



**NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO DE
MUDAS DE UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa*
Arr. Cam.), EM SOLUÇÃO NUTRITIVA, EM
FUNÇÃO DE NÍVEIS DE SALINIDADE**

ORLANDO SÍLVIO CAIRES NEVES

2003



55690

111046297

ORLANDO SÍLVIO CAIRES NEVES

**NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO DE MUDAS DE
UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), EM SOLUÇÃO NUTRITIVA,
EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE SALINIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientadora

Professora Janice Guedes de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

7 x 7 x

1-28
30-63

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Neves, Orlando Sílvio Caires

Nutrição mineral e crescimento de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), em solução nutritiva, em função de níveis de salinidade / Orlando Sílvio Caires Neves. – Lavras : UFLA, 2003.

70 p. : il.

Orientador: Janice Guedes Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Umbu. 2. Sanilidade. 3. NaCl. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD-634.44

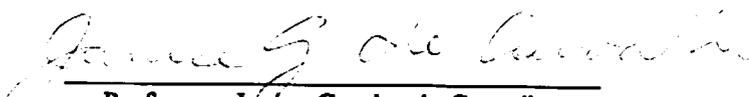
ORLANDO SÍLVIO CAIRES NEVES

**NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO DE MUDAS DE
UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), EM SOLUÇÃO NUTRITIVA,
EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE SALINIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 14 de fevereiro de 2003.

Professor Carlos Ramirez de Resende e Silva	UFLA
Pesquisadora Miralda Bueno de Paula	EPAMIG
Pesquisador Paulo de Tácito Gontijo Guimarães	EPAMIG



Professora Janice Guedes de Carvalho

UFLA

(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

BIOGRAFIA

ORLANDO SÍLVIO CAIRES NEVES, filho de Manoel Messias da Anunciação Neves e Lucidalva Alves Caires Neves, nasceu no dia 10 de abril de 1977, na cidade de Dom Basílio, Estado da Bahia.

Ingressou no Curso de Engenharia Agrônômica, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, no primeiro período de 1996 e, graduou-se Engenheiro Agrônomo no segundo período de 2000.

Em agosto de 2001, iniciou o curso de mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Lavras.

Aos meus pais, Manoel Messias e Lucidalva, pelo apoio e incentivo à minha formação. Aos meus irmãos, Cláudio, Deise e Dilaine e aos meus avós, David (*in memoriam*) e Ana, pela força, confiança e carinho a mim dedicado.

DEDICO E OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida.

À minha família, pelo apoio e ensinamentos éticos.

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade concedida.

Ao Departamento de Ciência do Solo e Nutrição de Plantas (DCS) – UFLA pelo apoio no desenvolvimento dos trabalhos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Janice Guedes de Carvalho, pelos ensinamentos, compreensão e amizade.

Aos demais professores do Departamento de Ciência do Solo e Nutrição de Plantas – UFLA pela convivência respeitosa e contribuição profissional.

A todos os colegas (mestrandos e doutorandos) do DCS, em especial àqueles que comigo tiveram uma convivência mais calorosa.

Ao Adalberto pelo auxílio nas análises de laboratório. Aos funcionários do DCS, em especial ao Pezão, Adriana, Val e Bosco, pela boa vontade apresentada quando solicitados.

A Vanessa, pessoa que esteve ao meu lado dando força para que pudesse vencer mais esta etapa de vida.

Aos meus tios, em especial a Inês e Zé Maria, pela contribuição na minha formação.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 A planta.....	3
2.2 Distribuição e importância sócio-econômica da planta.....	4
2.3 Salinidade.....	5
2.4 Classificação das plantas quanto à tolerância a sais.....	6
2.5 Efeitos dos sais na nutrição de plantas.....	8
2.6 Mecanismos da adaptação à salinidade.....	10
2.7 Critérios para determinar o nível de tolerância de plantas a sais.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1 Crescimento.....	16
4.2 Relações Raiz/Parte Aérea, Raiz/Folha e Folha/Caule	20
4.3 Teores de macronutrientes	21
4.4 Teores de micronutrientes e Na	26
4.5 Relações Na/K, Na/Ca, Na/Mg, Cl/N, Cl/P e Cl/S.....	29
4.6 Acúmulo de macronutrientes, micronutrientes e Na nas partes de mudas de umbuzeiro.....	33

4.7 Absorção de macronutrientes, micronutrientes e Na.....	39
4.8 Translocação de macronutrientes, micronutrientes e Na.....	44
5 CONCLUSÕES.....	48
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS.....	56

RESUMO

NEVES, Orlando Sílvio Caires. Nutrição mineral e crescimento de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), em solução nutritiva, em função de níveis de salinidade. Lavras: UFLA, 2003. 70p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).*

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) pertence à família Anacardiaceae, sendo uma espécie xerófita, caducifólia, originária das zonas menos chuvosas da Região Nordeste do Brasil e do norte do estado de Minas Gerais. Com o objetivo de avaliar sua nutrição mineral e crescimento sob condições de estresse salino, conduziu-se este experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições e seis doses de NaCl (0, 20, 40, 60, 80 e 100 mmol L⁻¹). A parcela foi constituída por uma planta por vaso com capacidade para 3 L de solução. Após 15 dias da germinação das sementes, as mudas foram transferidas para solução de Hoagland a 25, 33 e 50% da sua força durante período de 15 dias em cada concentração. Em seguida, as mudas foram transferidas para os tratamentos. As trocas das soluções foram feitas quinzenalmente, mantendo-se o volume dos vasos sempre em 3 L com água deionizada. A adição de NaCl na solução nutritiva foi prejudicial ao desenvolvimento do umbuzeiro, promovendo uma redução de produção da matéria seca de todas as partes estudadas, sendo a produção de matéria seca de raízes mais afetada pelo NaCl do que a produção de matéria seca da parte aérea; os sintomas visuais de toxidez causados pelos íons Cl⁻ e Na⁺ só se manifestaram a partir da dose de 60 mmol L⁻¹ de NaCl; a absorção de Cl pelo umbuzeiro foi superior à de Na em todas as doses de NaCl; em concentrações salinas baixas, verificou-se uma tentativa de exclusão do Na das folhas, indicando uma tolerância moderada da planta a ambiente com baixas concentrações de sais; com o aumento das doses de NaCl, a relação Na/K foi aumentada em todas as partes da planta e os elevados conteúdos de Cl e Na induziram as mudas de umbuzeiro a um desbalanço nutricional.

* Comitê Orientador: Janice Guedes de Carvalho – DCS/UFLA (Orientadora).

ABSTRACT

NEVES, Orlando Silvio Caires. **Mineral nutrition and growth of umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) seedlings, in nutrient solution, in function of salinity levels.** Lavras: UFLA, 2003. 70p. (Dissertation–Master's degree in Soils Science and Plants Nutrition).*¹

The umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) belongs to the family Anacardiaceae. It is a xerophyte species, deciduous, originally from the semi-arid zones of Northeastern Brazil. To evaluate the mineral nutrition needs and the growth of the umbuzeiro under saline stress, an experiment was run under greenhouse conditions in the Soil Science Department at the Federal University of Lavras, Brazil. The experimental design was randomized blocks, with four replications and six doses of NaCl (0, 20, 40, 60, 80, and 100 mmol L⁻¹). Fifteen days after germination, the seedlings were placed into Hoagland solution at 25, 33, and 50% of the normal concentration for a period of 15 days, in each concentration. Soon afterwards, the seedlings were transferred to the treatments. Three-liter pots were used with one plant per pot. The solutions were renewed every 15 days for the next 60 days. The addition of NaCl in the nutrition solution was harmful to the development of the umbuzeiro, causing reduction of the dry matter of all plant parts. The root dry matter production was more affected than the shoot. The visual symptoms of toxicity caused by Cl and Na were only seen from doses 60 mmol NaCl L⁻¹ onwards. The uptake of Cl by umbuzeiro was bigger than Na uptake in all studied levels. In low saline concentrations, umbuzeiro seedlings may have attempted to exclude Na from leaves. With increasing the doses of NaCl, the ratio Na/K was increased and the high accumulation of Cl and Na caused a nutritional unbalance in the umbuzeiro seedlings.

*Guidance Committee: Janice Guedes de Carvalho – DCS/UFLA (Major Professor)

1 INTRODUÇÃO

A Região Nordeste do Brasil é conhecida pelas imagens áridas de uma região castigada pela falta de chuva. Em parte essa visão é verdadeira, pois existem realmente áreas com essas características, porém existem também áreas exuberantes e altamente produtivas.

Para as áreas da Região Nordeste que sofrem com a seca, os órgãos de pesquisa vêm buscando alternativas para o desenvolvimento econômico. É interessante que esses órgãos priorizem alternativas disponíveis na própria região e que gerem renda às famílias sertanejas, como o umbu. O umbuzeiro é uma frutífera adaptada a sobreviver e produzir sob condição de estresse hídrico. Os frutos são colhidos de forma extrativista, sendo a fonte de renda principal, em determinada época do ano, para milhares de nordestinos.

Os plantios comerciais de umbuzeiro, apesar de incipientes ainda, deverão aumentar muito nos próximos anos, graças aos poucos estudos, que vêm procurando selecionar plantas mais produtivas, com características químicas e físicas dos frutos exigidos pelo mercado, proporcionando um melhor padrão ao fruto. O fruto colhido de forma extrativista, em função da grande variabilidade genética existente na espécie, não apresenta esse padrão. Dessa forma, pode-se pensar no umbuzeiro como uma alternativa viável e disponível para o desenvolvimento agrícola da região semi-árida do Nordeste do Brasil.

Em relação à nutrição dos umbuzeiros, os mesmos crescem e produzem em regiões onde predominam solos com baixa reserva de nutrientes, notadamente o fósforo.

A salinidade do solo é um dos principais obstáculos à produção vegetal nas regiões sujeitas ao déficit hídrico. Seus efeitos se manifestam através de

alterações nos atributos físicos e químicos que reduzem o potencial osmótico do solo e pela ação direta de íons específicos sobre a nutrição mineral de plantas.

No semi-árido nordestino, estima-se que a área ocupada por solos naturalmente salinos seja superior a 9 milhões de hectares, explorada com agricultura de subsistência, pecuária ou ocupada com vegetação do tipo caatinga. Nos perímetros irrigados ali construídos, 25% de suas áreas encontram-se abandonadas devido à salinização secundária (Oliveira, 1997). Dentro desse contexto, a avaliação da tolerância do umbuzeiro à salinidade poderá fornecer subsídios básicos para sua exploração racional e econômica.

Assim, este trabalho objetivou avaliar o crescimento e a nutrição mineral umbuzeiro, no estágio de muda, em solução nutritiva e a diferentes níveis de salinidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A planta

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), também conhecido como imbuzeiro, pertence à família Anacardiaceae. É uma espécie xerófita, caducifólia, originária das zonas menos chuvosas da Região Nordeste do Brasil e do norte do estado de Minas Gerais. Devido às suas defesas fisiológicas, seu sistema radicular é dotado de xilopódios (órgãos de reserva de água e amido), a árvore do umbuzeiro é resistente à seca (Mendes, 1990; Gondim et al., 1991).

Essa resistência não é apenas devida aos seus órgãos de reservas localizados no sistema radicular. Ferri (1979) relata que as folhas do umbuzeiro apresentam cutículas delgadas e os déficits de saturação são baixos, sendo ainda uma planta caducifólia.

Lorenzi (1992) descreveu as características morfológicas do umbuzeiro como: árvores de altura variando de 4 a 7 m, com tronco muito curto, revestido por casca lisa; diâmetro do caule entre 40 e 60 cm; copa baixa, com profusas ramificações aparentemente desordenadas e sistema radicular dotado de órgãos de reserva de água e amido. O florescimento quase sempre ocorre um pouco antes das primeiras chuvas, quando as árvores ainda estão sem folhas. Como as chuvas na caatinga não iniciam numa mesma época, tendo uma pequena variação, a floração e a produção de frutos variam de local para local. Entretanto, de maneira geral, sua época predominante de floração é de setembro a dezembro. Os frutos estão prontos para colheita quatro meses após a antese.

2.2 Distribuição e importância sócio-econômica da planta

O umbuzeiro ocupa uma área bastante significativa da região semi-árida do nordeste brasileiro. Apesar de sua distribuição ser dispersa, consagra-se como uma espécie frutífera de grande importância econômica, social e ecológica (Silva et al., 1987a).

Para destacar a importância econômica do umbuzeiro, Silva et al. (1987b) elencaram alguns subprodutos obtidos a partir do processamento do fruto ou do xilopódio, tais como: doces, farinha produzida a partir da raiz, bebida feita com o caroço torrado e moído, gelatina, umbuzada, acetona, torta para animais, suco medicinal da raiz, polpa, vinagre e vinho. O fruto *in natura* é muito apreciado pela população nordestina. Atualmente se produz também a umbuzeitona (conserva preparada a partir do fruto ainda verde) e o picles (produzido a partir da tubera de plantas novas).

Brito et al. (1996) avaliaram, em condições de fertilidade natural do solo, a produtividade de 36 plantas de umbuzeiro em três diferentes comunidades do semi-árido nordestino e concluíram que as plantas apresentavam uma produtividade estimada de 305 Kg de fruto/planta.

Silva et al. (1984) relatam a escassez de estudos sobre o umbuzeiro. Até então, apesar da importância que essa planta apresenta para os sertanejos, não existem muitos trabalhos publicados com essa frutífera e os plantios comerciais são incipientes, sendo quase todo o umbu comercializado no Brasil oriundo do extrativismo. Essa realidade tem mudando, pois apenas no XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura (Belém-PA, 2002) foram publicados 14 resumos expandidos. Os trabalhos existentes estudam basicamente formas de propagação e a formação de bancos de germoplasmas. Na área da nutrição do umbuzeiro, excetuando alguns trabalhos de Silva et al., (1984); Silva et al., (1991a); Silva et

al., (1991b), que caracterizam sua composição mineral, não existem estudos mais aprofundados.

O negócio agrícola com o umbu, da coleta ao processamento e comercialização, gira em torno de 6 milhões de reais por ano, já despertando a atenção dos agricultores para participarem deste mercado. O umbu representa uma fonte de renda importante no período da entressafra, contribuindo com a metade da renda média anual dos agricultores nas áreas de coleta. Por estas e outras razões é que o umbuzeiro deveria ser reconhecido como o verdadeiro representante da caatinga nordestina, como já sugeriu Euclides da Cunha no seu livro "Os Sertões", como a planta sagrada do sertão. Um mercado que parece bastante atraente é o do processamento do fruto para a produção de polpa, pois o suco e a umbuzada, muito apreciados pelos nordestinos, também estão caindo no gosto das pessoas de outras regiões do país. Não é utopia pensar que com pesquisas mais aprofundadas e investimentos na produção e em marketing, esse fruto pode cair também no gosto de povos de outros países.

2.3 Salinidade

A salinidade diz respeito à existência de níveis de sais no solo que interferem negativamente no rendimento das culturas, podendo causar prejuízo econômico (Batista et al., 2001). É uma condição de solo comum em zonas áridas e semi-áridas. Nas regiões úmidas, a precipitação promove a lixiviação dos sais para áreas além do crescimento radicular, tomando este problema raro, quando não transitório. Diversos íons estão envolvidos neste fenômeno, destacando-se: cloretos, sulfatos, carbonatos, sódio, cálcio, magnésio e, mais raramente, nitratos e potássio (Bernstein & Ayres, 1953). Esses íons podem ser naturalmente formados nos solos ou adicionados por meio de água de irrigação,

fertilizantes com elevado índice salino ou ainda por drenagem de áreas adjacentes.

A concentração de Na na crosta terrestre é de cerca de 2,8%, semelhante à do K, que é também da ordem de 2,8%. Em regiões temperadas, a concentração de Na na solução dos solos varia entre 0,1 e 1,0 mM (Marschengr, 1995). Em regiões secas, concentrações entre 50 e 100 mM são comuns, acarretando efeitos negativos sobre diversos atributos do solo e sobre a nutrição mineral das plantas.

Os solos, portanto, estão sujeitos a processos de salinização devido a fatores edafoclimáticos e a fatores advindos da atividade humana, como irrigação com água salina.

Os critérios para a classificação dos solos quanto à salinidade foram definidos por Richards (1954) e permanecem sendo os mais empregados. Consideram-se como salinos aqueles solos que apresentam: condutividade elétrica (CE) > 4,0 dS m⁻¹, porcentagem de sódio trocável (PST) < 15%, relação de adsorção de sódio (RAS) < 13 e pH < 8,4. Bohn et al. (1985), citados por Gheyi et al. (1997), trazem uma nova proposta para essa classificação, segundo a qual o limite máximo de CE para solos normais passaria de 4 dS m⁻¹ para 2 dS m⁻¹. Segundo esses autores, existem plantas que podem ser afetadas por sais quando a CEes (condutividade elétrica do extrato de saturação) do solo apresentar entre 2 e 4 dS m⁻¹.

A PST e a RAS são obtidas através das seguintes fórmulas:

$PST = (Na^+ / T) \cdot 100$, onde, T (capacidade de troca de cátions)

$RAS = [Na^+] / [(Ca^{++} + Mg^{++}) / 2]^{1/2}$

Segundo Yaron et al. (1973), citados por Amorim (1994), somente quando a acumulação de sais solúveis atinge um nível prejudicial ao crescimento da planta é que se tem desenvolvida a condição de salinidade do solo, de modo

que um solo com problemas de sais para uma dada cultura pode ser bem adequado para outra.

2.4 Classificação das plantas quanto à tolerância a sais

A tolerância de uma planta ao estresse salino varia entre e dentre espécies e, também, com relação ao sal predominante, como ilustra Lima (1997) para o algodoeiro ($7,7 \text{ dS m}^{-1}$), beterraba açucareira ($7,0 \text{ dS m}^{-1}$), capim bermuda ($6,9 \text{ dS m}^{-1}$) e milho ($1,7 \text{ dS m}^{-1}$), dentre outras.

Como as plantas têm diferentes níveis de tolerância à salinidade, Lima (1997) e Barret-Lennard (2002) dividiram-nas, de acordo com sua resposta, em:

- Plantas halófitas (natrofilicas): apresentam aumento de crescimento em baixas concentrações salinas, com decréscimo de seu desenvolvimento em altas concentrações. A *Atriplex amnicola* (arbustiva utilizada para dessalinização áreas) é uma halófito típica, pois apresenta aumento de 10% de seu peso nas concentrações de sais de 5 dS m^{-1} , 50% de decréscimo de seu peso a 40 dS m^{-1} e sobrevive a 75 dS m^{-1} . Plantas tolerantes necessitam de até 16 g L^{-1} de NaCl para completarem seu ciclo fenológico. Tais plantas têm a capacidade de estabelecer um equilíbrio osmótico com o baixo potencial de água no solo, após a alta absorção e acúmulo de cloro e de sódio nas suas folhas. Isto é possível porque estas plantas acumulam os íons absorvidos no vacúolo das células foliares, mantendo a concentração salina no citoplasma e nas organelas em baixos níveis, de modo a não interferir nos mecanismos enzimáticos e metabólicos e na hidratação de proteínas das células. Este ajuste osmótico é feito por substâncias compatíveis com as enzimas e os

metabólicos presentes na membrana que separa o citoplasma e o vacúolo (Lima, 1997).

- Tolerantes a sais não halófitas: mantêm seu crescimento em baixas concentrações de sais, mas diminuem seu crescimento em altas concentrações. *Hordeum vulgare* (cevada) é um exemplo, pois apresenta 50% de decréscimo em seu peso seco a concentrações de 12 dS m^{-1} .
- Sensíveis a sais: têm seu crescimento diminuído em baixas concentrações de sais. São plantas sensíveis à salinidade e que geralmente excluem os sais na absorção da solução do solo, mas não são capazes de realizar o ajuste osmótico descrito anteriormente, sofrendo uma diminuição do turgor, o que leva ao estresse hídrico por osmose. Embora seu crescimento diminua com a salinidade, não é somente a redução de absorção de água a sua causa principal. O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), por exemplo, diminui 50% de seu peso seco em CEEs de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$.
- Plantas muito sensíveis à salinidade: também absorvem água do solo juntamente com os sais, possibilitando a toxidez na planta pelo excesso de sal absorvido. Tal excesso promove desbalanço no citoplasma, fazendo com que os danos apareçam principalmente nas bordas e nos ápices das folhas (onde a planta perde mais água por transpiração), regiões estas em que ocorrem acúmulos do sal (Lima, 1997).

2.5 Efeitos dos sais na nutrição de plantas

De acordo com Lovato (1991), a salinidade afeta muitos processos fisiológicos das plantas. Entretanto, na maioria das espécies, a não ser no caso de

extrema salinização, o sintoma mais aparente é uma diminuição no crescimento. À medida que a concentração de sal no ambiente aumenta acima de um determinado nível, tanto a taxa de crescimento quanto o tamanho da maioria das plantas diminuem progressivamente. As espécies lenhosas e algumas plantas herbáceas, entretanto, apresentam sintomas de injúria foliar caracterizados pela queimadura das folhas, necrose e perda de folhas devido à toxidez de íons específicos (Bezerra et al., 2001; Tyerman & Skrett, 1999; Cushman et al., 1990).

Segundo Shannon & Grieve (1999), o excesso de sais no ambiente pode provocar, em algumas plantas, desbalanços nutricionais que causam a diminuição no crescimento e injúrias. O efeito da salinidade na planta depende de vários fatores ambientais, como umidade, temperatura, fertilidade do solo e estágio de desenvolvimento da planta. O arroz, por exemplo, é tolerante durante a germinação, tornando-se muito sensível durante o crescimento inicial, voltando, então, a tornar-se mais tolerante com a maturação. Em contraste, a beterraba é relativamente sensível durante germinação, embora tenha uma considerável tolerância durante o crescimento (Lovato, 1991). De modo geral, Miranda (2000) afirma que os maiores danos causados pelo estresse salino ocorrem durante a germinação, nos estágios iniciais de crescimento e na fase de frutificação de diversas espécies. Entretanto, o efeito mais comum da salinidade é sobre o crescimento, devido à redução da área foliar, com conseqüente redução da fotossíntese. A redução do crescimento, acompanhada pelo desenvolvimento de sintomas de toxidez de sódio e cloro conforme a tolerância da espécie, pode ser devida à redução do potencial osmótico gerado pelo NaCl no meio externo ou acúmulo de sais nos tecidos das plantas.

Segundo observações feitas por Tyerman & Skerrett (1999), em ambientes salinos o NaCl tem se mostrado como sendo o sal predominante, causando a maioria das injúrias nas plantas. O efeito osmótico tem sido a causa

maior da redução do crescimento das plantas, associado à toxicidade de íons pela absorção excessiva de sódio e cloro e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e/ou distribuição dos nutrientes essenciais (Yahya, 1998). Por exemplo, [na presença de elevada concentração externa de Na, a absorção de K e Ca pode ser inibida, causando deficiência desses nutrientes e aumento no teor de Na nas células das plantas (Fernandes, 2000)] A parte aérea geralmente é mais sensível aos distúrbios catiônicos que as raízes, e as diferenças são grandes entre as espécies de plantas na habilidade para prevenir ou tolerar elevadas concentrações de Na nas folhas (Munns, 1993, citado por Fernandes, 2000).

Existem basicamente duas maneiras de minimizar os problemas decorrentes da salinidade: a) adotar práticas adequadas de manejo do solo e da água para evitar ou reduzir ao máximo o acúmulo de sais no perfil do solo para a adaptação das plantas; e b) selecionar adequadamente as culturas ou cultivares que possam produzir economicamente sob condições salinas, isto é, melhorar a planta com vistas à sua adaptação ao solo (Fageira et al., 1981).

2.6 Mecanismos da adaptação à salinidade

Os vegetais, para manterem o crescimento e desenvolvimento normal sob estresse salino, necessitam de mecanismos especiais, como ajuste osmótico; síntese de compostos como a prolina; capacidade seletiva de absorção e/ou translocação de íons para as folhas, principalmente para os órgãos mais jovens; compartimentalização e maior tolerância a íons, para não ter as enzimas e outros compostos inativados e desestruturados; e maior eficiência na absorção e/ou utilização dos nutrientes.

O princípio da tolerância da plantas à salinidade está fundamentado em mecanismos de adaptação de natureza morfológica e fisiológica.



Quanto aos mecanismos morfológicos, as mudanças na estrutura incluem redução do tamanho e o número de folhas, diminuição no número de estômatos e alterações na sua distribuição, aumento na espessura da cutícula foliar e diminuição da diferenciação e desenvolvimento do tecido vascular (Fagueira, 1984; Mass & Neiman, 1978).

Os autores supracitados também relatam que a salinidade inibe menos o crescimento das raízes do que da parte aérea, resultando numa menor relação parte aérea/raiz. Entretanto, Miranda et al. (2002), estudando plantas de moringa (*Moringa oleifera*) submetida à salinidade em solução nutritiva e Fernandes et al. (2002) estudando pupunheira, também em solução nutritiva, verificaram um efeito depressivo do NaCl em todas as partes da planta.

raízes crescem menos
que a parte
aérea

Nos mecanismos fisiológicos, as plantas tolerantes à salinidade são capazes de se ajustarem ao estresse osmótico, ou seja, as células aumentam a sua concentração de solutos com decréscimos nos potenciais internos de água, que se tomam suficientemente mais baixos que os potenciais externos (Klar, 1984; Fagueira, 1984).

A tolerância à salinidade pode ser alcançada pela exclusão de sais, requerendo mecanismos de proteção contra o déficit hídrico interno, a exemplo do ajustamento osmótico. A inclusão de sais requer uma tolerância do tecido ao Na^+ e Cl^- . Há na realidade diferentes graus de inclusão ou exclusão de Na^+ e Cl^- em diferentes partes e órgãos das plantas (Marschner, 1995)

Brechtbuehler (1999) relata que a tolerância à salinidade em espécies cítricas está mais associada com a exclusão de Na^+ e Cl^- dos ramos e do tecido foliar do que com a inclusão de sais. Isso é conseguido com a restrição da absorção de sais ou devido à restrição ao seu transporte das raízes para a parte aérea (Marschner, 1995).

Espécies que acumulam grandes quantidades de Na^+ e Cl^- ou outros íons inorgânicos (halófitas) devem proteger suas enzimas no citoplasma e nos

cloroplastos. Assim, os sais são compartimentalizados nos vacúolos celulares, contribuindo para o abaixamento do potencial osmótico da célula, sem danificar o funcionamento celular (Taiz & Zieger, 1991).

2.7 Critérios para determinar o nível de tolerância de plantas a sais

De acordo com Fageira (1984), a tolerância de uma espécie aos sais pode ser avaliada segundo três critérios:

- a) A tolerância pode ser considerada como a capacidade de sobrevivência da planta sob condições de elevada concentração salina. Assim, a capacidade sobrevivência de uma planta, quando submetida a aumentos crescentes de salinidade, é uma medida de tolerância aos sais. Este critério é muito utilizado pelos ecólogos.
- b) Avaliação do ponto de vista produtivo da planta, quando sujeita a um dado nível de salinidade. Por exemplo, alguns cultivares de uma mesma espécie podem ser testados em um solo contendo um certo nível de salinidade e a cultivar mais produtiva ser considerada mais tolerante. Este critério é largamente utilizado pelos pesquisadores.
- c) Comparação do comportamento em termos de produção relativa (PR) de uma espécie ou cultivar, quando submetida a condições ambientes normais e de salinidade. Este método é mais vantajoso porque a comparação entre espécies é mais rapidamente avaliada.

Segundo Mass & Hoffman (1977), a taxa de crescimento da cultura decresce linearmente à medida que se aumenta, acima de um nível crítico, a salinidade. Ainda assim, a proporção de plantas tolerantes nos grupos dos cereais, hortícolas e frutíferas é baixa.

Mass (1986), considerando as observações feitas pelos autores anteriormente citados, e com base na produção relativa, sugere limites indicativos de tolerância relativa das culturas à salinidade, levando em conta a CE, como apresentado na Tabela 1.

Uma outra característica que pode ser avaliada é a redução na produção de matéria seca ou grãos (Tabela 2), sob um certo nível de salinidade, em relação à testemunha. Este é o critério considerado como o melhor para a avaliação devido a sua aplicação em condições de campo (Fageira, 1984).

TABELA 1. Limites para classificação da tolerância das culturas à salinidade do solo.

Grupos de tolerância relativa	Nível de salinidade do solo (CE) em que a produção (Y) começa a decrescer.
Sensíveis	< 1,3 dS m ⁻¹
Moderadamente sensíveis	1,3 - 3,0 dS m ⁻¹
Moderadamente tolerantes	3,0 - 6,0 dS m ⁻¹
Tolerantes	6,0 - 10,0 dS m ⁻¹
Sem uso agrícola	> 10,0 dS m ⁻¹

Fonte: Mass (1986).

TABELA 2 Classificação quanto à salinidade, com base na redução da produção de matéria seca ou grãos.

Grupos de tolerância relativa	Redução da produção (%)*
Sensíveis	> 60
Moderadamente sensíveis	41 - 60
Moderadamente tolerantes	21 - 40
Tolerantes	0 - 20

Fonte: Fageira (1984), adaptado de Ponnampuruma (1977).

* Redução da produção = [(PSS - PCS) / (PSS)]*100

PSS = Produção sem tratamento de salinidade

PCS = Produção com tratamento de salinidade

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação da área experimental do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Lavras-MG), definida geograficamente pelas coordenadas de 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste, com altitude de 910 m, sendo conduzido de janeiro a junho de 2002.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições e seis níveis de salinidade (0, 20, 40, 60, 80 e 100 mmol L⁻¹ de NaCl). Esses valores corresponderam a uma condutividade elétrica (CE) de: 2,05, 4,06, 5,86, 7,62, 9,42 e 11,28 dS m⁻¹, respectivamente. As mudas para a implantação do experimento foram oriundas de sementeira, sendo o substrato utilizado para germinação a vermiculita. As sementes foram adquiridas no Município de Dom Basilo-BA e passaram pelo processo de quebra de dormência através de escarificação mecânica, conforme recomendação de Nascimento et al., (2000). Após 15 dias da germinação, as mudas foram transferidas para solução de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950) a 25, 33 e 50% da sua força durante período de 15 dias em cada concentração, respectivamente. Após o período de aclimação, foram adicionados à solução trabalho (Hoagland a 100% da força) os tratamentos com o NaCl. Cada parcela foi constituída por uma planta por vaso de 3 L (Figura 10.b). As trocas das soluções foram feitas quinzenalmente durante os 60 dias de condução do experimento. As mudas foram transplantadas para os vasos com uma altura média de 41 cm e um diâmetro médio do caule de 3,2 mm.

A solução nutritiva foi mantida sob aeração constante durante todo o período experimental, bem como foi mantido o volume dos vasos sempre em 3 L pela reposição diária com água deionizada.

Foram avaliados os dados referentes ao incremento em altura (cm) e diâmetro do caule (mm), que consistiram nas diferenças entre a primeira e última medida realizada no experimento após a instalação nos tratamentos definitivos. Depois de colhido, o material vegetal foi separado em raízes, caule e folhas, lavado em água corrente e destilada, seco em estufa a 70°C, até peso constante. A matéria seca correspondente a cada uma das partes foi pesada (g planta⁻¹), moída e, em seguida, foram realizadas as determinações químicas.

As relações raiz/parte aérea, raiz/folha e caule/folha foram obtidas pela divisão da matéria seca nessas partes.

Através do extrato nítrico-perclórico foram determinados os teores de P por colorimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; K e Na por fotometria de chama; e S por turbidimetria do sulfato de bário (Malavolta et al., 1997). Os teores de N total foram determinados pelo método semimicro Kjeldahl (Malavolta et al., 1997). O B, após digestão por via seca, foi determinado por colorimetria (método da curcumina) e o Cl foi determinado por titulação com nitrato de prata (Malavolta et al., 1997).

A partir dos teores dos nutrientes e com base na matéria seca, determinou-se o acúmulo dos elementos nas raízes, caule e folhas. A absorção (g planta⁻¹) foi determinada através do somatório dos acúmulos nas diferentes partes da planta.

Determinaram-se também, com base nos teores dos nutrientes nas partes, as relações Na/K, Na/Ca, Na/Mg, Cl/N, Cl/P e Cl/S.

A translocação (%) foi determinada através do seguinte cálculo: $translocação = (\text{acúmulo do nutriente na parte aérea} / \text{acúmulo total do nutriente na planta}) \times 100$.

As análises de variância e de regressão foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento

O incremento em altura (Figura 1.a) e o incremento em diâmetro (Figura 1.b) expressam o aumento, em termos de crescimento, dessas medidas, num período compreendido do transplântio das mudas para a solução tratamento até a colheita do experimento. Os resultados mostram que as plantas do tratamento 0 mmol L⁻¹ de NaCl apresentaram maior crescimento durante o período experimental e que, com o aumento dos níveis de NaCl na solução, as plantas reduziram seu crescimento em relação ao controle (Figura 10.a). Na dose de 0 mmol L⁻¹ de NaCl, o incremento em altura foi de 21,54 cm, sendo esse valor reduzido em 50% na dose de 27,3 mmol L⁻¹ de NaCl, tendo os dados se ajustado a um modelo quadrático. Dados obtidos por Lima (1999) demonstram o efeito negativo de sais sobre o crescimento inicial da pinheira (*Annona squamosa* L.), sendo os sais que mais limitaram o crescimento na fase de muda o Na₂SO₄ e NaCl.

Tendo um ajuste linear para seus dados, o diâmetro do caule apresentou um incremento de 4,9 mm na dose de 0 mmol L⁻¹ de NaCl e uma redução de 50% desse valor na dose de 56,5 mmol L⁻¹ de NaCl, mostrando, assim, que o crescimento das plantas em altura foi mais prejudicado com o aumento inicial da salinidade do que o diâmetro do caule, embora ambos tenham sofrido reduções.

Cordeiro (1997) verificou efeito depressivo da salinidade em mudas de mamoeiro havaí, tanto em altura quanto no diâmetro do caule. Testando o NaCl, Na₂SO₄ e água salgada de açude, com CE 9,3 dS m⁻¹ (classificação C₄S₃, água não indicada para uso agrícola), o autor verificou que o NaCl foi o sal que mais comprometeu o crescimento e desenvolvimento das plantas.

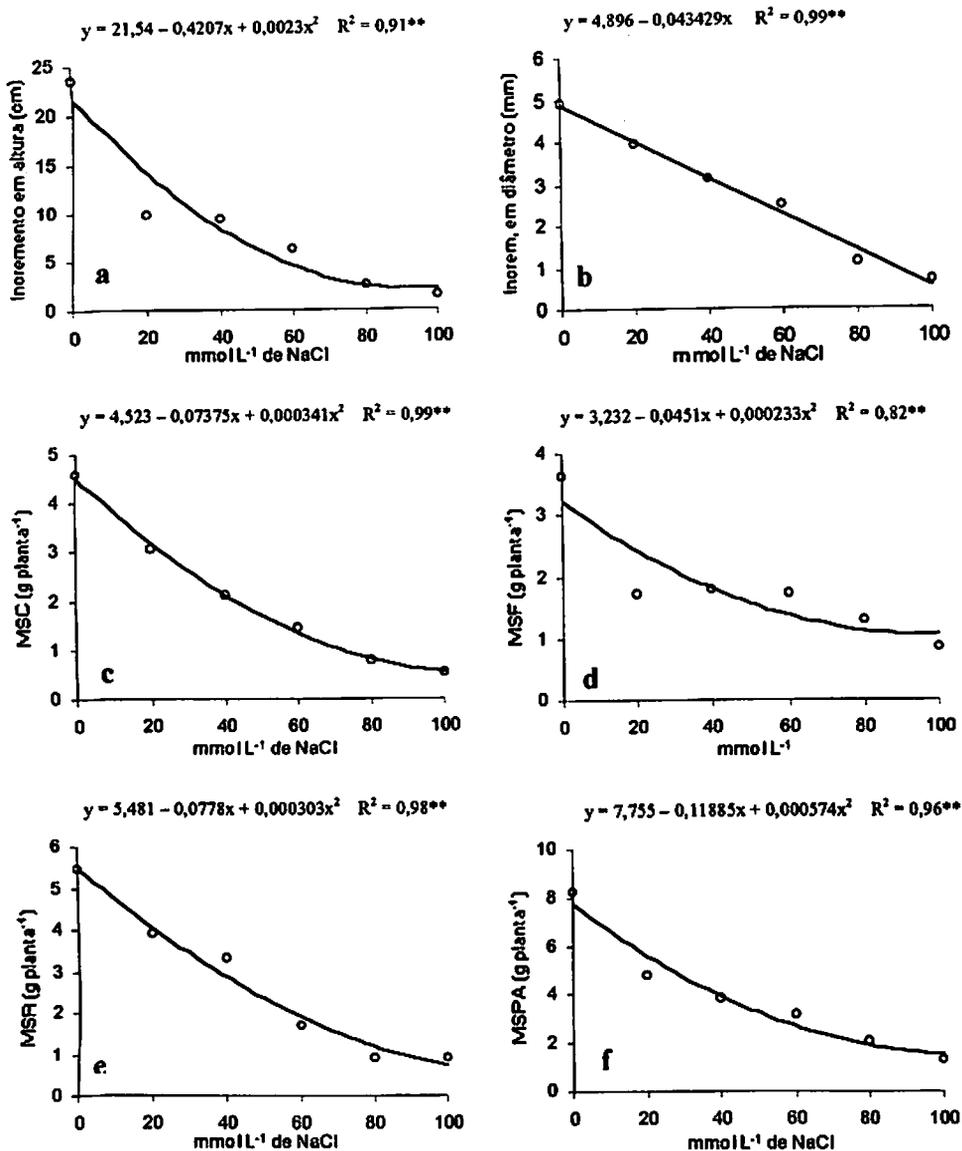


FIGURA 1. Incremento em altura (a), incremento no diâmetro do caule (b), matéria seca do caule (c), matéria seca de folhas (d), matéria seca de raízes (e) e matéria seca da parte aérea (f) de mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. (**) significativos a 1%.

Apesar da grande redução no crescimento, apenas a partir da dose de 60 mmol L⁻¹ de NaCl é que as plantas apresentaram sintomas visuais de toxidez por NaCl, os quais foram caracterizados por sinais de injúrias (Figura 10.c e 10.e), como clorose, seguida de necrose no ápice e margens das folhas, desfolha e morte de plantas na dose máxima testada (100 mmol L⁻¹ de NaCl). Silva et al. (1987c) trataram pinheiras com 0, 20, 40, 60, 80 e 100 mg de NaCl incorporados ao solo e, após quatro meses, todas as plantas, exceto as do tratamento testemunha, sofreram abscisão precoce das folhas mais velhas.

A redução e/ou inibição do crescimento das plantas pela salinidade tem sido atribuída ao efeito osmótico, associado à toxicidade pela absorção excessiva de íons Na⁺ e Cl⁻ e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e/ou distribuição dos nutrientes essenciais (Yahya, 1998).

Os dados relativos à matéria seca de caule (Figura 1.c), folha (Figura 1.d), raiz (Figura 1.e), da parte aérea (Figura 1.f) e matéria seca total (Figura 2.a) apresentaram um comportamento de resposta quadrático, com redução nos valores dessas variáveis à medida que se aumentou a dose de NaCl em solução. Esse comportamento de redução concorda com o descrito por: Cordeiro (1997), para mudas de mamoeiro havaí; Fernandes (2000), também em solução nutritiva, para pupunheira submetida a níveis de salinidade; Miranda (2000), com o cajueiro; Brechbuehler (1999), em citros; e Araújo (1994), trabalhando com feijoeiro, entre outros. Assim, a matéria seca total por planta foi de 13,24 g na dose de 0 mmol L⁻¹ de NaCl, sendo reduzida em 82,3% na dose de 100 mmol L⁻¹ de NaCl e atingindo 50% de sua produção a uma dose de 41,2 mmol L⁻¹ de NaCl; nessa dose a condutividade elétrica (CE) foi equivalente a 6,04 dS m⁻¹.

Utilizando os critérios descritos por Ponnampertuma (1977), citado por Fageira (1984), para classificação de uma planta quanto a sua tolerância à salinidade pode-se considerar, com base na produção de matéria seca total, obtida neste estudo, o umbuzeiro (na fase de muda) como: tolerante, cultivado

em soluções até 16 mmol L⁻¹ de NaCl; moderadamente tolerante, em soluções até 31 mmol L⁻¹ de NaCl; moderadamente sensível, em soluções até 53 mmol L⁻¹ de NaCl; e sensível, em soluções acima de 53 mmol L⁻¹ de NaCl. Isto corresponde, em termos de CE, a 2,34; 4,54; 7,76 e > 7,76 dS m⁻¹, respectivamente, para cada classe de tolerância.

Campos (2001) relata o fato de que em alguns experimentos as plantas, até certo ponto, podem desenvolver adaptações para resistir melhor em solos salinos, apresentando um incremento na pressão osmótica da parte aérea e das raízes, que contrabalance o aumento da pressão osmótica da solução do solo.

Dentre as medidas avaliadas, a matéria seca de folhas foi a que sofreu menor redução na produção ao se variar da dose 0 mmol L⁻¹ de NaCl para a dose 100 mmol L⁻¹ de NaCl (67%), sendo a redução da matéria seca do caule e da raiz semelhantes (87,5 e 86,7%, respectivamente). Como era de se esperar, a redução na produção na matéria seca da parte aérea assumiu um valor intermediário entre a do caule e a da folha (79,2%).

Segundo Muns (1993), a parte aérea das plantas é mais sensível ao estresse salino do que as raízes, devido ao desequilíbrio entre os cátions, em consequência de complexas interações no sistema de transporte. No caso do umbuzeiro, devido a todo o “aparatus” desenvolvido no seu sistema radicular para adaptação à seca, esperava-se que isso acontecesse; porém, tanto a parte aérea, quanto as raízes foram afetadas negativamente pelo estresse salino. A exemplo do que aconteceu com o umbuzeiro, Fernandes (2000), trabalhando com a pupunheira, e Araujo Filho et al.(1995), com bananeira, também constataram haver influência negativa do estresse salino tanto para a parte aérea quanto para as raízes.

MSR/MSP

4.2 Relações Raiz/Parte Aérea, Raiz/Folha e Folha/Caule

Quando uma planta é submetida a determinados tipos de estresse, ela aloca reservas para os órgãos que estão diretamente ligados com esse estresse, como uma tentativa de sobrevivência (Ferri, 1979). Exemplo disso é quando a planta, para se adaptar ao estresse hídrico, favorece o desenvolvimento do sistema radicular, ou seja, aumenta a relação raiz/parte aérea.

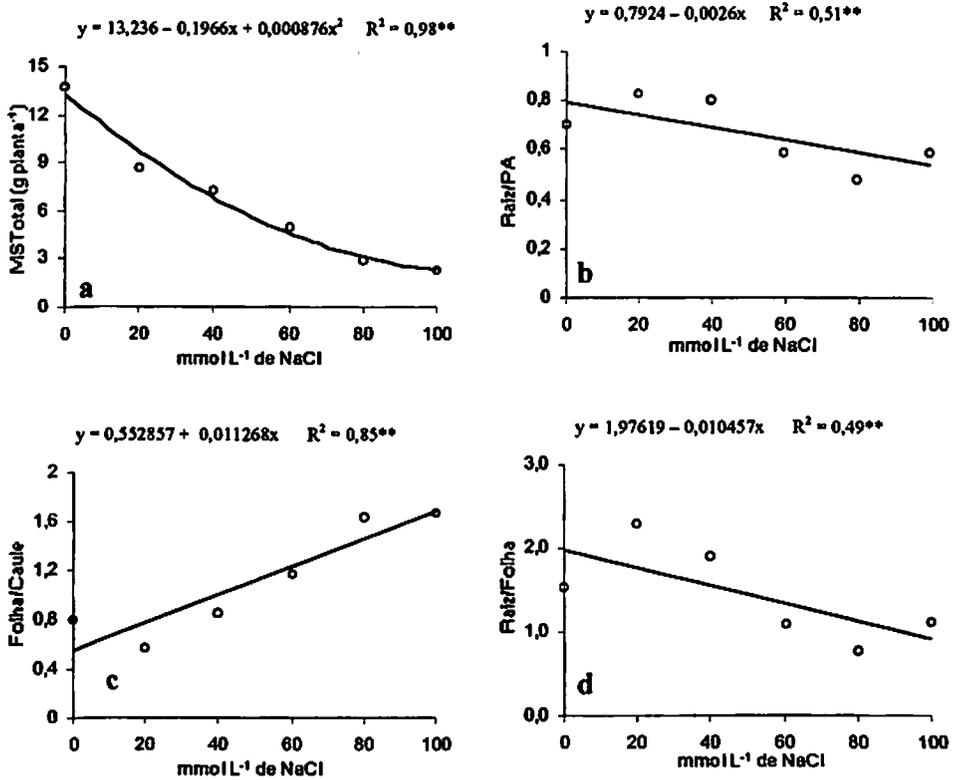


FIGURA 2. Matéria seca total (a), relações raiz/parte aérea (b), folha/caule (c) e raiz/folha (d) de mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. (**) significativos a 1%.

Para a relação raiz/parte aérea (Figura 2.b), ocorreu o inverso daquilo descrito pelo autor anteriormente citado, ou seja, com o aumento do estresse salino, a raiz foi mais prejudicada que a parte aérea, razão pela qual reduziu a relação de 0,79 na dose de 0 mmol L⁻¹ de NaCl para 0,53 na dose de 100 mmol L⁻¹ de NaCl, mostrando, assim, não ter havido maior alocação de compostos para as raízes.

As relações folha/caule (Figura 2.c) e raiz/folha (Figura 2.d) apresentaram uma resposta linear em relação ao aumento da concentração salina, sendo a primeira com um aumento da relação e a segunda com diminuição da mesma. Isso vem justificar o fato de a diminuição da relação raiz/parte aérea ter ocorrido graças a uma menor redução da matéria seca foliar, como já mostrado na Figura 1.d.

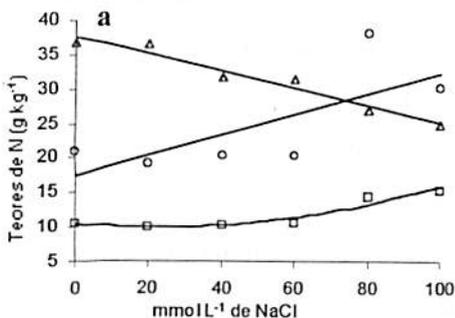
A produção total de matéria seca das raízes na dose de 0 mmol L⁻¹ de NaCl foi 1,98 vezes a das folhas, e quando submetidas à dose de 100 mmol L⁻¹ de NaCl, a produção de raízes pelas mudas de umbuzeiro decresceu para 0,83 vezes a produção de matéria seca das folhas.

4.3 Teores de macronutrientes

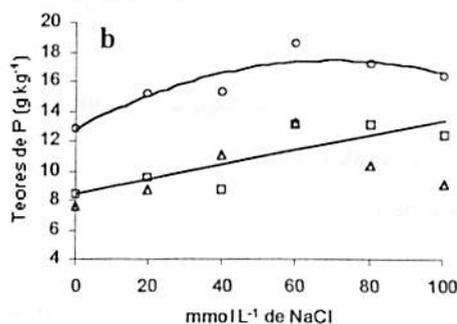
Os teores de N nas partes das mudas de umbuzeiro apresentados na Figura 3.a, tanto nas raízes quanto no caule, aumentaram com o acréscimo dos níveis de salinidade e diminuíram nas folhas. Trabalhos que relatam a diminuição dos teores de N nas folhas atribuem este fato a uma menor atividade da redutase do nitrato, pela inibição da absorção no NO₃ pelo Cl (Wilkinson & Crawford, 1993; Imsande & Touraine, 1994).

O aumento dos teores de N nas raízes e no caule pode estar relacionado a um menor desenvolvimento dessas partes, concentrando ainda mais o nutriente.

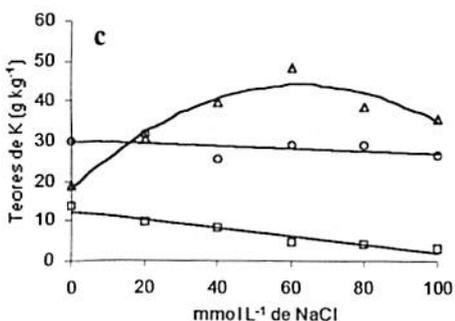
○ R: $y = 17,62369 + 0,147218x$ $R^2 = 0,53^{**}$
 □ C: $y = 10,497 - 0,04256x + 0,0009776x^2$ $R^2 = 0,92^{**}$
 △ F: $y = 37,536905 - 0,125021x$ $R^2 = 0,95^{**}$



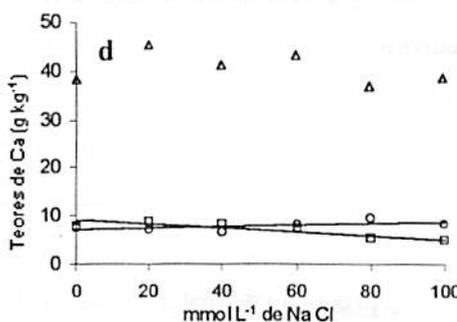
○ R: $y = 12,75 + 0,133832x - 0,000951x^2$ $R^2 = 0,83^{**}$
 □ C: $y = 8,388929 + 0,049796x$ $R^2 = 0,70^{**}$
 △ F: $y = y_{med} = 10,005^{ns}$



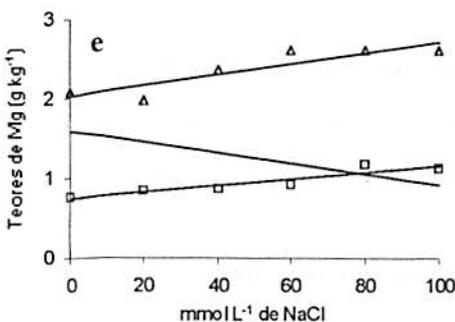
○ R: $y = 30,1243 - 0,031586x$ $R^2 = 0,26^*$
 □ C: $y = 12,425952 - 0,103236x$ $R^2 = 0,94^{**}$
 △ F: $y = 18,097 + 0,83204x - 0,0066526x^2$ $R^2 = 0,92^{**}$



○ R: $y = 7,04881 + 0,018382x$ $R^2 = 0,49^{**}$
 □ C: $y = 9,199405 - 0,039946x$ $R^2 = 0,78^{**}$
 △ F: $y = y_{med} = 40,64^{ns}$



○ R: $y = 1,598333 - 0,00665x$ $R^2 = 0,95^{**}$
 □ C: $y = 0,754881 + 0,004011x$ $R^2 = 0,84^{**}$
 △ F: $y = 2,022381 + 0,007036x$ $R^2 = 0,82^{**}$



○ R: $y = 2,26631 + 0,011532x$ $R^2 = 0,86^{**}$
 □ C: $y = 0,750238 + 0,009629x$ $R^2 = 0,91^{**}$
 △ F: $y = 3,6125 - 0,009250x$ $R^2 = 0,92^{**}$

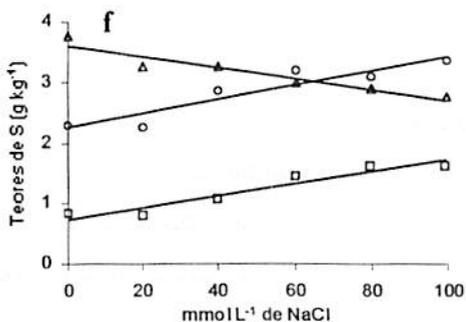


FIGURA 3. Teores de N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e) e S (f) nas raízes (R), caule (C) e nas folhas (F) em mudas de umbuzeiro, em função de doses de NaCl na solução nutritiva. ^{ns}(não significativo). (*) (**) significativos a 5 e 1%, respectivamente.

Na dose de 0 mmol L⁻¹ de NaCl, que proporcionou a máxima produção de matéria seca, os teores de N nas raízes, caule e folhas foram, respectivamente, 17,62, 10,50 e 37,54 g kg⁻¹. Já na dose em que foi verificada a menor produção de matéria seca (100 mmol L⁻¹ de NaCl), os teores foram de 32,35, 16,02, e 25,03 g kg⁻¹, também respectivamente.

Os teores de P (Figura 3.b) nas folhas não foram afetados pelos níveis de salinidade, enquanto que os teores nas raízes e no caule se ajustaram a funções quadrática e linear, respectivamente. Foi verificado um aumento nos teores de P nessas partes à medida que se aumentaram as doses de NaCl. Para Gibson (1988), o maior requerimento de P por plantas submetidas a estresse salino está relacionado ao seu papel no armazenamento de energia e no transporte e particionamento de carboidratos.

A exemplo do que aconteceu com o umbuzeiro, Awad et al. (1990) verificaram um aumento nos teores de P nos tomateiros submetidos a níveis de salinidade em solução nutritiva. Entretanto, Fernandes et al. (2002) verificaram uma diminuição do teor de fósforo em pupunheiras cultivadas em solução nutritiva por um período de 4 meses, com o aumento das doses de NaCl de 0 para 120 mmol L⁻¹.

Com o aumento da dose de 0 mmol L⁻¹ de NaCl para 100 mmol L⁻¹ de NaCl, verificou-se um aumento nos teores de P de 12,8 para 16,6 g kg⁻¹ nas raízes e de 8,4 para 13,4 g kg⁻¹ no caule. Esses valores, mesmo os obtidos nas doses menores, estão acima dos teores da maioria das culturas cultivadas em solução nutritiva, segundo descrito por Malavolta et al. (1997).

Os teores de K (Figura 3.c) nas folhas se ajustaram a uma função quadrática, com um aumento inicial nos teores de K de 18,1 g kg⁻¹ na dose de 0 mmol L⁻¹ de NaCl até 44,1 g kg⁻¹ na dose de 62,5 mmol L⁻¹ de NaCl; a partir dessa dose, houve diminuição até um valor de 34,75 g kg⁻¹ na dose de 100 mmol

L^{-1} de NaCl. Para raízes e caule, o ajuste foi linear, apesar de um baixo coeficiente de determinação (R^2) para os teores de K nas raízes.

Os teores de K, tanto nas raízes quanto no caule, diminuíram com o aumento da salinidade. Esses menores teores de K retratam o efeito antagônico do Na sobre o K, sugerindo uma competição entre os íons pelos sítios de absorção na plasmalema (Marschner, 1995). A manutenção de níveis adequados de K é necessária para a sobrevivência de plantas em ambientes salinos. O K é o mais proeminente soluto inorgânico da planta e, como tal, importante para o abaixamento do potencial osmótico das células das raízes, o que é um pré-requisito para a pressão de turgor que determina o transporte de soluto via xilema e o balanço de água na planta (Marschner, 1995).

Silva et al. (1984), ao estudarem a composição mineral de umbuzeiros cultivados em solos com $1,28 \text{ cmol/dm}^3$ de Ca e $0,17 \text{ cmol/dm}^3$ de K, constataram que os teores foliares de Ca foram superiores aos teores de K, podendo ser um indicativo da maior exigência desse nutriente pelas plantas. Neste estudo, foi verificado que os teores foliares de K só se aproximaram dos teores de Ca nas doses intermediárias de NaCl. Talvez devido aos maiores teores de K nas folhas, estas tenham sofrido redução menor na produção de matéria seca em relação às raízes e ao caule.

Os teores de Ca (Figura 3.d) nas raízes e no caule se ajustaram a uma função linear, sendo que, nas raízes, houve um pequeno acréscimo de $7,15$ para $8,89 \text{ g kg}^{-1}$ da dose 0 mmol L^{-1} de NaCl para a dose de 100 mmol L^{-1} de NaCl, acontecendo o contrário com os teores no caule, ou seja, na dose de 0 mmol L^{-1} de NaCl, o teor foi de $9,2 \text{ g kg}^{-1}$ e caiu para $5,2 \text{ g kg}^{-1}$ na dose de 100 mmol L^{-1} de NaCl. Os teores foliares não apresentaram diferenças significativas. Esse pequeno incremento ocorrido nos teores de Ca das raízes provavelmente deve ter sido a um efeito de concentração, visto que na dose máxima testada a produção de matéria seca das raízes foi bastante reduzida.

Elevadas concentrações de Na no meio externo podem reduzir a atividade do Ca na solução, resultando num decréscimo da quantidade de Ca disponível para a absorção pelas plantas (Grattan & Grieve, 1992).

Os teores de Mg (Figura 3.e) nas raízes se ajustaram a um modelo linear, sendo reduzido seu teor no sentido do aumento dos níveis de salinidade; já os teores no caule e nas folhas também se ajustaram a um modelo linear, porém respondendo com um acréscimo nos teores de Mg conforme aumentaram os níveis de salinidade. Os teores de Mg na dose de 0 mmol L⁻¹ de NaCl foram de 1,60, 0,75 e 2,02 g kg⁻¹ para raiz, caule e folha, respectivamente. Esses valores alteraram para 1,22 g kg⁻¹ na raiz, 0,98 g kg⁻¹ no caule e 2,42 g kg⁻¹ nas folhas, na máxima dose de NaCl testada. Gheyi et al. (1997) relatam que algumas plantas, quando submetidas a ambientes salinos, apresentam uma maior concentração de clorofila, podendo refletir em um maior teor de Mg nas folhas.

No caso do S, vários trabalhos relatam uma competição com o Cl, o que resulta uma menor absorção e transporte para a parte aérea. Curtin et al. (1993) constataram reduções nos teores de S em cevada com o aumento da salinidade com NaCl. Também Fernandes et al. (2002) fizeram a mesma observação em relação à pupunheira.

Nas três partes estudadas (Figura 3.f), as respostas foram lineares, sendo que, para raiz e caule, os teores de S aumentaram com o aumento da salinidade, e para as folhas houve uma diminuição do mesmo, concordando com os resultados dos autores anteriormente citados. No caso do S podem ter ocorrido problemas em relação ao transporte, principalmente para as folhas, uma vez que os teores nas raízes aumentaram. Nas raízes e no caule, os teores passaram de 2,27 e 0,75 g kg⁻¹, na dose em que se omitiu o NaCl, para 3,42 e 1,71 g kg⁻¹, na maior

dose de NaCl. Os teores foliares diminuíram de 3,61 para 2,69 g kg⁻¹ na ausência e na dose máxima de NaCl, respectivamente.

4.4 Teores de micronutrientes e Na

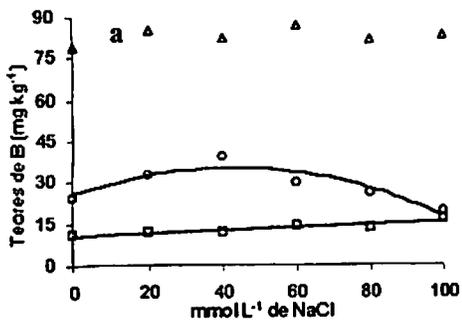
Quanto aos teores de B (Figura 4.a), estes se ajustaram a funções quadrática e linear, respectivamente para raízes e caule. Nas folhas, os mesmos não apresentaram diferenças significativas. Nas raízes, os teores de B aumentaram até a dose de 41 mmol L⁻¹ de NaCl, decaindo a partir dessa dose, sendo que na dose mais alta de NaCl os teores de B das raízes (17,5 mg kg⁻¹) foram inferiores aos obtidos na ausência de NaCl (26,3 mg kg⁻¹).

Os teores de Cu estão representados na Figura 4.b, revelando um ajuste linear para os teores nas raízes e quadrático para os teores no caule e folhas, sendo que, nas raízes, foram detectados os maiores teores, tanto na ausência (6,6 mg kg⁻¹) quanto na maior dose de NaCl (18,5 mg kg⁻¹). No caule e nas folhas, apesar de haver aumento nos teores, este foi bem pequeno, comparado aos incrementos obtidos nas raízes.

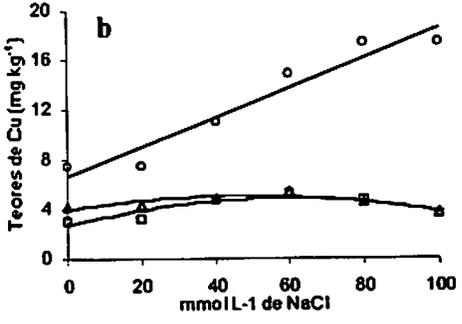
Os teores de Fe nas raízes (Figura 4.c) aumentaram de forma linear com o aumento dos níveis de salinidade, mesmo comportamento observado para os teores foliares (Figura 4.d). Miranda (2000) verificou que no cajueiro anão-precoce sensível à salinidade, a resposta foi de aumento nos teores no sentido do aumento da salinidade, porém, os teores foliares observados em cajueiros tolerantes à salinidade tiveram um comportamento oposto, ou seja, diminuíram com o aumento da salinidade.

Para os teores de Mn (Figura 4.e), as respostas foram idênticas às obtidas para o Cu, sendo superiores na dose de 100 mmol L⁻¹ de NaCl encontrados nas raízes. Na ausência de NaCl, as folhas apresentaram maiores teores comparados aos do caule e raízes. Esse comportamento mostra que o NaCl influencia mais os

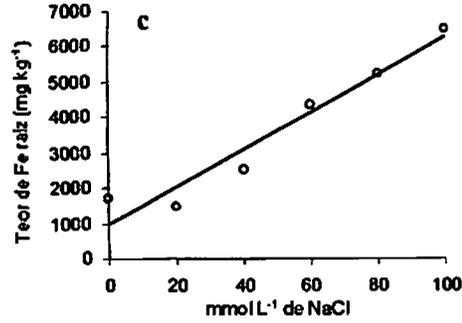
OR: $y = 26,3024 + 0,41447x - 0,00502x^2$ $R^2 = 0,86^{**}$
 □ C: $y = 10,462619 + 0,049089x$ $R^2 = 0,94^{**}$
 Δ F: $y = y_{med} = 82,74^{**}$



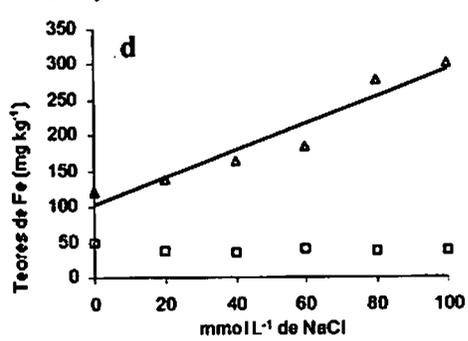
OR: $y = 6,644 + 0,118586x$ $R^2 = 0,93^{**}$
 □ C: $y = 2,6164 + 0,0737x - 0,000629x^2$ $R^2 = 0,97^{**}$
 Δ F: $y = 3,9091 + 0,04314x - 0,0004736x^2$ $R^2 = 0,81^{**}$



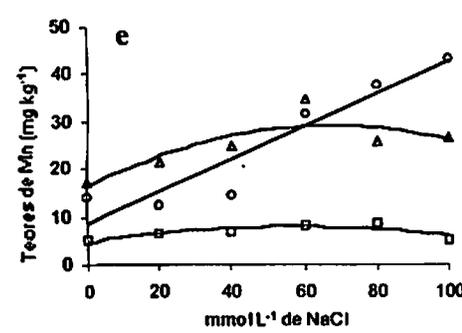
OR: $y = 994,178 + 52,6695x$ $R^2 = 0,94^{**}$



□ C: $y = y_{med} = 39,06^{**}$
 Δ F: $y = 102,0411 + 1,911579x$ $R^2 = 0,92^{**}$



OR: $y = 8,4832 + 0,341111x$ $R^2 = 0,88^{**}$
 □ C: $y = 4,6334 + 0,1178x - 0,001039x^2$ $R^2 = 0,74^{**}$
 Δ F: $y = 16,121 + 0,38913x - 0,002908x^2$ $R^2 = 0,71^{**}$



OR: $y = 8,439286 + 0,245239x$ $R^2 = 0,88^{**}$
 □ C: $y = 3,1392816 + 0,183814x$ $R^2 = 0,82^{**}$
 Δ F: $y = 13,923214 + 0,225311x$ $R^2 = 0,99^{**}$

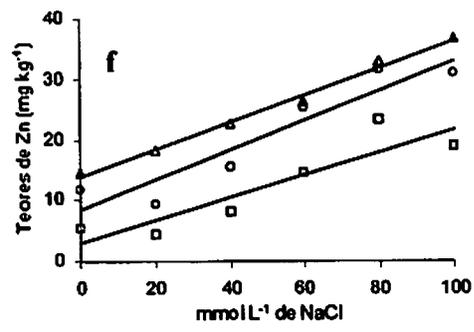


FIGURA 4. Teor de Fe nas raízes (a), no caule e folhas (b), teores de Cu (c), Mn (d), Zn (e) e B (f) nas raízes (R), caule (C) e nas folhas (F) em mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. (**) significativo a 1%.

teores de Mn nas raízes do que nas outras partes. Hocking (1993) relata que, de modo geral, as concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn tendem a ser mais elevadas em plantas submetidas a um maior estresse salino, mas essas diferenças desaparecem ou tomam-se inconsistentes com a idade da planta.

Os teores de Zn (Figura 4.f) se ajustaram a funções lineares em todas as partes da planta, com um aumento de sua concentração no sentido do aumento da salinidade. Os teores foliares foram os maiores tanto na ausência quanto na presença de NaCl. É interessante ressaltar que o aumento dos mesmos está mais relacionado com a diminuição da produção de matéria seca do que com o aumento da absorção dos micronutrientes.

Os teores de Cl (Figura 5.a) aumentaram significativamente com o incremento de NaCl na solução, sendo superiores aos teores de Na (Figura 5.b), que também aumentaram nas partes estudadas, conforme se aumentaram os níveis de salinidade. O fato de os teores de Cl terem sido superiores ao de Na deve-se à sua grande mobilidade e transporte elevado, ocorrendo o mesmo como ânion livre na planta (Marschner, 1995).

Os maiores teores de Cl foram encontrados nas folhas e os menores no caule, sendo esse comportamento verificado em qualquer uma das doses de NaCl estudadas.

Em doses de até 60 mmol L^{-1} de NaCl, os teores foliares de Na foram inferiores aos do caule e das raízes, indicando uma tentativa da planta em acionar mecanismos de exclusão do Na das folhas; contudo, a partir de doses superiores a esta, os teores aumentaram, ultrapassando os do caule e atingindo os das raízes. Assim, na dose de 0 mmol L^{-1} de NaCl, os teores estimados de Na foram de: $1,68 \text{ g kg}^{-1}$ nas raízes, $0,41 \text{ g kg}^{-1}$ no caule e $0,0 \text{ g kg}^{-1}$ nas folhas.

Prova do mecanismo de exclusão do Na das folhas das mudas de umbuzeiro em baixas concentrações salinas é que na dose de 20 mmol L^{-1} de NaCl os teores foliares foram de apenas $0,62 \text{ g kg}^{-1}$, sendo que, nessa mesma

dose, os teores nas raízes foram de 7,35 g kg⁻¹ e no caule, de 3,51 g kg⁻¹. Segundo a classificação feita anteriormente, com base em Ponnampertuma (1977), citado por Fageira (1984), a muda do umbuzeiro foi tida como tolerante a níveis de NaCl em solução até 16 mmol L⁻¹. Constatou-se, desse modo, que essa classificação está embasada num possível mecanismo de exclusão do Na das folhas a baixas concentrações de NaCl.

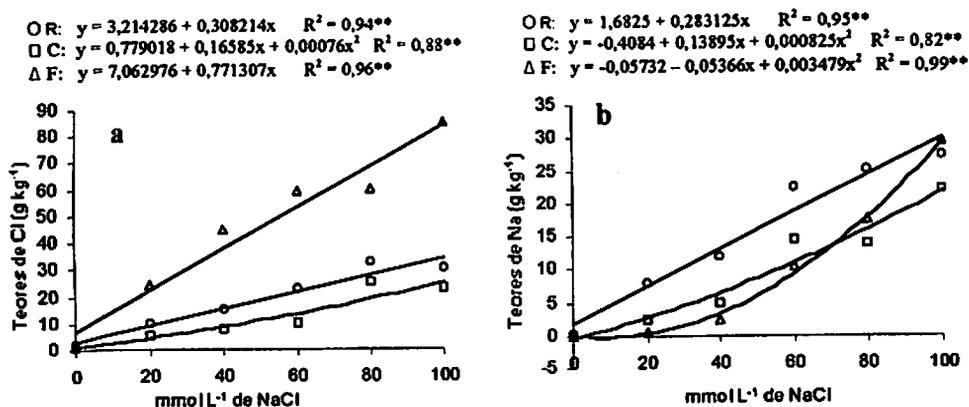


FIGURA 5. Teores de Cl (a) e Na (b), em mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. (**) significativos a 1%.

4.5 Relações Na/K, Na/Ca, Na/Mg, Cl/N, Cl/P e Cl/S

A relação Na/K nas diferentes partes das plantas é tida por alguns autores como um importante critério na caracterização da tolerância à salinidade (Ashraf & McNeilly, 1990; Araújo, 1994).

A menor relação Na/K (Figura 6.a) na dose que mais limitou o crescimento das mudas do umbuzeiro ocorreu nas folhas (0,82). Mesmo ficando abaixo de uma unidade, essa substituição do K pelo Na foi prejudicial às mesmas, visto

que além da diminuição no crescimento, os sintomas visuais de toxidez de Na foram constatados.

Mesmo com o aumento da relação Na/K nas folhas, as mudas alocaram mais Na no caule, tornando a relação Na/K, nesta parte, muito elevada (6,54) na dose máxima de NaCl. Foi verificado, ainda, que o aumento da relação foi mais pronunciado a partir da dose de 40 mmol L⁻¹ de NaCl, mostrando haver uma tentativa da planta de acumular Na no caule em detrimento de um menor acúmulo nas folhas.

Apesar do aumento na relação Na/K ocorrido nas raízes, o mesmo não foi tão grande quanto o ocorrido no caule, ficando a relação nas mesmas um pouco acima da unidade (1,09), no nível mais alto de salinidade.

↗ O Na desloca o Ca da membrana celular, promovendo um aumento da permeabilidade e, por conseguinte, um aumento do teor de Na intracelular (Marschner, 1995). Talvez pelo fato de a relação Na/Ca (Figura 6.b) na folhas (0,77) na máxima dose de NaCl, ter ficado abaixo da unidade, o que segundo Amorim (1994) é um valor de referência para medir o grau de tolerância da planta ao Na, o Ca "dificultou" a entrada do Na nas células das folhas. Nas raízes, a relação Na/Ca se ajustou a uma função quadrática, a exemplo do ocorrido nas folhas, com um aumento mais pronunciado da relação nas primeiras doses; nas doses mais altas, o aumento da relação foi mais lento. A relação, que era de 0,04 na ausência de NaCl na solução, passou para 3,11 na dose mais alta de NaCl.

A relação Na/Mg (Figura 6.c) ajustou-se a uma função linear para as raízes e caule e quadrática nas folhas. Nas folhas, a exemplo do ocorrido na relação Na/Ca, um aumento mais significativo da relação Na/Mg só ocorreu a partir da dose de 60 mmol L⁻¹ de NaCl; nesta dose, a relação foi de 3,59, passando para 11,24 na dose mais alta. Entretanto, a maior relação Na/Mg foi verificada nas raízes (29,22) na dose de 100 mmol L⁻¹ de NaCl, mostrando o

reflexo da diminuição dos teores de Mg nas mesmas com o aumento dos níveis de salinidade.

A relação Cl/N pode ser um bom indicativo da tolerância das plantas à salinidade por sais de Cl, já que existe um efeito antagônico entre o N e o Cl. Curtin et al., (1993) constataram que em cevada (sensível à salinidade) houve uma diminuição nos teores de N e um aumento nos de Cl, enquanto em *Kochia scoparia* L. (tolerante) ocorreu um aumento nos teores de Cl, mas também um aumento nos teores de N, sendo o aumento do Cl menos expressivo do que aquele ocorrido na espécie sensível.

A relação Cl/N (Figura 6.d) aumentou conforme aumentaram as doses de NaCl na solução, sendo que as maiores relações foram verificadas nas doses mais altas de NaCl para o caule (1,66) e folhas (3,18) e na dose de 76 mmol L⁻¹ de NaCl para as raízes (1,03). O aumento nos teores de Cl nas folhas, seguido da diminuição de N, favoreceu uma maior relação Cl/N nas folhas, e um aumento nos teores de N nas raízes, com o aumento da salinidade, favoreceu a diminuição da relação a partir da dose de 76 mmol L⁻¹ de NaCl. As menores relações Cl/N nas partes ocorreram quando não se aplicou NaCl.

Segundo Fixen (1993), a relação do P com o Cl é bastante complexa, sendo que, em alguns estudos, a disponibilidade de P aumentou quando se aumentou a dose de Cl em solução e, em outros casos, diminuiu ou não foi afetada. Fernandes et al. (2002) verificaram aumento na relação Cl/P em todas partes da pupunheira à medida que aumentaram as doses de NaCl na solução nutritiva.

Neste estudo, ajustando a funções lineares, a relação Cl/P (Figura 6.e), nas diferentes partes de mudas do umbuzeiro, também aumentou com a elevação das doses de NaCl. A maior relação encontrada foi nas folhas (8,51), sendo que esse aumento da relação foi graças aos maiores teores de Cl nas folhas.

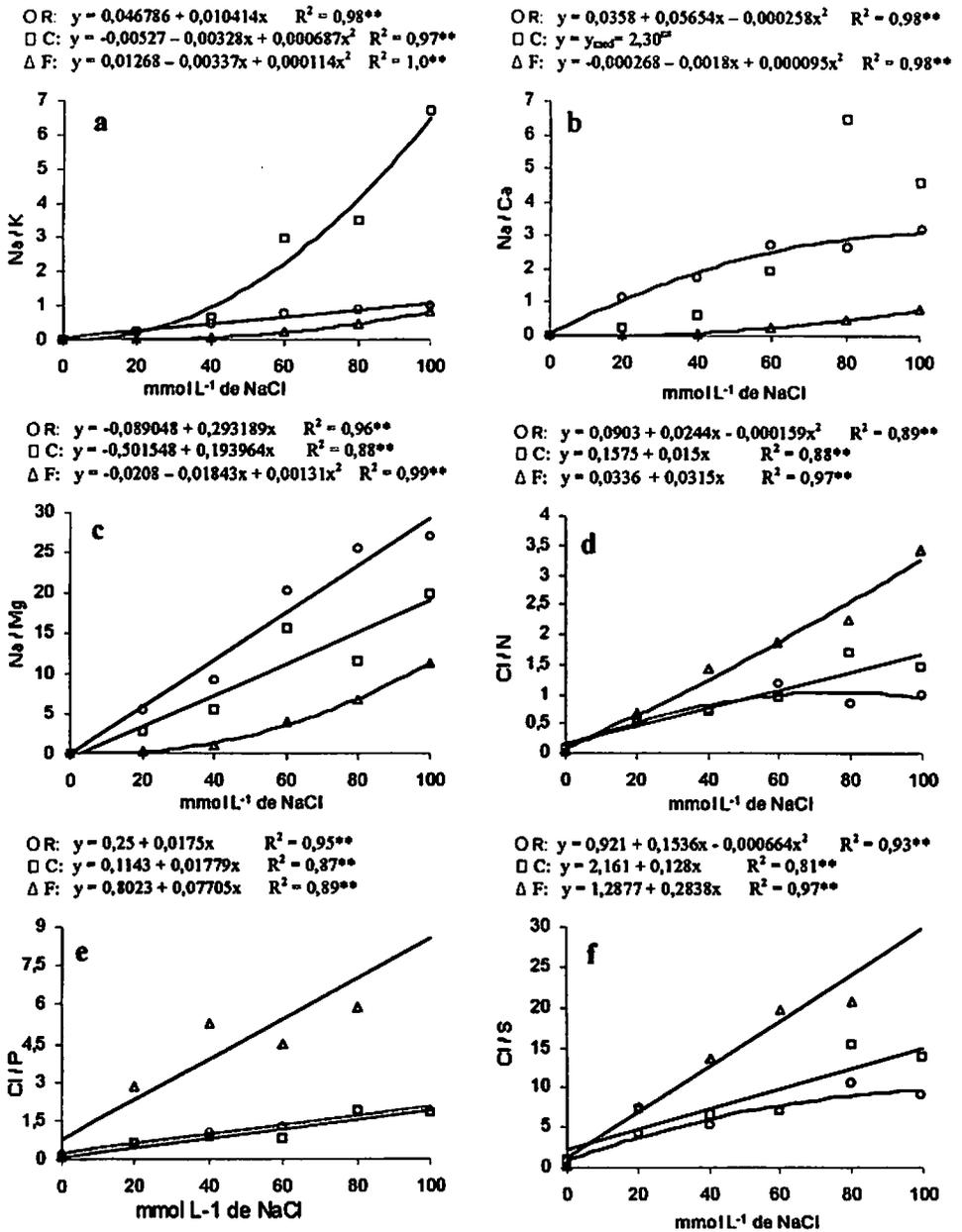


FIGURA 6. Relações Na/K (a), Na/Ca (b), Na/Mg (c), Cl/N (d), Cl/P (e) e Cl/S (f) nas raízes (R), caule (C) e nas folhas (F) de mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. ^{ns}(não significativo) ^{**} significativo a 1%.

Para Fernandes et al. (2002), as pesquisas têm dado pouca importância à influência do Cl sobre a absorção e transporte de S nas plantas cultivadas. Entretanto, o próprio autor estudou a relação Cl/S em pupunheira em função de doses de NaCl e observou um aumento desta relação com o aumento do nível de salinidade.

Concordando com os dados de Fernandes et al. (2002), as relações Cl/S (Figura 6.f) aumentaram com o crescimento das doses de NaCl, ajustando-se a uma função linear, sendo que a maior relação, a exemplo da relação Cl/P, foi atingida nas folhas (29,67), justamente pelos maiores teores de Cl nessa parte.

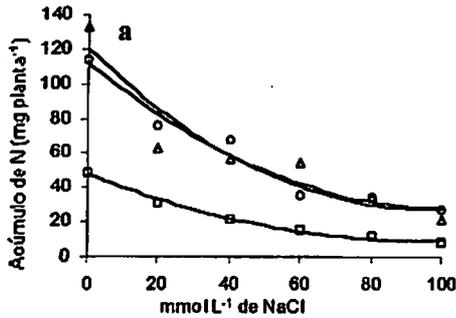
4.6 Acúmulo de macronutrientes, micronutrientes e Na nas partes das mudas de umbuzeiro.

O acúmulo dos macronutrientes (Figura 7) nas partes das plantas foi influenciado negativamente pela presença do NaCl, pois com o aumento da salinidade houve uma redução significativa na produção de matéria seca em todas as partes estudadas. O NaCl influenciou também os teores dos nutrientes nas diferentes partes, reduzindo-os na maioria dos casos. Até mesmo quando os teores foram aumentados o acúmulo diminuiu, tal foi a redução na matéria seca.

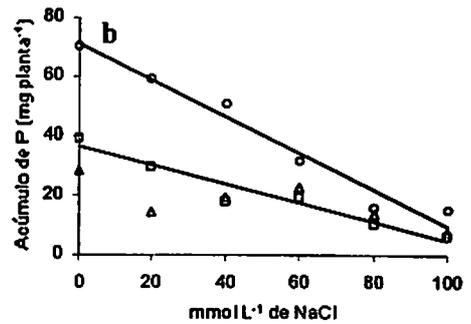
De forma geral, o caule foi a parte da planta que menos acumulou nutrientes. Mesmo a matéria seca do caule sendo superior à das folhas, os baixos teores dos nutrientes neste órgão da planta fizeram com que o acúmulo fosse menor.

O acúmulo de P nas partes das plantas (Figura 7.b) merece atenção, pois na menor dose de NaCl, a distribuição foi de 56, 28 e 16%, respectivamente para raiz, caule e folha, mostrando, diferentemente dos outros nutrientes, que o menor acúmulo deste nutriente ocorreu nas folhas, devendo isto principalmente aos seus baixos teores foliares na referida dose. Como os teores foliares aumentaram

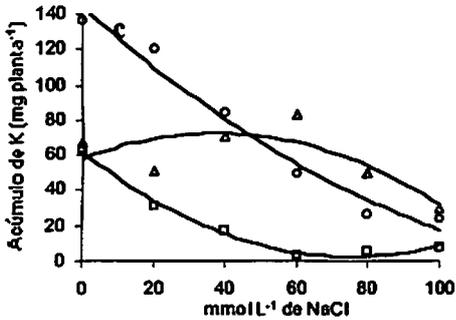
OR: $y = 112,029 - 1,65x + 0,0081x^2$ $R^2 = 0,97^{**}$
 □ C: $y = 47,517 - 0,800x + 0,004174x^2$ $R^2 = 0,99^{**}$
 Δ F: $y = 120,14 - 1,9396x + 0,0102x^2$ $R^2 = 0,88^{**}$



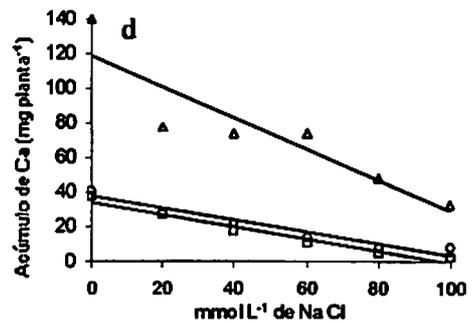
OR: $y = 70,988 - 0,610x$ $R^2 = 0,97^{**}$
 □ C: $y = 36,262 - 0,315x$ $R^2 = 0,94^{**}$
 Δ F: $y = y_{\text{red}} = 20,49^{**}$



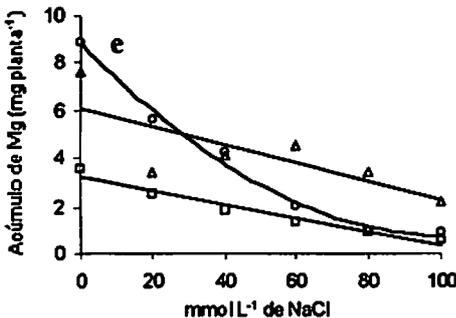
OR: $y = 166,104 - 2,598x + 0,01146x^2$ $R^2 = 1,00^{**}$
 □ C: $y = 61,197 - 1,491x + 0,0092x^2$ $R^2 = 0,98^{**}$
 Δ F: $y = 57,881 + 0,7795x - 0,0103x^2$ $R^2 = 0,61^{**}$



OR: $y = 37,416 - 0,33867x$ $R^2 = 0,91^{**}$
 □ C: $y = 34,536 - 0,356x$ $R^2 = 0,96^{**}$
 Δ F: $y = 119,294 - 0,895x$ $R^2 = 0,83^{**}$



OR: $y = 8,852 - 0,158x + 0,00078x^2$ $R^2 = 0,99^{**}$
 □ C: $y = 3,243 - 0,029x$ $R^2 = 0,96^{**}$
 Δ F: $y = 6,089 - 0,0378x$ $R^2 = 0,60^{**}$



OR: $y = 11,874 - 0,0977x$ $R^2 = 0,91^{**}$
 □ C: $y = 3,493 - 0,027x$ $R^2 = 0,91^{**}$
 Δ F: $y = 12,355 - 0,216x + 0,0012x^2$ $R^2 = 0,83^{**}$

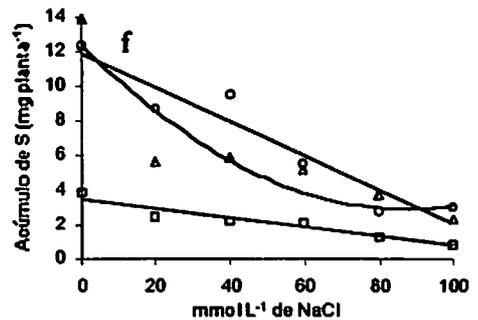
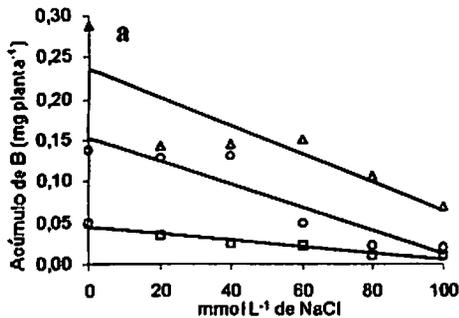
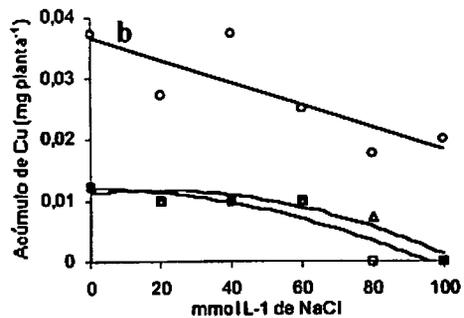


FIGURA 7. Acúmulo de N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e) e S (f) nas raízes (R), caule (C) e nas folhas (F) em mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. (**) significativo a 1%.

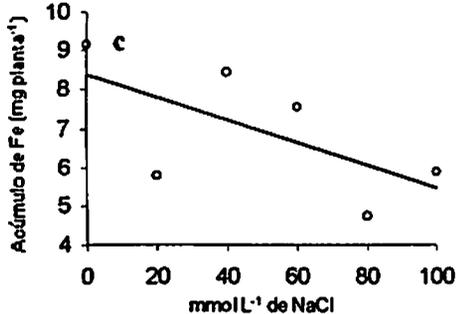
OR: $y = 0,1514 - 0,0014x$ $R^2 = 0,87^{**}$
 □ C: $y = 0,0452 - 0,000396x$ $R^2 = 0,93^{**}$
 Δ F: $y = 0,2354 - 0,0017x$ $R^2 = 0,74^{**}$



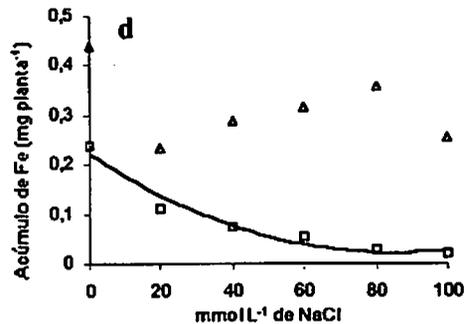
OR: $y = 0,03679 - 0,000186x$ $R^2 = 0,67^{**}$
 □ C: $y = 0,0121 - 0,000009x - 0,000001x^2$ $R^2 = 0,84^{**}$
 Δ F: $y = 0,0113 + 0,000056x - 0,000002x^2$ $R^2 = 0,88^{**}$



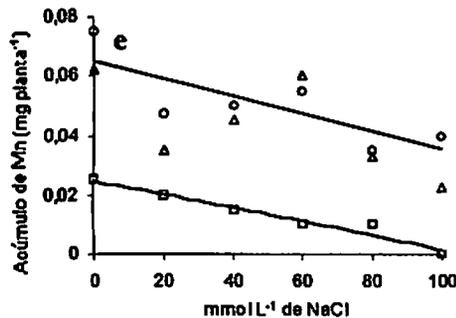
OR: $y = 8,3821 - 0,0292x$ $R^2 = 0,40^{**}$



□ C: $y = 0,222 - 0,004755x + 0,000028x^2$ $R^2 = 0,96^{**}$
 Δ F: $y = y_{\text{med}} = 0,314^{\text{ns}}$



OR: $y = 0,0652 - 0,000296x$ $R^2 = 0,63^{**}$
 □ C: $y = 0,0245 - 0,00021x - 0,000001x^2$ $R^2 = 0,95^{**}$
 Δ F: $y = \text{Sem ajuste}$



OR: $y = 0,0573 - 0,000279x$ $R^2 = 0,55^{**}$
 □ C: $y = y_{\text{med}} = 0,017^{\text{ns}}$
 Δ F: $y = y_{\text{med}} = 0,041^{\text{ns}}$

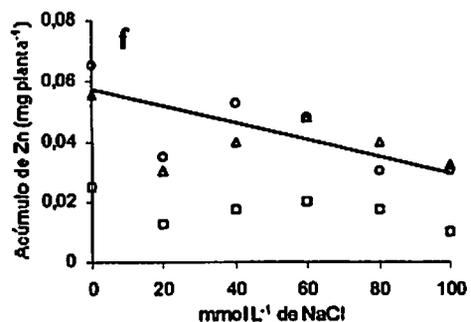


FIGURA 8. Acúmulo de B (a), Cu (b), Fe nas raízes (c), Fe no caule e folhas (d), Mn (e) e Zn (f) nas raízes (R), caule (C) e nas folhas (F) em mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. ^{ns}(não significativo), ^{**} significativo a 1%.

com a elevação dos níveis de salinidade, na máxima dose testada o acúmulo de P nas folhas foi superior ao do caule e semelhante ao encontrado nas raízes.

A distribuição do acúmulo de P nas partes das plantas na ausência de NaCl, encontrada neste trabalho, não coincide com os resultados obtidos por Miranda (2000) em pupunheira, também na ausência de NaCl em solução. Segundo este autor, o comportamento observado com a pupunheira é normal para várias outras culturas. Desse modo, sendo o umbuzeiro adaptado ao estresse hídrico e estando o mecanismo para essa adaptação localizado no sistema radicular, a planta provavelmente destinou maior energia para o estabelecimento das raízes. Com o aumento da salinidade, foi necessário destinar mais energia para a manutenção da parte aérea, mudando, assim, a proporção do acúmulo de P da menor para a maior dose de NaCl.

O maior acúmulo de K na folhas ($72,6 \text{ mg planta}^{-1}$) ocorreu na dose de 38 mmol L^{-1} de NaCl, com redução a partir dessa dose, como ilustra a Figura 7.c. Justifica-se esse comportamento pelo significativo aumento nos teores foliares de K nas primeiras doses de NaCl. Com o aumento da salinidade, além da redução da matéria seca das folhas, observou-se também uma redução nos teores de K, diminuindo, conseqüentemente, a quantidade acumulada nessa parte.

As observações feitas quanto ao acúmulo dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) valem também para o acúmulo dos micronutrientes (exceto o Cl), como pode ser observado na Figura 8. É interessante destacar que independentemente da dose de NaCl na solução, mais de 90% do Fe alocou-se nas raízes das mudas de umbuzeiro, concordando com os resultados obtidos por Miranda (2000).

O acúmulo de Cl, ilustrado na Figura 9.a, ajustou-se a funções quadráticas para todas as partes, com um máximo para raiz, caule e folha situado na faixa de 53 a 66 mmol L^{-1} de NaCl. O acúmulo nas folhas foi o maior, sendo

que 60% do Cl ficou alocado nas mesmas. Na dose de 100 mmol L⁻¹ de NaCl, o percentual ficou assim distribuído: 21,4% nas raízes, 12,5% no caule e 67,1% nas folhas. Segundo Silva (1983), o ion Cl⁻ se acumula principalmente na parte aérea das plantas, estando os resultados obtidos de acordo com o que relatou a autora anteriormente citada.

Para o acúmulo de Na (Figura 9.b) pode-se observar um ajuste quadrático para raiz e caule e linear para as folhas. No caso do Na, na dose de 60 mmol L⁻¹ de NaCl, faixa em que se verificou máximo acúmulo de Na nas raízes e no caule, 56,4% ficaram alocados nas raízes, 20,2% no caule e 23,4% nas folhas. Na dose máxima testada, esse percentual aumentou nas folhas para 45%, reduzindo nas raízes para 33,7% e mantendo-se mais ou menos constante no caulê (21%).

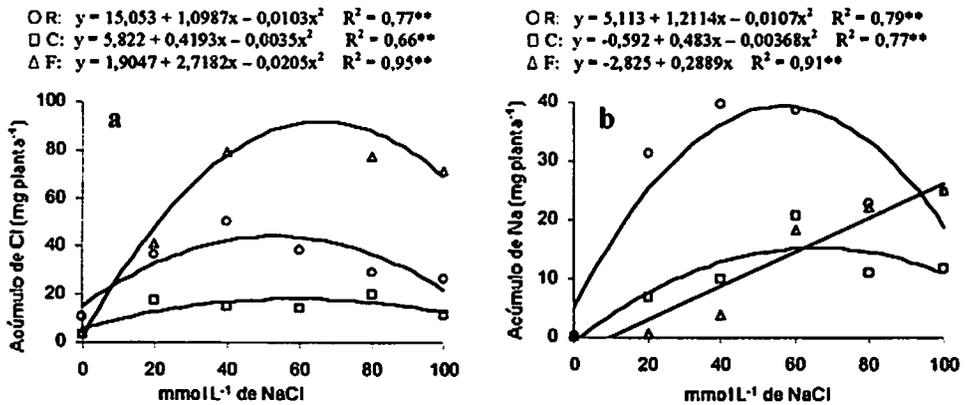


FIGURA 9. Acúmulo de Cl (a) e Na (b) nas raízes, caule (C) e nas folhas (F) em mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. (**) significativo a 1%.

Como pode-se verificar nas Figuras 10.c e 10.e, os sintomas foliares de toxidez surgiram a partir da dose de 60 mmol L⁻¹ de NaCl; a partir desta dose, o percentual de sódio alocado nas folhas aumentou mais que o de Cl, sugerindo que a toxidez se deveu aos dois elementos em conjunto, porém a participação do

Na pode ter agravado mais a toxidez. Silva (1983) atribuiu os sintomas de toxidez observados em sorgo sacarino, cultivado em solução salina, a uma ação conjunta dos íons Na^+ e Cl^- .

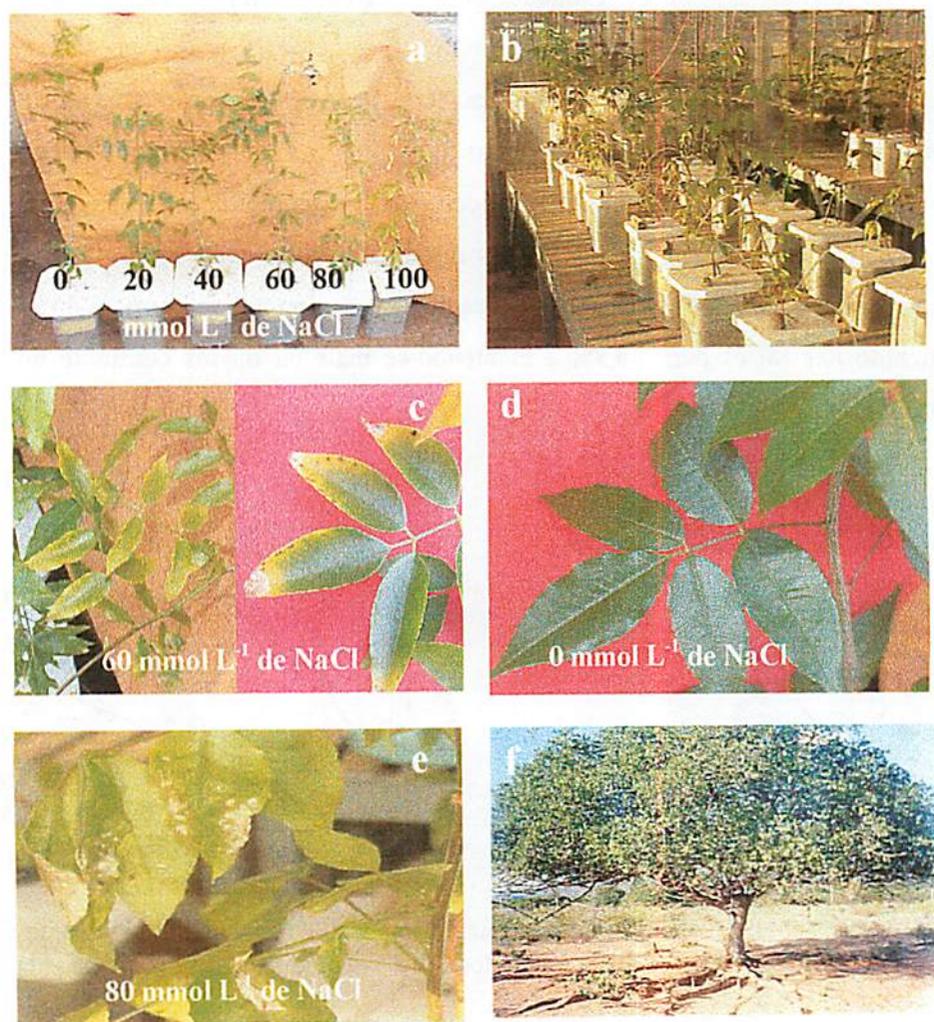


FIGURA 10. Mudas de umbuzeiro submetida aos níveis de salinidade (a), aspecto geral do experimento (b), início dos sintomas de toxidez (c), muda cultivada na ausência de NaCl (d), sintomas de toxidez provocados pela adição de NaCl (e) e árvore nativa de umbuzeiro (f).

4.7 Absorção de macronutrientes, micronutrientes e Na

A absorção foi obtida pelo somatório dos acúmulos do nutriente nas partes da planta (raiz, caule e folha). Concordando com a expectativa, o comportamento de resposta para todos os macronutrientes (Figura 11) foi no sentido de redução da absorção à medida que se aumentaram as doses de NaCl devido, principalmente à redução de produção de matéria seca das partes.

A absorção de N (Figura 11.a) teve um comportamento de resposta quadrático, ocorrendo uma diminuição da absorção de 279,69 mg planta⁻¹ na dose de 0 mmol L⁻¹ de NaCl para 64,71 na dose de 100 mmol L⁻¹ de NaCl, caracterizando uma redução de 77%. Para o P (Figura 11.b) e o K (Figura 11.c), as reduções foram ainda maiores, 81 e 84%, respectivamente. Abreu et al. (2002) estudaram o acúmulo de macronutrientes e Na na pupunheira e também constataram uma redução na absorção de K quando se adicionou Na na solução nutritiva e atribuíram esse efeito ao antagonismo existente entre esses cátions.

Para absorção de Ca (Figura 11.d) e Mg (Figura 11.e), as reduções foram de 78% para ambos os nutrientes. Miranda et al. (2002) relatam que, segundo alguns autores, o NaCl, além de inibir o movimento do Ca na raiz, pode também reduzir sua disponibilidade na solução, graças à precipitação e à formação de pares iônicos. Por fim, a absorção de S reduziu em 83% da menor para a maior dose de NaCl.

Para os macronutrientes, na ausência de NaCl, a ordem decrescente de absorção foi: N (279,7 mg planta⁻¹) > K (271,4 mg planta⁻¹) > Ca (206,7 mg planta⁻¹) > P (132,5 mg planta⁻¹) > S (26,1 mg planta⁻¹) > Mg (18,9 mg planta⁻¹).

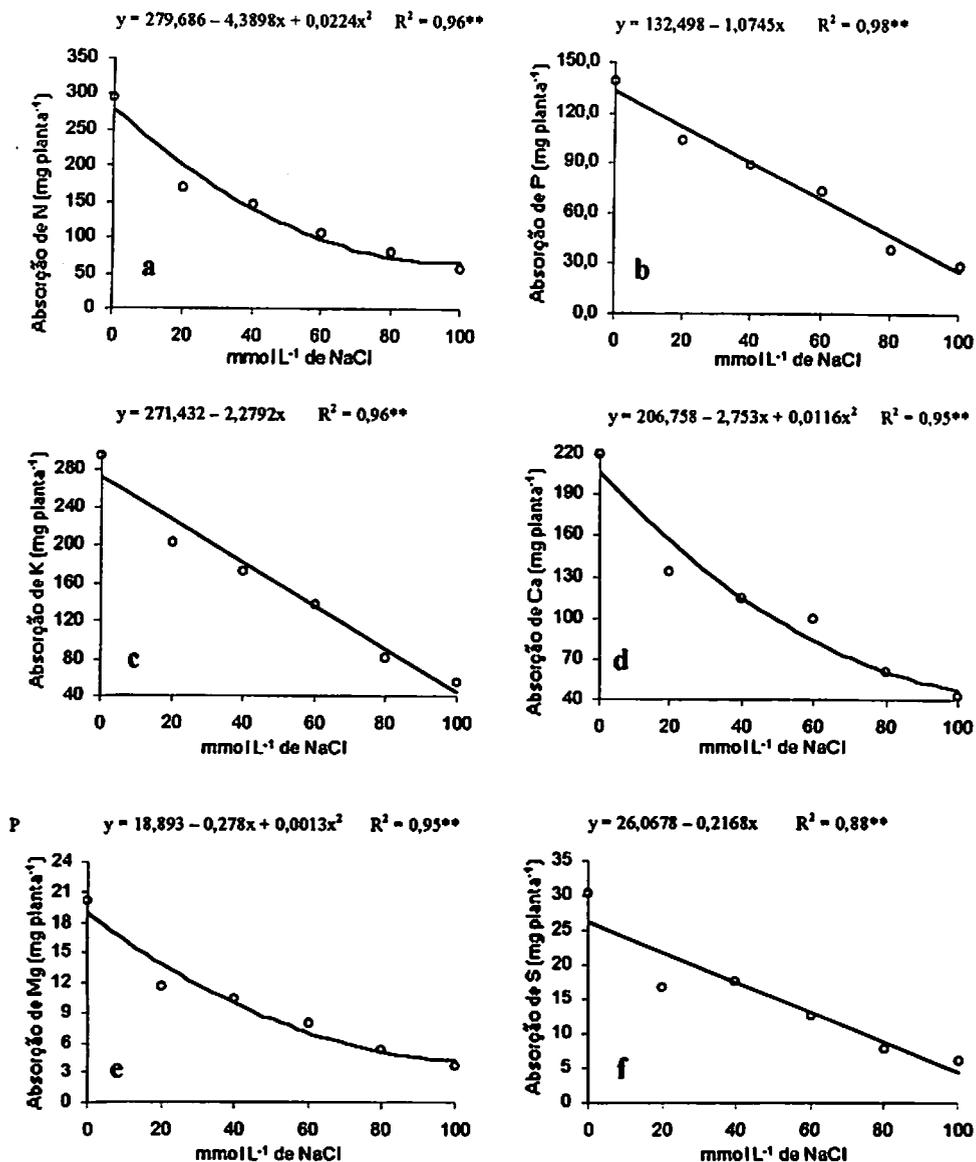


FIGURA 11. Absorção de N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e) e S (f) por mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. (**) significativo a 1%, respectivamente.

Na dose máxima de NaCl essa ordem foi alterada para: N (76,8 mg planta⁻¹) > Ca (47,5 mg planta⁻¹) > K (43,5 mg planta⁻¹) > P (25,1 mg planta⁻¹) > S (4,4 mg planta⁻¹) > Mg (4,1 mg planta⁻¹). Isso se deveu a uma maior substituição do K pelo Na, fazendo com que sua absorção fosse diminuída quando a planta foi submetida a condições de estresse salino, e também uma tentativa de alocar mais Ca para minimizar problemas de membranas, principalmente nas folhas.

Segundo Andrade et al. (1977), o acúmulo de macronutriente segue a mesma tendência da produção de matéria seca, uma vez que para essa produção as plantas requerem nutrientes. Faquin (2001) também relatou, para condições de ambientes não salinos, a uma perfeita sobreposição das curvas de produção de matéria seca e acumulação de macronutrientes em plantas de soja.

A absorção de micronutrientes, excetuando o Cl, por mudas de umbuzeiro, apresentou um comportamento linear, sendo reduzida com o aumento dos níveis de salinidade. Esse fato se deveu a uma menor produção de matéria seca nas doses maiores de NaCl, visto que os teores dos micronutrientes aumentaram nas partes das mudas com o aumento do NaCl na solução.

O B (Figura 12.a), dentre os micronutrientes, foi o que teve o acúmulo mais prejudicado pela salinidade, sendo absorvido 0,433 mg planta⁻¹ quando não se aplicou NaCl e 0,07 mg planta⁻¹ quando se aplicaram 100 mmol L⁻¹ de NaCl.

A absorção do Cu (Figura 12.b) foi influenciada negativamente pela presença do NaCl, sendo reduzida de 0,065 mg planta⁻¹ para 0,02 mg planta⁻¹ no sentido do menor para o maior nível de salinidade.

A absorção de Fe, representada na Figura 12.c, foi a maior dentre os micronutrientes (8,92 mg planta⁻¹) quando da ausência de NaCl, sendo a mesma reduzida para 5,82 mg planta⁻¹ na dose de 100 mmol L⁻¹ de NaCl.

A absorção de Mn (Figura 12.d) e de Zn (Figura 12.e) caiu de 0,145 e 0,125 mg planta⁻¹ para 0,07 mg planta⁻¹, respectivamente.

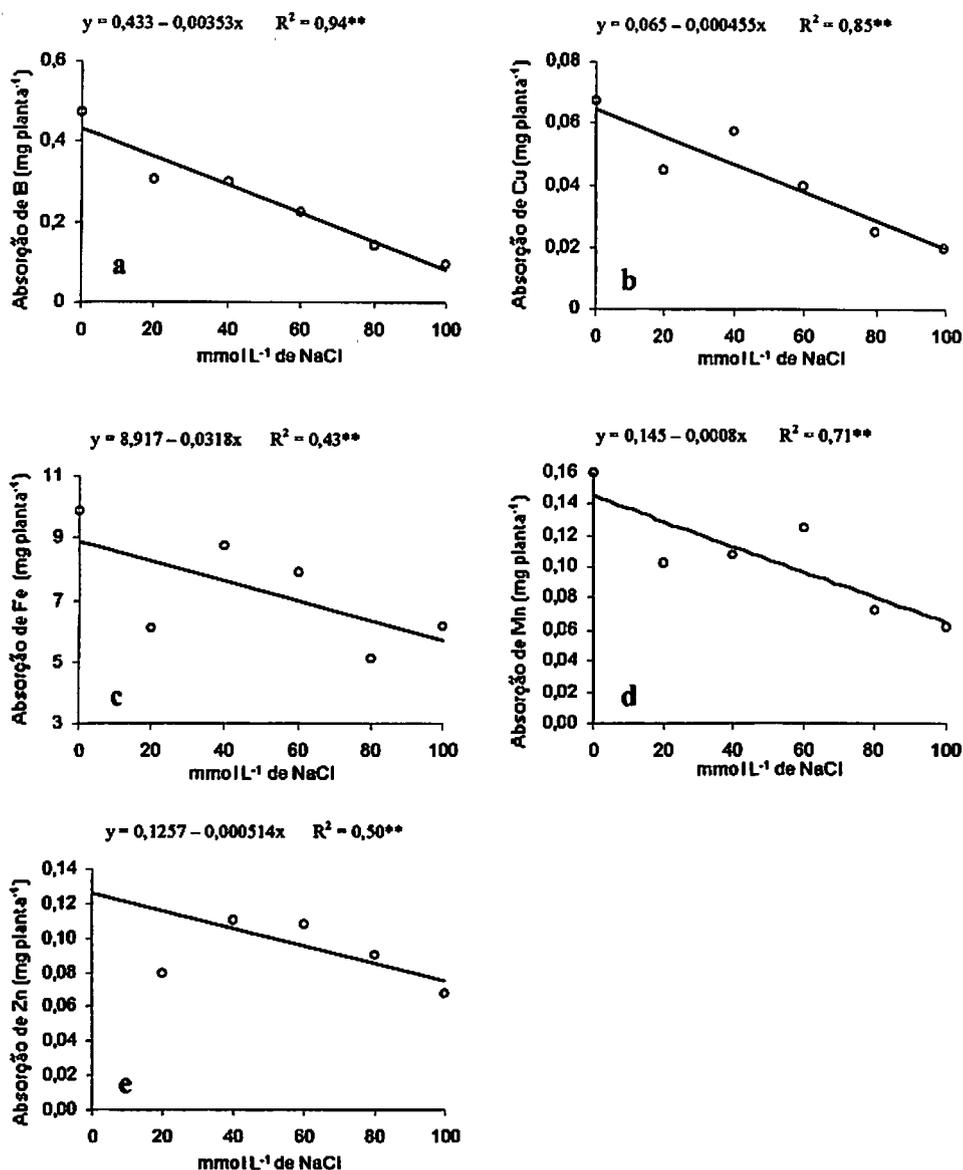


FIGURA 12. Absorção de Fe (a), Cu (b), Mn (c), Zn (d) e B(e) por mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. (**) significativo a 1 %.

Assim, pode-se ordenar, de forma decrescente, a absorção dos micronutrientes (exceto o Cl) pelas mudas na ausência de NaCl: Fe > B > Mn > Zn > Cu. Essa ordem foi mantida também na dose máxima estudada, excetuando a absorção de Mn e Zn, que nesse nível foram iguais. O NaCl (da menor para a maior dose) influenciou a redução na absorção dos micronutrientes na seguinte ordem: B (81,5%) > Cu (69,2%) Mn (51,7%) > Zn (44,3%) > Fe (34,7%). Vê-se, assim, que a absorção do Fe, além de ser mais elevada entre os micronutrientes (exceto o Cl), foi a menos afetada pela salinidade.

A absorção de Cl (Figura 13.a) foi maior que a de Na (Figura 13.b) em todos os níveis de salinidade, o que, segundo Alam (1994), pode indicar uma maior sensibilidade das plantas a danos por Cl do que por Na. Os elevados conteúdos de Na, e principalmente de Cl, levaram ao desbalanço nutricional das mudas do umbuzeiro, acarretando uma redução acentuada na produção de matéria seca. Fernandes (2000) verificou maior acúmulo de Cl do que Na em pupunheira, em condições salinas.

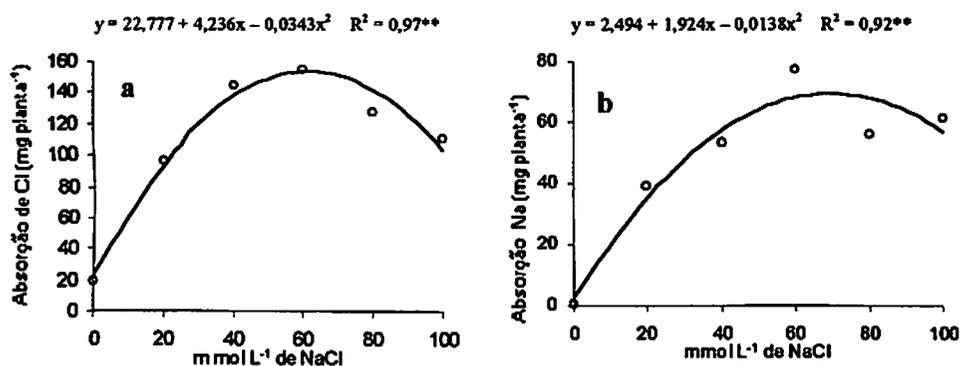
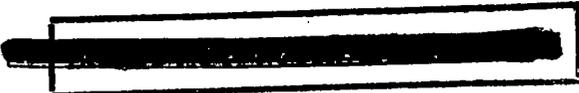


FIGURA 13. Absorção de Cl (a) e Na (b) por mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. (**) significativo a 1%.

A absorção de Cl e Na se ajustou a funções quadráticas com aumento da absorção nas primeiras doses de NaCl. Para o Cl, o aumento se deu até a dose de



69,7 mmol L⁻¹ de NaCl, e para o Na, até a dose de 61,7 mmol L⁻¹ de NaCl, passando a decair a partir dessas doses. Essa queda se deveu principalmente à diminuição da produção de matéria seca, pois os teores, tanto de Cl quanto de Na, aumentaram com o maior nível de salinidade.

4.8 Translocação de macronutrientes, micronutrientes e Na

A translocação, ou seja, o percentual do elemento absorvido que segue para a parte aérea, é uma boa medida para caracterizar a acumulação do nutriente nas raízes ou na parte aérea, ajudando, assim, na identificação de possíveis mecanismos envolvidos na tolerância de plantas submetidas a ambientes salinos.

Floweres et al. (1977) relataram que o crescimento de halófitas é invariavelmente acompanhado pelo acúmulo de íons nas folhas, enquanto, nas glicófitas, é acompanhado pela exclusão destes, acumulando-os nas raízes e, às vezes, no caule.

As translocações de N, P e K estão representadas na Figura 14.a, sendo que, para o N, estes valores não diferiram significativamente entre as doses estudadas. O P translocado passou de 44,8% na ausência de NaCl para 54 % na dose mais alta de NaCl, podendo ter sido uma forma da planta destinar mais energia para a manutenção da parte aérea, ressaltando apenas que o coeficiente de determinação (R²) para essa medida foi muito baixo (24%).

A translocação de K se ajustou a uma curva quadrática, com o máximo translocado para a parte aérea atingido na dose de 90 mmol L⁻¹ de NaCl (60,7%).

O aumento do K translocado foi destinado às folhas, principalmente nas doses mais baixas, pois nessas o conteúdo de Na foi relativamente baixo, quando comparado a doses maiores. Isto pode ter sido uma tentativa da muda do umbuzeiro em manter o equilíbrio osmótico.

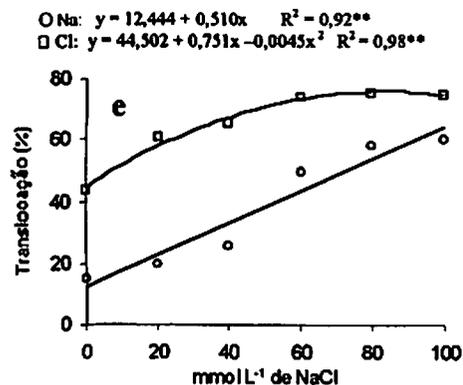
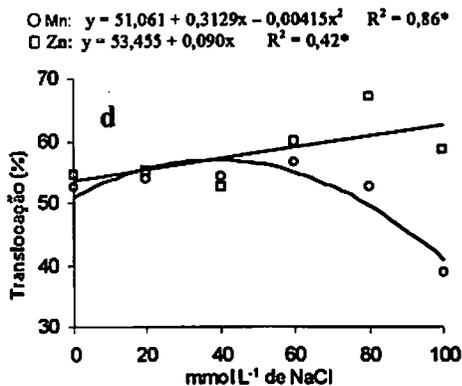
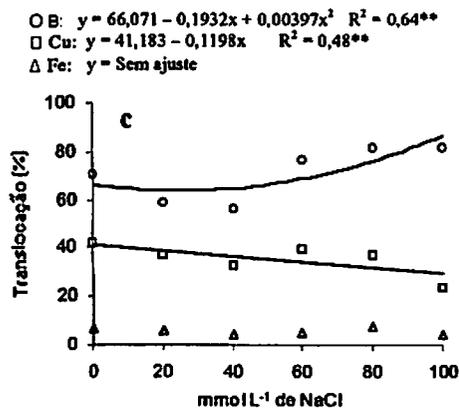
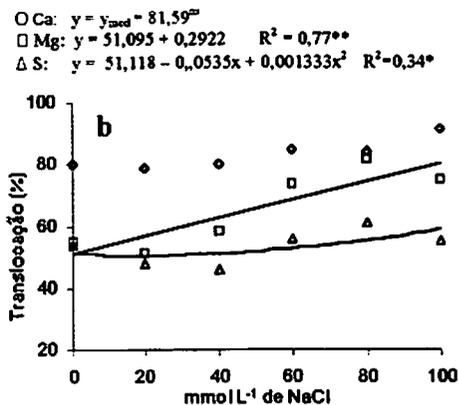
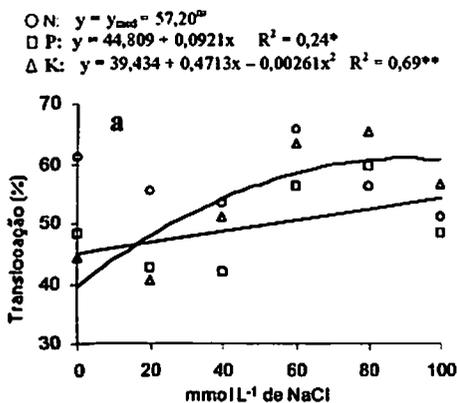


FIGURA 14. Translocação de N, P, K (a), Ca, Mg, S (b), B, Cu, Fe (c), Mn, Zn (d) e Cl, Na (e) em mudas de umbuzeiro em função de doses de NaCl na solução nutritiva. ^{ns}(não significativo), (*) (**) significativos a 5 e 1%, respectivamente.

Observando a Figura 14.b, verifica-se que a translocação para o Ca foi não significativa e, para o S, se ajustou a um modelo quadrático inverso, ou seja, a translocação diminuiu até a dose de 20,6 mmol L⁻¹ de NaCl, voltando a aumentar a partir dessa dose. Constata-se também que o R², para essa medida, foi baixo (34%). O Mg foi translocado em um maior percentual quando no sentido do aumento das doses de NaCl, passando de 51,1% para 80,3% da menor para a maior dose.

As translocações de B, Cu e Fe, ilustradas na Figura 14.c, apresentam comportamentos distintos. Com o aumento dos níveis salinos, a translocação de B tendeu a um aumento e a de Cu, a uma redução; para o Fe não se encontrou um ajuste para a função.

Os micronutrientes Mn e Zn (Figura 14.d) também tiveram um comportamento diferenciado, com a translocação de Mn, ajustando-se a uma função quadrática e observando-se uma diminuição da translocação nas doses mais altas de NaCl. A translocação de Zn se ajustou a uma função linear, com um incremento na translocação conforme se aumentaram as doses.

Os dados de translocação de Cl e Na (Figura 14.e) demonstram que o Cl foi mais móvel que o Na nas mudas de umbuzeiro, principalmente nas doses mais baixas de NaCl, sendo que, na dose de 20 mmol L⁻¹ de NaCl, apenas 22% do Na se encontrava na parte aérea. Em contrapartida, o Cl se encontrava em 58%. Com o aumento dos níveis de salinidade, o Na translocou em maior quantidade (63% na dose de 100 mmol L⁻¹ de NaCl). Já o Cl translocado passou de 58 para 75% nas doses de 20 e 100 mmol L⁻¹ de NaCl, respectivamente.

Pode-se perceber que o umbuzeiro, quando foi submetido a baixas concentrações de NaCl, concentrou o Na absorvido primeiramente nas raízes, translocando pequena quantidade para a parte aérea. Com o aumento da salinidade, a tentativa foi de alocar o Na além das raízes, também no caule;

porém, em níveis mais elevados, a planta não conseguiu excluir o Na das folhas. O comportamento descrito pode ser verificado na Figura 9.b.

A maioria dos umbuzeiros existentes no nordeste brasileiro é nativa (Figura 10.f), sendo esta região o centro de origem dessa frutífera. Assim sendo, é interessante que se atente para a grande variabilidade genética existente dentro dessa espécie.

Sabendo que a tolerância da planta à salinidade pode ser também uma característica da variedade, ao se estudarem umbuzeiros oriundos de outras matrizes, podem ser obtidos resultados diferenciados. Assim sendo, conclusões mais fundamentadas a respeito do grau de tolerância do umbuzeiro à salinidade devem ser feitas a partir de um número maior de estudos.

5 CONCLUSÕES

Ao se elevarem as doses de NaCl de 0 para 27,3 mmol L⁻¹ e de 0 para 56,5 mmol L⁻¹ na solução, houve uma redução de 50% na altura e no diâmetro do caule das mudas do umbuzeiro, respectivamente.

A adição de NaCl na solução nutritiva foi prejudicial ao desenvolvimento das mudas de umbuzeiro, sendo a matéria seca total reduzida em 83,2% ao se comparar a produção com 0 e 100 mmol L⁻¹ de NaCl.

A produção de matéria seca de raízes foi mais afetada pelo NaCl do que a produção de matéria seca da parte aérea.

Os sintomas visuais de toxidez causados pelos íons Cl⁻ e Na⁺ só se manifestaram a partir da dose de 60 mmol L⁻¹ de NaCl.

A absorção de Cl pelo umbuzeiro foi superior à de Na em todos as doses de NaCl.

Em concentrações salinas baixas, verificou-se uma tentativa de exclusão do Na das folhas, indicando uma tolerância moderada da planta a ambiente com baixas concentrações de sais.

Com o aumento das doses de NaCl, a relação Na/K foi aumentada em todas as partes da planta.

Os elevados conteúdos de Cl e Na induziram as mudas do umbuzeiro a um desbalanço nutricional.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, E. M. A.; FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; LINHARES, L. C. F.; NOGUEIRA, E. L. S. Acúmulo de macronutrientes e sódio em mudas de pupunheira em função da omissão destes elementos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 27., 2002, Belém-PA. (CD-ROM).
- ALAM, S. M. Nutrient uptake by plants stress conditions. In: PESSARAKLI, M. *Handbook of plant and crop stress*. New York: Marcel Dekker, 1994. p. 227-246.
- AMORIM, J. R. A. Comportamento do alho (*Allium sativum* L.) sob duas formas de aplicação de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. Campina Grande-PB, 1994. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba.
- ANDRADE, A. C.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho. 1977. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP).
- ARAUJO, C. A. S. Avaliação de feijoeiros quanto a tolerância à salinidade em solução nutritiva. 1994. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ARAUJO FILHO, J. B.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. Tolerância da bananeira à salinidade em fase inicial de desenvolvimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 7, p. 989-997, jul. 1995.
- ASHRAF, M.; McNEILLY, T. Response do four *Brassica* species to sodium chloride. *Environmental and Experimental Botany*, Oxford, v. 30, n. 1, p. 475-487, Jan. 1990.
- AWAD, A. S.; EDWARDS, D. G.; CAMPBELL, L. C. Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. *Crop Science*, Madison, v. 30, n. 1, p. 123-128. Jan./Feb. 1990.
- BARRET-LENNARD, E. G. Restoration of saline land through revegetation. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 53, n. 1/3, p. 213-226, Feb. 2002.

BATISTA, M. J.; NOVAES, F.; SANTOS, D. G.; SUGUINO, H. H. Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria dos Recursos Hídricos, 2001. 203 p. (Série Informes Técnicos).

BERNSTEIN, M. A.; AYRES, D. Salt tolerance of five varieties of carrots. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, New York, v. 16, p. 360-366, July 1953.

BEZERRA, J. S.; WILLADINO, L.; CÂMARA, T. R. Crescimento de calos embriogênicos de milho submetidos ao estresse salino. Scientia Physiology, v. 58, n. 2, p. 259-263, 2001.

BRECHBUEHLER, A. J. M. M. Avaliação da tolerância de quatro porta-enxertos de citros submetidos ao estresse salino *in vitro*. 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. & OLIVEIRA, C. A. V. Produtividade do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) na região semi-árida do Nordeste brasileiro: um estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14., 1996, Curitiba, PR. Resumos... Curitiba, 1996. p. 389.

CAMPOS, C. A. B. Germinação, desenvolvimento e produção do tomateiro industrial, sob estresse salino. 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Paraíba, Campina Grande.

CORDEIRO, J. C. Salinidade da água, fontes e níveis sobre a germinação e formação de mudas de mamoeiro havaí. 1997. Dissertação (Mestrado) – CCA/UFPB, Areia-PB.

CURTIN, D.; STEPPUHN, H.; SELLES, F. Plant responses to sulfate and chloride salinity: growth and ionic relations. Soil Science Society of America Journal, Madson, v. 57, n. 5, p. 1304-1310, Sept./Oct. 1993.

CUSHMAN, J. C.; DeROCHER, E. J.; BOHNERT, H. J. Gene expression during adaptation to salt stress. In: KATTERMAN, F (Ed.). Environmental injury to plants. New York: Academic Press, 1990. p. 173-203.

FAGERIA, N. K. Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1984. cap. 10, p. 302-320.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; GHEYI, H. R. Avaliação de cultivares de arroz para tolerância à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 5, p. 677-681, maio 1981.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas: textos acadêmicos**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2001. 182 p.

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

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURTI, N.; PINTO, J. E. B. P.; GUIMARÃES, P. T. G. **Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade**. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1613-1619, nov. 2002.

FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows 4. 0**. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU/USP, 1979. v. 1, 350 p.

FIXEN, P. E. **Crop responses to chloride**. **Advances in Agronomy**, London, v. 50, p. 107-150, 1993.

FLOWERES, T. J.; TROBE, P. F.; YEO, A. R. **The mechanism of salt tolerance in halophytes**. **Annual Review Physiology**, Palo Alto, v. 28, p. 89-121, 1977.

GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997.

GIBSON, T. S. **Carbohydrate metabolism and phosphorus/salinity interactions in wheat (*Triticum aestivum* L.)**. **Plant and Soil**, Dordrech, v. 111, n. 1, p. 25-35, Sept. 1988.

GONDIM, T. M. S.; SILVA, H.; SILVA, A. Q.; CARDOSO, E. A. **Período de ocorrência de formação se xilopódios em plantas de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) propagadas sexualmente e assexuadamente**. **A. Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 2, p. 33-38, out. 1991.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 78, n. 1/4, p. 127-157, Jan. 1993.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method of growing plants without soil.** Berkeley: University Of California, 1950. 32 p.

HOCHING, P. J. Distribution and redistribution of mineral nutrient and dry matter in grain sorghum as affected by soil salinity. *Journal Plant Nutrition*, New York, v. 16, n. 9, p. 1753-1774, 1993.

IMSANDE, J.; TOURAINÉ, B. N. Demand and the regulation of nitrate uptake. *Plant Physiology*, Rockville, v. 105, n. 1, p. 3-7, May 1994.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera.** São Paulo: Nobel, 1984. 408 p.

LIMA, K. L. **Influência da salinidade da água de irrigação sobre a germinação de sementes e crescimento inicial da pinheira (*Annona squamosa* L.).** 1999. Dissertação (Mestrado) – CCA/UFPB – Areia, PB.

LIMA, L. A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Manejo e Controle da salinidade na Agricultura Irrigada.** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 111-136.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Piracicaba: Plantarum, 1992.

LOVATO, M. B. **Variabilidade genética da tolerância salina em populações de *Stylosanthes humilis* H. B. K. de diferentes regiões ecogeográficas do Estado de Pernambuco.** 1991. 134 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba-SP: POTAFOS, 1997. 319 p.

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

MASS, E. V.; HOFFMAN, G. C. Crop salt tolerance: current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, New York, v. 103, n. 2, p. 115-134, June 1977.

MASS, E. V. Salt tolerance to saline of crops. *Applied Agricultural Research*, New York, v. 1, n. 1, p. 12-26, 1986.

MASS, E. V.; NEIMAN, R. H. Physiology of plant tolerance to salinity. In: JUNG, G. A. *Crop tolerance to suboptimal land conditions*. Madison: American Society Agronomy, 1978. Cap. 1, p. 277-279.

MENDES, B. V. Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam): importante fruteira do semi-árido. Massoró, 1990. (Coleção Mossoroense, série C, v. DLXIV).

MIRANDA, J. R. P. Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de Cajueiro Anão-Precoce (*Anacardium occidentale* L.) e de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). 2000. 186 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, D. R.; FREIRE, A. L. O.; BERTONI, J. C.; MELO, J. R. M.; CALDAS, A. L. 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*, Campinas, v. 26, n. 4, p. 957-965, out./dez. 2002.

MUNS, R. Physiological process limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v. 16, n. 1, p. 15-24, Jan. 1993.

NASCIMENTO, C. E. S.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. Produção de mudas enxertadas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda). Embrapa Semi-Árido, 2000. 13 p. (EMBRAPA. Circular Técnica, n. 48)

OLIVEIRA, M. de. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. *Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada*. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 1-35. (XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola).

RICHARDS, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soil*. Washington: USDA, 1954. 160 p.

SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 78, n. 1/4, p. 5-38, Jan. 1999.

SILVA, A. Q. da. Efeitos do cloreto de sódio no crescimento, concentração de nutrientes e de sódio, e nas Características tecnológicas de seis cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L) Moench.). 1983. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SILVA, A. Q.; SILVA, H.; OLIVEIRA, E. M. Sintomas de salinidade em pinha (*Annona squamosa* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 1987, Areia, PB. Anais... Areia, PB, 1987. p 76.

SILVA, A. Q.; SILVA, H.; SILVA, H. M. M.; CARDOSO, E. A. Acumulação de NPK durante o crescimento e maturação de frutos de umbu (*Spondisa tuberosa* Arr. Câm.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, BA, v. 13, n. 4, p. 259-263, 1991a.

SILVA, A. Q.; SILVA, H.; SILVA, H. M. M.; CARDOSO, E. A. Estado nutricional de plantas de umbu (*Spondisa tuberosa* Arr. Câm.) e absorção de NPK pelos frutos por ocasião da colheita. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, BA, v. 13, n. 4, p. 253-257, 1991b.

SILVA, H.; SILVA, A. Q.; OLIVEIRA, A. R. Algumas informações pomológicas do umbuzeiro da Paraíba. I. Características pomológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas, SP. Anais... Campinas: SBF, 1987a.

SILVA, H.; SILVA, A. Q.; OLIVEIRA, A. R.; CAVALCANTE, F. B. Algumas informações pomológicas do umbuzeiro da Paraíba. II. Características tecnológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas, SP. Resumos... Campinas: SBF, 1987b. v. 1.

SILVA, H.; SILVA, A. Q.; ROQUE, M. L.; MALAVOLTA, E. Composição mineral do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* A. Cam.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1984, Florianópolis. Anais... Florianópolis, SC: SBF, 1984. v. 4, p. 1129-1134.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. *Stress Physiology. Plant physiology*. California: The Benjamin/Cummings, 1991. p. 346-369.

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

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

WILKINSON, J. Q.; CRAWFORD, N. M. identification and characterization of chlorate-resistance mutant of *Arabidopsis thaliana* with mutations in both nitrate reductase structural genes NIA1 and NIA2. **Molecular and General Genetics**, New York, v. 239, n. 1/2, p. 289-297, May 1993.

ANEXOS

ANEXO A

Página

- TABELA 1A. Resumo das análises de variância para incremento em altura, incremento em diâmetro, matéria seca do caule, folha, raízes, parte aérea e total de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva..... 60
- TABELA 2A. Resumo das análises de variância para as relações: raiz/parte aérea, raiz/folha, folha/caule, teor de N na raiz, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva..... 60
- TABELA 3A. Resumo das análises de variância para os teores de fósforo e potássio nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva. 61
- TABELA 4A. Resumo das análises de variância para os teores de cálcio e magnésio nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva. 61
- TABELA 5A. Resumo das análises de variância para os teores de enxofre e boro nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva..... 62

TABELA 6A. Resumo das análises de variância para os teores de cobre e ferro nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	62
TABELA 7A. Resumo das análises de variância para os teores de manganês e zinco nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	63
TABELA 8A. Resumo das análises de variância para os teores de cloro e sódio nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	63
TABELA 9A. Resumo das análises de variância para a translocação de N, P, K, Ca, Mg e S em mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.....	64
TABELA 10A. Resumo das análises de variância para a translocação de B, Cu, Fe, Mn, Zn, Cl e Na em mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	64
TABELA 11A. Resumo das análises de variância para as relações Na/K e Na/Ca nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	65

TABELA 12A. Resumo das análises de variância para as relações Na/Mg e Cl/N nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	65
TABELA 13A. Resumo das análises de variância para as relações Cl/P e Cl/S nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	66
TABELA 14A. Resumo das análises de variância para acúmulo de N e P nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	66
TABELA 15A. Resumo das análises de variância para acúmulo de K e Ca nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	67
TABELA 16A. Resumo das análises de variância para acúmulo de Mg e S nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	67
TABELA 17A. Resumo das análises de variância para acúmulo de B e Cu nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	68

TABELA 18A. Resumo das análises de variância para acúmulo de Fe e Mn nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	68
TABELA 19A. Resumo das análises de variância para acúmulo de Zn nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	69
TABELA 20A. Resumo das análises de variância para acúmulo de Cl e Na nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	69
TABELA 21A. Resumo das análises de variância para absorção de N, P, K, Ca, Mg e S por mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.....	70
TABELA 22A. Resumo das análises de variância para absorção de B, Cu, Fe, Mn, Zn, Cl e Na por mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.	70

TABELA 1A. Resumo das análises de variância para incremento em altura, incremento em diâmetro, matéria seca do caule, folha, raízes, parte aérea e total de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	-----Quadrado Médio-----						
		Altura	Diâmetro	MS raiz	MS caule	MS folha	MS pa. aérea	MS total
Tratamento	5	256,39**	10,69**	13,40**	9,41**	3,60**	23,75**	71,39**
Bloco	3	5,58	0,13	0,10	0,13	0,35	0,89	0,93
Resíduo	15	7,27	0,22	0,13	0,23	0,14	0,60	0,81
Total	23							
CV (%)		30,53	17,36	13,46	22,97	20,20	19,74	13,58

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

88

TABELA 2A. Resumo das análises de variância para as relações: raiz/parte aérea, raiz/folha, folha/caule, teor de N na raiz, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	-----Quadrado Médio-----					
		Raiz/parte aérea	Raiz/folha	Folha/caule	N raiz	N caule	N folha
Tratamento	5	0,092**	1,26**	0,84**	228,76**	23,52**	92,12**
Bloco	3	0,05	0,31	0,04	6,91	0,37	6,97
Resíduo	15	0,02	0,08	0,10	12,52	0,69	3,32
Total	23						
CV (%)		19,86	20,16	26,86	14,16	6,94	5,83

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 3A.Resumo das análises de variância para os teores de fósforo e potássio nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		P raiz	P caule	P folha	K raiz	K caule	K folha
Tratamento	5	15,41**	19,82**	15,60**	21,26*	63,64**	397,14**
Bloco	3	1,34	0,11	6,74	12,03	3,57	28,70
Residuo	15	3,34	0,82	10,11	5,80	3,62	11,61
Total	23						
CV (%)		11,46	8,34	31,78	8,44	26,19	9,65

*, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

61

TABELA 4A.Resumo das análises de variância para os teores de cálcio e magnésio nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Ca raiz	Ca caule	Ca folha	Mg raiz	Mg caule	Mg folha
Tratamento	5	3,96**	11,35**	42,10 ^{ns}	0,27**	0,11**	0,34*
Bloco	3	0,14	4,48	17,66	0,04	0,01	0,18
Residuo	15	0,30	2,08	28,77	0,04	0,01	0,08
Total	23						
CV (%)		6,88	20,01	13,20	16,04	8,18	12,22

^{ns} (não significativo).*, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

TABELA 5A. Resumo das análises de variância para os teores de enxofre e boro nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		S raiz	S caule	S folha	B raiz	B caule	B folha
Tratamento	5	0,86**	0,57**	0,52*	189,56**	16,12**	30,15 ^{ns}
Bloco	3	0,02	0,002	0,10	13,66	1,55	38,42
Resíduo	15	0,08	0,01	0,13	29,69	1,62	105,71
Total	23						
CV (%)		9,74	6,02	11,56	19,04	9,86	12,43

^{ns} (não significativo). *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

8

TABELA 6A. Resumo das análises de variância para os teores de cobre e ferro nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Cu raiz	Cu caule	Cu folha	Fe raiz	Fe caule	Fe folha
Tratamento	5	84,46**	3,32**	1,35**	16515626,72**	118,70 ^{ns}	22233,1**
Bloco	3	2,55	0,09	0,44	444835,21	63,07	1116,10
Resíduo	15	1,59	0,29	0,25	169443,80	47,08	693,98
Total	23						
CV (%)		10,03	13,43	11,23	11,35	17,56	13,33

^{ns} (não significativo). *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

TABELA 7A.Resumo das análises de variância para os teores de manganês e zinco nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Mn raiz	Mn caule	Mn folha	Zn raiz	Zn caule	Zn folha
Tratamento	5	735,63**	8,39**	133,22**	382,47**	231,42**	286,85**
Bloco	3	26,29	0,17	28,83	9,65	0,65	4,21
Residuo	15	21,81	0,55	15,81	9,75	1,61	7,46
Total	23						
CV (%)		18,29	11,00	15,96	15,08	10,30	10,84

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

63

TABELA 8A.Resumo das análises de variância para os teores de cloro e sódio nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Cl raiz	Cl caule	Cl folha	Na raiz	Na caule	Na folha
Tratamento	5	564,08**	377,39**	3480,11**	470,38**	1293,14**	544,94**
Bloco	3	0,35	2,30	19,59	0,11	0,04	1,24
Residuo	15	0,70	1,37	12,96	0,45	0,20	1,63
Total	23						
CV (%)		4,51	9,87	7,89	4,26	4,67	12,77

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 9A. Resumo das análises de variância para a translocação de N, P, K, Ca, Mg e S em mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamento	5	115,28 ^{ns}	200,84*	410,16**	24,90 ^{ns}	619,11**	178,04**
Bloco	3	63,48	88,43	37,66	64,06	29,36	101,33
Resíduo	15	39,92	53,00	45,00	18,38	28,28	24,35
Total	23						
CV (%)		11,05	14,73	12,55	5,25	8,09	9,21

^{ns} (não significativo). *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

64

TABELA 10A. Resumo das análises de variância para a translocação de B, Cu, Fe, Mn, Zn, Cl e Na em mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio						
		B	Cu	Fe	Mn	Zn	Cl	Na
Tratamento	5	482,60**	166,19**	7,91**	163,92*	108,06*	616,17**	1580,36**
Bloco	3	30,32	86,68	9,63	189,27	179,10	13,87	30,96
Resíduo	15	33,57	27,63	1,34	40,33	31,85	37,18	29,48
Total	23							
CV (%)		33,57	14,94	21,93	12,33	9,74	9,30	14,31

*, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

TABELA 11A. Resumo das análises de variância para as relações Na/K e Na/Ca nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Na/K raiz	Na/K caule	Na/K folha	Na/Ca raiz	Na/Ca caule	Na/Ca folha
Tratamento	5	0,62**	27,03**	0,42**	5,73**	28,10 ^{ns}	0,38**
Bloco	3	0,003	0,03	0,002	0,006	13,71	0,002
Resíduo	15	0,0004	0,02	0,002	0,005	13,36	0,003
Total	23						
CV (%)		3,71	8,64	17,80	3,83	158,77	21,59

^{ns} (não significativo). ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

65

TABELA 12A. Resumo das análises de variância para as relações Na/Mg e Cl/N nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Na/Mg raiz	Na/Mg caule	Na/Mg folha	Cl/N raiz	Cl/N caule	Cl/N folha
Tratamento	5	499,20**	238,55**	79,79**	0,59**	1,42**	5,69**
Bloco	3	5,71	0,10	0,52	0,01	0,02	0,02
Resíduo	15	6,22	0,40	0,62	0,04	0,01	0,02
Total	23						
CV (%)		7,11	6,84	20,29	25,74	12,87	7,70

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 13A. Resumo das análises de variância para as relações CI/P e CI/S nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	-----Quadrado Médio-----					
		CI/P raiz	CI/P caule	CI/P folha	CI/S raiz	CI/S caule	CI/S folha
Tratamento	5	1,80**	2,04**	37,32**	48,22**	112,91**	464,70**
Bloco	3	0,01	0,03	1,31	0,08	3,67	1,27
Resíduo	15	0,02	0,02	1,53	0,12	2,50	1,36
Total	23						
CV (%)		12,07	13,78	26,54	5,63	18,52	7,55

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

96

TABELA 14A. Resumo das análises de variância para acúmulo de N e P nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	-----Quadrado Médio-----					
		N raiz	N caule	N folha	P raiz	P caule	P folha
Tratamento	5	4417,52**	912,56**	6024,42**	2158,25**	593,88**	216,34 ^{ns}
Bloco	3	77,01	31,33	632,05	44,88	27,30	25,37
Resíduo	15	145,29	43,07	161,95	60,07	52,06	81,53
Total	23						
CV (%)		20,36	28,76	21,07	19,14	35,21	50,75

^{ns} (não significativo). ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 15A. Resumo das análises de variância para acúmulo de K e Ca nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		K raiz	K caule	K folha	Ca raiz	Ca caule	Ca folha
Tratamento	5	12498,70**	2268,40**	1445,40**	686,81**	736,83**	5423,95**
Bloco	3	101,67	80,29	160,36	10,69	43,77	781,90
Resíduo	15	190,20	140,72	264,75	19,00	24,72	497,23
Total	23						
CV (%)		17,64	58,15	27,63	21,28	29,70	29,92

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

67

TABELA 16A. Resumo das análises de variância para acúmulo de Mg e S nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Mg raiz	Mg caule	Mg folha	S raiz	S caule	S folha
Tratamento	5	39,72**	4,84**	13,35**	58,85**	4,53**	65,80**
Bloco	3	0,17	0,26	2,47	0,26	0,31	7,91
Resíduo	15	0,49	0,13	1,33	1,27	0,40	4,64
Total	23						
CV (%)		18,48	20,09	27,49	16,10	29,70	35,32

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 17A. Resumo das análises de variância para acúmulo de B e Cu nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	-----Quadrado Médio-----					
		B raiz	B caule	B folha	Cu raiz	Cu caule	Cu folha
Tratamento	5	0,0127**	0,00094**	0,0219**	0,0003**	0,00012**	0,00008**
Bloco	3	0,0003	0,00008	0,0030	0,00006	0,000004	0,000011
Resíduo	15	0,0003	0,00005	0,0014	0,00001	0,000004	0,000008
Total	23						
CV (%)		21,74	29,25	24,78	13,82	28,82	33,47

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

82

TABELA 18A. Resumo das análises de variância para acúmulo de Fe e Mn nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	-----Quadrado Médio-----					
		Fe raiz	Fe caule	Fe folha	Mn raiz	Mn caule	Mn folha
Tratamento	5	11,90**	0,025**	0,023*	0,0008**	0,00003**	0,00101*
Bloco	3	5,18	0,002	0,007	0,0002	0,000001	0,00006
Resíduo	15	1,13	0,002	0,008	0,0002	0,000001	0,00028
Total	23						
CV (%)		15,33	47,46	27,95	24,36	25,00	39,20

*, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

TABELA 19A. Resumo das análises de variância para acúmulo de Zn nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Zn raiz	Zn caule	Zn folha	---	---	---
Tratamento	5	0,000797**	0,00011 ^{ns}	0,000353 ^{ns}	---	---	---
Bloco	3	0,00006	0,00004	0,00018	---	---	---
Resíduo	15	0,00008	0,00005	0,00014	---	---	---
Total	23						
CV (%)		20,50	43,08	28,98	---	---	---

^{ns} (não significativo). ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

69

TABELA 20A. Resumo das análises de variância para acúmulo de Cl e Na nas raízes, caule e folhas de mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Cl raiz	Cl caule	Cl folha	Na raiz	Na caule	Na folha
Tratamento	5	696,07**	126,75**	4718,18**	829,67**	180,46**	511,50**
Bloco	3	11,93	18,52	523,69	21,65	11,36	21,12
Resíduo	15	10,64	27,33	390,22	9,99	8,24	24,88
Total	23						
CV (%)		10,12	37,78	31,57	12,03	28,48	42,94

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 21A. Resumo das análises de variância para absorção de N, P, K, Ca, Mg e S por mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamento	5	29441,34**	6620,69**	30182,01**	15581,44**	135,72**	299,78**
Bloco	3	1361,61	37,09	795,60	1073,62	5,48	12,59
Resíduo	15	559,04	285,78	743,96	677,65	2,62	12,63
Total	23						
CV (%)		16,60	21,46	17,32	23,29	16,54	23,34

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

70

TABELA 22A. Resumo das análises de variância para absorção de B, Cu, Fe, Mn, Zn, Cl e Na por mudas de umbuzeiro, em função de níveis de salinidade, cultivadas em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio						
		B	Cu	Fe	Mn	Zn	Cl	Na
Tratamento	5	0,0742**	0,0013**	13,22**	0,0050**	0,00299**	9520,88**	2776,6**
Bloco	3	0,006	0,00006	4,92	0,0002	0,0004	687,25	96,34
Resíduo	15	0,002	0,00005	1,27	0,0005	0,0004	514,06	71,07
Total	23							
CV (%)		17,49	16,82	15,38	22,13	21,21	20,87	17,57

** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F.

