

LUDMILA LAFETÁ DE MELO NEVES

**CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS, POTENCIAL OSMÓTICO E  
COMPOSIÇÃO MINERAL DA BANANEIRA 'PRATA', SUBMETIDA A  
DIFERENTES DOSES DE SÓDIO E CÁLCIO, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Fitotecnia, para obtenção do título de "Magister Scientiae".

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL

1999

LUDMILA LAFETÁ DE MELO NEVES

**CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS, POTENCIAL OSMÓTICO E  
COMPOSIÇÃO MINERAL DA BANANEIRA 'PRATA', SUBMETIDA A  
DIFERENTES DOSES DE SÓDIO E CÁLCIO, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Fitotecnia, para obtenção do título de "Magister Scientiae".

APROVADA: 3 de fevereiro de 1999.

---

Prof<sup>a</sup>. Hermínia E.P. Martinez  
(Conselheira)

---

Prof. Luiz Carlos C. Salomão  
(Conselheiro)

---

Prof. Carlos A. Martinez Y Huaman

---

Prof. Paulo Roberto Cecon

---

Prof. Dalmo Lopes de Siqueira  
(Orientador)

À minha mãe pelo exemplo de vida e pelo amor.

Ao Marco Aurélio.

## AGRADECIMENTO

À Deus, por me ajudar a superar todas as dificuldades que surgiram durante a execução deste trabalho.

Aos meus pais José Lafeté ( *in memoriam*) e Izabel, por me ensinarem a lutar para atingir meus objetivos.

À minha irmã Ciomara, pelo apoio.

À Universidade Federal de Viçosa, por me conceder a oportunidade e as condições para a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Marcelo Coutinho Picanço, por me ensinar a trilhar os caminhos da pesquisa.

Ao professor Dalmo Lopes de Siqueira, pela orientação e ensinamentos.

Aos professores Carlos Martinez e Luiz C.C. Salomão, pelas sugestões que possibilitaram o aprimoramento deste trabalho.

À professora Hermínia, pelo aconselhamento e ajuda na realização de meus experimentos.

Ao professor Paulo Cecon, pelas sugestões e tempo dispensado durante as análises dos dados.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, pelo apoio técnico e, sobretudo, pela amizade.

Ao Márcio Akira, pela amizade e auxílio na condução dos experimentos.

Aos sempre amigos da Agro 91: Josete, Wagner, sandrinho, Wanderlei e Márcio.

Aos colegas da pós-graduação, em especial, Walter “paraguaio”, Dilermando e Alexandre; pela colaboração e amizade ao longo do curso.

À Euzânia, Ângelo, Renata, Luciana, palmeira, por tornarem a vida em Viçosa menos estressante.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

LUDMILA LAFETÁ DE MELO NEVES, filha de José Lafetá Neves e Izabel de Mello Neves, nasceu em 23 de novembro de 1971, em Montes Claros, MG.

Em 1989, concluiu o segundo grau no Colégio Municipal Marconi, em Belo Horizonte, MG.

Em 1991, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, onde graduou-se em dezembro de 1995.

Em março de 1996, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia na UFV, concentrando seus estudos na área de Fruticultura.

## CONTEÚDO

	Página
EXTRATO .....	viii
ABSTRACT .....	x
INTRODUÇÃO .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	6
CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E POTENCIAL OSMÓTICO DA BANANEIRA 'PRATA', SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE SÓDIO E CÁLCIO, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA .....	9
RESUMO .....	9
1. INTRODUÇÃO .....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
2.1. Avaliações .....	13
2.2. Análise estatística .....	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
4. CONCLUSÕES .....	24
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	25
COMPOSIÇÃO MINERAL DA BANANEIRA 'PRATA', SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE SÓDIO E CÁLCIO, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA .....	28
RESUMO .....	28

1. INTRODUÇÃO .....	29
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	30
2.1. Análise estatística .....	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
4. CONCLUSÕES .....	61
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
RESUMO E CONCLUSÕES.....	64
APÊNDICES .....	66



## EXTRATO

NEVES, Ludmila Lafetá de Melo, M.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 1999. **Crescimento, trocas gasosas, potencial osmótico e composição mineral da bananeira 'Prata', submetida a diferentes doses de sódio e cálcio, em solução nutritiva.** Orientador: Dalmo Lopes de Siqueira. Conselheiros: Hermínia Emília Prieto Martinez e Luiz Carlos Chamhum Salomão.

Este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos da aplicação de sódio e cálcio sobre o crescimento inicial e sobre a composição mineral da bananeira 'Prata'. O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de 27 de setembro a 21 de novembro de 1997. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com arranjo fatorial 4 x 4 [4 doses de sódio (0; 5; 10; 15 mmol L<sup>-1</sup>) e 4 de cálcio ( 2; 4; 8; 12 mmol L<sup>-1</sup>)] e 3 repetições. As plantas utilizadas no experimento foram provenientes do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Setor de Fruticultura da UFV. Foram selecionadas plantas com altura de 10±2 cm para serem utilizadas no experimento, conduzido em solução nutritiva. A parcela experimental foi composta por um vaso contendo 9 L de solução. As características avaliadas foram a emissão de folhas, o diâmetro do pseudocaule, a altura, a área foliar, a massa da matéria fresca e da matéria

seca das plantas, as trocas gasosas e o potencial osmótico das folhas, além de serem determinados os teores de todos os macronutrientes, de sódio e dos micronutrientes ferro, cobre, zinco e manganês. Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e regressão. A emissão total de folhas e o potencial osmótico das plantas não foram influenciados pelos tratamentos utilizados no experimento. O aumento dos níveis de sódio na solução promoveu redução significativa na massa da matéria fresca da parte aérea, na altura, na área foliar, no diâmetro do pseudocaule e na massa da matéria seca das plantas. A concentração de  $5 \text{ mmol L}^{-1}$  de Na favoreceu as trocas gasosas. O aumento dos níveis de cálcio na solução promoveu a redução da massa da matéria fresca da parte aérea, da altura e da área foliar da bananeira 'Prata'. Todas as partes das plantas apresentaram teores adequados de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu e Mn. Os teores de Zn foram deficientes em todas as partes das plantas, exceto nas raízes, onde foi observado seu acúmulo. Os teores de S foram deficientes em todas as partes analisadas das plantas. Os teores médios de Na encontrados nas plantas foram superiores ao limite considerado adequado para a bananeira, podendo ter causado algum efeito tóxico.

## ABSTRACT

NEVES, Ludmila Lafetá de Melo, M.S., Universidade Federal de Viçosa, October 1999. **Growth, gaseous exchange, osmotic potential and mineral composition of banana 'Prata', exposed to different level of sodium and calcium in nutrient solution.** Adviser: Dalmo Lopes de Siqueira. Committee Members: Hermínia Emília Prieto Martinez and Luiz Carlos Chamhum Salomão.

This study was conducted with the objective of evaluating the effects of sodium and calcium application on the initial growth and mineral composition of banana cultivar 'Prata'. The experiment was conducted in a greenhouse at the Department of Agronomy of the Federal University of Viçosa, from September 27 to November 21, 1997. The experimental layout was a 4 x 4 factorial with three replicates in a randomized complete block design. The factors tested were levels of sodium (0; 5; 10; 15 mmol L<sup>-1</sup>) and levels of calcium (2; 4; 8; 12 mmol L<sup>-1</sup>). Each experimental unit was made up of a single pot containing 9 L of nutrient solution in which two plants were planted. The plants utilized were selected, when they were 10±2 cm tall, from the tissue culture laboratory of the fruit culture sector of Department of Agronomy. The following characteristics were assessed: emission of leaves, diameter of pseudostem, height, leaf area, fresh and dry weight of the plants, and gaseous exchange and

osmotic potential of the leaves. The levels of all macronutrients, sodium, and the micronutrients iron, copper, zinc, and manganese were also determined. Analysis of variance and linear regression were used to analyze the effect of the treatments on the data collected. The total emission of leaves and the osmotic potential of the plants were not influenced by the treatments. However, increased levels of sodium in the nutrient solution resulted in significant reduction of the fresh weight of aerial plant parts, height and leaf area of the plants, diameter of the pseudostem, and dry weight of the plants. Sodium applied a rate of 5 mmol L<sup>-1</sup> favored the gaseous exchange of the plants. Increased levels of calcium resulted in a reduction of the fresh weight of aerial plant parts, and height and leaf area of the plant. All plant parts presented adequate levels of N, P, K, Mg, Fe, Cu, and Mn. Both Zn and S were deficient in all plant parts, except the roots, where an accumulated amount of the former nutrient was observed. The average levels of Na found in the banana plants were superior to the limits considered to be adequate for the crop; this can have a toxic effect.

## INTRODUÇÃO

A bananicultura é uma das maiores atividades frutícolas do mundo, sendo explorada na maioria dos países de clima tropical. Com uma produção em torno de seis milhões de toneladas por ano, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de bananas (FAO, 1996).

Em todo o mundo, os cultivares de bananeiras mais utilizados em cultivos comerciais são híbridos triplóides. O cultivar 'Prata' pertence ao grupo genômico AAB e está incluído no subgrupo Prata (DANTAS e SOARES FILHO, 1997), que é o mais explorado no Brasil. Esse cultivar apresenta elevado porte, boa produtividade, moderada resistência à doença mal-do-panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* E. F. Smith) e à praga broca da bananeira (*Cosmopolites sordidus* Germ.), além de ser considerado resistente ao nematóide *Radopholus similis*. Normalmente, produz frutos de tamanho médio, com polpa esbranquiçada, que são de grande aceitação popular, principalmente para consumo "in natura" (MOREIRA, 1987).

O desenvolvimento cada vez maior que o cultivo da bananeira vem alcançando no Brasil é devido ao fato de que o povo brasileiro consome bananas mais como complemento de sua alimentação diária do que como uma fruta de sobremesa, justificando, assim, o maior consumo "per capita" do mundo (MOREIRA, 1987).

A Região Nordeste vem se destacando como a maior produtora nacional de bananas, e seu cultivo tende a aumentar devido às condições de clima e solo favoráveis ao desenvolvimento da cultura (DE MARTIN et al., 1990). Entretanto, o consumo de água pela bananeira é grande e constante. As

maiores produções estão associadas a uma deficiência hídrica anual de 0,0mm, equivalente à ausência de estação seca. Quando a deficiência hídrica anual, aferida com base no balanço hídrico, é superior a 80 mm, a cultura não se desenvolve de maneira satisfatória e afeta, conseqüentemente, a produção, a produtividade e a qualidade do produto (BRUNINI, 1984), sendo necessário recorrer à irrigação.

Nos perímetros irrigados do Nordeste brasileiro, onde a bananeira é uma das principais culturas exploradas, o uso de água salina (ISRAELI, 1986), o manejo inadequado da água e a ausência de drenagem do solo têm provocado problemas de salinidade (ARAÚJO FILHO et al., 1995).

A salinidade corresponde ao excesso de sais solúveis no solo ou no meio onde as plantas estão crescendo (RICHARDS, 1954). Normalmente, os sais são encontrados na forma de íons na água do solo, de cátions adsorvidos às partículas do solo e de sal precipitado. A sua concentração varia muito com o local, com o tempo e com o teor de umidade do solo. A variação da umidade do solo e a movimentação da água no seu perfil são intensas, bem como a variação da concentração de sais (BERNARDO, 1989).

Os sais solúveis que podem contribuir para salinizar o solo são, normalmente, formados pelos cátions cálcio, magnésio e sódio e pelos ânions cloreto, sulfato e bicarbonato. Podem ser encontrados ainda, em menores quantidades, os íons potássio, nitrato e carbonato (BERNSTEIN, 1975).

Os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais foram resumidos por JEFFREY e IZQUIERDO (1989) em seca fisiológica (proveniente da diminuição do potencial osmótico), desbalanço nutricional (devido à elevada concentração iônica, especialmente de sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes) e efeito tóxico de íons (principalmente o sódio).

O aumento da concentração de sais no solo dificulta a absorção de água pelas plantas e, dessa maneira, há necessidade das culturas alterarem seu metabolismo interno para continuarem o crescimento. Esse processo é conhecido por ajustamento osmótico. Durante este processo, a energia necessária ao crescimento vegetal é desviada para promover o ajustamento osmótico, afetando o desenvolvimento da planta (LOPES, 1989). O ajustamento osmótico é baseado na síntese de solutos orgânicos, com gasto de energia (MARSCHNER, 1995). A síntese desses solutos promove a redução

do potencial osmótico das células, o que permite a manutenção da turgescência em potenciais hídricos relativamente mais baixos (TURNER, 1986).

A salinidade é a maior inibidora nutricional do crescimento do arroz irrigado (MARSCHNER, 1995). Dados de diferentes características analisadas de plantas de arroz, variando os níveis de salinidade do solo, indicam que a altura das plantas, o número de perfilhos por planta, o peso dos grãos por panícula, a produção total da cultura são inversamente correlacionados com o nível de salinidade do solo (GIRDHAR, 1988).

Em plantas de pepino, a salinidade tem um grande efeito sobre o acúmulo de matéria seca. As brotações são reduzidas com o incremento da salinidade (HO e ADAMS, 1994).

As espécies frutíferas, em geral, são muito sensíveis à salinidade e existem trabalhos referindo-se ao efeito nocivo da salinidade sobre estas espécies.

PANDEY e DIVATE (1976) observaram que, em videira, altas concentrações de sais promovem a redução das brotações, do crescimento total, da área foliar, e a percentagem de sobrevivência da videira decresce.

Goiabeiras cultivadas em condições salinas apresentam um decréscimo na altura, no diâmetro das hastes, no número de folhas e na massa da matéria seca e fresca das raízes (SINGH e PATHAK, 1992).

Em plantas de citros, o incremento da salinidade decresceu significativamente a produção. FRANÇOIS e CLARK (1980) avaliaram o comportamento da laranjeira 'Valência' por um período de dez anos. A salinidade reduziu consideravelmente o número de frutos produzidos. ZEKRI e PARSONS (1990) observaram redução de, aproximadamente, 30% na massa da matéria seca das raízes e na parte aérea de plantas de citros em condições salinas.

Bananeiras crescidas em solo salino com condutividade elétrica acima de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  são muito afetadas. As plantas mostram sintomas de clorose e necrose nas margens das folhas e os frutos formados são finos e deformados (SHAFFER e ANDERSEN, 1994).

Estas alterações nas culturas, causadas pela salinidade, estão relacionadas, entre outros fatores, com a interferência dos sais no aparelho fotossintético das plantas.

Foi demonstrado que, em plantas crescidas sob condições de salinização no substrato, ocorrem mudanças básicas na estrutura e na atividade funcional dos cloroplastos. O efeito depressivo dos sais na fotossíntese é atribuído a mudanças nas propriedades do aparelho fotossintético das plantas. Assume-se que os sais afetam a fotossíntese direta e indiretamente. No primeiro caso, eles podem alterar as propriedades físico-químicas dos plastídeos e, indiretamente, podem alterar a permeabilidade das membranas celulares para o transporte de assimilados e também a habilidade das plantas em incorporar assimilados (LAPINA e POPOV, 1970).

Em experimento realizado por LAPINA e POPOV (1970), com tomateiros sob condições salinas, foi observado um efeito prejudicial dos sais na capacidade fotossintética das plantas. Este efeito foi manifestado com grande redução na área de assimilação das folhas, declínio na intensidade fotossintética e na atividade fotoquímica de cloroplastos isolados pela reação de Hill.

O sódio normalmente é o cátion predominante em solos salinos e sua toxicidade pode ser a maior responsável pelos danos causados pelos sais (SHAINBERG, 1975).

O efeito tóxico é considerado quando a presença do íon na solução causa danos diretos à planta. A injúria é usualmente associada à acumulação de concentrações prejudiciais do íon tóxico nos tecidos da planta, que pode não exibir nenhuma mudança em sua composição mineral. Um incremento no conteúdo de sódio causa distúrbios no balanço nutricional, na regulação osmótica e toxidez específica sob condições salinas (JOSHI, 1984). O acúmulo de sódio nas folhas, menor que 0,05% do peso da matéria seca, produz sintomas similares à queimadura nas folhas das plantas em geral (ALLISON, 1964).

É comprovada a função do cálcio no incremento de tolerância à salinidade nas plantas. Este incremento é atribuído a várias ações do cálcio, incluindo prevenção da absorção do íon sódio em níveis que causam injúrias e manutenção da permeabilidade seletiva das membranas (HANSEN e MUNNS,



1988). A presença de concentrações adequadas de cálcio em plantas de feijão excluem o sódio, amenizando o efeito da salinidade (LAHAYE e EPSTEIN, 1971).

A aplicação de gesso ( $\text{CaSO}_4$ ) no solo reduziu marcadamente a porcentagem de sódio solúvel nele (HARDING et al., 1958) e reduziu a porcentagem de sódio em folhas e raízes de citros (JONES et al., 1952; PEARSON e HUBERTY, 1959).

O cálcio extra é requerido para contrabalançar o efeito adverso do íon tóxico na solução externa sobre o crescimento da planta. BERNSTEIN (1975) relata que a resposta das plantas à salinidade é função não somente da concentração total de sais, mas também da razão sódio:cálcio no meio radicular. A redução da razão sódio:cálcio na solução externa pela adição direta de cálcio decresceu significativamente a concentração de sódio nas folhas e incrementou o crescimento da parte aérea em feijão (LAHAYE e EPSTEIN, 1971) e em arroz (MUHAMMED et al., 1987).

As interações sódio-cálcio podem também ocorrer dentro da planta. ZID e GRIGNON (1985) relatam que o principal distúrbio iônico em folhas de *Citrus aurantium* crescido em solução salina foi a competição entre o sódio e o cálcio por sítios aniônicos na parede celular.

Com base nessas informações, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação do sódio e do cálcio sobre o crescimento inicial, as trocas gasosas, o potencial osmótico e a composição mineral da bananeira 'Prata'.

Os artigos a seguir foram editados com base nas normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB), com algumas adaptações seguidas pelas normas vigentes na Universidade Federal de Viçosa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, L.E. Salinity in relation to irrigation. **Advances in Agronomy**, v.16, p.139-178, 1964.
- ARAÚJO FILHO, J.B., GHEYI, H.R., AZEVEDO, N.C., SANTOS, J.G.R. Efeitos da salinidade no crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.3, p.417-422, 1995.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed. Viçosa, MG: UFV, 1989. 596p.
- BERNSTEIN, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth. **Annual Review Phytopathology**, v.13, p.295-312, 1975.
- BRUNINI, O. Exigências climáticas e aptidão agroclimática da bananicultura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1, 1984, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV, 1984, p.99-117.
- DANTAS, J.L.L., SOARES FILHO, W.S. Classificação botânica, origem e evolução. In: **FRUPEX. Banana para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural-SDR; EMBRAPA-SPI, 1997.
- DE MARTIN, Z.J., TRAVAGLINI, D.A., OKADA, M., QUAST, D.G., HASHIZUME, T. Processamento: produtos, características e utilização. In: **ITAL. Banana- cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed., Campinas: 1990. 302p. (Séries Frutas Tropicais, n.3).
- FAO PRODUCTION YEARBOOK. v.50, 1996 (FAO Statistics Series, 135).
- FRANÇOIS, L.E., CLARK, R.A. Salinity effects on yield and fruit quality of 'Valencia' orange. **Journal American Society Horticultural Science**, v.105, n.2, p.199-202, 1980.
- GIRDHAR, I.K. Effect of saline irrigation water on the growth, yield and chemical composition of rice crop grown in a saline soil. **Journal Indian Society Soil Science**, v.36, n.2, p.324-329, 1988.
- HANSEN, E.H., MUNNS, D.N. Effect of CaSO<sub>4</sub> and NaCl on mineral content of *Leucaena leucocephala*. **Plant & Soil**, v.107, n.1, p.101-105, 1988.

- HARDING, R.B., PRATT, P.F., JONES, W.W. Changes in salinity, nitrogen, and soil reaction in a differentially fertilized irrigated soil. **Soil Science**, v.85, n.4, p.177-184, 1958.
- HO, L.C., ADAMS, P. Regulation of the partitioning of dry matter and calcium in cucumber in relation to fruit growth and salinity. **Annals of Botany**, v.73, n.5, p.539-545, 1994.
- ISRAELI, Y., LAHAV, E., NAMERI, N. The effect of salinity and sodium adsorption ration in the irrigation water, on growth and productivity of bananas under drip irrigation conditions. **Fruits**, v. 41, n. 5, p.297-302, 1986.
- JEFFREY, W.D., IZQUIERDO, J. **Frijol: fisiologia del potencial del rendimiento y la estrés**. Santiago: FAO, 1989. 91p.
- JONES, W.W., PEARSON, H.E., PARKER, E.R., HUBERTY, M.R. Effect of sodium in fertilizer and in irrigation water on concentration in leaf and root tissue of citrus trees. **Proceeding of the American Society for Horticultural Science**, v.60, p.65-70, 1952.
- JOSHI, S.S. Effect of salinity stress on organic and mineral constituents in the leaves of pigeonpea (*Cajanus cajan* L. var. c-11). **Plant and Soil**, v.82, n.1, p.69-76, 1984.
- LAHAYE, P.A., EPSTEIN, E. Calcium and salt toleration by bean plants. **Physiology Plantarum**, v.25, n.2, p.213-218, 1971.
- LAPINA, L.P., POPOV, B.A. Effect of sodium chloride on the photosynthetic apparatus of tomatoes. **Soviet Plant Physiology**, v.17, n.3, p.477-481, 1970.
- LOPES, M.S. Salinidade: quais as conseqüências. **Lavoura Arrozeira**, v.42, n.383, p.6-10, 1989.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 335p.
- MUHAMMED, S., AKBAR, M., NEUE, H.M. Effect of Na/Ca and Na/K rations in saline culture solution on the growth and mineral nutrition of rice (*Oryza sativa* L.). **Plant & Soil**, v.104, n.1, p.57-62, 1987.
- PANDEY, R.M., DIVATE, M.R. Salt tolerance in grapes I. Effect of sodium salts singly and in combination on some of the morphological characters of grape varieties. **Indian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.2, p.230-239, 1976.

- PEARSON, H.E., HUBERTY, M.R. Response of citrus to irrigation with water of different chemical characteristics. **Proceeding of the American Society for Horticultural Science**, v.73, p.248-256, 1959.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. United States Salinity Laboratory Staff, 1954, 160p.
- SCHAFFER, B., ANDERSEN, P.C. **Handbook of environmental physiology of fruit crops VII: sub-tropical and tropical crops**, 1994. 310p.
- SHAINBERG, I. Salinity of soils- Effects of salinity on the physics and chemistry of soils. In: POLJAKOFF-MAYBER, A., GALE, J. (Eds.). **Plants in saline environments**. New York Heidelberg Berlin, 1975. p.39-55.
- SINGH, A.K., PATHAK, R.K. Sodidity and salinity effect on guava (*Psidium guajava*). **Indian Journal of Agricultural Science**, v.62, n.3, p.220-223, 1992.
- TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: a changing perspective. **Australian Journal Plant Physiology**, v.13, n.1, p.175-190, 1986.
- ZEKRI, M., PARSONS, L.R. Calcium influences growth and leaf mineral concentration of citrus under saline conditions. **HortScience**, v.25, n.7, p.784-786, 1990.
- ZID, E., GRIGNON, C. Sodium-calcium interactions in leaves of *Citrus aurantium* grown in the presence of NaCl. **Physiol. Vegetale**, v.23, n.6, p.895-903, 1985.

# **CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E POTENCIAL OSMÓTICO DA BANANEIRA 'PRATA', SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE SÓDIO E CÁLCIO, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

## **RESUMO**

A bananeira é considerada moderadamente sensível à salinidade, embora existam diferenças entre cultivares. Dessa forma, o estudo do comportamento de determinado cultivar ao estresse salino pode servir de subsídio para a indicação de seu cultivo em áreas onde o problema existe. O cálcio é citado por diversos autores como um fator importante no incremento de tolerância à salinidade nas plantas e, por isso, este trabalho, realizado em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de sódio e cálcio sobre o crescimento inicial, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira 'Prata', em solução nutritiva. O experimento foi constituído de 16 tratamentos, dispostos no delineamento experimental em blocos casualizados, com arranjo fatorial 4 x 4 [ 4 doses de sódio (0; 5; 10; 15 mmol L<sup>-1</sup>) e 4 de cálcio (2; 4; 8; 12 mmol L<sup>-1</sup>)] e três repetições. A parcela experimental foi composta por um vaso contendo nove litros de solução. As características avaliadas foram a emissão de folhas, o diâmetro do pseudocaule, a altura, a área foliar, a massa da matéria fresca e da matéria seca das plantas, as trocas gasosas e o potencial osmótico das folhas. A emissão total de folhas e o potencial osmótico das plantas não foram influenciados pelos tratamentos utilizados no experimento. O aumento dos níveis de sódio na solução promoveu redução significativa na massa da matéria fresca da parte aérea, na altura, na área foliar, no diâmetro do pseudocaule e na massa da matéria seca das plantas. A concentração de 5 mmol L<sup>-1</sup> de Na favoreceu as trocas gasosas realizadas pelas plantas. O aumento dos níveis de cálcio na solução reduziu a massa da matéria fresca da parte aérea, a altura e a área foliar da bananeira 'Prata'.

Palavras- chave: Bananeira, sódio, cálcio, crescimento.

## 1. INTRODUÇÃO

A bananeira é cultivada em quase todas as regiões do Brasil, inclusive onde as condições ecológicas são desfavoráveis ao bom desenvolvimento da cultura (MOREIRA et al., 1986).

Nos perímetros irrigados do nordeste brasileiro e no norte de Minas Gerais, onde a bananeira é uma das principais culturas exploradas, têm ocorrido problemas de salinização do solo. A principal causa da salinização nestas áreas não está diretamente relacionada com a qualidade da água que está sendo usada na irrigação, mas sim com a falta de drenagem, associada à baixa eficiência da irrigação por superfície, conduzida na maioria dos projetos de irrigação. Isso tem causado uma rápida ascensão do lençol freático nas áreas dos projetos, que, reunida à grande demanda evapotranspiratória da região, propicia um fluxo ascendente a partir do lençol freático e, conseqüentemente, maior concentração de sais à medida que se aproxima da superfície do solo (BERNARDO, 1989).

A salinização é um processo pelo qual sais solúveis acumulam-se no solo próximo à zona radicular. Na maioria dos solos salinos, o sódio é o cátion adsorvido predominantemente por estar presente em quantidade muito superior à dos outros cátions (ALLISON, 1964).

Várias pesquisas mostram que o efeito mais comum da salinidade sobre as plantas é a redução do crescimento. Os sais afetam diretamente o crescimento da planta devido ao aumento da pressão osmótica na solução do solo, ao acúmulo de íons em concentrações tóxicas para o tecido e por alterar a nutrição mineral da planta (ALLISON, 1964).

A salinidade limita a fotossíntese, a absorção de água e nutrientes e, desse modo, a produção de matéria seca e produção final da planta (DOWNTON et al., 1985; DREW et al., 1990). BENZIONE et al. (1991), trabalhando com melão, observaram que a salinidade promoveu um aumento no tempo necessário para a germinação das sementes. Além desse efeito, FRANCO et al. (1993) verificaram que a salinidade promoveu redução na massa da matéria seca da parte aérea e de raízes de plantas de melão, além de reduzir a produção relativa da cultura. A produção relativa obtida durante o cultivo em vários níveis salinos está relacionada com a redução da área foliar.

A salinidade reduziu o crescimento vegetativo de todos os cultivares de melão avaliados por MENDLINGER e PASTERNAK (1992).

SATTI e AL-YAHYAI (1995) investigaram o comportamento do tomateiro sob condições salinas. O tratamento salino afetou significativamente o crescimento vegetativo e a produção total também foi reduzida. ADAMS e HOLDER (1992) observaram redução na massa da matéria seca das folhas de tomateiro com o incremento da salinidade.

As plantas cultivadas, de maneira geral, apresentam diferentes respostas à salinidade, variando desde sensíveis até tolerantes (MAAS e HOFFMAN, 1977). A tolerância ao estresse salino pode ser função do controle da aquisição e da alocação de sódio na planta, do reajustamento osmótico e de outros processos fisiológicos do vegetal (CHEESEMAN, 1988).

O elemento cálcio vem sendo utilizado com o intuito de incrementar tolerância a sais nas plantas, e sua aplicação é bem comprovada, assim como também a indução de deficiência de cálcio em plantas crescidas em substratos salinos.

A bananeira é considerada moderadamente sensível à salinidade (SILVA et al., 1997), e o estudo do comportamento de determinado cultivar ao estresse salino pode servir de subsídio para a indicação de seu plantio em áreas onde este problema existe. Por isso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação do sódio e do cálcio sobre o crescimento inicial, as trocas gasosas e o potencial osmótico da bananeira 'Prata', em solução nutritiva .

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para estudar o efeito dos elementos sódio e cálcio sobre a bananeira, instalou-se um experimento em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de 27 de setembro a 21 de novembro de 1997, onde foi avaliado o crescimento inicial da bananeira (*Musa* sp.), cultivar 'Prata'.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com arranjo fatorial 4x4 [ 4 doses de sódio ( 0; 5; 10; 15 mmol L<sup>-1</sup>) e 4 doses de

cálcio ( 2; 4; 8; 12 mmol L<sup>-1</sup> )], com três repetições. As plantas utilizadas no experimento foram provenientes do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do setor de Fruticultura da UFV. Foram selecionadas plantas com altura de pseudocaule de 10 ± 2 cm para serem utilizadas no experimento, que foi conduzido em solução nutritiva .

As concentrações dos micronutrientes foram estabelecidas de acordo com a solução de HOAGLAND e ARNON (1950).

As concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> foram 15,0; 2,0; 8,0; 3,0 e 2,5 mmol L<sup>-1</sup>, respectivamente. Os cátions Ca<sup>+2</sup> e Na<sup>+</sup> tiveram suas concentrações definidas de acordo com os tratamentos.

A parcela experimental foi composta por um vaso contendo nove litros de soluções de tratamento e, em cada vaso, foram cultivadas duas plantas.

A condutividade elétrica (CE) da solução foi medida com um condutivímetro Digimed modelo DM 31, e os valores encontrados são apresentados no Quadro 1.

O pH da solução nutritiva foi monitorado diariamente, sendo mantido em 6,1 ± 0,1, utilizando-se solução de KOH ou HCl a 1N; o volume da solução nutritiva foi mantido pela reposição diária de água deionizada.

A solução foi renovada por acompanhamento dos níveis de potássio e magnésio. Quando um deles atingia a depleção de 40% da concentração inicial, a solução era substituída.



Quadro 1- Condutividade elétrica ( CE) da solução nutritiva usada para o crescimento inicial da bananeira 'Prata', submetida a diferentes doses de sódio e cálcio

Tratamentos	Concentrações (mmol L <sup>-1</sup> )		CE (dS m <sup>-1</sup> )
	Ca	Na	
1	2	0	3,21
2	2	5	3,73
3	2	10	3,85
4	2	15	4,15
5	4	0	3,11
6	4	5	3,65
7	4	10	4,24
8	4	15	5,35
9	8	0	3,96
10	8	5	4,26
11	8	10	4,61
12	8	15	5,77
13	12	0	4,31
14	12	5	4,86
15	12	10	5,48
16	12	15	6,01

## 2.1. Avaliações

### **!Emissão de folhas e diâmetro do pseudocaule**

A avaliação da emissão de folhas pelas plantas iniciou-se dez dias após a instalação do experimento e foi realizada semanalmente. Eram contadas as folhas novas completamente expandidas, que recebiam uma numeração.

O diâmetro do pseudocaule foi avaliado a cada dez dias, com a utilização de um paquímetro e, como as medições foram iniciadas dez dias após o início do experimento, o diâmetro foi avaliado quatro vezes. As medições foram realizadas no colo das plantas.

### **! Massa da matéria fresca e seca, altura e área foliar das plantas**

Ao final do experimento, as plantas foram colhidas e pesadas, determinando-se a massa da matéria fresca da parte aérea ( folhas, pseudocaule e rizoma) e das raízes. Em seguida, determinou-se a altura, tomando-se como base o colo da planta até a inserção da última folha emitida.

As folhas foram destacadas para medição da área do limbo e pecíolo foliares, com um medidor de área foliar ( modelo LI-3100, LICOR, Lincoln, NE).

Para determinação da massa da matéria seca, as plantas foram subdivididas em parte aérea e sistema radicular, e secas em estufa de circulação forçada de ar, a  $70 \pm 5^\circ\text{C}$ , até atingirem peso constante.

### **! Trocas gasosas e potencial osmótico das folhas**

A fotossíntese líquida, a transpiração e a condutância estomática foram medidas com um analisador de gases a infravermelho portátil (IRGA modelo LCA-2, da Analytical Development Company, Hoddesdon, England) no último dia de experimentação. Todas as medições foram feitas pela manhã, com uma intensidade de luz de  $1000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , supridas por duas lâmpadas de halogênio de 1000W, e uma concentração média de  $\text{CO}_2$  de  $360 \mu\text{mol mol}^{-1}$ .

Para a determinação do potencial osmótico, as folhas foram lavadas com água deionizada e congeladas para posterior extração do suco celular, por meio de uma prensa manual. O suco obtido foi centrifugado por 15 minutos e o sobrenadante separado para a leitura, utilizando-se o método crioscópico, com o auxílio de um criosmômetro de precisão Osmett.

## **2.2. Análise Estatística**

Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da UFV ( SAEG-UFV), sendo submetidos às análises de variância e regressão. Vários modelos foram testados, com escolha daqueles que apresentaram os coeficientes de regressão significativos até 10% de probabilidade, pelo teste “t” de Student e baseado no coeficiente de determinação.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Emissão de folhas**

Para melhor definir a influência da salinidade sobre a emissão de folhas pela bananeira, realizou-se a análise da emissão total de folhas em cada tratamento, pois, quando foi realizada a análise em cada época de amostragem, os resultados obtidos não seguiram uma tendência definida. Com a análise do número total de folhas emitidas pelas plantas, verificou-se que não houve diferenças significativas nesta característica. O valor médio encontrado foi de sete folhas emitidas para cada tratamento, ao final do período de experimentação.

Em tomateiros irrigados com solução salina, SATTI e AL-YAHYAI (1995) também não observaram alteração no número de folhas emitidas quando as plantas foram comparadas com as do tratamento-controle. Entretanto, em morangueiro (AWANG et al., 1993), melão (FRANCO et al., 1993) e aboboreira (HUANG et al., 1995), o número de folhas decresceu significativamente com o incremento da salinidade. Essa variação nos resultados obtidos pode ter ocorrido porque os trabalhos foram realizados com espécies diferentes e, por sua vez, elas responderam de forma diferenciada à salinidade do meio.

A emissão de folhas pela bananeira 'Prata' pode não ter sido afetada pelos níveis de sódio utilizados, por ser uma característica que, na bananeira, não é influenciada pela salinidade ou porque as concentrações utilizadas não foram suficientes ou, ainda, porque o tempo de exposição aos tratamentos não foi suficiente para afetar tal característica. Esta última hipótese é reforçada por HOFFMAN e RAWLINS (1971), pois, para estes autores, a salinidade pode não alterar características da planta, dependendo de sua idade e do tempo de exposição ao estresse salino.

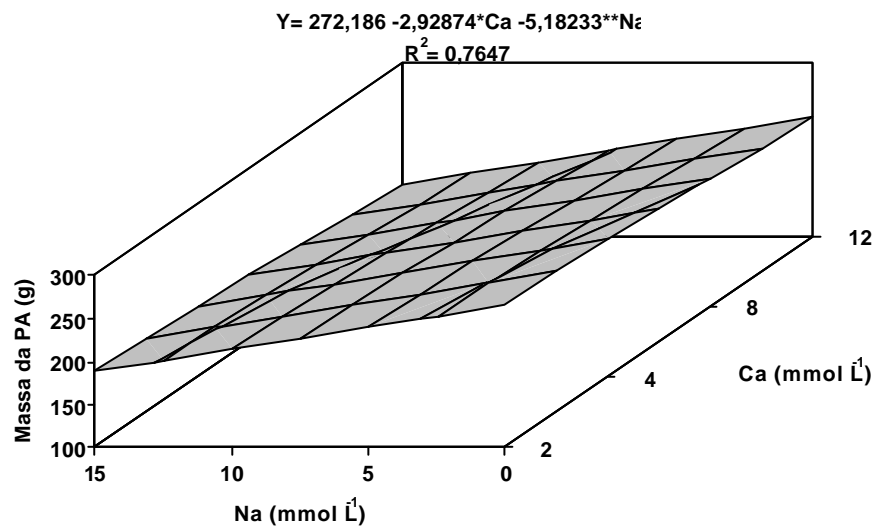
#### **Massa da matéria fresca**

A massa da matéria fresca da parte aérea decresceu linearmente com as concentrações de cálcio e sódio (Figura 1). Isso, provavelmente, ocorreu porque as plantas submetidas a tratamentos com menores níveis desses elementos conseguiram absorver mais água para seus tecidos, devido ao

maior potencial hídrico da solução.

AL- HARBI (1995), avaliando o comportamento de tomateiros e pepineiros cultivados em solução nutritiva, sob vários níveis salinos, verificaram que, em condutividades elétricas (CE) a partir de 4 dS m<sup>-1</sup>, a massa da matéria fresca da parte aérea das plantas decrescia drasticamente. Este resultado reforça os encontrados neste trabalho, pois, nos tratamentos utilizados, as CE variaram de 3,11 a 6,01 dS m<sup>-1</sup>, sendo observada a redução da massa da matéria fresca da parte aérea com o incremento da CE da solução.

O efeito dos tratamentos não foi significativo em relação à massa do sistema radicular. Esperava-se que a massa da matéria fresca das raízes também fosse reduzida pelo aumento do sódio na solução, como foi observado por HOFFMAN e RAWLINS (1971) em beterraba, cebola, rabanete e algodão; por DOWNTON (1977) em videira, e por SINGH e PATHAK (1992) em goiabeira.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

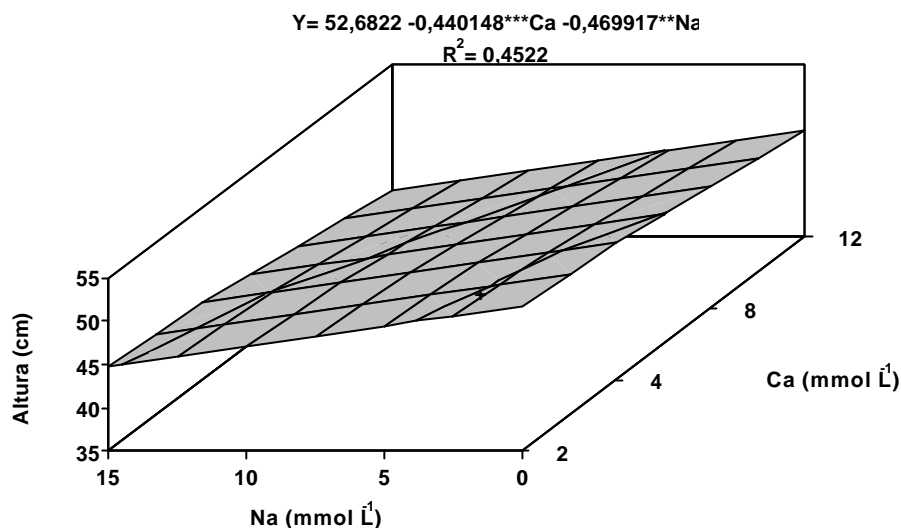
Figura 1 - Estimativa da massa da matéria fresca da parte aérea (PA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

### **Altura de plantas e área foliar**

Observou-se um decréscimo linear na altura das plantas e na área foliar, com o aumento das concentrações de Na e Ca (Figuras 2 e 3).

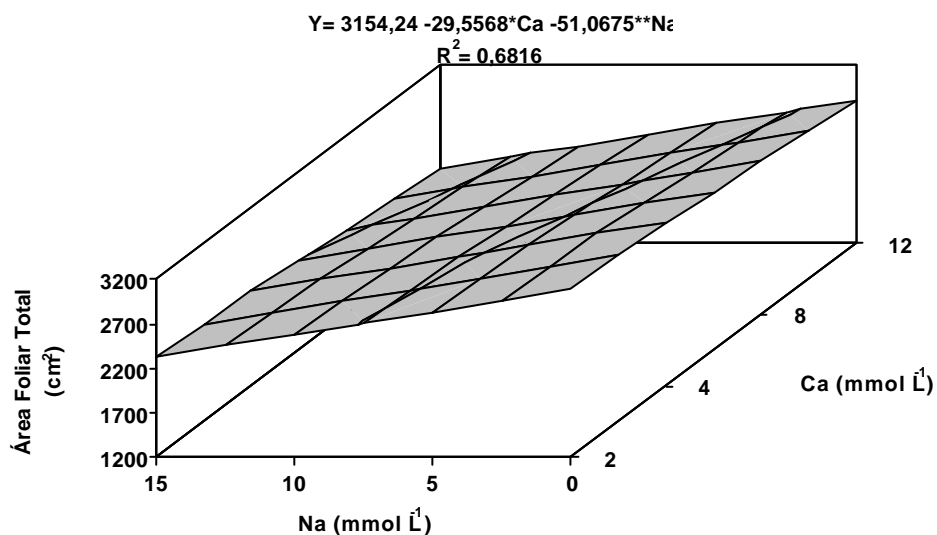
O decréscimo no crescimento de plantas de tomate e pepino foi representado por AL- HARBI (1995), dentre outras características avaliadas, pela redução da altura das plantas e da área foliar. A salinidade inibe o crescimento das plantas devido ao efeito osmótico na disponibilidade de água, à toxicidade de íons e à interferência na absorção de nutrientes essenciais (GREENWAY e MUNNS, 1980). Segundo CORDOVILLA et al. (1995), a principal evidência da inibição do crescimento de feijoeiro é a perda da capacidade de manter uma concentração adequada de nutrientes essenciais.

A área foliar é uma característica que, normalmente, é influenciada negativamente pela salinidade (AWANG et al., 1993; FRANCO et al., 1993; ALARCÓN et al., 1994). Esta redução talvez seja causada pela redução do volume celular (MEIRI et al., 1970), provocada pelo menor tamanho dos vacúolos, devido a menor quantidade de água nos tecidos.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"  
 \*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 2 - Estimativa da altura da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"  
 \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 3 – Estimativa da área foliar da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

### **Diâmetro do pseudocaule e massa da matéria seca das plantas**

O elemento cálcio não promoveu efeito significativo sobre essas características.

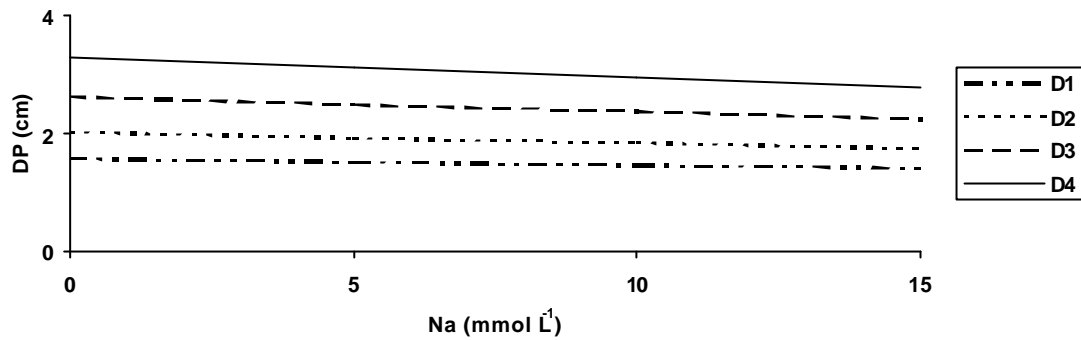
Plantas submetidas a maiores doses de sódio apresentaram menor diâmetro do pseudocaule e menor massa da matéria seca (Figuras 4 e 5). A matéria seca da parte aérea sofreu, proporcionalmente, maior redução que a matéria seca das raízes.

ARAÚJO FILHO et al. (1995), trabalhando com bananeiras 'Mysore' e 'Nanica' em solo salino, não observaram diferenças significativas no diâmetro do pseudocaule. Acredita-se que as causas de tal divergência nos resultados sejam a fase de crescimento estudada ( eles trabalharam com plantas adultas), o meio de cultivo diferente e também as diferenças genéticas entre os cultivares considerados.

A massa da matéria seca é uma das características mais utilizadas na avaliação do crescimento de plantas em determinadas condições de meio. ZEKRI e PARSONS (1990); HO e ADAMS (1994a, b) e HUANG et al. (1995) também observaram redução da matéria seca em plantas de citros, pepino e aboboreira, respectivamente, crescidas em meio salino.

O estresse hídrico induzido pelo estresse salino reduz o crescimento, não só pela diminuição da assimilação de dióxido de carbono, mas também pela redução da divisão e do alongamento celular. O efeito do estresse hídrico é mais evidente na expansão da parede celular, uma vez que a extensão da parede depende da pressão de turgescência. A diminuição dessa pressão acarreta um desbalanço do conteúdo de água na planta, resultando em reduzido crescimento e em baixa produção de matéria seca (PUGNAIRE et al., 1993).

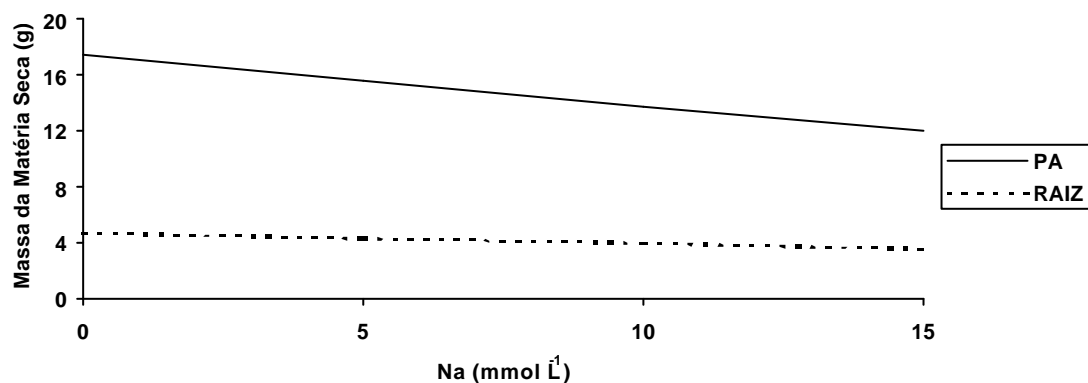
D1-  $Y = 1,56400 - 0,0102833^{**}Na$  ( $r^2 = 0,6853$ )  
 D2-  $Y = 2,02308 - 0,0188833^{**}Na$  ( $r^2 = 0,9355$ )  
 D3-  $Y = 2,61950 - 0,0255167^{**}Na$  ( $r^2 = 0,9123$ )  
 D4-  $Y = 3,28225 - 0,03330^{**}Na$  ( $r^2 = 0,8945$ )



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 4 - Estimativa do diâmetro do pseudocaulo (DP) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva aos 20 (D1), 30 (D2), 40 (D3) e 50 (D4) dias após a instalação do experimento.

PA-  $Y = 17,39130 - 0,362075^{**}Na$  ( $r^2 = 0,9350$ )  
 Raiz-  $Y = 4,65547 - 0,0767383^{**}Na$  ( $r^2 = 0,9668$ )



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 5 - Estimativa da massa da matéria seca da parte aérea (PA) e das raízes (RAIZ) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



### **Trocas gasosas e potencial osmótico das folhas**

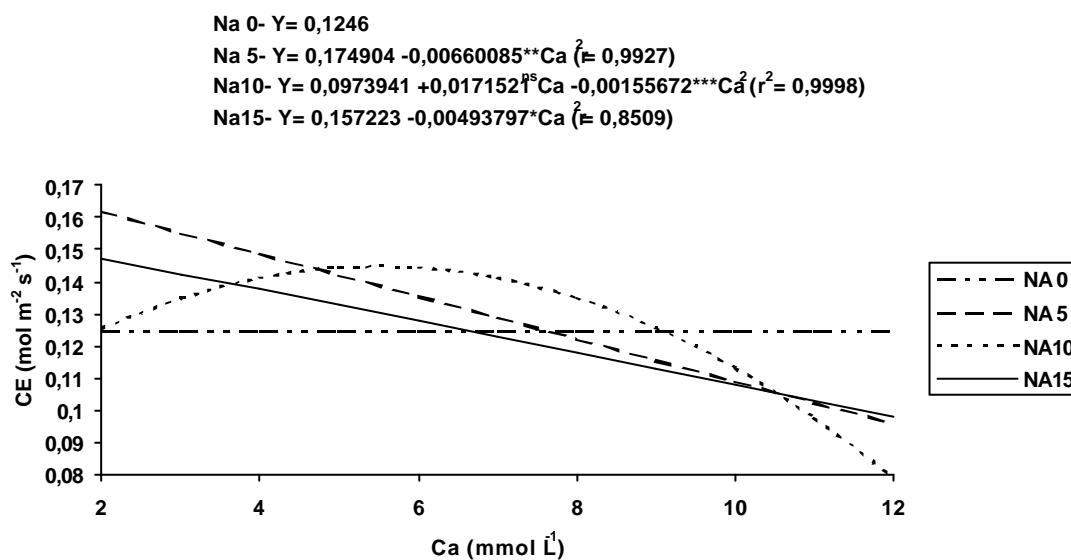
Não ocorreram diferenças significativas na condutância estomática, na transpiração e na fotossíntese líquida, fixando-se o cálcio e variando as concentrações de sódio.

Esses resultados sugerem que o aumento da salinidade, provocado pelo incremento de sódio na solução, não interferiu nas trocas gasosas realizadas pelas plantas, mas, como as medições foram realizadas apenas durante um período (ao final do experimento), os danos causados pelo estresse salino a essas características podem não ter sido representados. Como foi mostrado nos resultados anteriores, o aumento da salinidade promoveu redução na massa da matéria seca, na altura das plantas e na área foliar. Estas reduções demonstram que a atividade fotossintética das plantas pode ter sido afetada. A menor área foliar faz com que ocorra redução na área de captação de energia luminosa, bem como na fixação de CO<sub>2</sub> por unidade de área (MARSCHNER, 1995).

Porém, quando o elemento sódio foi fixado e as concentrações de cálcio foram modificadas, ocorreram diferenças entre os tratamentos. Na ausência de Na na solução, o aumento dos níveis de Ca não afetou a condutância estomática, a transpiração e a fotossíntese das plantas. Nas concentrações de 5 e 15 mmol L<sup>-1</sup> de Na, as características analisadas decresceram linearmente com o aumento da concentração de Ca na solução, enquanto, na presença de 10 mmol L<sup>-1</sup> de Na, tiveram comportamento quadrático (Figuras 6, 7 e 8). Os maiores valores de trocas gasosas foram encontrados na presença de 5 mmol L<sup>-1</sup> de Na e de 2 mmol L<sup>-1</sup> de Ca na solução, sugerindo que baixos níveis de Na no meio favorecem as trocas gasosas realizadas pela bananeira. Verificou-se que, na solução contendo 10 mmol L<sup>-1</sup> de Na, a presença de até 6 mmol L<sup>-1</sup> de Ca amenizou os efeitos negativos do Na sobre a condutância estomática, a transpiração e a fotossíntese líquida. Na concentração de 15 mmol L<sup>-1</sup> de Na, por ser muito alta, o Ca, ao invés de beneficiar as trocas gasosas, provavelmente agravou os efeitos do Na devido ao aumento da salinização da solução.

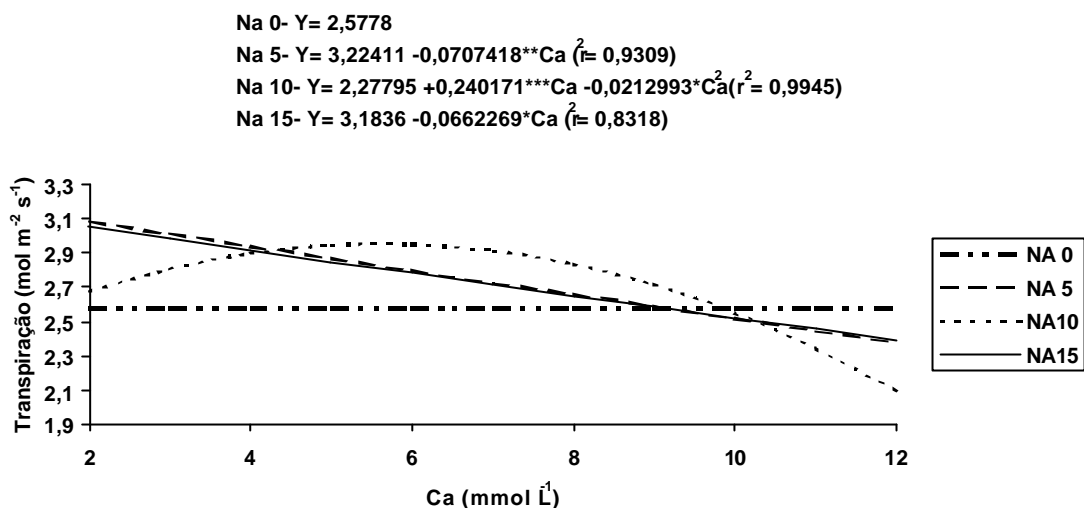
O estresse salino induz o estresse hídrico, que, por sua vez, provoca desbalanço no conteúdo de água da planta, fazendo com que ocorra a redução na condutância estomática.

A transpiração e a fotossíntese são limitadas pelo grau de abertura estomática (BRUN, 1961). O fechamento estomático não permite a entrada de mais CO<sub>2</sub> nos tecidos, reduzindo, com isso, a fixação do carbono através do processo fotossintético.



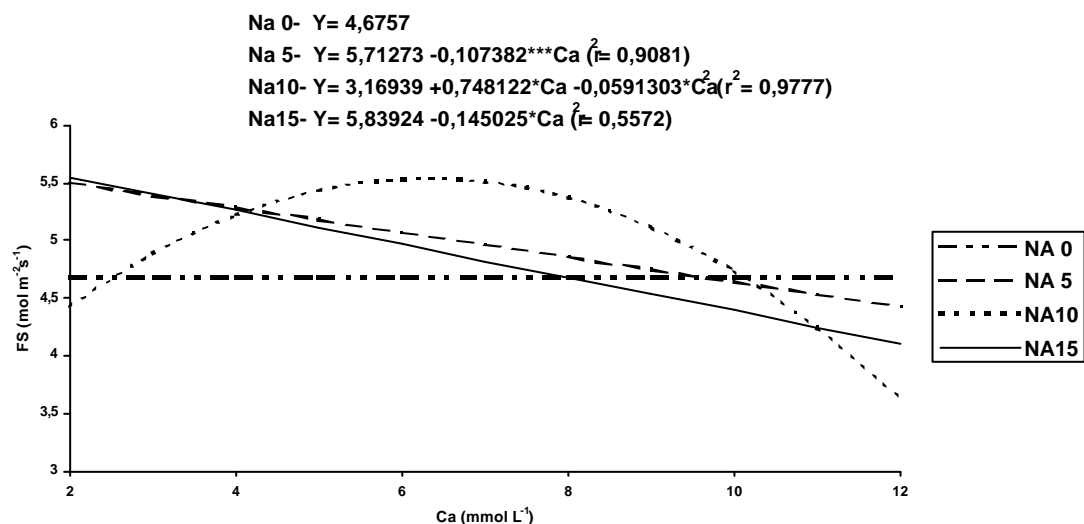
\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"  
 \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"  
 \*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"  
 ns não-significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 6 - Estimativa da condutância estomática das folhas da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) para os respectivos níveis de sódio (Na) na solução nutritiva.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"  
 \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"  
 \*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 7 - Estimativa da transpiração das folhas da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) para os respectivos níveis de sódio (Na) na solução nutritiva.



\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"  
 \*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 8 - Estimativa da fotossíntese líquida (FS) das folhas da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) para os respectivos níveis de sódio (Na) na solução nutritiva.

O potencial osmótico das folhas não foi influenciado pelas concentrações de cálcio e sódio no ambiente radicular. O valor médio encontrado para esta característica foi de 0,907 MPa.

Esses resultados divergiram dos encontrados por AWANG et al. (1993) e por ALARCÓN et al. (1994). Estes autores observaram que o aumento da salinidade do meio provocou decréscimo no potencial osmótico das folhas de morangueiro e tomateiro, respectivamente.

Os níveis salinos utilizados nos tratamentos, ou o tempo de exposição ao estresse, podem ter sido insuficientes para causar efeito na concentração de solutos nos tecidos da bananeira 'Prata', com isso o potencial osmótico não foi afetado, explicando assim, esta diferença nos resultados.

#### **4. CONCLUSÕES**

- O aumento dos níveis de sódio na solução promoveu redução significativa no diâmetro do pseudocaule, na massa da matéria seca, na massa da matéria fresca da parte aérea, na área foliar e na altura das plantas;
- a presença de 5 mmol L<sup>-1</sup> de Na na solução favoreceu as trocas gasosas realizadas pelas folhas da bananeira;
- com a presença de 10 mmol L<sup>-1</sup> de Na na solução, o aumento das concentrações de Ca amenizou os efeitos negativos do Na sobre as trocas gasosas;
- o aumento das concentrações de cálcio reduziu o peso da matéria fresca da parte aérea, a altura e a área foliar da bananeira 'Prata'.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, P., HOLDER, R. Effects of humidity, Ca and salinity on the accumulation of dry matter and Ca by the leaves and fruit of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of Horticultural Science**, v.67, n.1, p.137-142, 1992.
- ALARCÓN, J.J., BOLARÍN, M.C., SANCHEZ-BLANCO, M.J., TORRECILLAS, A. Growth, yield and water relations of normal fruited and cherry tomato cultivars irrigated with saline water. **Journal of Horticultural Science**, v.69, n.2, p.283-288, 1994.
- AL- HARBI, A.R. Growth and nutrient composition of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental calcium. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, n.7, p.1403-1416, 1995.
- ALLISON, L.E. Salinity in relation to irrigation. **Advances in Agronomy**, v.16, p.139-178, 1964.
- ARAÚJO FILHO, J.B., GHEYI, H.R., AZEVEDO, N.C., SANTOS, J.G.R. Efeitos da salinidade no crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.3, p.417-422, 1995.
- AWANG, Y.B., ATHERTON, J.G., TAYLOR, A.J. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. I. Growth and leaf water relations. **Journal of Horticultural Science**, v.68, n.5, p.783-790, 1993.
- AWANG, Y.B., ATHERTON, J.G. Effect of plant size and salinity on the growth and fruiting of glasshouse strawberry. **Journal of Horticultural Science**, v.70, n.2, p.257-262, 1995.
- BENZIONI, A., MENDLINGER, S., VENTURA, M. Effect of sowing dates, temperatures on germination, flowering, and yield of *Cucumis metuliferus*. **HortScience**, v.26, n.8, p.1051-1053, 1991.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed. Viçosa, MG: UFV, 1989. 596p.
- BRUN, W.A. Photosynthesis & transpiration from upper & lower surfaces of intact banana leaves. **Plant Physiology**, v.36, n.4, p.399-405, 1961.
- CHEESEMAN, J.M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. **Plant Physiology**, v.87, n.3, p.547-550, 1988.
- CORDOVILLA, M.P., OCAÑA, A., LIGERO, F., LLUCH, C. Growth and macronutrient contents of faba bean plants: effects of salinity and nitrate nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, n.8, p.1611-1628, 1995.
- DOWNTON, W.J.S. Photosynthesis in salt- estressed grapevines. **Australian Journal Plant Physiology**, v.4, n.2, p.183-192, 1977.

- DOWNTON, W.J.S., GRANT, W.J., ROBINSON, S.P. Photosynthesis and stomatal responses of spinach leaves to salt stress. **Plant Physiology**, v.78, n.1, p.85-88, 1985.
- DREW, M.C., HOLE, P.S., PICCHIONI, G.A. Inhibition by NaCl of net CO<sub>2</sub> fixaçãõ and yield of cucumber. **Journal American Society Horticultural Science**, v.115, n.3, p.472-477, 1990.
- FRANCO, J.A., ESTEBAN, C., RODRIGUEZ, C. Effects of salinity on various growth stages of muskmelon cv. Revigal. **Journal of Horticultural Science**, v.68, n.6, p.899-904, 1993.
- GREENWAY, H., MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review Plant Physiology**, v.31, p.149-190, 1980.
- HO, L.C., ADAMS, P. Regulation of the partitioning of dry matter and calcium in cucumber in relation to fruit growth and salinity. **Annals of Botany**, v.73, n.5, p.539-545, 1994a.
- HO, L.C., ADAMS, P. The physiological basis for high fruit yield and susceptibility to calcium deficiency in tomato and cucumber. **Journal of Horticultural Science**, v.69, n.2, p.367-376, 1994b.
- HOAGLAND, D.R., ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. **Cal. Agric. Exp. Sta. Cir.**, 347p., 1950.
- HOFFMAN, G.J., RAWLINS, S.L. Growth and water potential of root crops as influenced by salinity and relative humidity. **Agronomy Journal**, v.63, n.6, p.877-880, 1971.
- HUANG, B., NESMITH, D.S., BRIDGES, D.C., JOHNSON, J.W. Responses of squash to salinity, waterlogging, and subsequent drainage: II. Root and shoot growth. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, n.1, p.141-152, 1995.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance- current assessment. **ASCE J. Irrig. Drain. Div.**, n.103, p.115-134, 1977.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MEIRI, A., MOR, E., POLJAKOFF-MAYBER, A. Effect of exposure to salinity on growth, water status and salt accumulation in bean plants. **Annals of Botany**, v.34, n.136, p.383-391, 1970.
- MENDLINGER, S., PASTERNAK, D. Effect of time salinization on flowering, yield and fruit quality factors in melon, *Cucumis melo* L.. **Journal of Horticultural Science**, v.67, n.4, p.529-534, 1992.
- MOREIRA, R.S., HIROCE, R., SAES, L.A. An analysis of twelve nutrients in

the internal and external leaf samples of fifty banana cultivars. **Fruits**, v.41, n.11, p.669-673, 1986.

PUGNAIRE, F.I., ENDOLZ, L.S., PARDOS, J. Constrains by water stress on plant growth. In: PESSARAKLI, P. **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, 1993. p.247-259.

SATTI, S.M.E., AL-YAHYAI, R.A. Salinity tolerance in tomato: implications of potassium, calcium, and phosphorus. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, v.26, n.17, p.2749-2760, 1995.

SILVA, C.U. C., ROCHA, P.S., BURITY, M.P., CÂMARA, T.R., WILLADINO, L. Efeito de diferentes níveis de NaCl sobre o desenvolvimento *in vitro* de bananeira (*Musa* sp. Cv. 'Nanicão'). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6, 1997, Belém, PA. **Anais...**

SINGH, A.K., PATHAK, R.K. Sodidity and salinity effect on guava (*Psidium guajava*). **Indian Journal of Agricultural Science**, v.62, n.3, p.220-223, 1992.

ZEKRI, M., PARSONS, L.R. Calcium influences growth and leaf mineral concentration of citrus under saline conditions. **HortScience**, v.25, n.7, p.784-786, 1990.

# COMPOSIÇÃO MINERAL DA BANANEIRA 'PRATA', SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE SÓDIO E CÁLCIO, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

## RESUMO

A bananeira é uma cultura muito exigente em água. Quando a deficiência hídrica anual é superior a 80 mm, a cultura não se desenvolve de maneira satisfatória, sendo necessário recorrer à irrigação. Mas a agricultura irrigada em climas áridos e semi-áridos freqüentemente conduz à salinidade do solo. O cálcio vem sendo muito estudado como um fator de incremento de tolerância à salinidade nas plantas. Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da aplicação de sódio e cálcio sobre a composição mineral da bananeira 'Prata' em fase inicial de crescimento. O experimento, constituído por 16 tratamentos dispostos no delineamento experimental em blocos casualizados, com arranjo fatorial 4 x 4 [ 4 doses de sódio ( 0; 5; 10; 15 mmol L<sup>-1</sup>) e 4 doses de cálcio ( 2; 4; 8; 12 mmol L<sup>-1</sup>)] e 3 repetições, foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. A parcela experimental foi composta por um vaso contendo 9 litros de solução de tratamento e, em cada vaso, foram cultivadas 2 plantas. Para a determinação da composição mineral, as plantas foram colhidas, subdivididas em 4 partes e secas em estufa de circulação forçada de ar até atingirem peso constante. Foram determinados os teores de todos os macronutrientes, de sódio e dos micronutrientes ferro, cobre, zinco e manganês. Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e regressão. Todas as partes das plantas apresentaram teores adequados de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu e Mn. Os teores de Zn foram deficientes em todas as partes das plantas, exceto nas raízes, onde foi observado um acúmulo deste nutriente. Os teores de S foram deficientes em todas as partes analisadas das plantas. Os teores médios de Na encontrados nas plantas foram superiores ao limite considerado adequado para a bananeira, podendo ter causado algum efeito tóxico.

Palavras-chave: Bananeira, sódio, cálcio, composição mineral.



## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada em climas áridos e semi-áridos frequentemente conduz à acumulação de sais no solo, restringindo o crescimento e a produção de muitas culturas (GREENWAY e MUNNS, 1980).

Vários fatores contribuem para o aumento da salinidade, entre eles estão água de má qualidade, drenagem deficiente do solo, baixa precipitação pluviométrica, baixa permeabilidade do solo e oscilação da superfície freática (LOPES, 1989).

Os íons que contribuem para a salinização do solo são  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e, raramente,  $\text{NO}_3^-$  ou  $\text{K}^+$ . Os sais formados por estes íons variam em relação a suas concentrações e proporções no solo (BERNSTEIN, 1975).

A salinidade do solo reduz o conteúdo e a absorção de certos elementos nas plantas, o que pode acarretar a redução do crescimento e da produção devido à deficiência nutricional provocada (SATTI e AL-YAHYAI, 1995).

Dentre os elementos presentes em solos salinos, o sódio normalmente é o cátion predominante (SHAINBERG, 1975) e sua toxicidade pode ser a maior responsável pelos danos causados pelos sais (JOSHI, 1984). A alta concentração de  $\text{Na}^+$  no substrato inibe a absorção e o transporte de  $\text{Ca}^{2+}$ , e pode, conseqüentemente, induzir a deficiência de cálcio em plantas crescidas em substrato com baixa concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  (MARSCHNER, 1995).

O cálcio é um nutriente particularmente importante em plantas expostas a estresse salino, porque ele tem papel fundamental na atividade da membrana, na extensão da parede celular e na recuperação do estresse celular (LAUCHLI e EPSTEIN, 1970).

Considerando que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de bananas (*Musa* sp.) e que esta cultura vem se expandindo, cada vez mais, para áreas com problemas de salinidade, é importante o estudo do comportamento de determinado cultivar nestes ambientes e do que pode ser feito para amenizar os efeitos negativos das altas concentrações de sais.

O cultivo em solução nutritiva permite que se realizem estudos sobre salinidade, sem que outros fatores interfiram nos resultados, como pode ocorrer quando se trabalha com o solo como substrato.

Tendo como base estas informações, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de sódio e cálcio sobre a composição mineral da bananeira 'Prata', em fase inicial de crescimento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para estudar o efeito do sódio e cálcio sobre a bananeira, instalou-se um experimento em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de 27 de setembro a 21 de novembro de 1997, onde foram avaliados os teores de nutrientes nos tecidos da bananeira (*Musa sp.*), cultivar 'Prata'.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com arranjo fatorial 4x4 [ 4 doses de sódio ( 0; 5; 10; 15 mmol L<sup>-1</sup>) e 4 doses de cálcio ( 2; 4; 8; 12 mmol L<sup>-1</sup> )], com três repetições. As plantas utilizadas no experimento foram provenientes do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do setor de Fruticultura da UFV. Foram selecionadas plantas com altura de pseudocaule de 10 ± 2 cm para o experimento, que foi conduzido em solução nutritiva .

As concentrações dos micronutrientes foram estabelecidas de acordo com a solução de HOAGLAND e ARNON (1950).

As concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> foram 15,0; 2,0; 8,0; 3,0 e 2,5 mmol L<sup>-1</sup>, respectivamente. Os cátions Ca<sup>+2</sup> e Na<sup>+</sup> tiveram suas concentrações definidas de acordo com os tratamentos.

A parcela experimental foi composta por um vaso contendo nove litros de soluções de tratamento e, em cada vaso, foram cultivadas duas plantas.

A condutividade elétrica (CE) da solução foi medida com um condutímetro Digimed modelo DM 31, e os valores encontrados são apresentados no Quadro 1.

O pH da solução nutritiva foi monitorado diariamente, sendo mantido em 6,1 ± 0,1 utilizando-se solução de KOH ou HCl a 1N, e o volume da solução nutritiva foi mantido pela reposição diária de água deionizada.

A solução foi renovada por acompanhamento dos níveis de potássio e magnésio. Quando um deles atingia a depleção de 40% da concentração inicial, a solução era substituída.

Quadro 1- Condutividade elétrica ( CE) da solução nutritiva usada para o crescimento inicial da bananeira 'Prata', submetida a diferentes doses de sódio e cálcio

Tratamentos	Concentrações (mmol L <sup>-1</sup> )		CE (dS m <sup>-1</sup> )
	Ca	Na	
1	2	0	3,21
2	2	5	3,73
3	2	10	3,85
4	2	15	4,15
5	4	0	3,11
6	4	5	3,65
7	4	10	4,24
8	4	15	5,35
9	8	0	3,96
10	8	5	4,26
11	8	10	4,61
12	8	15	5,77
13	12	0	4,31
14	12	5	4,86
15	12	10	5,48
16	12	15	6,01

Para a determinação da composição mineral, as plantas foram colhidas e subdivididas em 4 partes (folhas superiores, folhas inferiores, pseudocaule e raízes). Foram definidas como folhas superiores as duas últimas folhas emitidas e a folha "vela". O material foi seco em estufa de circulação forçada de

ar, a  $70 \pm 5$  °C, até atingir peso constante. Após ser seco, foi moído em moinho tipo Wiley, e mineralizado para o elemento nitrogênio via digestão sulfúrica. Para os demais elementos, o material foi mineralizado pela mistura nítrico-perclórica. As determinações dos teores de nitrogênio orgânico foram feitas pelo método de Nessler (JACKSON, 1958), enquanto os teores de nitrato foram determinados pelo método do Ácido Salicílico (CATALDO et al., 1975); o fósforo foi dosado colorimetricamente pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C, descrito por BRAGA e DEFELIPO (1974); o potássio e o sódio, por fotometria de emissão de chama; o cálcio, magnésio, manganês, zinco, cobre e ferro foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; e o enxofre foi determinado por turbidimetria do sulfato (BLANCHAR et al., 1965).

### **2.1. Análise Estatística**

Os dados obtidos foram analisados, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da UFV ( SAEG- UFV), sendo submetidos às análises de variância e regressão. Vários modelos foram testados, com escolha daqueles que apresentaram os coeficientes de regressão significativos até 10% de probabilidade, pelo teste “t” de Student e baseado no coeficiente de determinação.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Nitrogênio orgânico (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

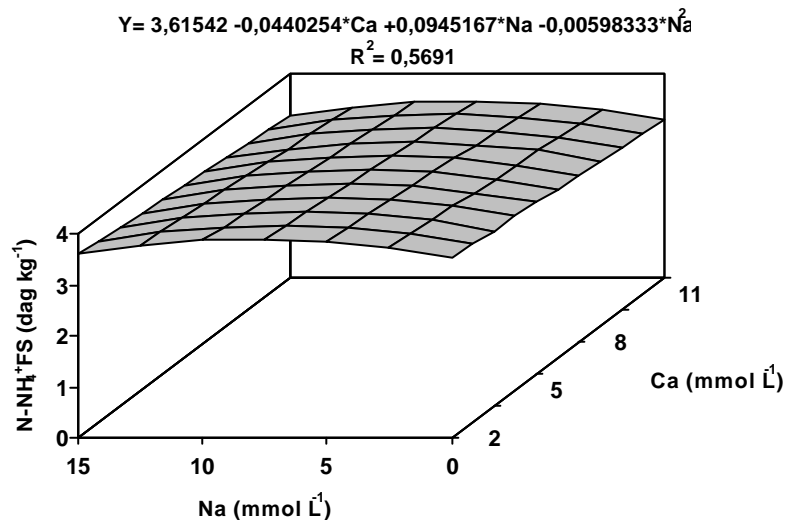
Os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas folhas superiores variaram linearmente com as concentrações de Ca e de forma quadrática com as concentrações de Na (Figura 1). O incremento de Ca na solução reduziu os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nos tecidos. O teor máximo de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas folhas superiores seriam obtidos com a concentração de 8 mmol L<sup>-1</sup> de sódio na solução.

Nas folhas inferiores e no pseudocaule, os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> responderam de forma linear às concentrações de Ca e Na (Figuras 2 e 3). Nestas 2 partes das plantas, o aumento da concentração de Ca na solução promoveu a redução dos teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Nas concentrações de 2 e

4 mmol L<sup>-1</sup> de Ca, o incremento de Na na solução fez com que decrescessem os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Porém, a partir de 8 mmol L<sup>-1</sup> de Ca na solução, a presença do Na promoveu elevação nos teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

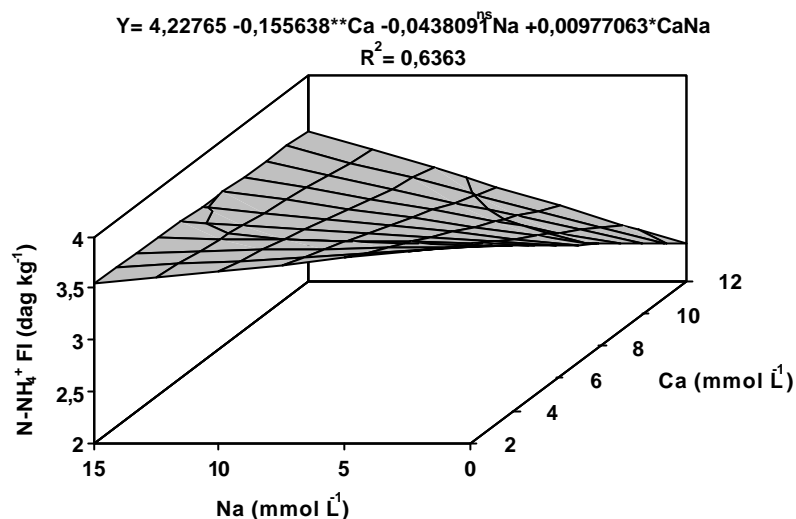
Nas raízes não foram observadas diferenças significativas nos teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Os teores médios nos tecidos foram de 2,96 dag kg<sup>-1</sup>.

Comparando os teores de nitrogênio encontrados nas plantas com os teores considerados adequados por REUTER e ROBINSON (1986), a nutrição da bananeira 'Prata', em relação a esse elemento, não foi afetada, pois todas as partes analisadas apresentaram teores adequados.



\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 1 - Estimativa dos teores de nitrogênio orgânico nas folhas superiores (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> FS) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

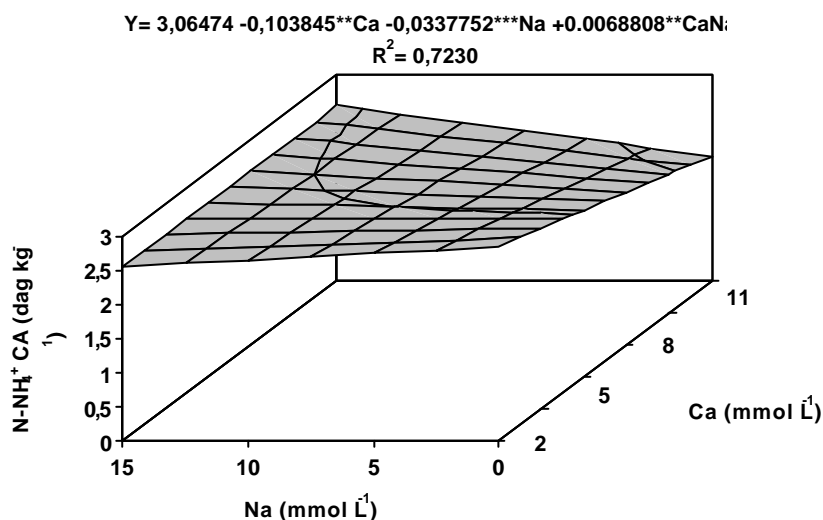


\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

ns não-significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 2 – Estimativa dos teores de nitrogênio orgânico nas folhas inferiores ( $N-NH_4^+$  FI) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

\*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 3 - Estimativa dos teores de nitrogênio orgânico no pseudocaule ( $N-NH_4^+$  CA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

### **Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )**

Os teores de nitrato nas folhas superiores responderam linearmente às concentrações de Ca e de forma quadrática às concentrações de Na (Figura 4). A presença de até  $5 \text{ mmol L}^{-1}$  de Na na solução levou ao aumento dos teores de nitrato à medida que se elevou a concentração de Ca na solução. Nas concentrações acima de  $5 \text{ mmol L}^{-1}$  de Na, os teores de nitrato decresceram com o aumento da concentração de Ca. Os teores de nitrato aumentaram nas concentrações de 2 e  $4 \text{ mmol L}^{-1}$  de Ca com a elevação do Na na solução. A partir da concentração de  $8 \text{ mmol L}^{-1}$  de Ca, a presença do Na reduziu os teores de nitrato nas folhas do terço superior. O teor mínimo de nitrato nas folhas superiores seria correspondente à concentração de  $6,6 \text{ mmol L}^{-1}$  de Na na solução.

As folhas inferiores responderam de forma quadrática às concentrações de Ca e Na (Figura 5). O incremento de até  $8 \text{ mmol L}^{-1}$  de Ca na solução elevou os teores de nitrato nas folhas inferiores, indicando que o cálcio, apenas nas menores concentrações utilizadas, beneficiou o acúmulo de nitrato nas folhas quando a planta foi submetida à salinidade. A adição crescente de Na favoreceu o acúmulo de nitrato nas folhas inferiores. O teor mínimo de nitrato nas folhas inferiores corresponderia à concentração de  $6,3 \text{ mmol L}^{-1}$  de Na, enquanto o teor máximo ocorreria com a presença de  $6,7 \text{ mmol L}^{-1}$  de Ca na solução. GIRDHAR (1988), ZEKRI (1993) e NORRIE et al. (1995) também observaram o aumento dos teores de nitrogênio nas folhas de arroz, citros e tomate, respectivamente, com a elevação da salinidade do meio.

Entre os tratamentos estudados, não foram observadas diferenças significativas nos teores de nitrato no pseudocaule. Os teores médios encontrados nos tecidos foram de  $0,970 \text{ dag kg}^{-1}$ .

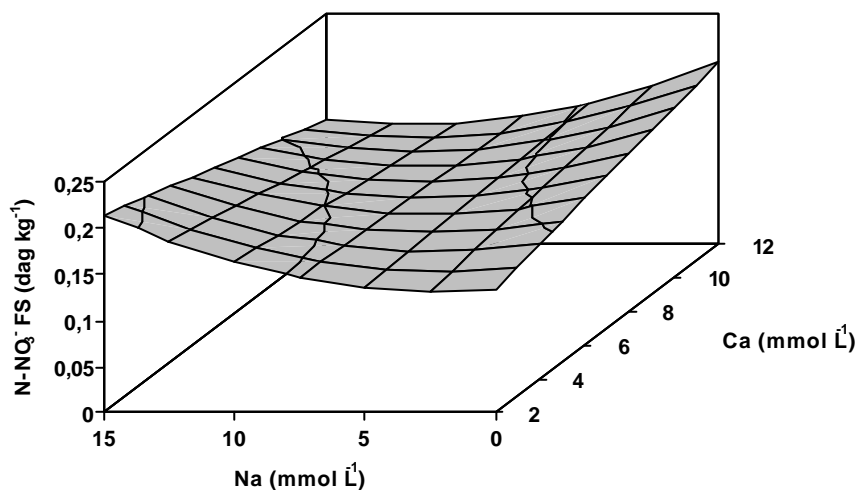
Os teores de nitrato nas raízes responderam de forma quadrática e linear às concentrações de Ca e Na, respectivamente (Figura 6). O acúmulo máximo de nitrato ocorreu na concentração de  $2 \text{ mmol L}^{-1}$  de cálcio. Comparando os teores de nitrato encontrados nas partes da planta, a raiz foi o local de maior acúmulo de nitrato. A maior presença de nitrato nas raízes pode ter ocorrido porque a velocidade de absorção talvez tenha sido superior à capacidade de transporte via xilema. Pode ter ocorrido também a redução do

nitrato a amônio na parte aérea da planta, pois, comparando-se os teores encontrados de nitrato com os de amônio, os teores de amônio foram superiores em todas as partes da planta.

Na maioria das plantas, as raízes e as folhas são capazes de reduzir o nitrato, sendo as raízes capazes de reduzir entre 5 e 95% do nitrato absorvido. A proporção de redução do nitrato depende de vários fatores, incluindo o nível de fornecimento de nitrato, a espécie e a idade da planta (MARSCHNER, 1995). Segundo RUFTY et al. (1981), quando o cálcio ou o sódio é o cátion que acompanha o nitrato, a redução deste é consideravelmente alta, concordando com os resultados obtidos no presente trabalho.

$$Y = 0,120868 + 0,00637288 * Ca - 0,0000156745 Na + 0,000491667 Na^2 - 0,000965537 CaNa$$

$$R^2 = 0,6067$$



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

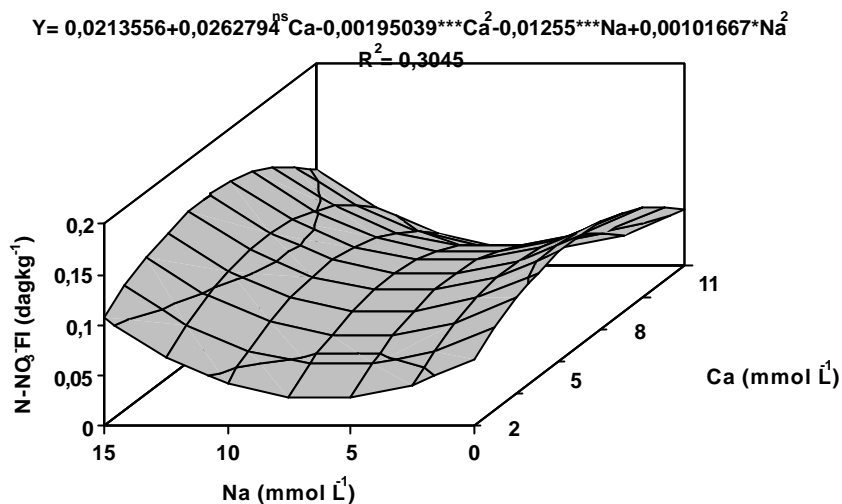
\* significativo ao 5% de probabilidade pelo teste "t"

\*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

ns não-significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

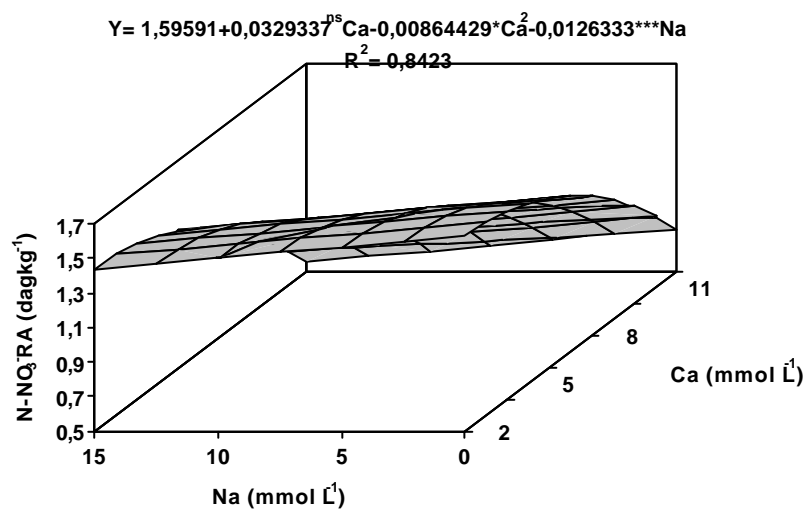
Figura 4 - Estimativa dos teores de nitrato nas folhas superiores ( $N-NO_3^-$  FS) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.





\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"  
 \*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"  
 ns não-significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 5 - Estimativa dos teores de nitrato nas folhas inferiores ( $N-NO_3^-$  FI) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"  
 \*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"  
 ns não-significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 6 - Estimativa dos teores de nitrato nas raízes ( $N-NO_3^-$  RA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

### **Fósforo (P)**

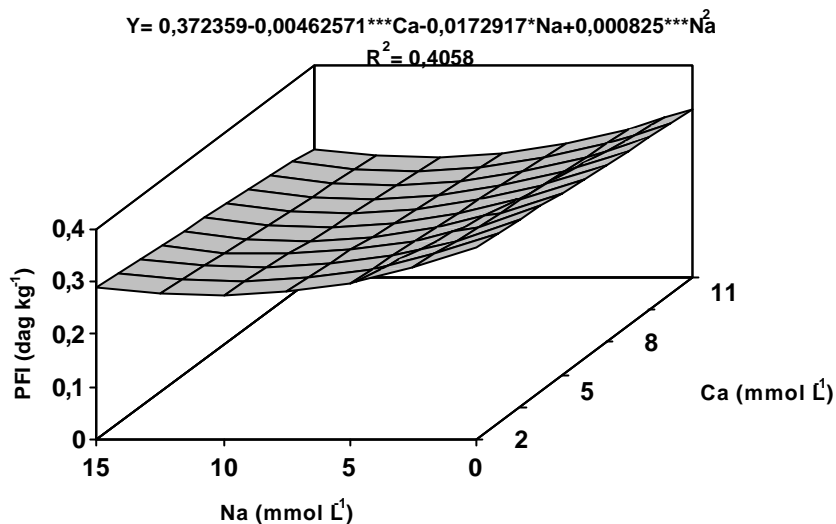
Os tratamentos estudados não interferiram nos teores de fósforo nas folhas superiores e raízes, sendo de 0,38 e 0,78 dag kg<sup>-1</sup> os teores médios encontrados, respectivamente.

Os teores de fósforo nas folhas inferiores variaram linearmente com o aumento das concentrações de Ca, e de forma quadrática com o aumento das concentrações de Na (Figura 7). A concentração de Na que proporcionaria o menor teor de fósforo nas folhas inferiores seria de 10,5 mmol L<sup>-1</sup>. Os teores de fósforo nas folhas inferiores reduziram-se à medida que se aumentou a concentração de Ca na solução. SATTI et al. (1995) também observaram o decréscimo nos teores de fósforo em folhas de tomateiro com o incremento da salinidade e o acréscimo de Ca ao meio.

Os teores de fósforo no pseudocaule responderam linearmente às concentrações de Ca e Na (Figura 8). O aumento do Ca na solução promoveu elevação dos teores de fósforo no pseudocaule até a concentração de 10 mmol L<sup>-1</sup> de Na. Na concentração de 15 mmol L<sup>-1</sup> de Na, os teores reduziram-se à medida que se aumentou o Ca. Com apenas 2 mmol L<sup>-1</sup> de Ca no meio, o incremento na concentração de Na elevou os teores de fósforo. Concentrações de Ca superiores a 2 mmol L<sup>-1</sup> promoveram redução dos teores de fósforo à medida que se aumentou o Na na solução.

Apesar de se observar redução dos teores de fósforo com o aumento das concentrações de Na e, ou, Ca na solução, os teores encontrados são considerados adequados por REUTER e ROBINSON (1986).

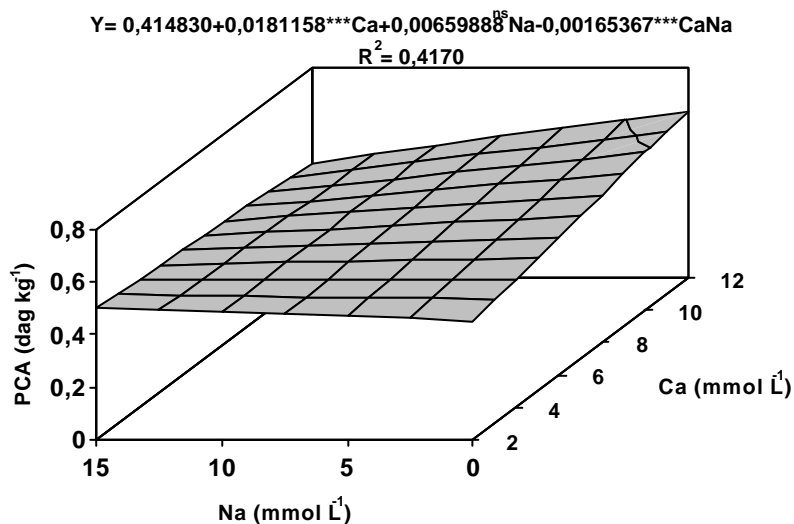
Para GOMES (1988) é normal a pequena absorção de fósforo pela bananeira durante o processo inicial de desenvolvimento vegetativo, porque a necessidade de fósforo é quantitativa e relativamente pequena quando comparada com a de outros nutrientes.



\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

\*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 7 - Estimativa dos teores de fósforo nas folhas inferiores (PFI) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



\*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

ns não-significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 8 - Estimativa dos teores de fósforo no pseudocaule (PCA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

## Potássio (K)

Os teores de potássio nas folhas superiores seguiram uma resposta linear às concentrações de cálcio e sódio (Figura 9) . Com a presença de até 5 mmol L<sup>-1</sup> de Na na solução, o aumento da concentração de Ca foi acompanhado pelo aumento dos teores de potássio nos tecidos. Mas, quando a concentração de Na foi elevada para 10 mmol L<sup>-1</sup>, ocorreu o inverso: o aumento do Ca no meio reduziu os teores de K. Até a concentração de 4 mmol L<sup>-1</sup> de Ca, maiores concentrações de Na elevaram os teores de K.

Nas folhas inferiores, os teores de potássio variaram linearmente com as concentrações de Na, e de forma quadrática com as concentrações de Ca (Figura 10). O incremento de 8,1 mmol L<sup>-1</sup> de Ca promoveria a redução máxima dos teores de K nas folhas. Esses resultados indicam que, dependendo da concentração de Ca na solução, o K acumula-se preferencialmente em determinada posição na planta. Maiores concentrações de Ca na solução induzem ao maior acúmulo de K nas folhas inferiores, enquanto menores concentrações fazem com que o K se acumule preferencialmente nas folhas superiores.

O aumento da concentração de Na na solução reduziu os teores de K nas folhas inferiores.

Várias espécies absorvem e translocam K em preferência ao Na, mas, em espécies mais sensíveis, essa afinidade é reduzida, uma vez que, quando cultivadas em substratos com altos níveis salinos, os teores de K no tecido vegetal são sensivelmente reduzidos (PUGNAIRE et al., 1993).

No pseudocaule, os teores de potássio responderam linearmente às concentrações de Ca e Na (Figura 11). Os teores de K no pseudocaule decresceram com o incremento de Ca até a concentração de 5 mmol L<sup>-1</sup> de Na. A partir da concentração de 10 mmol L<sup>-1</sup> de Na, o aumento na concentração de Ca elevou os teores de K. Esses resultados demonstraram um efeito benéfico da presença do Ca na solução, amenizando os efeitos negativos da alta concentração de Na sobre o acúmulo de K no pseudocaule.

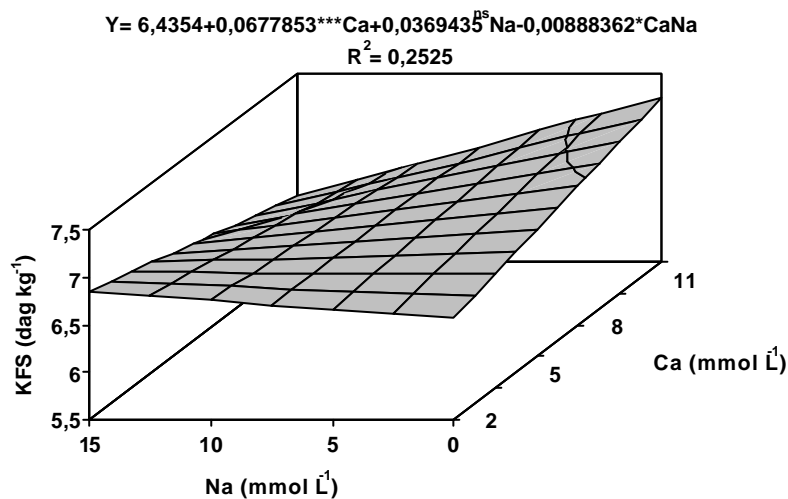
Com a concentração de 4 mmol L<sup>-1</sup> de Ca, o aumento na concentração de Na promoveu elevação nos teores de K no pseudocaule.

Para as raízes, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Os teores médios nas raízes foram de 8,22 dag kg<sup>-1</sup>, sendo

superior ao acúmulo máximo encontrado nas folhas.

O incremento da concentração de sódio em plantas tolerantes a sais é geralmente associado ao decréscimo de potássio. Em contraste, espécies sensíveis a sais, com a inclusão de sódio, usualmente incrementam potássio. A bananeira 'Prata' tem apresentado relativa tolerância à salinidade, quando se analisa este aspecto.

O sódio é conhecido por inibir a absorção de potássio, o que é possível devido ao efeito antagônico entre estes dois cátions (JOSHI, 1984; SATTI et al., 1995). Em arroz, GIRDHAR (1988) observou que os teores de potássio decresceram em todos os estágios de crescimento das plantas, quando se elevou a salinidade do meio. PRIOR et al. (1992), trabalhando com videiras, obteve uma redução nos teores de potássio em folhas de plantas em condições salinas.

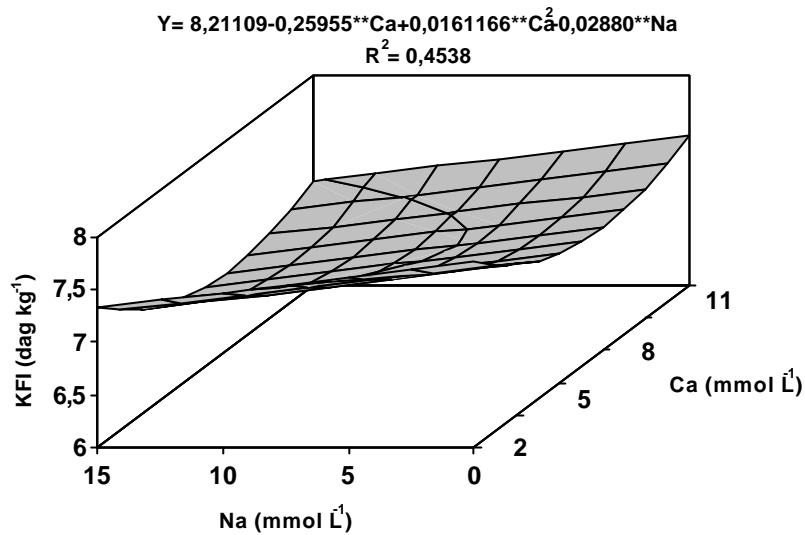


\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

\*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

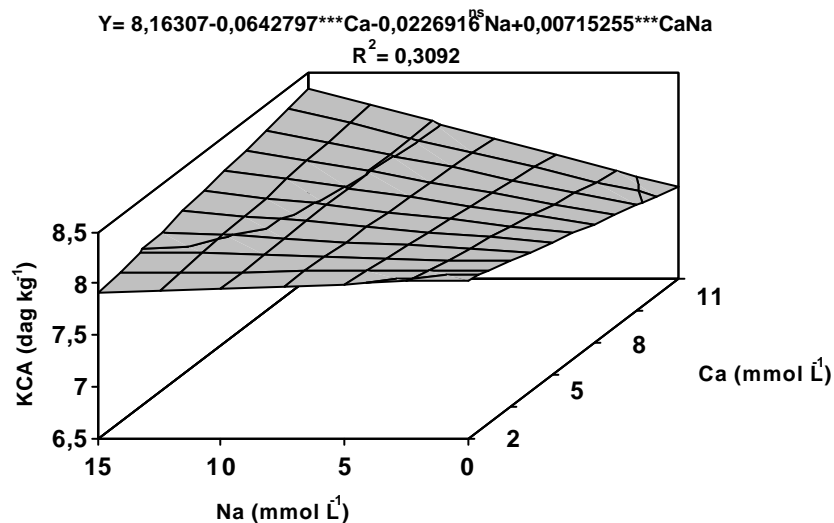
ns não-significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 9 - Estimativa dos teores de potássio nas folhas superiores (KFS) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 10 - Estimativa dos teores de potássio nas folhas inferiores (KFI) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



\*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"  
 ns não-significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 11 - Estimativa dos teores de potássio no pseudocaule (KCA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

### **Cálcio (Ca)**

Nas folhas superiores e no pseudocaule, não foram observadas diferenças significativas nos teores de cálcio entre os tratamentos. Os teores médios nos tecidos foram 0,368 e 0,461 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os teores de cálcio nas folhas inferiores responderam de forma quadrática às concentrações de Ca e Na ( Figura 12). As concentrações de Na e Ca que proporcionariam teores máximos de cálcio nas folhas inferiores seriam 10,5 e 12 mmol L<sup>-1</sup>, respectivamente. A redução dos teores de cálcio nas folhas inferiores, observada com o aumento da concentração de sódio na solução era esperada, pois altas concentrações de sódio no meio promovem a redução da absorção de cálcio pelas raízes (MARSCHNER, 1995).

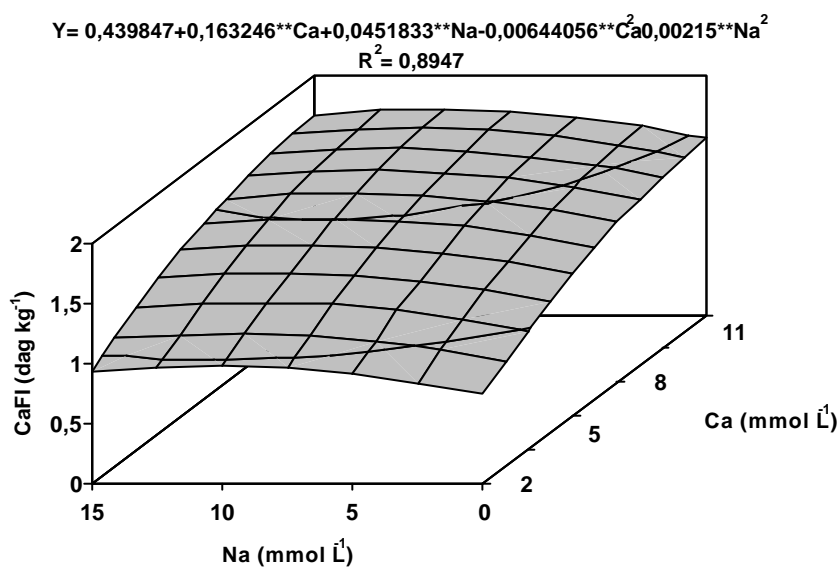
Os teores de cálcio nas raízes apresentaram comportamento semelhante ao das folhas inferiores, respondendo de forma quadrática às concentrações de Ca e Na na solução (Figura 13). Porém, a concentração de Na que proporcionaria teores máximos de Ca nas raízes seria de 7,5 mmol L<sup>-1</sup>. A partir dessa concentração, aumentos na concentração de Na provocam redução nos teores de Ca nas raízes. Esses resultados sugerem que a presença de uma baixa concentração de sódio na solução estimula a absorção e o acúmulo de cálcio na planta.

A redução na absorção de cálcio com o aumento da concentração de Na pode ser devida ao efeito direto do estresse osmótico causado no processo de absorção ou no desenvolvimento das raízes (EHRET e HO, 1986), ou efeito indireto da salinidade sobre a transpiração devido à redução no tamanho das folhas (Abd-alla et al., 1993, citados por HO e ADAMS, 1994).

Com o aumento da concentração de Ca na solução, houve aumentos nos teores de Ca nos tecidos. Este fato pode ter ocorrido em razão da maior disponibilidade deste nutriente, favorecendo sua absorção pela planta. Em tomateiro, SATTI e AL-YAHYAI (1995) também observaram que a aplicação de Ca na solução resulta em aumento nos teores de Ca nas plantas.

Em experimento realizado por LYNCH e LAUCHLI (1985), os resultados demonstraram distúrbios na nutrição de cálcio em plantas de cevada sob estresse salino. O estresse reduziu a quantidade de Ca na parte aérea devido a inibição do transporte de Ca proveniente das raízes. Os autores concluíram que o excesso de sais inibiu o transporte de Ca através da inibição

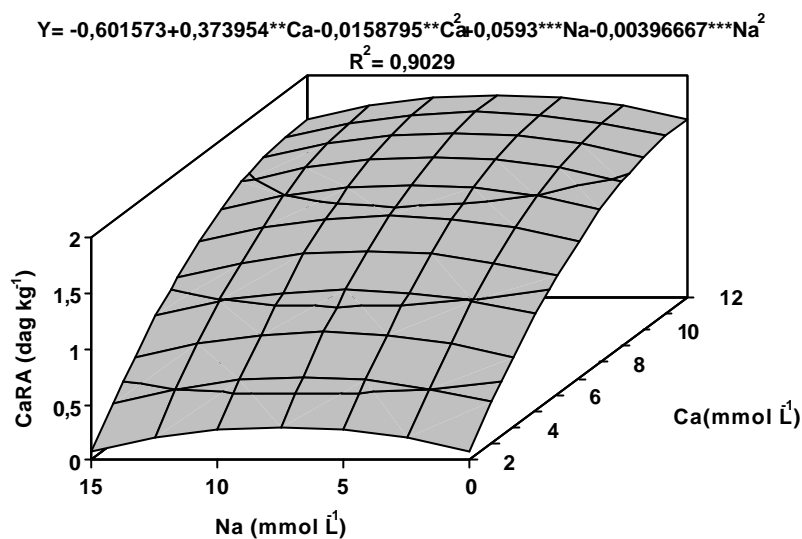
do movimento radial do Ca do meio externo para o xilema das raízes. No xilema, é possível que a atividade do Ca seja diretamente afetada pelo Na. Um excesso de íons Na pode aumentar a permeabilidade das membranas ou decrescer sua seletividade, desordenando a associação do Ca à membrana (GREENWAY e MUNNS, 1980).



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 12 - Estimativa dos teores de cálcio nas folhas inferiores (CaFI) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.





\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

\*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 13 - Estimativa dos teores de cálcio nas raízes (CaRA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

### Magnésio (Mg)

Os teores de magnésio nas folhas superiores não foram afetados pelos tratamentos, sendo de  $0,30 \text{ dag kg}^{-1}$  os teores médios nos tecidos.

Os teores de Mg nas folhas inferiores responderam de forma quadrática às concentrações de Ca e Na (Figura 14). A utilização de Ca na concentração de  $10,5 \text{ mmol L}^{-1}$  provocaria um teor mínimo de magnésio nas folhas inferiores, enquanto o teor máximo deste elemento seria encontrado com a presença de  $14,3 \text{ mmol L}^{-1}$  de Na na solução. GIRDHAR (1988) também observou incremento nos teores de Mg em plantas de arroz, quando a salinidade do meio foi aumentada.

Os teores de Mg no pseudocaule variaram linearmente com as concentrações de Na e responderam de forma quadrática às concentrações de Ca (Figura 15). A concentração de  $8,4 \text{ mmol L}^{-1}$  de Ca na solução promoveria o menor acúmulo de Mg no pseudocaule da bananeira 'Prata'. Os teores de Mg no pseudocaule aumentaram com o aumento da concentração de Na até a

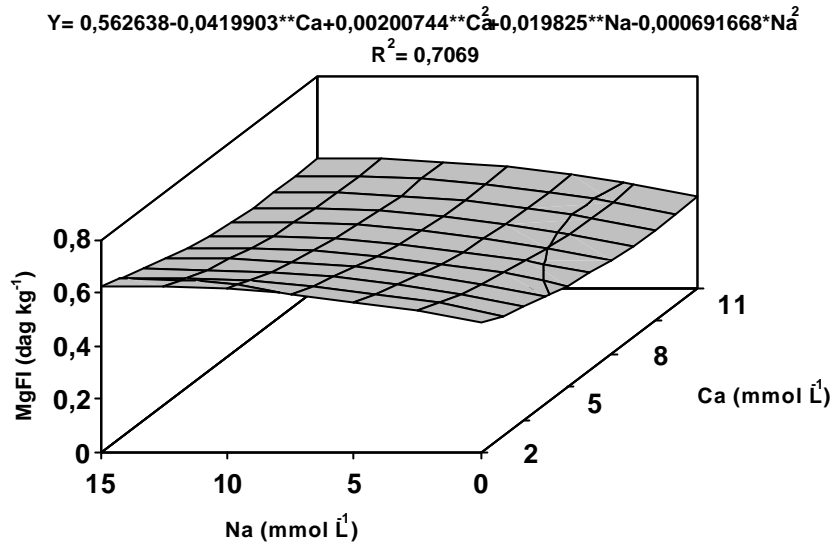
concentração de  $8 \text{ mmol L}^{-1}$  de Ca. Na concentração de  $12 \text{ mmol L}^{-1}$  de Ca, à medida que se elevou a concentração de Na, os teores de Mg decresceram.

Nas raízes, houve interação entre as concentrações de Ca e Na (Figura 16). A presença de  $5 \text{ mmol L}^{-1}$  de Na na solução levou ao aumento nos teores de Mg à medida que se elevou a concentração de Ca. Mas, a partir da concentração de  $10 \text{ mmol L}^{-1}$  de Na, os teores de Mg nos tecidos decresceram com o aumento do Ca na solução. O Na promoveu o aumento dos teores de Mg nas raízes até a concentração de  $8 \text{ mmol L}^{-1}$  Ca na solução. Na concentração de  $12 \text{ mmol L}^{-1}$  de Ca, os teores de Mg decresceram com o incremento de Na.

Analisando esses resultados, observou-se que o aumento da concentração de Ca na solução provocou a redução dos teores de Mg na bananeira 'Prata'. Este fato pode ter sido ocasionado por uma competição entre estes dois cátions pelo mesmo sítio do carregador, sendo o Ca transportado preferencialmente devido a sua maior disponibilidade na solução. O padrão de absorção do magnésio pode ser muito reduzido pela presença de outros cátions na solução (MARSCHNER, 1995).

Alguns trabalhos mostram que a adição de cálcio em soluções salinas não foi consistentemente benéfica para todas as culturas, todos os cultivares dentro de uma mesma espécie ou todos os estágios de crescimento.

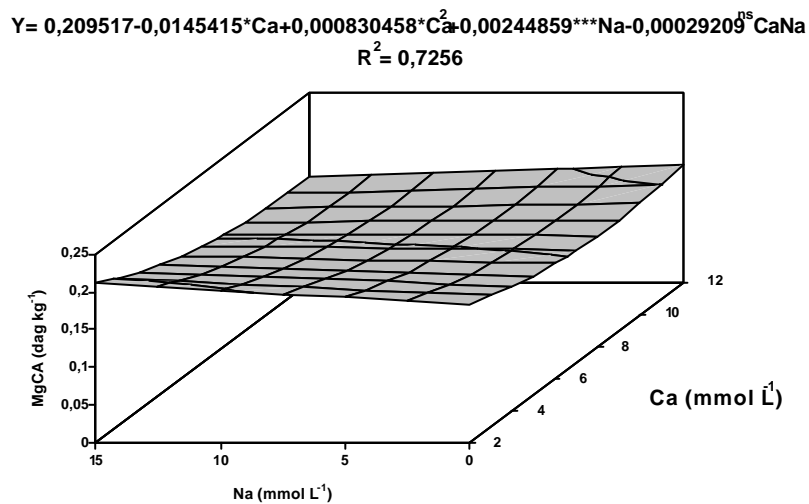
Em feijão-de-corda sob tratamento salino em solução nutritiva, a adição de cálcio ao ambiente radicular promoveu uma tendência de redução dos teores de magnésio (LACERDA, 1995). A redução dos teores de Mg quando foi aplicado o Ca em plantas estressadas foi também observada na parte aérea de milho (MAAS e GRIEVE, 1987) e sorgo (GRIEVE e MAAS, 1988). Entretanto, ZEKRI (1993), ao adicionar cálcio à solução salina de crescimento de porta-enxertos de citros, não observou a interferência deste cátion nos teores de Mg.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 14 - Estimativa dos teores de magnésio nas folhas inferiores (MgFI) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

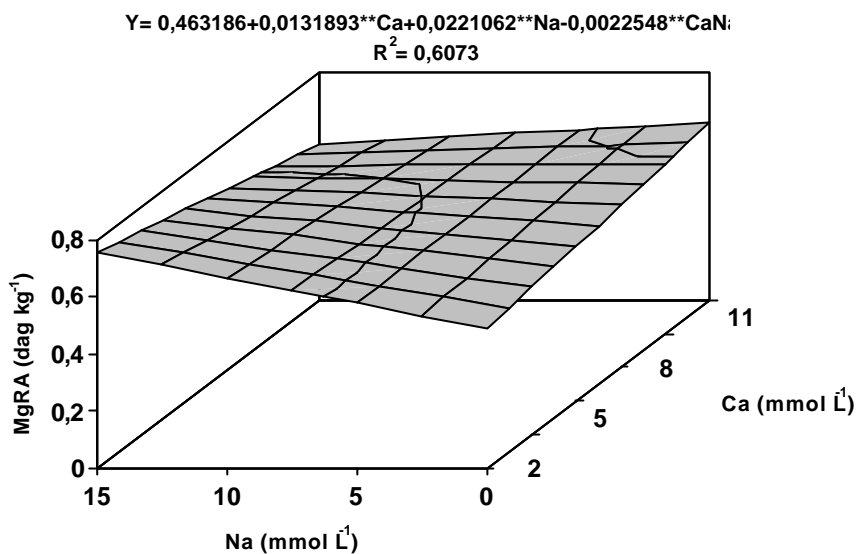


\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

\*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

ns não-significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 15 - Estimativa dos teores de magnésio no pseudocaule (MgCA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 16 - Estimativa dos teores de magnésio nas raízes (MgRA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

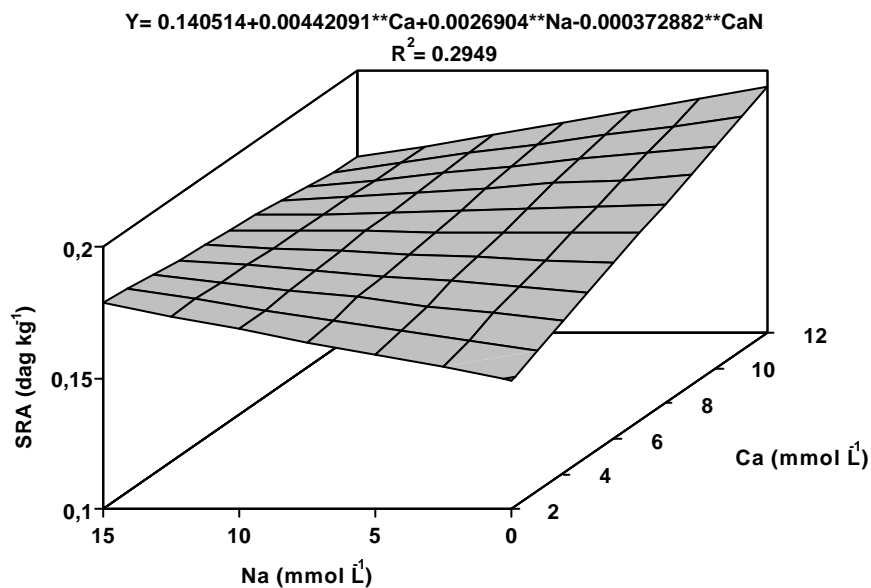
### Enxofre (S)

Os teores de enxofre no pseudocaule e nas folhas superiores e inferiores não foram influenciados pelos tratamentos. Os teores médios encontrados nos tecidos destas três partes foram de 0,13; 0,14; e 0,09 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por ARAÚJO FILHO et al. (1995), que, estudando os efeitos da salinidade do solo sobre os teores de nutrientes em cultivares de bananeira, observaram que os teores de enxofre nas plantas não foram afetados significativamente pela salinidade.

Os teores de enxofre nas raízes responderam linearmente às concentrações de Ca e Na (Figura 17). À medida que se aumentou a concentração de Ca, os teores de enxofre aumentaram até a concentração de 10 mmol L<sup>-1</sup> de Na. Na concentração de 15 mmol L<sup>-1</sup> de Na, a elevação do Ca na solução provocou a redução dos teores de enxofre nas raízes.

Apesar de apenas os teores de enxofre das raízes terem sido afetados

pela salinidade da solução, a comparação dos teores de enxofre encontrados neste trabalho com os obtidos por REUTER e ROBINSON (1986) demonstra que os teores médios encontrados em todas as partes das plantas não são considerados adequados para a bananeira. Segundo esses autores, para que a bananeira esteja suprida adequadamente com este nutriente, os teores médios deveriam se situar na faixa de 0,23 a 0,27 dag kg<sup>-1</sup>. Mas, para definir a faixa de teores adequados de enxofre, eles trabalharam com plantas adultas e realizaram a amostragem apenas da antepenúltima folha emitida. Como neste trabalho as análises foram realizadas em plantas jovens e utilizando todos os órgãos das plantas, isso pode ter provocado essa diferença nos resultados.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

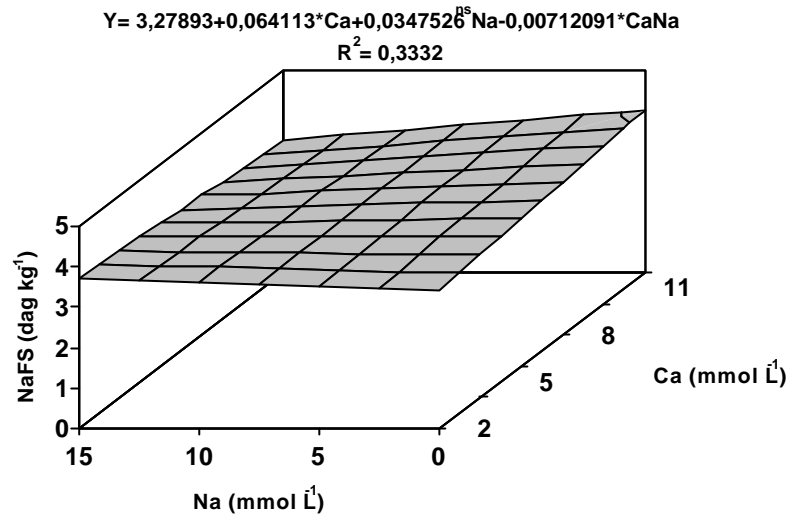
Figura 17 - Estimativa dos teores de enxofre nas raízes (SRA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

### **Sódio (Na)**

Os teores de sódio nas folhas superiores responderam de forma linear às concentrações de Ca e Na sódio na solução nutritiva (Figura 18). A concentração de até 5 mmol L<sup>-1</sup> de Na na solução promoveu o aumento nos teores de Na nas folhas superiores à medida que se aumentou a concentração de Ca no meio. Nas concentrações acima de 5 mmol L<sup>-1</sup> de Na, os teores de Na nos tecidos decresceram com o aumento da concentração de Ca na solução, verificando-se, com isso, um efeito benéfico da presença do Ca. Até a concentração de 4 mmol L<sup>-1</sup> de Ca, os teores de Na nos tecidos aumentaram à medida que se elevou o Na na solução. A partir da concentração de 8 mmol L<sup>-1</sup> de Ca, o incremento de Na na solução promoveu redução dos teores de Na. A redução dos teores de Na nas folhas com o aumento da concentração de Ca no ambiente radicular pode ser conseqüência da redução da absorção radicular e do transporte de sódio para a parte aérea. De acordo com LAHAYE e EPSTEIN (1969), o efeito benéfico do cálcio prevenindo a entrada de sódio ocorre primariamente na plasmalema das células da raiz, onde a entrada de íons na planta é controlada.

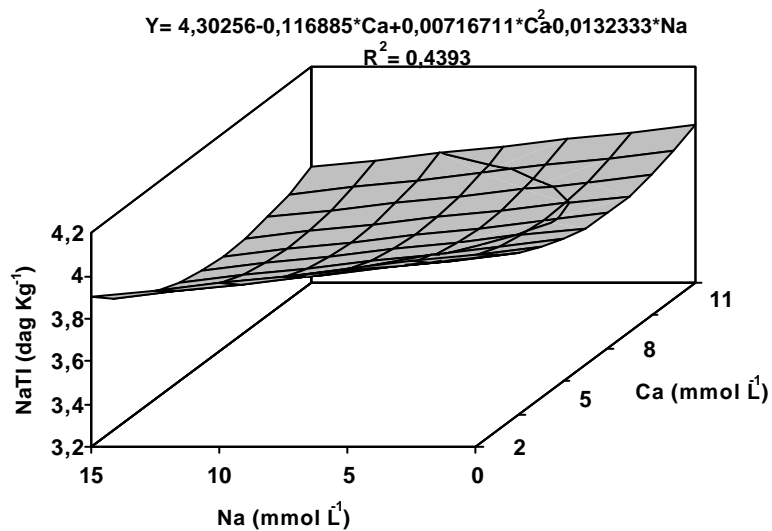
Os teores de Na nas folhas inferiores reduziram-se linearmente com o aumento das concentrações de Na e responderam de forma quadrática ao aumento das concentrações de Ca (Figura 19). Os teores de Na nas folhas inferiores decresceram até o incremento de 8 mmol L<sup>-1</sup> de Ca na solução. O teor mínimo de Na nas folhas inferiores seria correspondente à presença de 8,2 mmol L<sup>-1</sup> de Ca na solução, indicando que concentrações acima deste valor podem aumentar o transporte e a alocação de Na nas folhas inferiores.

No pseudocaule e nas raízes, não foram observadas diferenças significativas dos teores de sódio. Os teores médios nos tecidos foram de 4,26 e 4,48 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses valores foram superiores aos teores máximos encontrados nas folhas, demonstrando que o Na se acumulou preferencialmente nas raízes e no pseudocaule, o que poderia levar à redução dos danos causados aos processos fisiológicos das células. A presença do cálcio na solução é que deve ter promovido esta resposta das plantas.



\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"  
 ns não-significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 18 - Estimativa dos teores de sódio nas folhas superiores (NaFS) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



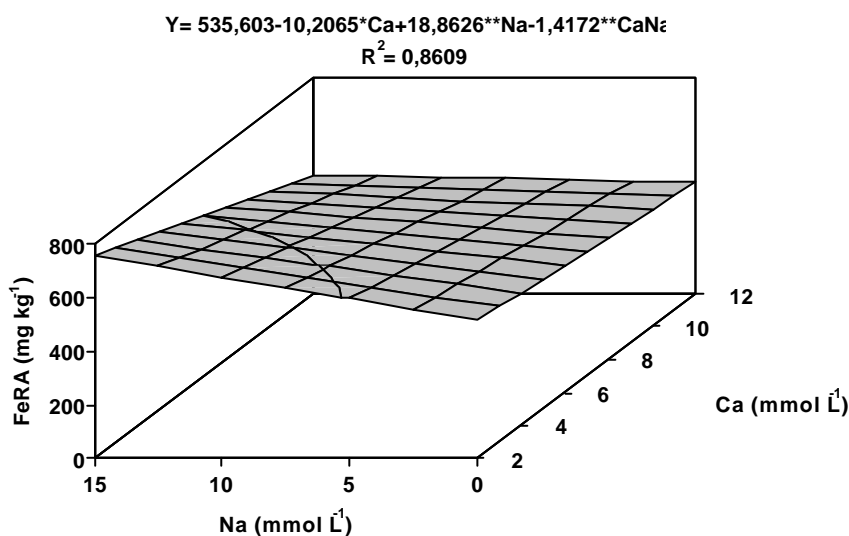
\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 19 - Estimativa dos teores de sódio nas folhas inferiores (NaFI) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

## Ferro (Fe)

Nas folhas superiores, folhas inferiores e no pseudocaule, não foram observadas diferenças significativas nos teores de ferro entre os tratamentos, sendo de 86,61; 125,47; e 84,56 mg kg<sup>-1</sup> os teores médios encontrados, respectivamente. Resultados similares foram encontrados por NORRIE et al. (1995). Em tomateiro, os teores de ferro nas folhas não diferiram com o tratamento salino.

Os teores de ferro nas raízes variaram linearmente com as concentrações de cálcio e sódio (Figura 20). Os teores de Fe reduziram-se com o aumento da concentração de Ca e incrementaram com o aumento da concentração de Na na solução.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 20 - Estimativa dos teores de ferro nas raízes (FeRA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



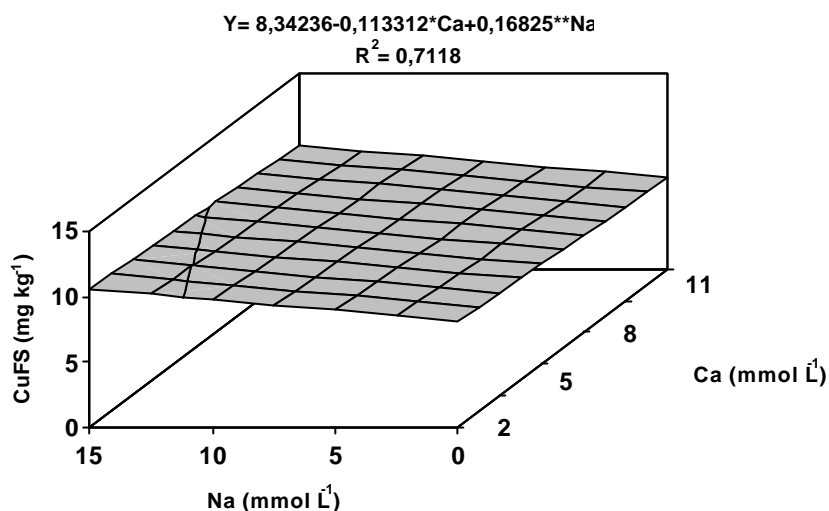
### **Cobre (Cu)**

Nas folhas superiores e inferiores, os teores de cobre variaram linearmente com as concentrações de Ca e Na (Figuras 21 e 22). O incremento de Ca na solução resultou em redução dos teores de Cu, enquanto o incremento de Na promoveu a elevação destes teores nas folhas.

Os teores de cobre no pseudocaule variaram linearmente com as concentrações de Ca e de forma quadrática com as concentrações de Na (Figura 23). O incremento de Ca na solução provocou redução dos teores de Cu nos tecidos, enquanto o aumento de Na na solução promoveu a elevação dos teores de Cu no pseudocaule. A presença de  $5,2 \text{ mmol L}^{-1}$  de Na na solução promoveria um teor mínimo de Cu no pseudocaule.

Os teores de Cu nas raízes aumentaram linearmente com as concentrações de cálcio e sódio (Figura 24).

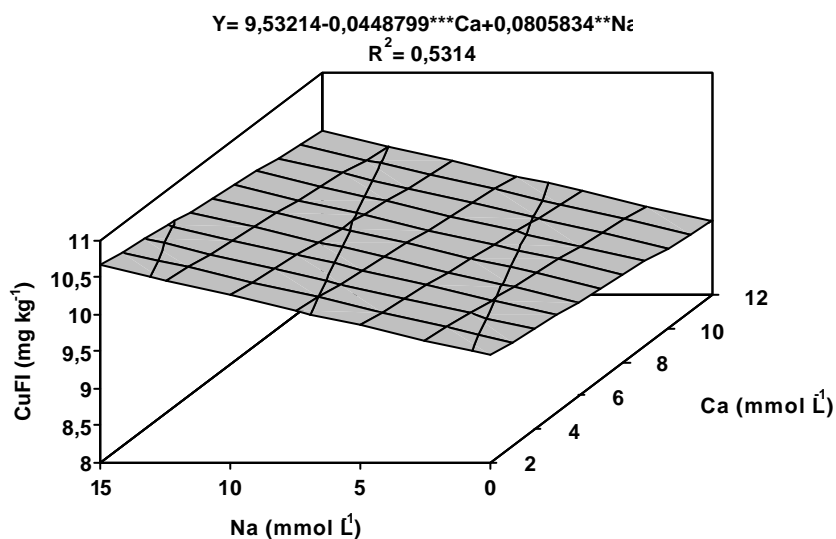
O conteúdo deste elemento parece ser afetado pelas concentrações de Ca e Na, o que pode ser explicado pela pequena proporção dele que entra na composição da solução, pois seu requerimento pelas plantas é muito baixo. A função do cobre como um nutriente da planta está baseada em sua participação como constituinte de enzimas que catalisam reações redox (MARSCHNER, 1995).



\*\* significativo a 1% de significância pelo teste "t"

\* significativo a 5% de significância pelo teste "t"

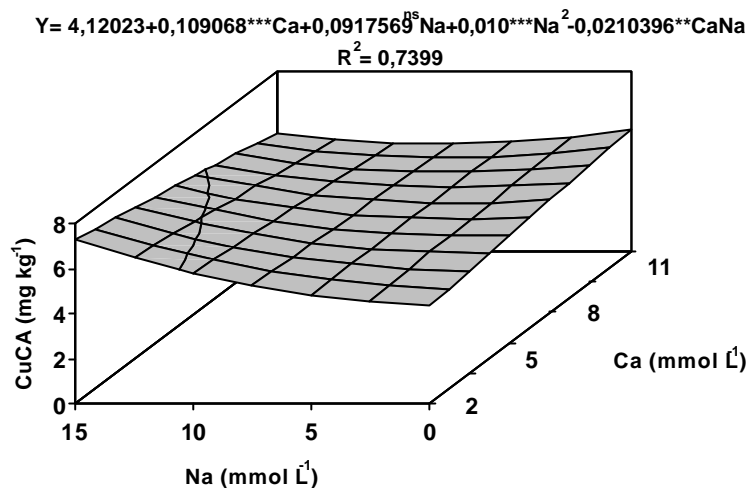
Figura 21 - Estimativa dos teores de cobre nas folhas superiores (CuFS) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



\*\* significativo a 1% de significância pelo teste "t"

\*\*\* significativo a 10% de significância pelo teste "t"

Figura 22 - Estimativa dos teores de cobre nas folhas inferiores (CuFI) da bananeira 'Prata', como variável das concentrações de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

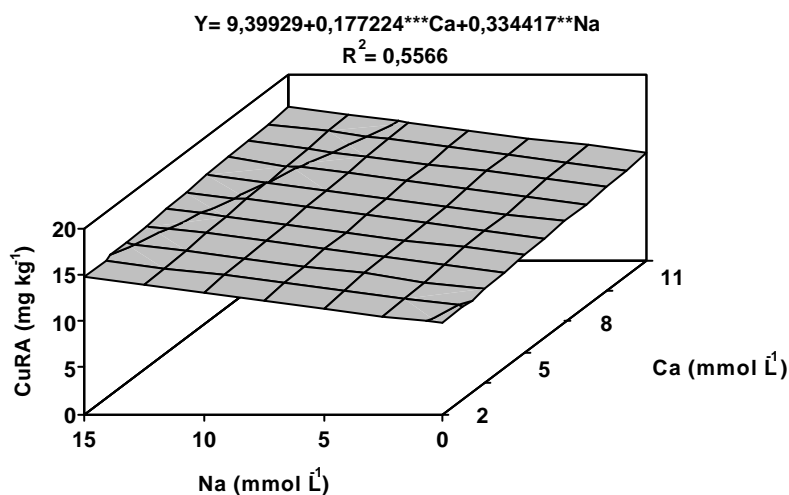


\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

\*\*\*significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

ns não-significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 23 - Estimativa dos teores de cobre no pseudocaule (CuCA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

\*\*\*significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

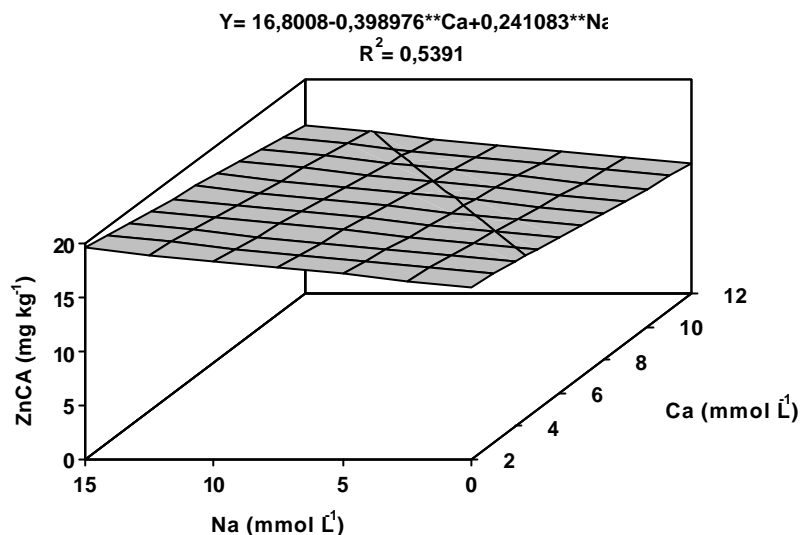
Figura 24 - Estimativa dos teores de cobre nas raízes (CuRA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

### **Zinco (Zn)**

Os teores de zinco nas folhas superiores e inferiores não foram influenciados pelos tratamentos. Os teores médios encontrados foram de 15,30 e 11,84 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

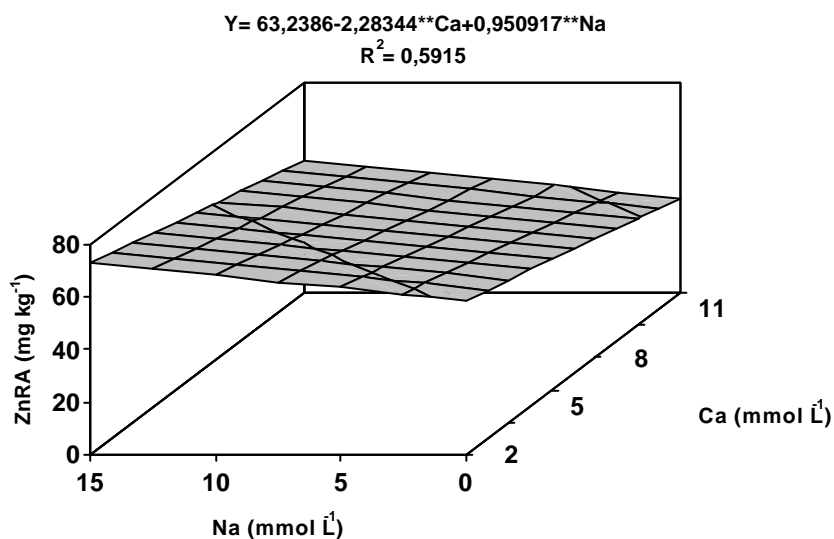
Os teores de zinco no pseudocaule e nas raízes seguiram uma resposta linear às concentrações de Ca e Na (Figuras 25 e 26). Com o aumento das concentrações de Ca na solução, os teores de Zn reduziram-se. Aumentando-se o Na ocorreu o contrário: os teores de Zn no pseudocaule e nas raízes aumentaram. A redução nos teores de Zn no pseudocaule e nas raízes, causada pelo aumento nas concentrações de Ca, pode ser atribuída ao efeito direto do Ca na absorção deste nutriente pelas raízes, uma vez que possuem a mesma carga e funções semelhantes nas membranas celulares. O Zn, assim como o Ca, é requerido para a manutenção da integridade das membranas. Ele pode fazer a ligação de grupos fosfolipídicos e sulfídricos, constituintes das membranas, ou formar complexos tetraédricos com resíduos de cisteína das cadeias polipeptídicas (MARSCHNER, 1995). O Ca em maior disponibilidade no meio pode ser absorvido preferencialmente, reduzindo os teores de Zn nos tecidos.

O fato da presença do Na contribuir para o aumento dos teores de Zn pode ser atribuído à inibição da absorção e transporte do Ca, reduzindo a competição entre o Ca e o Zn.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 25 - Estimativa dos teores de zinco no pseudocaulo (ZnCA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 26 - Estimativa dos teores de zinco nas raízes (ZnRA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

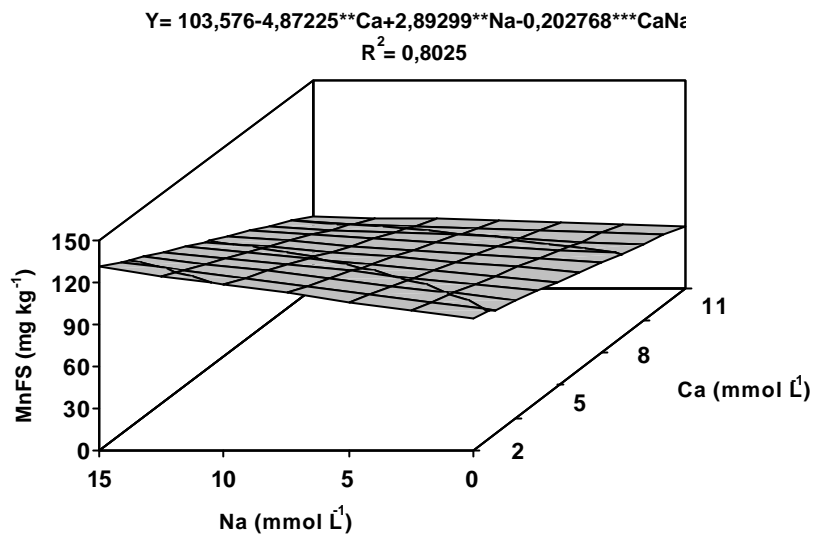
### **Manganês (Mn)**

Em todas as partes das plantas analisadas, os teores de manganês responderam linearmente às concentrações de Ca e Na (Figuras 27, 28, 29 e 30).

O aumento das concentrações de Ca na solução provocou a redução dos teores de Mn na parte aérea e nas raízes das plantas, enquanto a elevação do Na promoveu o aumento dos teores nessas partes. Em tomateiro, NORRIE et al. (1995) também observaram incremento nos teores de Mn nos tecidos à medida que a salinidade do meio de crescimento foi elevada.

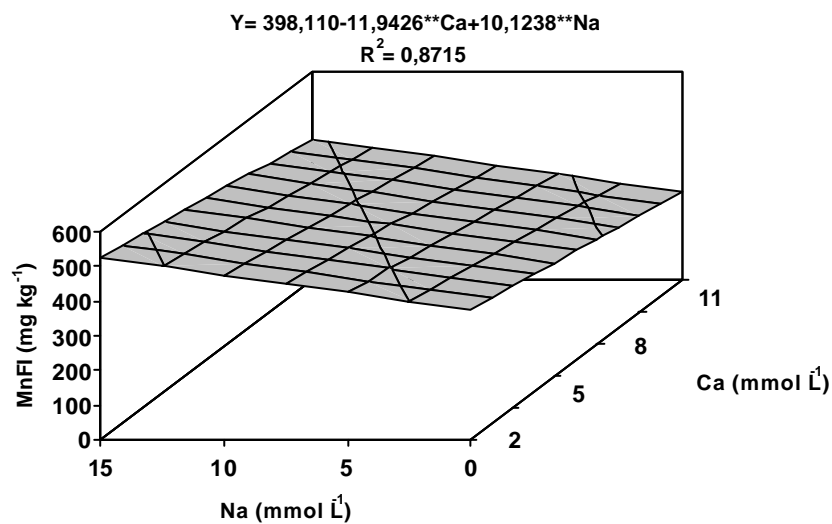
Nas plantas, a forma iônica predominante do manganês é  $Mn^{+2}$ , cujo raio iônico (0,075 nm) é menor que o do  $Ca^{+2}$  (0,099 nm), podendo, conseqüentemente, substituir o  $Ca^{+2}$  ou competir com ele em várias reações (MARSCHNER, 1995). O  $Ca^{+2}$  mais disponível na solução pode ser absorvido em maior quantidade e substituir o  $Mn^{+2}$  nas reações. Entretanto, altas concentrações de  $Na^{+}$  na solução podem reduzir a absorção e o transporte de  $Ca^{+2}$  (LYNCH e LAUCHLI, 1985), podendo, com isso, reduzir a competição entre o  $Ca^{+2}$  e o  $Mn^{+2}$ , como foi observado neste trabalho.

LYNCH e LAUCHLI (1985) concluíram que, em cevada, o NaCl interfere no transporte de  $Ca^{+2}$ , através da inibição do movimento radial do cálcio do meio externo para o xilema.



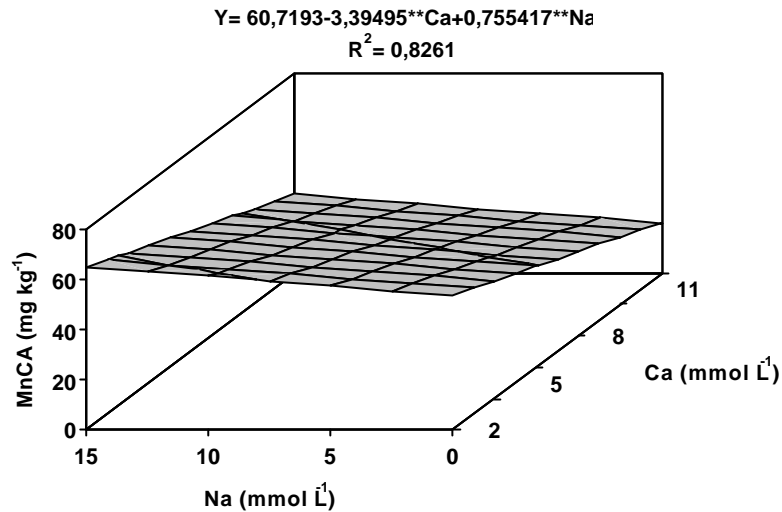
\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"  
 \*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 27 - Estimativa dos teores de manganês nas folhas superiores (MnFS) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



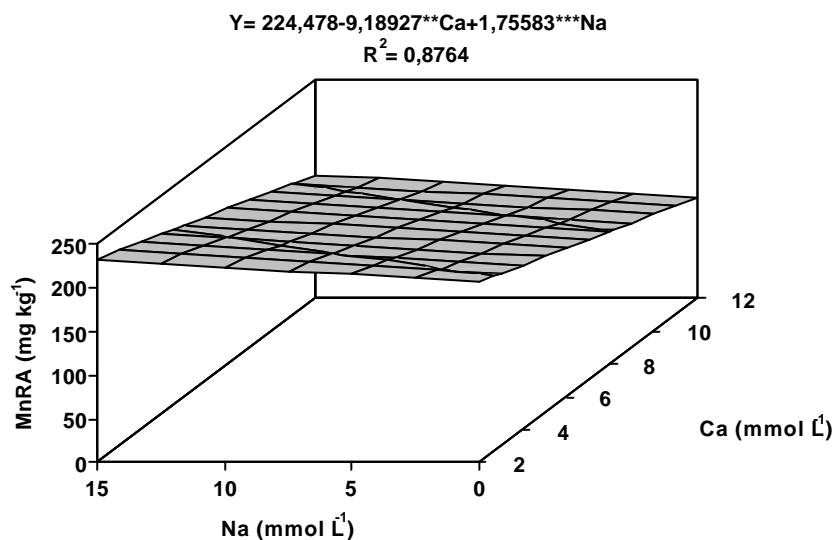
\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 28 - Estimativa dos teores de manganês nas folhas inferiores (MnFI) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 29 - Estimativa dos teores de manganês no pseudocaule (MnCA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

\*\*\* significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

Figura 30 - Estimativa dos teores de manganês nas raízes (MnRA) da bananeira 'Prata', em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.



#### 4. CONCLUSÕES

- Todas as partes das plantas apresentaram teores adequados de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu e Mn;
- em todos os tratamentos, houve acúmulo de Ca nas folhas inferiores e raízes das plantas;
- os teores de Zn foram deficientes em todas as partes das plantas, exceto nas raízes, onde foi observado acúmulo deste nutriente;
- os teores de S foram considerados deficientes em todas as partes analisadas das plantas;
- os teores médios de Na encontrados nas plantas foram superiores ao limite considerado adequado, podendo ter causado algum efeito tóxico.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO FILHO, J.B., GHEYI, H.R., AZEVEDO, N.C., SANTOS, J.G.R. Efeitos da salinidade no crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.3, p.417-422, 1995.
- BERNSTEIN, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth. **Annual Review of Phytopathology**, v. 13, p. 295-312, 1975.
- BLANCHARD, R.W., REHM, G., CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. **Proceeding of the Soil Science Society of America**, v.29, p.71-72, 1965.
- BRAGA, J.M., DEFELIPO, B. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, v.21, p.73-85, 1974.
- CATALDO, D.A., HAROON, M., SCHARDER, M. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitritation of salicylic acid. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, n.1, p.71-81, 1975.
- EHRET, D.L., HO, L.C. Translocation of calcium in relation to tomato fruit growth. **Annals of Botany**, v.58, n.5, p.679-688, 1986.

- GIRDHAR, I.K. Effect of saline irrigation water on the growth, yield and chemical composition of rice crop grown in a saline soil. **Journal Indian Society Soil Science**, v.36, n.2, p.324-329, 1988.
- GOMES, J.A. **Absorção de nutrientes pela bananeira cultivar Prata (*Musa AAB*, subgrupo Prata) em diferentes estádios de desenvolvimento**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1988. 98p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1988.
- GREENWAY, H., MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 149-190, 1980.
- GRIEVE, C.M., MAAS, E.V. Differential effects of sodium/calcium ration on sorghum genotypes. **Crop Science**, v.28, n.4, p.659-665, 1988.
- HO, L.C., ADAMS, P. Regulation of the partitioning of dry matter and calcium in cucumber in relation to fruit growth and salinity. **Annals of Botany**, v.73, n.5, p.539-545, 1994.
- HOAGLAND, D.R., ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. **Cal. Agric. Exp. Sta. Cir.**, 347p., 1950.
- JACKSON, M.L. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice- Hall, 1958. p.183-204.
- JOSHI, S.S. Effect of salinity stress on organic and mineral constituents in the leaves of pigeonpea (*Cajanus cajan* L. var. c-11). **Plant and Soil**, v.82, n.1, p.69-76, 1984.
- LACERDA, C.F. **Efeitos da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* L. Walp.) e utilização do  $Ca^{+2}$  como meio para minorar tais efeitos**. Fortaleza, CE: UFC, 1995. 87p. Tese (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal do Ceará, 1995.
- LAUCHLI, A., EPSTEIN, E. Transport of potassium and rubidium in plant roots. **Plant Physiology**, v. 45, n. 5, p. 639-641, 1970.
- LAHAYE, P.A., EPSTEIN, E. Salt tolerance by plants: enhancement with calcium. **Science**, v.166, n.3903, p.395-396, 1969.
- LOPES, M.S. Salinidade: quais as conseqüências. **Lavoura Arrozeira**, v. 42, n. 383, p.6-10, 1989.
- LYNCH, J., LAUCHLI, A. Salt stress disturbs the calcium nutrition of barley (*Hordeum vulgare* L.). **New Phytologist**, v.19, n.3, p.345-354, 1985.
- MAAS, E.V., GRIEVE, C.M. Sodium-induced deficiency in salt-stressed corn. **Plant, Cell and Environment**, v.10, p.559-564, 1987.

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- NORRIE, J., GRAHAM, M.E.D., CHARBONNEAU, J., GROSSELIN, A. Impact of irrigation management of greenhouse tomato: yield, nutrition, and salinity of peat substrate. **Canadian Journal of Plant Science**, v.75, n.2, p.497-503, 1995.
- PRIOR, L.D., GREIVE, A.M., CULLIS, B.R. Sodium chlorine and soil texture interactions in irrigated field growth sultana grapevines .III. Soil and root system effects. **Australian Journal Agriculture Research**, v.43, n.5, p.1051-1066, 1992.
- PUGNAIRE, F.I., ENDOLZ, L.S., PARDOS, J. Constrains by water stress on plant growth. In: PESSARAKLI, P. **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, 1993. p.247-259.
- REUTER, D.J., ROBINSON, J.B. Plant analysis. A interpretation manual. Melbourne, Sydney : Inkata Press,, 1986.
- RUFTY JUNIOR, T.W., JACKSON, W.A., RAPER JUNIOR, C.D. Nitrate reduction in roots as affected by presence of potassium and by flux of nitrate through the roots. **Plant Physiology**, v.68, N.3, p.605-609, 1981.
- SATTI, S.M.E., LOPEZ, M., AL-RAWAHY, S.A. Effects of saline nutrient solution on the growth and accumulation of mineral elements in some tomato cultivars. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.26, n.13, p.2097-2106, 1995.
- SATTI, S.M.E., AL-YAHYAI, R.A. Salinity tolerance in tomato: implications of potassium, calcium, and phosphorus. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.26, n.17, p.2749-2760, 1995.
- SHAINBERG, I. Salinity of soils- effects of salinity on the physics and chemistry of soils. In: POLJAKOFF-MAYBER, A. & GALE, J. (Eds.). **Plants in saline environments**. New York Heidelberg Berlin, 1975. p.39-55.
- ZEKRI, M. Salinity and calcium effects on emergence, growth and mineral composition of seedlings of eight citrus rootstocks. **Journal of Horticultural Science**, v.68, n.1, p.53-62, 1993.

## RESUMO E CONCLUSÕES

A agricultura irrigada em climas áridos e semi-áridos freqüentemente conduz a salinidade do solo. O cálcio tem sido muito estudado como fator de incremento de tolerância à salinidade. Por isso, este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos da aplicação de sódio e cálcio sobre o crescimento inicial e sobre a composição mineral da bananeira 'Prata'. O experimento foi constituído por 16 tratamentos dispostos no delineamento experimental em blocos casualizados, com arranjo fatorial 4 x 4 [ 4 doses de sódio ( 0; 5; 10; 15 mmol L<sup>-1</sup>) e 4 de cálcio ( 2; 4; 8; 12 mmol L<sup>-1</sup>)] e três repetições. As plantas utilizadas foram provenientes do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Setor de Fruticultura da UFV. Foram selecionadas plantas com altura de 10±2 cm para serem utilizadas no experimento, conduzido em solução nutritiva. A parcela experimental foi composta por um vaso contendo 9 L de solução. Avaliaram-se as características emissão de folhas, diâmetro do pseudocaule, altura, área foliar, massa da matéria fresca e da matéria seca das plantas, trocas gasosas e potencial osmótico das folhas, além de serem determinados os teores de todos os macronutrientes, de sódio e dos micronutrientes ferro, cobre, zinco e manganês. Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e regressão. A emissão total de folhas e o potencial osmótico das plantas não foram influenciados pelos tratamentos utilizados no experimento. Com o aumento dos níveis de sódio na solução observou-se redução significativa na massa da matéria fresca da parte aérea, na altura, na área foliar, no diâmetro do pseudocaule e na massa da matéria

seca das plantas. A concentração de  $5 \text{ mmol L}^{-1}$  de Na favoreceu as trocas gasosas. O aumento dos níveis de cálcio na solução promoveu a redução da massa da matéria fresca da parte aérea, da altura e da área foliar da bananeira 'Prata'. Todas as partes das plantas apresentaram teores adequados de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu e Mn. Os teores de Zn foram deficientes em todas as partes das plantas, exceto nas raízes, onde foi observado seu acúmulo. Os teores de S foram deficientes em todas as partes analisadas das plantas. Os teores médios de Na encontrados nas plantas foram superiores ao limite considerado adequado para a bananeira, podendo ter causado algum efeito tóxico.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

Quadro 1A- Resumo das análises de variância do número de folhas emitidas pela bananeira 'Prata', como variável de níveis de sódio e cálcio na solução nutritiva aos 17 (E1), 24 (E2), 31(E3), 38 (E4), 45 (E5) e 52 (E6) dias após a instalação do experimento.

FV	GL	Quadrados Médios						
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	ETOTAL
Blocos	2	0.4740	0.1406	0.1094	0.0625	0.0052	0.0677	0.8177
Ca	3	0.1024 <sup>ns</sup>	0.0347 <sup>ns</sup>	0.2274 <sup>*</sup>	0.0469 <sup>ns</sup>	0.0694 <sup>ns</sup>	0.0191 <sup>ns</sup>	0.2778 <sup>ns</sup>
Na	3	0.1024 <sup>ns</sup>	0.1181 <sup>ns</sup>	0.0885 <sup>ns</sup>	0.0608 <sup>ns</sup>	0.1806 <sup>ns</sup>	0.1719 <sup>ns</sup>	0.3750 <sup>ns</sup>
Ca X Na	9	0.0747 <sup>ns</sup>	0.0394 <sup>ns</sup>	0.0932 <sup>ns</sup>	0.0237 <sup>ns</sup>	0.1852 <sup>ns</sup>	0.1024 <sup>ns</sup>	0.0972 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0.0628	0.0573	0.0649	0.0347	0.1330	0.0788	0.2233
CV %		23.83	22.53	20.91	18.07	25.01	22.65	6.67

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "F".

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste "F".

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste "F".

Quadro 2A - Resumo das análises de variância da massa da matéria fresca da parte aérea e raízes, da altura de plantas e da área foliar da bananeira 'Prata', como variável de níveis de sódio e cálcio na solução nutritiva

FV	GL	Quadrados Médios			
		Parte aérea	Raízes	Altura de Plantas	Área foliar
Blocos	2	2362,8800	6517,6010	35,4717	228099,00
Ca	3	2218,1320 <sup>ns</sup>	185,4497 <sup>ns</sup>	45,8342 <sup>ns</sup>	217313,60 <sup>ns</sup>
Na	3	15109,6900**	1174,1640 <sup>ns</sup>	181,5323*	1484109,00**
Ca x Na	9	959,9270 <sup>ns</sup>	248,1029 <sup>ns</sup>	39,2925 <sup>ns</sup>	171417,60 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	1245,8470	509,5438	41,0034	121016,90
CV %		16,47	21,36	13,83	13,49

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "F".

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".



Quadro 3 A - Resumo das análises de variância dos diâmetros do pseudocaule e massa da matéria seca da parte aérea e raízes da bananeira 'Prata', como variável de níveis de sódio e cálcio na solução nutritiva

FV	GL	Quadrados Médios					
		Diâmetro 1	Diâmetro 2	Diâmetro 3	Diâmetro 4	MS P. aérea	MS raízes
Blocos	2	0,0606	0,0106	0,0425	0,0084	3,6006	0,2880
Ca	3	0,0067 <sup>ns</sup>	0,0042 <sup>ns</sup>	0,0410 <sup>ns</sup>	0,0642 <sup>ns</sup>	4,2892 <sup>ns</sup>	0,3151 <sup>ns</sup>
Na	3	0,0772 <sup>*</sup>	0,1906 <sup>**</sup>	0,3568 <sup>**</sup>	0,6198 <sup>**</sup>	70,1042 <sup>**</sup>	3,0456 <sup>**</sup>
Linear	1	0,1586 <sup>**</sup>	0,5349 <sup>**</sup>	0,9767 <sup>**</sup>	1,6633 <sup>**</sup>	196,6475 <sup>**</sup>	8,8332 <sup>**</sup>
Quadrática	1	0,0130 <sup>ns</sup>	0,0165 <sup>ns</sup>	0,0347 <sup>ns</sup>	0,0432 <sup>ns</sup>	2,7232 <sup>ns</sup>	0,0508 <sup>ns</sup>
Cúbica	1	0,0599 <sup>ns</sup>	0,0204 <sup>ns</sup>	0,0592 <sup>ns</sup>	0,1530 <sup>ns</sup>	10,9419 <sup>ns</sup>	0,2529 <sup>ns</sup>
Ca x Na	9	0,0239 <sup>ns</sup>	0,0310 <sup>ns</sup>	0,0374 <sup>ns</sup>	0,0681 <sup>ns</sup>	4,2409 <sup>ns</sup>	0,3328 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,0179	0,0395	0,0454	0,0628	5,4514	0,5239
CV %		8,99	10,56	8,78	8,26	15,91	17,74

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "F".

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".

Quadro 4A - Resumo das análises de variância da condutância estomática, da transpiração, da fotossíntese e do potencial osmótico da bananeira 'Prata', como variável de níveis de sódio e cálcio na solução nutritiva

FV	GL	Quadrados Médios			
		Cond. Estomática	Transpiração	Fotossíntese	Ψ Osmótico
Blocos	2	$0,4526 \cdot 10^{-2}$	1,7399	6,0592	$0,9839 \cdot 10^{-2}$
Ca	3	$0,4783 \cdot 10^{-2}$ **	0,8180 **	2,1166 <sup>ns</sup>	$0,1926 \cdot 10^{-1}$ **
Na	3	$0,2670 \cdot 10^{-3}$ ns	0,1037 <sup>ns</sup>	0,3576 <sup>ns</sup>	$0,4220 \cdot 10^{-3}$ ns
Ca x Na	9	$0,6845 \cdot 10^{-3}$ ns	$0,7913 \cdot 10^{-1}$ ns	1,1015 <sup>ns</sup>	$0,1784 \cdot 10^{-2}$ ns
Resíduo	30	$0,7992 \cdot 10^{-3}$	0,1086	0,8424	$0,1690 \cdot 10^{-2}$
CV %		22,53	12,30	19,07	4,53

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "F".

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".

## APÊNDICE B

Quadro 1B - Resumo das análises de variância dos teores médios de nutrientes na bananeira 'Prata', como variável de níveis de sódio e cálcio na solução nutritiva.

FV	GL	Quadrados Médios				
		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> raiz	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> caule	P FS	P raiz	Ca FS
<b>Blocos</b>	<b>2</b>	0.0262	0.3006.10 <sup>-2</sup>	0.0161	0.0519	0.1227.10 <sup>-2</sup>
<b>Tratamentos</b>	<b>(15)</b>	0.2941	0.1451	0.0254	0.1350	0.0160
<b>Resíduo</b>	<b>30</b>	0.1925	0.0315	0.5428.10 <sup>-2</sup>	0.0385	0.7063.10 <sup>-2</sup>
<b>CV %</b>		14.81	18.30	19.21	25.28	22.82

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste "F".

Quadro 2B - Resumo das análises de variância dos teores médios de nutrientes na bananeira 'Prata', como variável de níveis de sódio e cálcio na solução nutritiva.

FV	GL	Quadrados Médios			
		Ca caule	Mg TS	Na caule	Na raiz
<b>Blocos</b>	2	$0.8063 \cdot 10^{-3}$	$0.3752 \cdot 10^{-2}$	0.0592	$0.7056 \cdot 10^{-2}$
<b>Tratamentos</b>	15	0.0460	$0.9124 \cdot 10^{-2}$	0.1762	0.1629
<b>Resíduo</b>	30	$0.5251 \cdot 10^{-2}$	$0.6841 \cdot 10^{-2}$	0.1133	0.2909
<b>CV %</b>		15.71	27.99	7.90	12.04

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste "F"

Quadro 3B - Resumo das análises de variância dos teores médios de nutrientes na bananeira 'Prata', como variável de níveis de sódio e cálcio na solução nutritiva

FV	GL	Quadrados Médios								
		K raiz	S FS	S FI	S caule	Fe FS	Fe FI	Fe caule	Zn FS	Zn FI
Blocos	2	0,0448	0,1458.10 <sup>-4</sup>	0,2240.10 <sup>-2</sup>	0,4915.10 <sup>-2</sup>	58,3275	264,1463	10993,080	5,0039	1,4710
Tratamentos	15	0,2725	0,3994.10 <sup>-3</sup>	0,1096.10 <sup>-2</sup>	0,6995.10 <sup>-2</sup>	922,8652	564,0065	6535,5776	9,0177	7,0368
Resíduo	30	0,6918	0,3524.10 <sup>-3</sup>	0,2951.10 <sup>-3</sup>	0,2941.10 <sup>-2</sup>	355,0049	450,6337	4176,142	5,1760	1,8339
CV %		10,12	13,95	11,92	61,25	21,75	16,92	76,42	14,87	11,44

Quadro 4B - Resumo das análises de variância dos teores médios de nutrientes na bananeira 'Prata', como variável de níveis de sódio e cálcio na solução nutritiva

FV	GL	Quadrados Médios							
		Cu FS	Cu FI	Cu raiz	Zn caule	Zn raiz	Mn FI	Mn caule	Mn raiz
Blocos	2	6,1465	0,4363	16,7683	1,9973	288,2280	9883,6340	145,5325	5370,0680
Tratamentos	(15)	4,8281	1,4009	22,7563	24,7176	568,9064	19484218	727,5867	4899,4474
Regressão	2	25,7763 **	5,5833 **	94,9945 **	99,9413 **	2523,9720 **	127357,41 **	4508,085 **	32204,895 **
Falta de Ajuste	13	1,6052 <sup>ns</sup>	0,7574 <sup>ns</sup>	11,6428 <sup>ns</sup>	13,1447 <sup>ns</sup>	268,1271 *	2888,3423 <sup>ns</sup>	145,9716 <sup>ns</sup>	698,6093 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	1,9315	0,6350	9,2152	6,6581	104,6115	5053,560	83,3575	1988,9397
CV %		15,67	8,06	23,25	16,11	18,42	17,93	20,60	25,07

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "F".

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".

Quadro 5B - Resumo das análises de variância dos teores médios de nutrientes na bananeira 'Prata', como variável de níveis de sódio e cálcio na solução nutritiva

FV	GL	Quadrados Médios							
		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> FS	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> FI	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> caule	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> raiz	P FI	P caule	Mg raiz	S raiz
Blocos	2	0,5672	0,5432	0,7819.10 <sup>-2</sup>	0,0158	0,0155	0,6652.10 <sup>-2</sup>	0,3146.10 <sup>-3</sup>	0,7937.10 <sup>-3</sup>
Tratamentos	(15)	0,2906	0,7854	0,2913	0,4902	0,0118	0,01750	0,0226	0,1142.10 <sup>-2</sup>
Regressão	3	0,8268 *	2,4989 **	1,0531 **	2,0645 **	0,0239 <sup>ns</sup>	0,0365 <sup>ns</sup>	0,0685 **	0,1684.10 <sup>-2 ns</sup>
Falta de Ajuste	12	0,1565 <sup>ns</sup>	0,3570 <sup>ns</sup>	0,1009 <sup>ns</sup>	0,0966 <sup>ns</sup>	0,8764.10 <sup>-2 ns</sup>	0,0128 <sup>ns</sup>	0,0111 *	0,1006.10 <sup>-2**</sup>
Resíduo	30	0,1933	0,3569	0,1413	0,0630	0,5304.10 <sup>-2</sup>	0,0242	0,4757.10 <sup>-2</sup>	0,2804.10 <sup>-3</sup>
CV %		12,51	17,76	15,21	20,54	25,57	31,04	11,40	9,78

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "F".

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".

Quadro 6B - Resumo das análises de variância dos teores médios de nutrientes na bananeira 'Prata', como variável de níveis de sódio e cálcio na solução nutritiva

FV	GL	Quadrados Médios						
		K FS	K FI	K caule	Na FS	Na FI	Fe raiz	Mn FS
Blocos	2	0,7639	0,6198	0,5767	0,2166	0,0649	48518,83	320,1719
Tratamentos	(15)	0,6326	0,4925	0,4445	0,2806	0,1080	38061,63	2788,3416
Regressão	3	0,7987 <sup>ns</sup>	1,1176 <sup>*</sup>	0,6872 <sup>ns</sup>	0,4675 <sup>ns</sup>	0,2371 <sup>*</sup>	163833,3 <sup>**</sup>	11188,99 <sup>**</sup>
Falta de Ajuste	12	0,5911 <sup>ns</sup>	0,3363 <sup>*</sup>	0,3838 <sup>ns</sup>	0,2339 <sup>ns</sup>	0,0757 <sup>ns</sup>	6618,7125 <sup>ns</sup>	688,1795 <sup>*</sup>
Resíduo	30	0,3945	0,1379	0,4165	0,2191	0,0626	4479,7733	274,058
CV %		9,35	5,14	8,15	12,97	6,49	12,36	19,77

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "F".

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".



Quadro 7B - Resumo das análises de variância dos teores médios de nutrientes na bananeira 'Prata', como variável de níveis de sódio e cálcio na solução nutritiva

FV	GL	Quadrados Médios						
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> FS	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> FI	Ca FI	Ca raiz	Mg FI	Mg caule	Cu caule
Blocos	2	0,0126	0,1777.10 <sup>-2</sup>	0,0433	1,2276	0,2290.10 <sup>-2</sup>	0,2708.10 <sup>-4</sup>	4,2626
Tratamentos	(15)	0,3315.10 <sup>-2</sup>	0,1370	0,3234	1,3164	0,0286	0,2202.10 <sup>-2</sup>	2,7941
Regressão	4	0,7543.10 <sup>-2</sup> *	0,0157 <sup>ns</sup>	1,0851 **	4,4572 **	0,0758 **	0,5992.10 <sup>-2</sup> **	7,7531 **
Falta de Ajuste	11	0,1778.10 <sup>-2</sup> ns	0,0130 <sup>ns</sup>	0,0464 *	0,1742 <sup>ns</sup>	0,0114 **	0,8241.10 <sup>-3</sup> ns	0,9908 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,2340.10 <sup>-2</sup>	0,6582.10 <sup>-2</sup>	0,0165	0,1760	0,1932.10 <sup>-2</sup>	0,8671.10 <sup>-3</sup>	0,9772
CV %		30,59	106,98	9,99	41,06	8,93	17,69	18,42

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "F".

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".

ns Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F".