,0 % da biomassa úmida total, seja relativa à parte aérea ou à parte submersa de planta, resultado que corrobora o obtido por Omami (2005).

O uso de cobertura morta e o aumento da salinidade da água de irrigação não alteraram ($p < 0,05$) os teores da maioria dos nutrientes na matéria seca das folhas do amaranto aos 43 DAT, o que ratifica essa espécie como tolerante até o limite de salinidade testado. A análise química da matéria seca das folhas revelou os seguintes teores médios, em g kg⁻¹: 38,46 de N; 4,80 de P; 49,82 de K; 29,63 de Ca; e 21,60 de Mg. No entanto, o aumento de salinidade da água de irrigação causou crescimento linear ($p < 0,05$) nos teores de Na e Cl na matéria seca do tecido foliar (Figura 4), embora não tenha havido diferenças nos teores desses nutrientes em razão do uso ou não de proteção do solo. O aumento do teor de Na no tecido analisado, de 1,18 para 3,22 g kg⁻¹, não ocasionou redução nos teores de Ca e Mg, contrariando os resultados obtidos por Viana et al. (2001), quando trabalharam com folhas de parra. Esse feito ratifica a exigência da espécie cultivada da presença de certo teor de Na, pois o aumento do teor desse elemento, na matéria seca do tecido foliar, não interferiu na distribuição de Ca e Mg nas folhas. O teor médio de Cl⁻ nas folhas do amaranto (79,63 g kg⁻¹) superou a faixa real admitida para culturas tolerantes a essa espécie química, como as palmáceas, cujos valores oscilam entre 25 e 45 g kg⁻¹ (Uexkull, 1992).

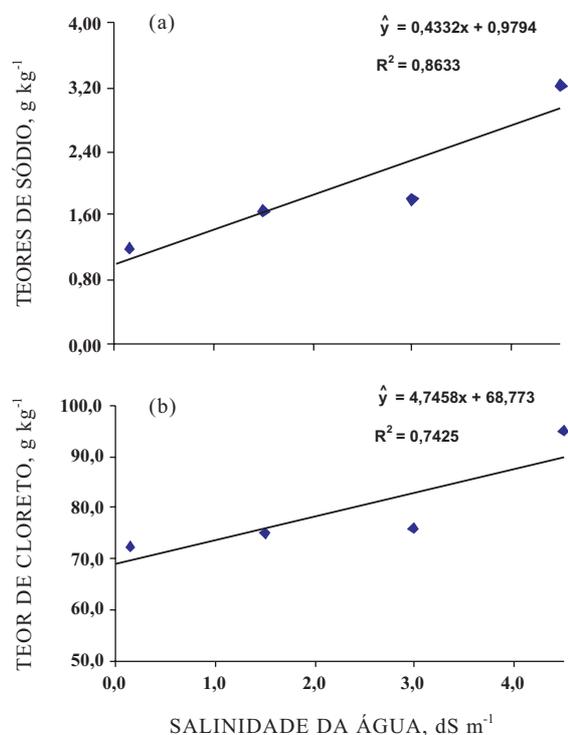


Figura 4. Teores de sódio (a) e de cloreto (b) na biomassa seca das folhas, aos 43 dias após o transplante, em razão da salinidade da água de irrigação.

CONCLUSÕES

1. A proteção do solo reduziu o tempo para início da floração das plantas e aumentou a altura de planta, o diâmetro do caule, a área da folha maior e a produção de biomassa seca do amaranto.

2. O aumento da salinidade da água de irrigação contribuiu para retardar o tempo médio de início da floração do amaranto, porém não interferiu nos teores de Ca e Mg na matéria seca das folhas.

3. O amaranto apresentou tolerância à salinidade da água de irrigação, até o limite de 4,5 dS m⁻¹, pois não houve modificação na produção de biomassa seca.

AGRADECIMENTOS

Ao CEFET-RN, pelo apoio financeiro e pela disponibilidade de materiais e equipamentos.

LITERATURA CITADA

- AYERS, R.S. & WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1991. 218p.
- 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 Res.*, 57:45-56, 1998.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA - CODEVASF. Histórico e vantagens da irrigação. Disponível em: http://www.codevasf.gov.br/menu/os_vales/historico. 2003. Acesso em 12 dez. 2006.
- COSTA, D.M.A.; HOLANDA, J.S. & FILHO, O.A.F. Caracterização de solos quanto a afetação por sais na bacia do Rio Cabugi – Afonso Bezerra, RN. *R. Holos*, 20:112-125, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, 1999. 370p.
- 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 Till. Res.*, 39:213-227, 1996.
- GUILLEN-PORTAL, F.R.; BALTENSPERGER, D.D. & NELSON, L.A. Plant population influence on yield and agronomic traits in Plainsman Grain Amaranth. In: JANICK, J., ed. *Perspectives on new crops and new uses*. Alexandria, ASHS Press, 1999. p.190-193.
- KASHEM, M.A.; ITOH, K.; IWABUCHI, S.; HORI, H. & MITSUI, T. Possible involvement of phosphoinositide-Ca²⁺ signaling in the regulation of α -amylase expression and germination of rice seed (*Oryza sativa* L.). *Plant Cell Physiol.*, 41:399-407, 2000.
- KÖPPEN, W. *Climatologia*. México, Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.
- MAKUS, D.J. Salinity and nitrogen levels can affect the agronomic performance, leaf color and mineral nutrients of vegetable amaranth. *Subtrop. Plant Sci.*, 55:1-6, 2003.
- MEDEIROS, J.F.. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados de RN, PB e CE. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1992. 173p. (Tese de Mestrado)
- MONTEIRO, J.E.B.A.; SENTELHAS, P.C.; CHIAVEGATO, E.J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A.V. & PRELA, A. Estimativa da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. *Bragantia*, 64:15-24, 2005.
- MYERS, R. L. Amaranth: New crop opportunity. In: JANICK, J., ed. *Progress in new crops*. Alexandria, ASHS Press, 1996. p.207-220.
- OMAMI, E.N. Response of amaranth to salinity stress. Pretoria, University of Pretoria, 2005. 235p. (Tese de Doutorado)
- PARDOSSI, A.; BAGNOLI, G.; MALORGIO, F.; CAMPIOTTI, C.A. & TOFNONI, F. NaCl effects on celery (*Aptum Graveolens* L.) grown in NFT. *Sci. Hortic.*, 81:229-242, 1999.
- PUTNAM, D.H.; OPLINGER, E.S.; DOLL, J.D. & SCHULTE, E.M. Amaranth. Disponível em: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/amaranth.html>. Acesso em: 20 nov. 2003.
- ROMERO-ARANDA, R.; SORIA, T. & CUARTERO, J. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline grown conditions. *Plant Sci.*, 160:265-272, 2001.
- STAMETS, P. & CHILTON, J.S. *The mushroom cultivator*. Washington, Agrikon Press, 1983. 415p.
- STEPPUHN, H. Pre-irrigation of a severely-saline soil with *in situ* water to establish dry land forages. *Trans. Am. Soc. Agron. Eng.*, 44:1543-1551, 2001.
- 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.) Schott) in western Samoa. *Field Crops Res.*, 38:29-36, 1994.
- TEIXEIRA, D.L.; SPEHAR, C.R. & SOUZA, L.A.C. Caracterização agrônômica de amaranto para cultivo na entressafra no cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:45-51, 2003.
- UEXKULL, H.R.von. Drought and chloride deficiency. A deadly combination for hybrid coconuts. *Better Crops Intern.*, 8:8-9, 1992.
- VIANA, A.P.; BRUCKNER, C.H. & PRIETO MARTINEZ, H.E. Na, K, Mg and Ca concentrations of grape-vine rootstock in saline solution. *Sci. Agric.*, 58:187-191, 2001.
- WILLIAM, J.T. & BRENNER, D. Grain amaranth (*Amaranthus* species). In: WILLIAM, J.T., ed. *Underutilized crops: Cereals and pseudocereals*. London, Chapman & Hill, 1995. p.128-186.