



## **SALINIDADE: EFEITOS NA FISILOGIA E NA NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS**

Thiago Rodrigo Schossler<sup>1</sup>, Diogo Milhomem Machado<sup>1</sup>, Alan Mario Zuffo<sup>2</sup>, Fabrício Ribeiro de Andrade<sup>1</sup>, Adelfran Cavalcante Piauilino<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pós-Graduando em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus - Brasil. ([schossler@msn.com](mailto:schossler@msn.com))

<sup>2</sup> Pós-Graduando em Agronomia – Fitotecnia da Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus - Brasil

**Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012**

### **RESUMO**

A salinidade pode ser definida como a situação de excesso de sais solúveis, sódio trocável ou ambos em horizontes ou camada superficiais, afetando o desenvolvimento vegetal. O efeito da salinidade sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas é um assunto discutido em vários países, principalmente, nos que apresentam regiões áridas e semiáridas. Essa revisão aborda os efeitos da salinidade desde o solo até a alocação e utilização de nutrientes pelas plantas, visando à nutrição de plantas. Nas propriedades químicas do solo o aumento das concentrações de sais e sódio trocável, ocasiona a redução de sua fertilidade, e nas propriedades físicas, provoca desestruturação, aumento da densidade do solo e redução da infiltração de água pelo excesso de íons sódicos. Na germinação, reduz o gradiente de potencial entre o solo e a superfície da semente, restringindo a captação de água pela semente, e assim reduzindo as taxas de germinação. No entanto, seus principais efeitos estão na nutrição mineral de plantas. Os efeitos do excesso de sais solúveis na solução do solo, principalmente o Na e o Cl, provocam redução do desenvolvimento vegetal, atribuído devido ao efeito osmótico, provocado pela redução do potencial osmótico; desbalanço nutricional em função da elevada concentração iônica e a inibição da absorção de outros cátions pelo sódio e o efeito tóxico dos íons de sódio e cloreto. A magnitude dos danos depende do tempo, concentração, tolerância da cultura e volume de água transpirado.

**PALAVRAS-CHAVE:** solo, germinação, excesso, seca fisiológica, danos, tolerância

**SALINITY: EFFECTS ON PHYSIOLOGY AND MINERAL NUTRITION OF PLANTS**

### **ABSTRACT**

Salinity can be defined as a situation of excess soluble salts, exchangeable sodium or both horizons or surface layer, affecting plant development. The effect of salinity

on the growth and development of plants is a subject discussed in many countries, especially in those with arid and semiarid regions. This review explores the effects of salinity from the ground to the allocation and utilization of nutrients by plants, aiming to plant nutrition. In soil properties increased concentrations of salts and exchangeable sodium, results in the reduction of their fertility, and physical properties, causes disruption, increased soil density and reducing water infiltration by excess sodium ions. In germination, reduces the potential gradient between the soil and the seed surface, restricting water uptake by the seed, and thus reducing germination rates. However, its main effects are on the mineral nutrition of plants. The effects of excess soluble salts in the soil solution, especially Na and Cl, cause reduction in plant development assigned due to the osmotic effect, caused by the osmotic potential reduction; nutritional imbalance due to the high ionic concentration and inhibition of uptake of sodium and other cations by the toxic effect of the sodium ions and chloride. The magnitude of the damage depends on the time, concentration, crop tolerance and volume of water transpired.

**KEYWORDS:** soil, germination, excess, physiological dry, damage, tolerance

## INTRODUÇÃO

Um dos fatores de maior preocupação na agricultura atual é a salinidade do solo, especialmente a irrigada, e o manejo inadequado da irrigação e dos fertilizantes utilizados na atividade agrícola são um dos principais responsáveis pelo aumento da quantidade de solos degradados com este problema (D'ALMEIDA et al., 2005; EPSTEIN & BLOOM, 2006). O efeito da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas é um assunto discutido em vários países, principalmente, nos que apresentam regiões áridas e semiáridas (RIBEIRO et al., 2009).

No Brasil, uma maior importância em relação a esse assunto é dada ao sertão nordestino, onde a evapotranspiração supera a precipitação e, por consequência, impossibilita a percolação da água através do perfil e, conseqüentemente, a lixiviação dos sais do solo (FREIRE & FREIRE, 2007). Nestes ambientes, há tendência de acúmulo de sais, liberados dos minerais do material de origem (plagioclásio), predominantemente, os cátions  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+}$  e os ânions  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^{-}$  e  $\text{CO}_3^{-2}$  (RIBEIRO et al., 2009). Assim como outras propriedades químicas e físicas do solo, a salinidade apresenta variabilidade temporal e espacial natural em função da profundidade do lençol freático, das práticas de manejo utilizadas, da taxa de evapotranspiração, da salinidade da água, da pluviosidade e de outros fatores hidrogeológicos (D'ALMEIDA et al., 2005).

O excesso de sais de sódio, além de trazer prejuízos às propriedades físicas e químicas do solo, provoca a redução generalizada do crescimento das plantas cultivadas provocando sérios prejuízos à atividade agrícola (CAVALCANTE et al., 2010). Contudo, o grau ou a concentração de sais que determinam essa redução varia com a espécie, podendo esse fato estar relacionado com a tolerância de cada espécie à salinidade (FERREIRA et al., 2001).

A salinidade pode ser definida como a situação de excesso de sais solúveis, sódio trocável ou ambos em horizontes ou camada superficiais, afetando o desenvolvimento vegetal (RIBEIRO et al., 2009). No entanto, o problema da salinidade nos solos agricultáveis está relacionado às respostas das plantas, tanto na fisiologia quanto no metabolismo vegetal, afetando o desenvolvimento vegetal desde a germinação, provocando redução na produtividade e, em casos mais

severos, podendo levar a morte (FARIAS, 2008).

Portanto, estudos que integrem as diferentes variáveis fisiológicas e nutricionais, associando essas variáveis ao grau de toxicidade de sais no solo e o verificado nos diversos órgãos e tecidos das plantas são fundamentais para o melhor entendimento dos efeitos da salinidade nas espécies cultivadas. Dessa forma, tais estudos contribuem para o aperfeiçoamento das técnicas de manejo visando à redução dos prejuízos provocados. Neste sentido, essa revisão aborda os efeitos da salinidade desde o solo até a alocação e utilização de nutrientes pelas plantas, visando à nutrição de plantas.

## **SALINIDADE NO SOLO**

No solo, os efeitos da salinidade no desenvolvimento vegetal provem de alterações nas suas propriedades químicas e físicas. Em relação às propriedades químicas, o aumento das concentrações de sais e sódio trocável, ocasiona a redução de sua fertilidade e, em longo prazo, pode levar a desertificação (D'ALMEIDA et al., 2005).

O efeito do excesso de sais ocorre principalmente pela interação eletroquímica entre os sais e a argila (SERTÃO, 2005). A alta condutividade elétrica verificada em solos salinos se devem as altas concentrações de sais, podendo restringir a absorção de nutrientes, interferir no desenvolvimento das plantas e reduzir a níveis antieconômicos, em função da elevação do potencial osmótico (MENDES et al., 2008). A implicação prática da salinidade sobre o solo é a perda da fertilidade e a susceptibilidade à erosão, além da contaminação do lençol freático e das reservas hídricas subterrâneas.

Ademais, a salinidade afeta também as propriedades físicas do solo, provocando desestruturação, aumento da densidade e redução das taxas de infiltração de água no solo pelo excesso de íons sódicos (RHOADES et al., 2000). O sódio aumenta a espessura da dupla camada iônica (RIBEIRO et al., 2009). A principal caracterização desse efeito é a expansão da argila quando umedecida e a contração quando seca (SERTÃO, 2005). Assim, seu excesso na solução do solo provoca a dispersão da argila e, desta forma, acarreta em uma camada adensada que dificulta o crescimento, respiração, expansão radicular, além da absorção de água e fixação de CO<sub>2</sub> pela planta (TÁVORA et al., 2001).

Portanto, a salinidade, uma vez que influencia na estrutura do solo, reduz também a sua capacidade de armazenar água e, conseqüentemente, sua absorção. Neste caso, afeta também a absorção dos nutrientes em que o mecanismo de contato íon-raiz ocorre em solução aquosa (fluxo em massa) e, assim, interferindo na absorção principalmente de N, S, Ca e Mg (PRADO, 2008), efeito semelhante ao observado em solos compactados (NOVAIS & MELLO, 2007). Deste modo, a salinidade pode afetar a fisiologia das plantas cultivadas devido às alterações químicas e físicas do solo (SERTÃO, 2005).

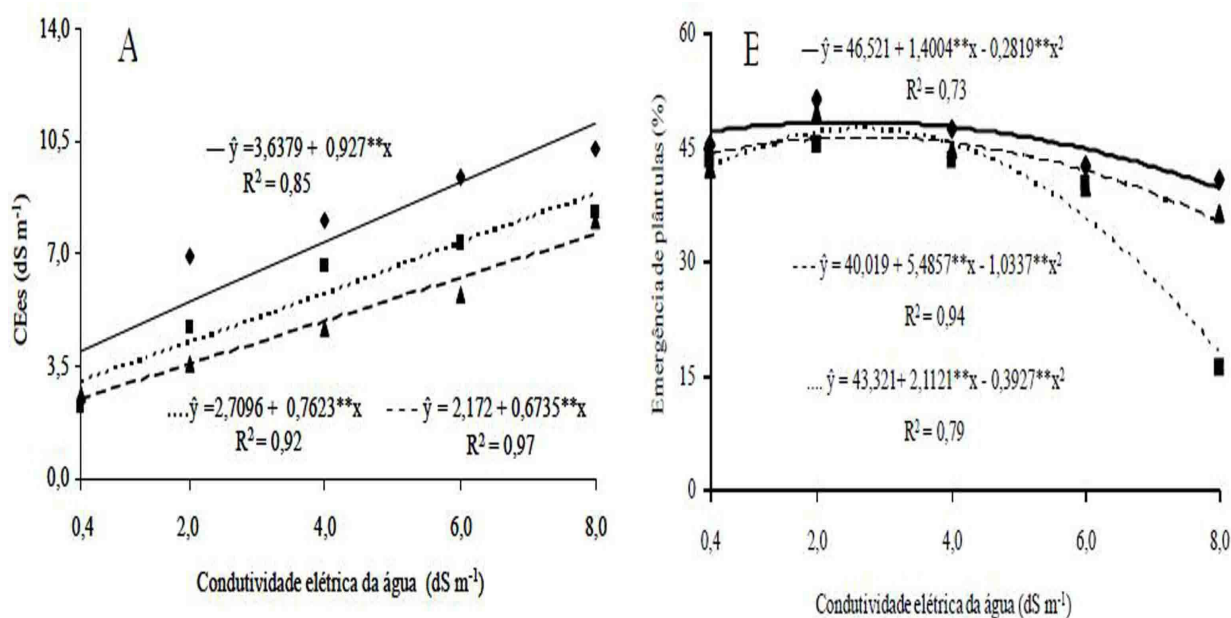
## **EFEITO NA GERMINAÇÃO**

Além dos efeitos deletérios da salinidade no solo, outro efeito pode ser visto é na germinação de sementes. A presença de sais interfere no potencial hídrico do solo, reduzindo o gradiente de potencial entre o solo e a superfície da semente, restringindo a captação de água pela semente, e reduzindo as taxas de germinação (LOPES et al., 2008). Além disso, Prisco (1987) relata que o metabolismo

germinativo também é influenciado, levando à inibição da mobilização das reservas e distúrbios nos sistemas de membranas do eixo embrionário.

Alguns trabalhos (SOUZA et al. 2010; MARQUES et al., 2011; SOUSA et al., 2011) demonstram os efeitos da salinidade na germinação de sementes, visando principalmente os efeitos negativos. Nesse sentido, SOUZA et al. (2010), trabalhando com germinação de pinhão manso, submetidos ao estresse salino em diferentes concentrações, observaram que a salinidade causou atraso no processo de germinação das sementes e uma redução no crescimento inicial das plântulas. A diminuição da porcentagem de germinação das sementes pode estar ligada a dificuldade de absorção da água, devido a potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição, influenciando a absorção de água, podendo inviabilizar a sequência de eventos relacionados ao processo germinativo (MOTERLE et al., 2006).

Embora no processo germinativo a semente não necessite de nutrientes minerais, apenas de hidratação e aeração (SOARES et al., 2007). De acordo com CAVALCANTE et al. (2010), a fonte de salinidade pode influenciar neste processo. Esses autores, utilizando três fontes de salinidade (água salina de barragem, água concentrada em cloreto de sódio e água rica em sulfato de sódio) verificaram que, embora, a água salina de barragem tenha sido a que mais aumentou a condutividade elétrica, foi também a que proporcionou maior emergência, quando comparado às demais fontes (FIGURA 1). Os autores argumentam que devido à ação antagônica exercida pelo cálcio, magnésio e potássio sobre o sódio na água salina de barragem atenuaram os efeitos depressivos do sódio durante o crescimento do eixo embrionário do mamoeiro.



**Figura 1:** Condutividade elétrica do extrato de saturação (A) e emergência de plântulas (B) de mamoeiro Havaí, em função de níveis e fontes de sais da água irrigação (◆ — água salina de barragem, ■.... NaCl, ▲--- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Fonte: CAVALCANTE et al., 2010

## NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Os sais exercem efeitos de forma direta ou indireta, lenta ou brusca, total ou parcial sobre o desenvolvimento e produção das culturas (SERTÃO, 2005). Os efeitos do excesso de sais solúveis na solução do solo, principalmente o Na e o Cl, provocam redução do desenvolvimento vegetal, especialmente nas espécies mais susceptíveis, promovendo distúrbios fisiológicos (FARIAS et al., 2009). SILVA et al. (2000), resumem os efeitos da salinidade do solo sobre as plantas em: efeito osmótico provocado pela redução do potencial osmótico; desbalanço nutricional devido à elevada concentração iônica e a inibição da absorção de outros cátions pelo sódio e o efeito tóxico dos íons de sódio e cloreto.

Quando há saturação no solo por teores apreciáveis de carbonato de sódio, o pH do solo pode alcançar valores elevados e, nesse caso, há a diminuição da disponibilidade de zinco, cobre, manganês, ferro e boro, podendo ocorrer deficiência nas plantas cultivadas, principalmente em pequenas quantidades. Neste caso, o crescimento das espécies cultivadas não é diretamente influenciado pelo carbonato de sódio, mas pelo seu efeito sobre o pH do solo (DIAS & BLANCO, 2010).

### EFEITO OSMÓTICO

A utilização de água de baixa qualidade para a irrigação torna-se um fator limitante para a produção vegetal, uma vez que a salinidade inibe o crescimento das plantas, em função dos efeitos osmóticos e tóxicos dos íons (MUNNS, 2002). A salinidade afeta negativamente a absorção de água pelas raízes. A presença de sais na solução do solo acarreta em uma diminuição do potencial hídrico externo (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Neste sentido, de acordo com ALVES et al. (2011), o efeito osmótico da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas resulta das elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo, os quais reduzem seu potencial osmótico e hídrico e, conseqüentemente, diminuindo a disponibilidade de água e nutrientes às plantas. Assim, o aumento da pressão osmótica causado pelo excesso de sais solúveis na solução do solo, poderá atingir um nível em que as plantas não terão força de sucção suficiente para superar o potencial osmótico e, em consequência, a planta não irá absorver água, e conseqüentemente nutrientes, devido à condição de estresse hídrico, sendo este processo também denominado de seca fisiológica (DIAS & BLANCO, 2010). Ainda, de acordo com os autores, dependendo do grau de salinidade, a planta em vez de absorver poderá perder a água que se encontra no interior das raízes, pois o seu potencial osmótico será menor do que o do solo. Assim, esta tem sido a maior causa da redução do crescimento de plantas.

Neste sentido, SILVA et al. (2000) afirmam em solos com excesso de NaCl, a inibição do crescimento e da produção deve-se à redução do potencial osmótico da solução do solo, provocado pelo excesso de sais. Esses autores verificaram redução no diâmetro de caule e da matéria seca de aroeira devido a adição de NaCl ao substrato.

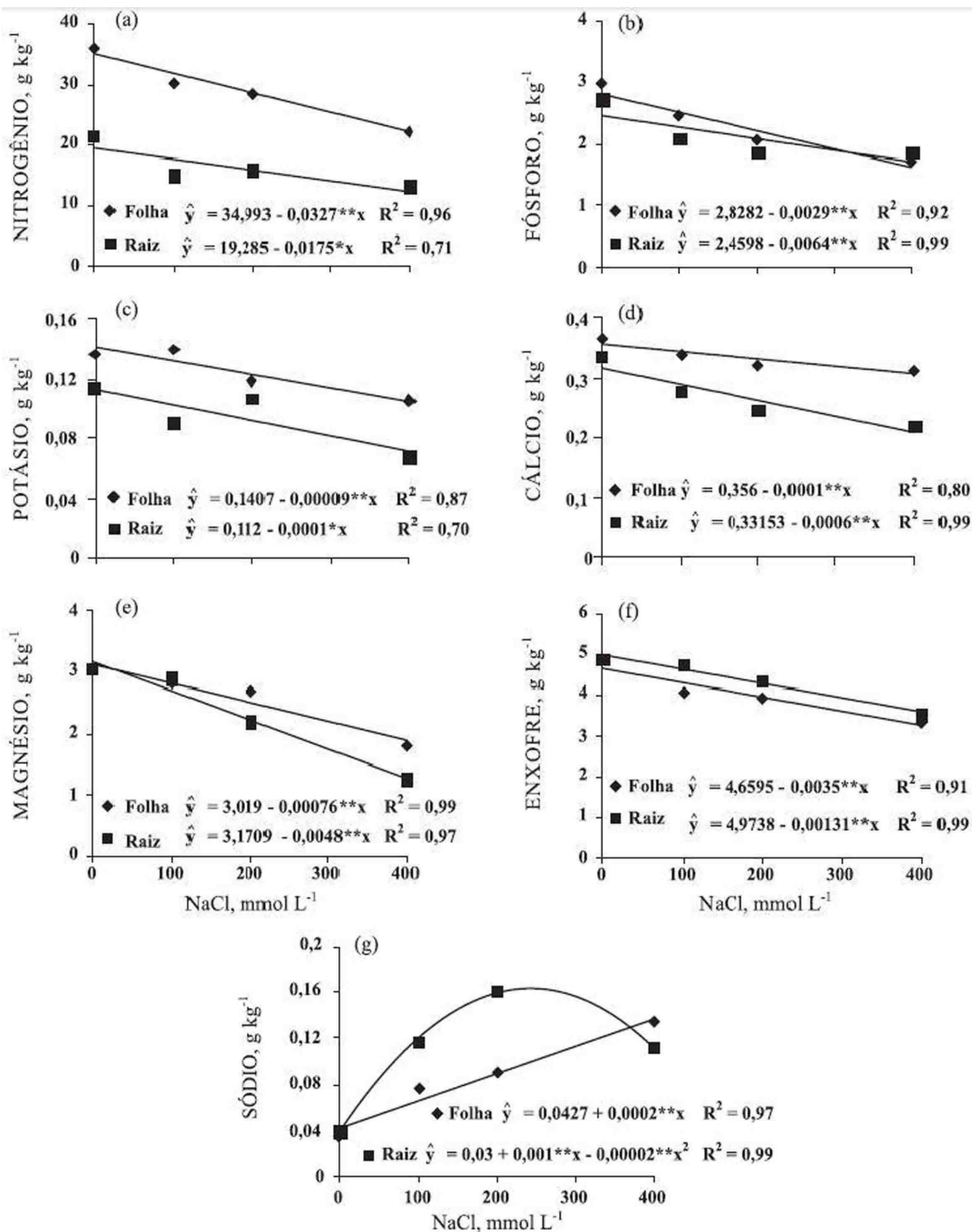
As plantas sensíveis à salinidade geralmente tendem a tentar excluir os sais na absorção da solução do solo, no entanto, não são capazes de realizar o ajuste osmótico necessário (SERTÃO, 2005). Por outro lado, existem plantas classificadas como halófitas, que apresentam a capacidade de estabelecer esse equilíbrio osmótico mesmo em condições de baixos potenciais de água no solo (SERTÃO,

2005; EPSTEIN & BLOOM, 2006). De acordo com SILVA et al. (2000), essas plantas acumulam no vacúolo das células foliares os íons salinos absorvidos, mantendo a concentração salina no interior da célula em níveis baixos e, desta forma, o excesso de sais não interfere na hidratação das proteínas e nos mecanismos enzimáticos e metabólicos da planta.

## DESBALANÇO NUTRICIONAL

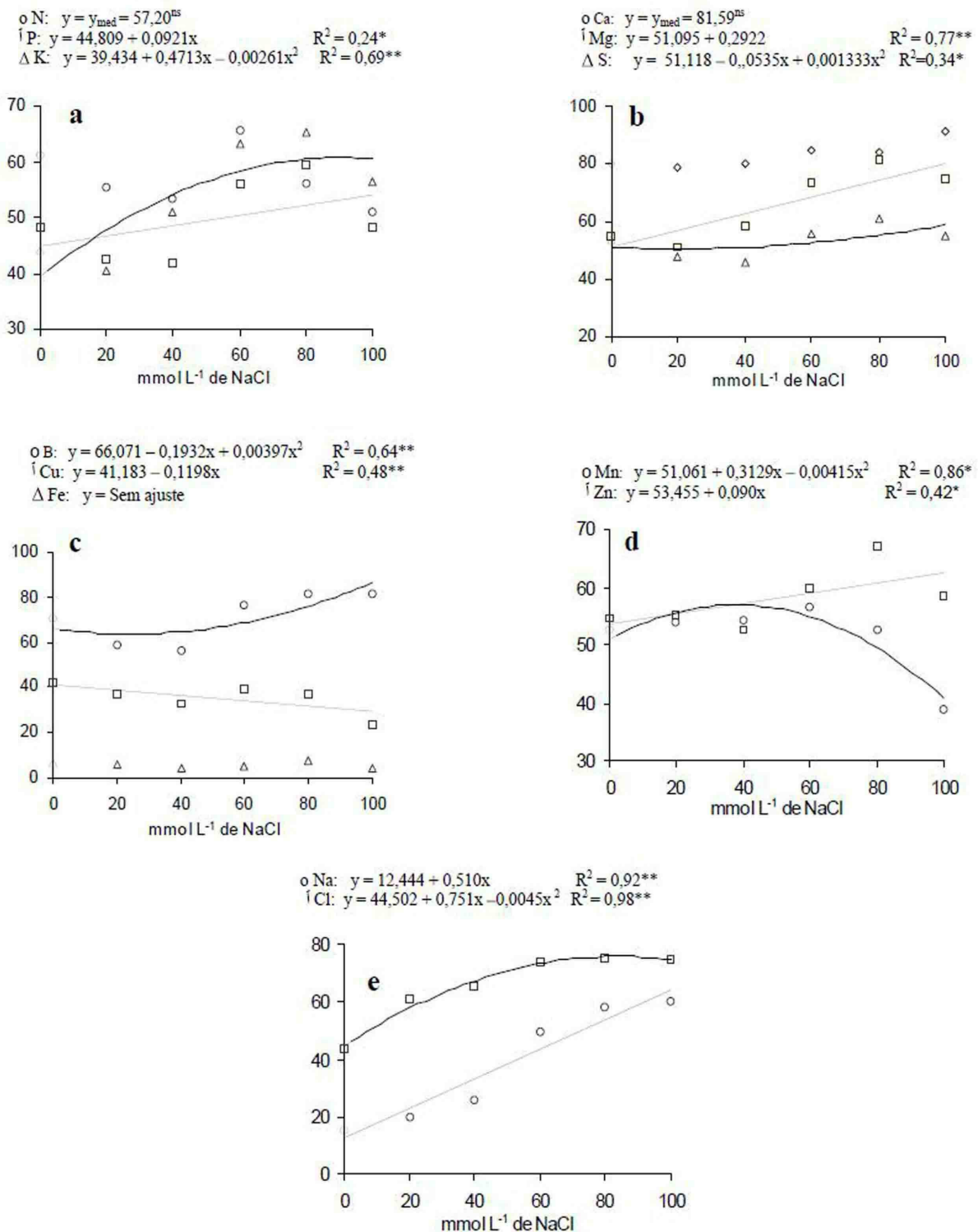
Alguns autores (FERREIRA et al., 2001; CAVALCANTE et al., 2010), afirmam que o estresse salino provoca a redução do desenvolvimento vegetal em função dos desequilíbrios nutricionais provocados pelo excesso de sais na absorção e transporte de nutrientes. FARIAS et al. (2009) afirmam que a salinidade, reduz a atividade dos íons em solução e altera os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta. Neste sentido, FARIAS et al. (2009) verificaram reduções nos teores de N, P, K, Ca, Mg e S nas raízes e folhas de *Gliricídia* em solução nutritiva contendo NaCl (FIGURA 2), e indicaram que há uma possível inibição competitiva destes nutrientes com a adição de NaCl na solução nutritiva.

NEVES et al. (2004), trabalhando com os efeitos da salinidade em solução nutritiva em mudas de umbuzeiro, concluíram que o aumento nas concentrações de Na Cl na solução, resultou em aumento da translocação de P, K, Mg, S, B, Zn, Cl, e Na, diminuiu as de Cu e Mn e houve alterações pouco significativas de N, Ca e Fe (Figura 3). Os autores ressaltaram que a translocação do Ca não foi significativa, que se constitui de ponto importante, pois altas concentrações de Na no meio celular promovem danos à membrana da qual o Ca faz parte.



**Figura 2:** Teores de N, P, K, Ca, Mg, S e Na nas raízes e folhas de mudas de gliricídia em função das concentrações crescentes de NaCl na solução nutritiva

**Fonte:** FARIAS et al., 2009



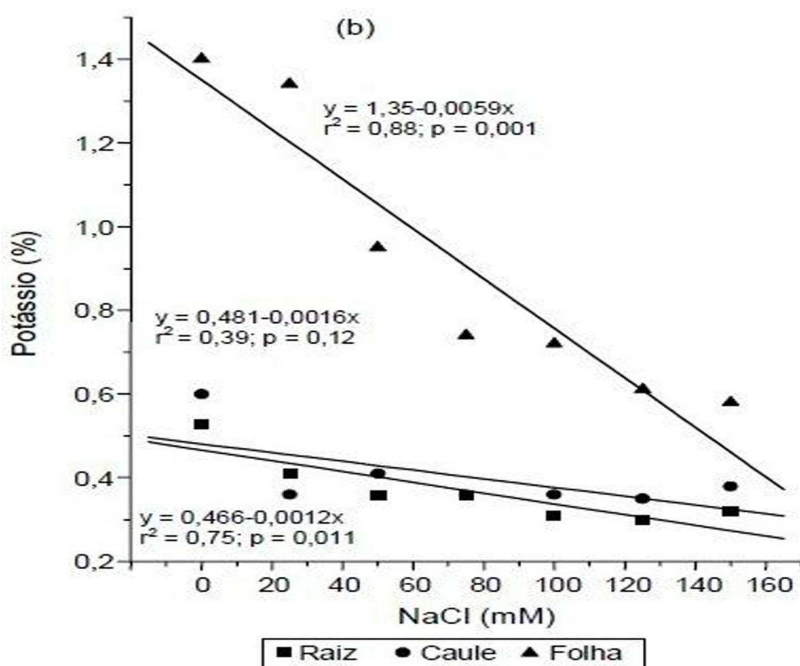
**Figura 3:** Translocação de N, P, K (a), Ca, Mg, S (b), B, Cu, Fe (c), Mn, Zn (d) e Cl, Na (e) em mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. ns; \* e \*\*, não-significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente.

**Fonte:** NEVES et al., 2004

No entanto, o menor desenvolvimento vegetal ocasionado pela salinidade, geralmente tem sido atribuído à redução na absorção de nutrientes, principalmente o  $K^+$  e o  $Ca^{++}$ . FERREIRA et al. (2001), afirmam que uma das respostas da planta à

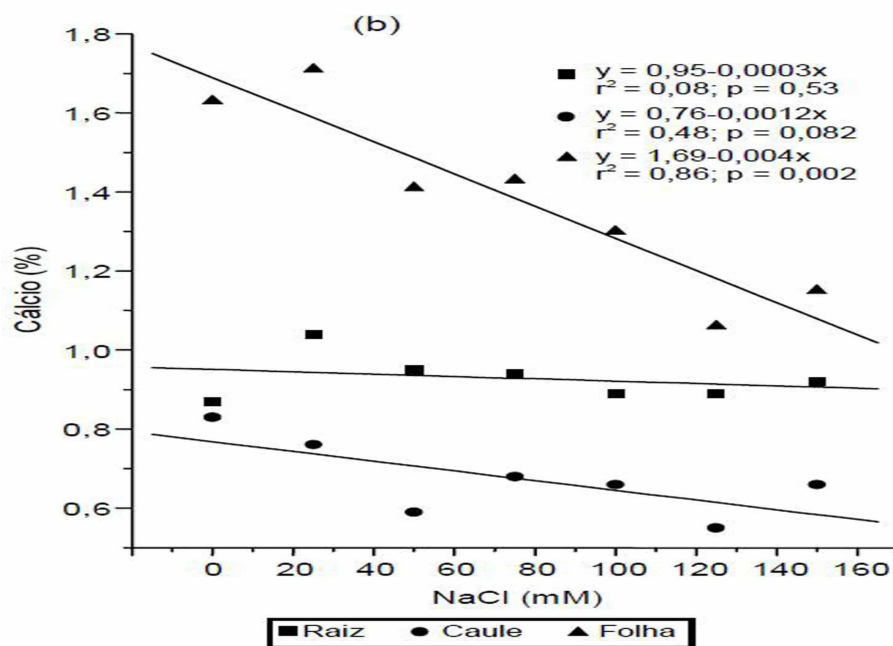


aplicação de NaCl é o aumento nas concentrações de Na e Cl e, conseqüentemente, redução nos níveis de K (FIGURA 3) e Ca (FIGURA 4) no diversos órgãos da planta.



**Figura 4:** Porcentagem de potássio em raízes, caule e folhas de goiabeira em razão de níveis de NaCl na solução nutritiva após 50 dias de aplicação do estresse salino.

**Fonte:** FERREIRA et al., 2001



**Figura 5:** Porcentagem de cálcio em raízes, caule e folhas de goiabeira em razão de níveis de NaCl na solução nutritiva após 50 dias de aplicação do estresse salino.

**Fonte:** FERREIRA et al., 2001

FARIAS (2008) afirma que a redução na concentração de K, em ambientes salinos, constitui-se de um complicador adicional para o desenvolvimento vegetal, uma vez que em algumas situações, o K é o principal nutriente responsável por diminuir o potencial osmótico entre a solução do solo e a raiz, e esta é uma estratégia fundamental à absorção de água nessas circunstâncias.

Diversos trabalhos indicam a redução dos teores de K nos tecidos vegetais após a aplicação de NaCl em diferentes culturas: em goiabeira (FERREIRA et al., 2001), pupunha (FERNANDES et al., 2002), umbu (NEVES et al., 2004), sorgo (LACERDA et al., 2004), gliricídia (FARIAS et al., 2009) e caju (ALVES et al., 2011). Neste sentido, FERNANDES et al. (2002), atribuíram o fato devido ao antagonismo entre K e Na, sugerindo assim, uma competição entre esses íons pelos sítios de absorção no plasmalema, ou um possível aumento do efluxo de K das raízes no meio de desenvolvimento, em função de distúrbios na integridade das membranas.

LACERDA et al. (2004), trabalhando com dois genótipos de sorgo, um tolerante e o outro sensível a salinidade, observaram redução nos teores de K nas folhas dos dois genótipos, independente da concentração de Ca, sendo o genótipo tolerante o que manteve sempre os maiores teores desse nutriente nas folhas, o que pode ser atribuído a sua maior tolerância ao estresse salino. Os autores afirmam que por ser o K extremamente importante ao metabolismo das plantas, a manutenção de teores mais elevados é fundamental para a maior produção de matéria seca em espécies tolerantes ao estresse salino.

Com relação ao Ca, estudos têm demonstrado que o aumento da salinidade pode induzir deficiência desse nutriente (FARIAS, 2008). Desta forma, FERREIRA et al. (2001), verificaram reduções nos teores de Ca nas folhas e caules de goiabeira em função da aplicação de níveis crescentes de NaCl. De acordo com EPSTEIN & BLOOM (2006), o cálcio é essencial para a integridade da membrana plasmática das células vegetais, e sua deficiência pode levar a perda da integridade da membrana, afetando desta forma a absorção de íons, principalmente o K.

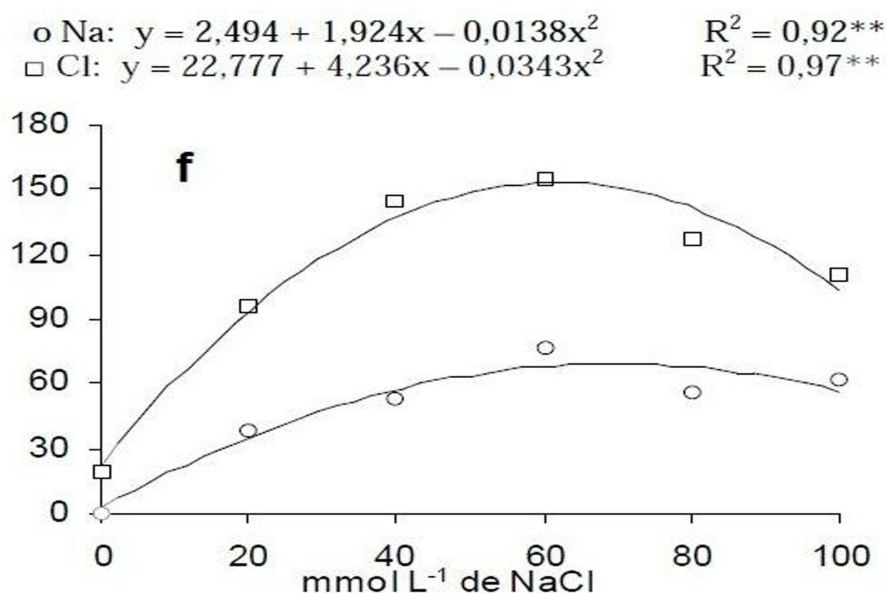
ALVES et al. (2011), avaliando o efeito do da adição de Ca externo na absorção e transporte de Na e K em plântulas de cajueiro observaram que a presença de Ca externo no meio contendo NaCl aumentou a absorção e acúmulo de Na nos diversos órgãos das plântulas de cajueiro. No entanto, LACERDA et al. (2004), observaram que aumentos nas concentrações de Ca na solução nutritiva reduziram, respectivamente, em 47 e 30% os teores de Na nas folhas de genótipos de sorgo tolerante e sensível ao estresse salino. Porém, esse efeito foi apenas em plantas sobre estresse salino. Os autores atribuíram os resultados ao maior controle de absorção radicular e transporte de Na para parte aérea que ocorrem em níveis adequados de Ca no meio de nutrição, e esse tem sido apontado como um dos principais efeitos do Ca em plantas em condições de estresse salino.

No tocante a essa questão, FARIAS et al. (2009) afirmam que a salinidade, devido a menor absorção de Ca acarreta em maior incorporação de Sódio na estrutura da membrana plasmática, o que reduz sua seletividade e, permite o efluxo de íons, como o K. Outra resposta fisiológica das plantas ao estresse salino é o aumento nas concentrações de Ca no citoplasma, podendo acarretar em prejuízos como a precipitação do fosfato, prejudicando assim o metabolismo energético, outro efeito é na interrupção da sua função de sinalizador, pois grandes flutuações interromperiam a homeostase química essencial para o metabolismo celular (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Diversos autores (FERREIRA et al., 2001; FERNANDES et al., 2002; NEVES

et al., 2004), verificaram aumentos nos teores de Cl em diversos tecidos das plantas com a aplicação de NaCl. NEVES et al. (2004), encontraram teores bem superiores de Cl em relação Na, em umbuzeiro (Figura 6), e inferiram o fato devido a característica de ânion livre que este nutriente exerce na planta, o que lhe confere mobilidade e elevadas taxas de transporte. FERREIRA et al. (2001), observaram maiores concentrações de Cl nas folhas de goiabeira submetidas a aplicação de NaCl, enquanto que as menores concentrações foram verificadas no caule. De acordo com os autores, um dos mecanismos das plantas para reduzir o efeito tóxico desse elemento é a retranslocação de Cl para as folhas mais jovens.

Além disso, MIRANDA et al., (2002), atribuem a redução na translocação de Ca na planta em função da precipitação deste elemento com o Cl. Ademais, de acordo com MARSCHNER, (1995) a presença de Cl na solução do solo pode reduzir a absorção de nitrogênio, principalmente quando este nutriente é fornecido na forma nítrica



**Figura 6:** Acumulação de Na e Cl por mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. (\*\*) significativo a 1%.

**Fonte:** NEVES et al., 2004

MIRANDA et al. (2002), afirmam que a absorção de Cl inibe a absorção de NO<sub>3</sub>, e justificam afirmando o efeito depressivo do Cl. FERNANDES et al. (2002) com pupunheira, verificaram redução nos teores de P nas raízes após a aplicação de NaCl, e atribuíram a baixa atividade do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na solução com o aumento do NaCl, elevando a força iônica, ou promovendo uma desordem nutricional induzida por elevados teores de Cl nos tecidos da planta e, assim, inibindo a absorção de P.

O cloreto de sódio afeta também translocação e a síntese de hormônios das raízes para parte aérea, que são indispensáveis ao metabolismo foliar, resultando em perda de área foliar e, conseqüentemente, na matéria seca da parte aérea das plantas (FERREIRA et al., 2001).

## TOXICIDADE NA PLANTA

A salinidade pode afetar as plantas devido a um desbalanço nutricional, em que o excesso de íons no solo, inibe a absorção de outros íons. Por exemplo, quando a concentração de Na e Cl no solo é alta, a absorção de nutrientes minerais como  $\text{NO}_3$ , Ca e K são reduzidos (LARCHER, 2000). Outro efeito é a redução do acúmulo de fitomassa, o que reflete, também no custo metabólico de energia associado às adaptações ao estresse salino, incluindo também a síntese de solutos orgânicos para proteção de macromoléculas e osmorregulação, a regulação do transporte e distribuição iônica em vários órgãos e dentro das células e a manutenção da integridade das membranas celulares (WILLADINO & CAMARA, 2004).

A magnitude dos danos depende do tempo, concentração, tolerância da cultura e volume de água transpirado (SOUSA et al., 2011). O efeito mais facilmente observado da salinidade sobre as plantas é a redução no crescimento em razão dos desequilíbrios nutricionais e como consequência na produção (FERREIRA et al., 2001).

De acordo com CAVALCANTE et al. (2010), o acúmulo de Na e Cl, em tecidos vegetais acarretam em toxicidade iônica devido a mudanças nas relações Na/K, Na/Ca e Cl/NO, provocando desde reduções no desenvolvimento até morte das plantas. Entretanto, MIRANDA et al. (2002), verificaram que a aplicação de Si juntamente com a de NaCl, aumentou os teores foliares de K e Ca e reduziu os de Cl e Na, evidenciadas pela redução nas relações Na/K, Na/Ca e Na/Mg em plantas de moringa.

Outros danos mais encontrados na literatura são a redução da área foliar (DANTAS, 2003), inibição no crescimento do sistema radicular sob condições salinas atribuída à redução da fotossíntese (NASCIMENTO et al., 2011), adiamento no desenvolvimento de gemas apicais, redução do número de folhas (OLIVEIRA, 2006), manchas avermelhadas com posterior amarelecimento das folhas mais velhas, queima das bordas e ápice do limbo e queda das folhas em estágios mais avançados (MELLONI et al., 2000). A clorose e queima das folhas devido à toxicidade da salinidade pode ser em decorrência de alterações no balanço hormonal, redução generalizada da atividade metabólica da planta e da perda da turgescência das células guarda (FERREIRA et al., 2001).

## MECANISMOS DE TOLERÂNCIA

Algumas espécies vegetais apresentam mecanismos que lhes permitem sobreviver em ambientes altamente salinos. A sobrevivência nestes ambientes pode resultar em processos adaptativos que envolvem absorção, transporte e distribuição de íons em vários órgãos da planta (FARIAS et al., 2009).

Um das estratégias utilizadas pelas plantas é a extrusão do  $\text{Na}^+$  para a solução do solo retirando o cátion da planta e a expulsão do  $\text{Na}^+$  de alguns tecidos, especialmente o xilema, como forma de evitar o acúmulo do cátion no limbo foliar, minimizando os efeitos deletérios da salinidade sobre o metabolismo foliar, em especial sobre o processo fotossintético (MUNNS et al., 2002). Outra estratégia é a adaptação das plantas aos elevados níveis de salinidade. As denominadas plantas halófitas apresentam a capacidade de acumular quantidades elevadas de sais em

seus tecidos, extraindo do solo e sendo também utilizada na fitorremediação desses solos, a exemplo da *Atriplex nummularia* (SANTOS et al., 2011).

Assim, também existem algumas espécies que apresentam capacidade de acumular íons no vacúolo e solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma, o que lhes permitem um ajustamento osmótico a esse tipo de condição (FARIAS, 2008). No entanto, os mecanismos de tolerância não são muito bem elucidados. De um lado, MIRANDA et al., (2002) afirmam que as espécies tolerantes apresentam baixos teores de Na no floema e no citoplasma e altas no vacúolo, em função da baixa seletividade do tonoplasto ao Na. Por outro lado, EPSTEIN & BLOOM (2006), afirmam que as espécies tolerantes apresentam mecanismos excessivamente eficientes de transporte de sódio no tonoplasto.

Outras espécies apresentam tolerância devido às diferenças na aquisição, translocação, transferência ou acúmulo de íons de Na e Cl (FARIAS, 2008). Neste sentido, LACERDA et al. (2004) estudando o efeito da aplicação de NaCl em genótipos de sorgo tolerante e sensível a salinidade, observaram diferenças nos teores desses elementos nas folhas do sorgo, e os menores teores foram encontrados no genótipo tolerante a salinidade, principalmente com a adição de Ca, comprovando assim, a diferença de acúmulo destes íons. EPSTEIN & BLOOM (2006), complementam afirmando que algumas espécies apresentam ainda, a excreção de sais por glândula salina incrustadas nas folhas, sendo comum esse mecanismo em espécies das famílias Plumbaginaceae e Frankeniaceae.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A salinidade é um problema global, que afeta desde os processos exógenos a planta, até o final de seu ciclo, sendo importante a busca por novas informações em relação à nutrição e aos efeitos que ocorrem na planta. Em razão dos vários prejuízos provocados pela salinidade na agricultura, há ainda, a necessidade do aperfeiçoamento das técnicas de manejo do solo, da água ou das culturas que resultem em aumento da tolerância à salinidade, sendo de grande relevância para a manutenção da produtividade agrícola em solos com excesso de sais. Embora já existam muitos trabalhos na literatura, muitas lacunas ainda precisam ser preenchidas devido aos diferentes efeitos observados em diferentes plantas.

## REFERÊNCIAS

ALVES, F. A. L. et al. **Efeito do  $\text{Ca}^{2+}$  externo no conteúdo de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  em cajueiros expostos a salinidade.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.6, n.4, p.602-608, 2011.

CAVALCANTE, L. F. et al. **Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo.** Semina: Ciências Agrárias, v.31, p.1281-1290, 2010.

D'ALMEIDA, D. M. B. A. D.; et al. Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na Chapada do Apodi, Ceará. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.3, p.615-621, 2005.

DANTAS, J. P. et. al. **Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de caupi.** Agropecuária Técnica, v. 24, n. 2, p.119-130, 2003.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta. 403p, 2006.

FARIAS, S. G. G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.))**. 61f. (Dissertação – Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande. Brasil, 2008.

FARIAS, S. G. G. et. al. **Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunt ex Steud) em solução nutritiva**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 1499-1505, 2009.

FERNANDES, A. R. et. al. **Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n.11, p. 1613-1619, 2002.

FERREIRA, R. G.; et al. **Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 1, p. 79-88, 2001.

FREIRE, M. B. G. S. & FREIRE, F. J. **Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais**. In: NOVAIS, R. F.; et al. (ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 929-954. 2007.

LACERDA, C. F.; et al. **Influência do cálcio sobre o crescimento e solutos em plântulas de sorgo estressadas com cloreto de sódio**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 2, p. 289-295, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos-SP. Ed. Rima Arts e Textos. 531 p. 2000.

LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P. **Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino**. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 30, n. 3, p. 079-085, 2008.

MARSCHNER, H.M. **Mineral Nutrition of Higher Plants**, 2.ed., London: Academic Press, 1995. 889p.

MARQUES, E. C.; et al. **Efeitos do estresse salino na germinação, emergência e estabelecimento da plântula de cajueiro anão precoce**. *Revista Ciência Agrônômica*, v.42, n.4, p.993-999, 2011.

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.

MENDES, J. S.; et al. **Variabilidade temporal da fertilidade, salinidade e sodicidade de solos irrigados no município de Congo, PB.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.3, n.1, p.13-19, 2008.

MIRANDA, J. R. P.; et al. **Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, p. 957-965. 2002.

MOTERLE, L. M.; et al. **Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas as estresse hídrico e salino.** Revista Brasileira de Sementes, v. 28, p. 169-176. 2006.

MUNNS, R. **Comparative physiology of salt and water stress.** Plant, Cell and Environment, v. 25, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; et al. **Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits.** Plant and Soil, v. 247, p. 93-105, 2002.

NASCIMENTO, J. A. M. et. al. **Efeito da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina.** Revista Brasileira Ciências Agrárias, v. 6, n. 2, p. 258-264, 2011.

NEVES, O. S. C.; et al. **Crescimento e nutrição mineral de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) submetidas a níveis de salinidade em solução nutritiva.** Ciência e Agrotecnologia, v. 28, n. 5, p. 997-1006, 2004.

NOVAIS, R. F.; MELLO, A. W. V. de. **Relação Solo-Planta.** In: NOVAIS, R. F.; et al. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 133-204. 2007.

OLIVEIRA, A. B.; et al. **O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.11, 2010.

OLIVEIRA, M. K. T. et. al. **Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis*).** Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável, v. 1, n. 1, p. 68-74, 2006.

PRISCO, J. T. **Contribuição ao estudo da fisiologia do estresse salino durante a germinação e estabelecimento da plântula de uma glicófito [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.].** 1987. 65 f. Tese Doutorado — Universidade Federal do Ceara, Fortaleza.

RHOADES, J. D.; et al. **Uso de águas salinas para produção agrícola.** Campina Grande: UFPB. Estudos FAO Irrigação e Drenagem. 2000. 117p.

RIBEIRO, M. R.; et al. **Química dos solos salinos e sódicos.** In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (ed.). Química e mineralogia do solo. Parte II – Aplicações.

Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 449-484, 2009.

SANTOS, K. C. F.; et al. Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo de *Atriplex nummularia*. Revista Ciência Agronômica, v.42, n.3, p.619-627, 2011.

SERTÃO, M. A. J. Uso de corretivos e cultivo do capim Urocloa (*Urocloa mosambicensis* (Hack.) Dandy) em solos degradados do Semi-árido. 75f. (Dissertação – Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande. Brasil, 2005.

SILVA, F. A. M.; et al. **Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivadas em solução nutritiva.** Cerne, v. 6, n. 1, p. 52-59, 2000.

SOARES, F. P. et al. **Germinação de sementes de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) em diferentes substratos.** Revista Brasileira de Biociências, v. 5, p. 1180-1182, 2007.

SOUSA, A. B. O.; et al. **Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.4, p.390-394, 2011.

SOUZA, Y. A. et al. **Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso.** Revista Brasileira de Sementes, v. 32, n. 2, p. 083-092, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 3 ed. Porto Alegre: Artmed. 719p. 2004.

TÁVORA, F. J. A. F.; et al. **Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 23, p. 441-446, 2001.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: Reigosa, M. J.; Pedrol, N.; Sánchez, A. (ed.). **La ecofisiología vegetal – Una ciencia de síntesis.** Madrid: Thompson, p.303-330, 2004.