



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**



**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS  
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS**

**ECOFISIOLOGIA E LUCRATIVIDADE DA  
BANANEIRA SOB FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA  
E POTÁSSICA**

***TESE***

**ALBERTO SOARES DE MELO**

**CAMPINA GRANDE -PB  
AGOSTO DE 2007**

# **Livros Grátis**

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

Milhares de livros grátis para download.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**



**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**

**ALBERTO SOARES DE MELO**

**Engenheiro Agrônomo, MSc**

**ECOFISIOLOGIA E LUCRATIVIDADE DA BANANEIRA SOB  
FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA**

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, para obtenção do título de Doutor em Recursos Naturais, Área de concentração: Solo-Água-Planta-Atmosfera.

**ORIENTADORES**

**Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes – UFCG  
Dr. Lafayette Franco Sobral – Embrapa Tabuleiros Costeiros**

**Campina Grande –PB  
Agosto de 2007**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

M528e Melo, Alberto Soares de.  
2007 Ecofisiologia e lucratividade da bananeira sob fertirrigação nitrogenada e potássica / Alberto Soares de Melo.— Campina Grande, 2007.  
107p. : il. Color.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Dr. Pedro Dantas Fernandes, Dr. Lafayette Franco Sobral.

1. Banana. 2. Crescimento. 3. Trocas Gasosas. 4. Avaliação Nutricional. 5. Custo de Produção. I. Título.

CDU – 634.773:581.132(043)

**ALBERTO SOARES DE MELO**

**ECOFISIOLOGIA E LUCRATIVIDADE DA BANANEIRA SOB  
FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA**

**APROVADA EM: 21/08/2007**

**BANCA EXAMINADORA**



**Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES**

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dr. LAFAYETTE FRANCO SOBRAL**

Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa



**Dr. CARLOS DIAS DA SILVA JUNIOR**

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS  
Universidade Federal de Sergipe – UFS



**Dr. ALBERICIO PEREIRA DE ANDRADE**

Centro de Ciências Agrárias - CCA  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB



**Dr. JOSÉ DANTAS NETO**

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dr. PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO**

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Ao meu “Pai Zé Dandão”  
e à minha “Mãe Mariinha”, *in memoriam*, pelo amor  
e a presença espiritual.  
Dedico

Ofereço com muito carinho à minha esposa  
Anna Paula e à minha filha Marianna

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, fonte de inspiração.

À Universidade Federal de Campina Grande pela oportunidade de estudo.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

À FINEP pelo financiamento da pesquisa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes pelo exemplo de humildade, pelos ensinamentos e pela amizade adquirida durante o Doutorado.

Ao meu orientador Dr. Lafayette Franco Sobral por estar sempre presente, principalmente nos momentos de maior dificuldade na realização do experimento e pelos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. José Dantas Neto pelos votos de confiança e pela prontidão em sempre ajudar.

Ao Departamento de Engenharia Agrônômica (DEA) da Universidade Federal de Sergipe pelo bom convívio e por oportunizar o início da minha atividade de docência na área agrônômica.

Aos Professores do DEA, Dr. Pedro Roberto de Almeida Viégas, Dr. Antenor de Oliveira Aguiar Netto e Dr. Francisco Sandro Rodrigues Holanda por acreditarem em mim e pelos incentivos.

Ao amigo Prof. Dr. Francisco Inajá pela ajuda inquestionável na confecção da planilha dos dados climatológicos.

Ao Prof. Dr. Carlos Dias da Silva Júnior pela ajuda na coleta e análise dos dados fisiológicos.

À bióloga Aline Alves Lima, pela ajuda na análise de clorofila.

A equipe do Setor de Fruticultura do DEA: Marcos Eric, Matheus, Allan, Jolly, Lilianni, Yvesmar e Richard, na ocasião, bolsistas de Iniciação Científica da UFS, pela valiosa contribuição durante toda fase da execução do experimento.

Aos funcionários de campo do Campus Experimental da UFS, sr. Gilson, sr. Marcolino e sr. Antonio pela ajuda e amizade.

Aos colegas do Curso de Doutorado, Raimundo Andrade, José Ronaldo, Carlos Henrique e Marcelo.

A J.C. Barreto Fertilizantes S/A pela doação de parte dos insumos utilizados no experimento.

A todos aqueles que participaram direta ou indiretamente para execução deste trabalho.

I - LISTA DE TABELAS		Pág.
TABELA 1	Características físico-químicas do solo da área experimental.....	17
TABELA 2	Características químicas da água utilizada nas irrigações.....	19
TABELA 3	Coeficiente de cultura da bananeira em regiões de clima tropical.....	22
TABELA 4	Esquema da análise de variância.....	31
TABELA 5	Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo: pH, matéria orgânica (M.O) ( $\text{g dm}^{-3}$ ), teores de potássio ( $\text{K}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) trocáveis ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), no primeiro ano de cultivo de bananeira sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros, em duas profundidades de amostragens.....	38
TABELA 6	Resumo da análise de variância da variável altura de planta: aos quatro meses ( $\text{ALTP}_4$ ), aos seis meses ( $\text{ALTP}_6$ ) e aos oito meses ( $\text{ALTP}_8$ ) após o transplântio e no final do 1º ciclo da bananeira ( $\text{ALTP}_{\text{Final}}$ ) cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.....	44
TABELA 7	Resumo da análise de variância da variável diâmetro do pseudocaule: aos quatro meses ( $\text{DPC}_4$ ), aos seis meses ( $\text{DPC}_6$ ), aos oito meses ( $\text{DPC}_8$ ) após o transplântio e no final do 1º ciclo da bananeira ( $\text{DPC}_{\text{Final}}$ ) cv. “Prata-Anã” sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.....	47
TABELA 8	Resumo da análise de variância da variável da área foliar: aos quatro meses ( $\text{AF}_4$ ), aos seis meses ( $\text{AF}_6$ ), aos oito meses ( $\text{AF}_8$ ) após o transplântio e no final do 1º ciclo da bananeira ( $\text{AFFinal}$ ) cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.....	51

TABELA 9	Resumo da análise de variância da variável fitomassa seca da área foliar (FMSF) (g), do pseudocaulo (FMSPC) (g) e do cacho (FMSC) (g) da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.....	54
TABELA 10	Resumo da análise de variância dos índices morfofisiológicos: razão da área foliar (RAF) ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ), área foliar específica (AFE) ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) e eficiência fotossintética ( $\xi$ ) ( $\text{g MJ}^{-1}$ ) da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.....	58
TABELA 11	Resumo da análise de variância dos efeitos dos tratamentos sobre o teor foliar de N ( $\text{g kg}^{-1}$ ), K ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Mg ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e Ca ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.....	62
TABELA 12	Resumo da análise de variância dos atributos fisiológicos: teores de clorofila (cl), condutância estomática (gs), taxa fotossintética líquida (A), taxa de transpiração (T), eficiência instantânea no uso da água (EUA) e eficiência na carboxilação da bananeira (EiC) cv. “Prata-Anã” cultivada sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.....	69
TABELA 13	Resumo da análise de variância dos efeitos dos tratamentos sobre a duração do primeiro ciclo, o número de pencas cacho <sup>-1</sup> , o número de frutos penca <sup>-1</sup> , o número de frutos cacho <sup>-1</sup> e a massa do cacho planta <sup>-1</sup> da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.....	82
TABELA 14	Estimativas de custos e da lucratividade da bananeira fertirrigada nos Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.....	88

## II - LISTA DE FIGURAS

Pág.

FIGURA 1	Croqui da parcela experimental da bananeira fertirrigada.....	18
FIGURA 2	Detalhes do manejo das plantas, quanto à emissão do primeiro filhote (a) e dos restos culturais (b) do bananal fertirrigado no Campus Experimental da UFS	20
FIGURA 3	Coleta de dados na estação Agrometeorológica automatizada do Campus experimental da UFS para fins de irrigação.....	21
FIGURA 4	Detalhe dos tensiômetros instalados na parcela da bananeira fertirrigada no Campus Experimental da UFS.....	24
FIGURA 5	Avaliação da área foliar (a) e do diâmetro do pseudocaule (b) da bananeira. no Campus Experimental da UFS.....	25
FIGURA 6	Ilustração da coleta de dados fisiológicos na bananeira fertirrigada no Campus Experimental da UFS.....	29
FIGURA 7	Avaliação do rendimento da bananeira fertirrigada no Laboratório de Fitotecnia do Departamento de Engenharia Agrônômica da UFS.....	30
FIGURA 8	Temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental (novembro de 2003 a fevereiro de 2005) para a cultura da banana fertirrigada. Dados coletados na estação Agrometeorológica automatizada localizada no Campus Experimental da Universidade Federal de Sergipe .....	32
FIGURA 9	Umidade relativa do ar durante o período experimental (novembro de 2003 a fevereiro de 2005) para a cultura da banana fertirrigada. Dados coletados na estação Agrometeorológica automatizada localizada no Campus Experimental da UFS.....	33
FIGURA 10	Saldo de Irradiância incidente ( $Wm^{-2}$ ) durante o período experimental (novembro de 2003 a fevereiro de 2005) para a cultura da banana fertirrigada Dados coletados na estação Agrometeorológica automatizada localizada no Campus Experimental da UFS.....	34

FIGURA 11	Evapotranspiração (a), precipitação (b) e balanço hídrico climatológico (c) ocorrido durante o período experimental (novembro de 2003 a fevereiro de 2005) para a cultura da banana fertirrigada. Os cálculos foram realizados a partir dos dados coletados na estação Agrometeorológica automatizada localizada no Campus Rural da UFS.	36
FIGURA 12	Efeito de nitrogênio via fertirrigação sobre o pH nas profundidades (0-20cm) (a) e (20-40cm) (b), em solo de Tabuleiros Costeiros cultivado com bananeira Prata-Anã.....	39
FIGURA 13	Efeito de potássio via fertirrigação sobre o $K^+$ trocável nas profundidades (0-20cm) (a) e (20-40cm) (b) e da variação ( $\Delta K^+$ ) (inical-final) (c), em solo de Tabuleiros Costeiros cultivado com bananeira Prata-Anã.....	41
FIGURA 14	Efeito de nitrogênio dentro das doses de $K_2O$ (0 (a); 400 (b); 800 (c) e 1200 (d) $kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ) via fertirrigação sobre o teor de $Ca^{2+}$ na profundidade (0-20cm), em solo de Tabuleiros Costeiros cultivado com bananeira Prata-Anã.....	43
FIGURA 15	Efeito combinado de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, sobre a altura da planta (ALTP): aos seis meses (a), aos oito meses (b), no momento da colheita do cacho (c) e comportamento estimado da altura (d) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.....	46
FIGURA 16	Efeito de nitrogênio dentro das doses de $K_2O$ (0 (a); 60 (b); 120 (c) e 180 (d) $kg\ ha^{-1}$ ), via fertirrigação, sobre o diâmetro do pseudocaule (DPC) aos quatro meses após o transplântio da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.....	48
FIGURA 17	Efeito combinado de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, sobre o diâmetro do pseudocaule (DPC): aos seis meses (a), aos oito meses (b), no momento da colheita do cacho (c) e comportamento estimado do diâmetro do pseudocaule (d) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.....	50

- FIGURA 18 Efeito combinado de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, sobre a área foliar (AF): aos seis meses (a), aos oito meses (b), no momento da colheita do cacho (c) e comportamento estimado da área foliar (d) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 53
- FIGURA 19 Efeito combinado da adubação nitrogenada e potássica via fertirrigação sobre a FMSF (a), a FMSPC (b), a FMSC (c) e partição de fitomassa seca da parte aérea (d) da bananeira Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 56
- FIGURA 20 Correlação de Pearson entre as características de crescimento: diâmetro do pseudocaule e altura da planta da bananeira cv. Prata-Anã cultivada sob regime de fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 57
- FIGURA 21 Efeito da adubação nitrogenada dentro da dose: 0 (a); 400 (b); 800 (c) e 1200 (d) kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de potássio via fertirrigação sobre a razão de área foliar (RAF) da bananeira Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 59
- FIGURA 22 Efeito de nitrogênio sobre a área foliar específica (AFE) (a), da combinação N x K na eficiência fotossintética ( $\xi$ ) (b), da correlação de Pearson entre a ( $\xi$ ) e FMSPAT (c) e entre a AFF e  $\xi$  (d) da bananeira cv. Prata-Anã fertirrigada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe. Estado de Sergipe..... 61
- FIGURA 23 Efeito de nitrogênio via fertirrigação sobre o teor de N-foliar (a) e sintoma de deficiência em N (b) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 63
- FIGURA 24 Efeito isolado de K<sub>2</sub>O (a) e de nitrogênio (b) via fertirrigação sobre o teor foliar de K e sintoma visual de deficiência de K (c) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 66

- FIGURA 25 Efeito de nitrogênio e  $K_2O$ , via fertirrigação, sobre os teores foliares de fósforo (a), cálcio (b; c), magnésio (d; e) e da correlação entre Mg e K (f) da bananeira cv. “Prata-Anã” cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 67
- FIGURA 26 Efeito de nitrogênio via fertirrigação sobre teor de clorofila *a* (a), clorofila *b* (b), clorofila total (c) e correlação entre clorofila e nitrogênio foliar (d) na bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 71
- FIGURA 27 Efeito de nitrogênio dentro das doses: 0 (a), 290 (b), 580 (c) e 870 (d)  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  sobre a condutância estomática (*gs*) ( $mmol\ de\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$ ) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 72
- FIGURA 28 Efeito de nitrogênio dentro das doses: 0 (a), 290 (b), 580 (c) e 870 (d)  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  sobre a taxa fotossintética líquida (*A*) ( $\mu mol\ de\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ ) e a correlação de Pearson entre *A* e *gs* (e) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 75
- FIGURA 29 Efeito de nitrogênio dentro das doses: 0 (a), 290 (b), 580 (c) e 870 (d)  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  sobre a taxa de transpiração (*T*) ( $mmol\ de\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$ ) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 76
- FIGURA 30 Efeito de nitrogênio dentro das doses: 0 (a), 290 (b), 580 (c) e 870 (d)  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  sobre a eficiência instantânea do uso de água (EUA) [ $(\mu mol\ de\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1})/(mmol\ de\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1})^{-1}$ ] e a correlação de Pearson entre a taxa de assimilação de  $CO_2$  (*A*) e a transpiração (*T*) (e) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 78

- FIGURA 31 Comportamento do  $C_i$  em função de  $g_s$  (a), efeito de nitrogênio dentro das doses: 0 (b), 290 (c), 580 (d) e 870 (e)  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  sobre a eficiência instantânea de carboxilação (EiC) [ $(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1})^{-1}$ ] e correlação Pearson entre taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  (A) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) (f) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 80
- FIGURA 32 Efeito combinado de N e K sobre a duração do primeiro ciclo da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 83
- FIGURA 33 Efeito isolado de nitrogênio sobre o número de pencas (a) e combinado de N e K sobre o número de frutos penca<sup>-1</sup> (b), número de frutos cacho<sup>-1</sup> (c) e massa do cacho planta<sup>-1</sup> (d) da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe..... 85

## ECOFISIOLOGIA E LUCRATIVIDADE DA BANANEIRA SOB FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA

### RESUMO

Objetivando-se avaliar doses crescentes de nitrogênio e potássio via água de irrigação sobre as características de solo, planta, produção e lucratividade da bananeira nos Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe, foi realizado um experimento na Universidade Federal de Sergipe, localizada no município de São Cristóvão-SE. Testaram-se dois fatores: nitrogênio (0; 350; 700 e 1050, em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  de N, na forma de uréia) e potássio (0; 400; 800 e 1200, em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , na forma de cloreto de potássio), no delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial  $4 \times 4$ , com 4 repetições. Analisaram-se no solo: pH, M.O., K, Ca e Mg, na planta: altura, diâmetro do pseudocaule, área foliar, razão de área foliar, área foliar específica, a partição e a conversão de energia solar em fitomassa seca, teores de macronutrientes e de clorofilas, trocas gasosas, número de pencas e de frutos por cacho, número de frutos por penca e massa do cacho. Na averiguação da análise econômica foi utilizada a relação benefício / custo. As características do solo variaram na presença da fertirrigação nitrogenada e potássica. Os maiores incrementos das variáveis de crescimento e de produção de fitomassa seca foram observados na presença conjunta de N e K. Os níveis críticos foliares de N e K de  $33,11 \text{g kg}^{-1}$  e  $22,13 \text{g kg}^{-1}$  foram obtidos nas aplicações de  $632,39 \text{kg ha}^{-1}$  de N e  $700 \text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente. Os teores foliares de P e Ca aumentaram com acréscimos nas doses de N, enquanto o teor foliar de Mg diminuiu. Os teores foliares de Ca e Mg reduziram-se proporcionalmente ao aumento das doses de  $\text{K}_2\text{O}$ . A máxima concentração de clorofila total ( $6,69 \text{mg dm}^{-2}$ ) foi constatada na dose de  $478 \text{kg ha}^{-1}$  de N. A condutância estomática foi reduzida, principalmente, na fertilização com  $700 \text{kg ha}^{-1}$  de N e ausência de K, afetando o processo fotossintético. A produtividade de  $32,56 \text{t ha}^{-1}$  foi obtida quando se aplicaram  $1050 \text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  de N e  $1112 \text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , com um índice de lucratividade de 27,75% e uma relação benefício / custo de R\$1,38.

**Palavras-chave:** Banana, crescimento, trocas gasosas, avaliação nutricional, custo de produção.

## ECOPHYSIOLOGY AND PROFITABILITY OF THE BANANA TREE UNDER FERTIRRIGATION WITH NITROGEN AND POTASSIUM

### ABSTRACT

Aiming to evaluate the effects of N and K applied through irrigation water in soil attributes and physiological, yield and economical aspects of banana, a 4x4 factorial experiment in randomized blocks, was carried out in the coastal tablelands, at Sergipe Federal University Experimental Station. Doses of N and K<sub>2</sub>O were (0; 350; 700 e 1050, kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, as urea) and (0; 400; 800 e 1200, kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, as potassium chloride) respectively. Soil pH, organic matter, K, Ca and Mg content, plant height, pseudostem diameter, leaf area, ratio and specific leaf area, energy partition and conversion and yield components, such number of hands and fruits per bunch number of fruits per hands and bunch weight, chlorophyll and gas exchange were obtained and calculated. An economical analysis also was accomplished. Nitrogen and K had a significant influence on soil attributes, banana growth and yield. Leaf nitrogen and potassium critical levels were 33.11g kg<sup>-1</sup> and 22.13g kg<sup>-1</sup> which were associated with the application of 632.39 kg of N ha<sup>-1</sup> and 700kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O respectively. Leaf P and Ca contents increased and Mg decreased as N doses increased. Calcium and Mg leaf content decreased as K<sub>2</sub>O doses increased. Maximum chlorophyll concentration was 6.69mg dm<sup>-2</sup> at 478kg ha<sup>-1</sup> of N. Reduction of stomata conductance was observed mainly at 700kg of N ha<sup>-1</sup> in the absence of K and it affected the photosynthesis process. Banana yield of 32.65t ha<sup>-1</sup> was associated with 1050kg of N ha<sup>-1</sup> and 1112kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O with an economical return of 27.75% at a benefit/cost relationship of R\$1.38.

**Key words:** Banana, growth, gas exchange, nutritional evaluation, production costs.

## 1 - INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um dos principais produtores mundiais de frutas, com uma produção que supera 34 milhões de toneladas; no entanto as exportações ainda são consideradas insignificantes, haja vista que se exporta apenas 1,3% de sua produção, algo em torno de 0,3% do total de US\$ 36,8 bilhões que representa o mercado mundial de frutas frescas (FERRAZ, 2001; HAMM, 2001). Ressaltam que o restante é comercializado no mercado interno, denotando que a fruta representa um importante complemento na dieta alimentar da população brasileira.

A bananeira (*Musa spp*) é uma das fruteiras mais exploradas e seu fruto um dos mais consumidos no mundo, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial, com 6,8 milhões de toneladas, e o maior consumidor. Essa fruta é o 13º produto agrícola nacional, com área plantada de 4,95 mil ha, situando-se em 2º lugar entre as frutas, atrás apenas da laranja (AGRIANUAL, 2004; FAO, 2007). As transações internacionais da banana atingiram 14,7 milhões de toneladas, sendo o País responsável por 241 mil toneladas no ano de 2002; em 2005 as exportações foram de 212 mil toneladas (FAO, 2007), indicando uma queda de 12,03% em virtude, possivelmente, do surgimento da doença Sigatoka Negra.

No Estado de Sergipe, com o surgimento do Pólo de Fruticultura Platô de Neópolis, a bananicultura vem se expandido em área de cultivo, estando entre as de principal interesse econômico na região devido a seu impacto na geração de emprego, renda e divisas (SECRETARIA DA AGRICULTURA DO ESTADO DE SERGIPE, 2001). Saliente-se que a fruticultura tropical tem sido uma alternativa aos cultivos tradicionais face à alta rentabilidade e os benefícios sociais, como aumento da disponibilidade de alimentos de qualidade. Um exemplo dessa expansão é a bananicultura.

O Distrito de Irrigação Platô de Neópolis possui área total de 10.432 ha, dos quais 6.974 ha são irrigáveis. De acordo com a ASCONDIR (2006), Associação dos Concessionários do Distrito de Irrigação Platô de Neópolis, já se têm implantados 3.500 ha, dos quais 433 ha com bananeira (195 com a variedade Prata Anã, 216 com a Pacovan e 30 com a Gran Nine). Ainda segundo a ASCONDIR (2006), a produtividade está em torno de 20-35 t ha<sup>-1</sup>, considerada baixa, decorrente principalmente da baixa fertilidade natural onde estão implantados os pomares e do manejo inadequado da fertilização. Conforme Borges e Oliveira (1995), Moreira (1999) e Borges et al. (2002), a utilização de solos pouco férteis e a falta de manutenção de níveis adequados de nutrientes, durante o ciclo da cultura, são os principais fatores do baixo rendimento da bananeira. Acrescentam, também, que a alta

exportação de nutrientes durante os vários ciclos da cultura, podem comprometer ainda mais o equilíbrio nutricional da planta.

Para vários autores (GALLO et al., 1972; MANTIN-PRÉVEL, 1980; MOREIRA et al., 1987; MOREIRA, 1999 e BORGES et al., 2002), a bananeira extrai grandes quantidades de nutrientes desde o período juvenil até o lançamento do cacho, com elevada absorção de K, N, Ca, P e Mg. Dentre esses nutrientes, o potássio e o nitrogênio estão diretamente relacionados com o desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade das frutas, variando a quantidade extraída em função da espécie e/ou da cultivar, do metabolismo, do estágio fenológico e da idade da planta (ROMERO e ZAMORA, 2006). O nitrogênio é fundamental do início a emissão das folhas até a emissão da inflorescência, que ocorre entre o 7<sup>o</sup> e 10<sup>o</sup> mês após plantio, havendo redução na absorção até a colheita (LAHAV e TURNER, 1983; BORGES et al., 2002); os autores acrescentam que durante o crescimento vegetativo a omissão desse elemento compromete o rendimento da cultura, pois o meristema está em pleno desenvolvimento. Quanto ao potássio, ele é considerado o elemento mais importante para a cultura da banana (LAHAV e TURNER, 1983), pois atua como ativador enzimático e participa de processos como abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese, transporte de carboidratos e respiração (MARSCHNER, 1995, EPSTEIN e BLOOM, 2006; SHIMAZAKI et al., 2007). Também participa no balanço de água na planta, na produção de cachos e pencas e na qualidade de frutos da bananeira (MANTIN-PRÉVEL, 1964).

Para atender as exigências nutricionais da bananeira e garantir uma maior expressão de seu potencial produtivo é imprescindível o uso da mais moderna tecnologia de irrigação localizada, gotejamento ou microaspersão, caracterizada pela aplicação de água em apenas uma parte do solo, correspondente à zona explorada pelo sistema radicular, viabilizando a prática da fertirrigação. Tal operação é de grande importância às plantas, devido fornecer os nutrientes juntamente com a água, essencial a sua absorção; dentre outras vantagens, destaca-se a melhor aplicação de nutrientes ao longo do ciclo da cultura (LOPEZ, 2000; DUENHAS et al., 2002).

Para que a fertirrigação seja eficiente, é necessário um equilíbrio entre a quantidade de nutrientes e a quantidade de água a ser aplicada durante cada fase da cultura. Isso determina a concentração de fertilizantes na água de irrigação (BLANCO e FOLEGATTI, 2002). Esse manejo é imprescindível para que não haja acúmulo de fertilizante no solo o que poderia resultar na salinização da área de cultivo e, conseqüentemente, na redução da produtividade da bananeira.

Apesar de existirem publicações sobre fertirrigação destinadas a outras regiões do País, não existem informações disponíveis baseadas em dados experimentais sobre a recomendação de doses, concentração de fertilizantes, períodos de aplicação e combinação de fertilizantes mais adequados para o cultivo irrigado da bananeira, notadamente nos Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

Ressalte-se que a atividade moderna tem exigido do produtor uma visão empresarial, notadamente sobre o acompanhamento dos custos de produção (indiretos e diretos). Acrescenta-se a isso, a importância da análise mais detalhada da relação custo / benefício. Para tanto, é indispensável saber o quanto se obtém a mais de produto pela adoção de uma nova tecnologia e seus efeitos sobre a qualidade do produto, tornando a atividade mais competitiva.

## **1.1 - OBJETIVO GERAL**

Avaliar doses crescentes de nitrogênio e potássio via água de irrigação sobre as características de solo, planta, produção e lucratividade da bananeira cv. Prata-Anã nas condições edafoclimáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

## **1.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Avaliar os atributos químicos no perfil do solo (0-0,2m e 0,2-0,4m): pH, matéria orgânica, potássio, magnésio e cálcio em resposta à aplicação de N e K via fertirrigação por microaspersão.

Analisar o comportamento morfofisiológico da bananeira fertirrigada com níveis de N e K por meio de índices de crescimento, teores foliares de macronutrientes e de clorofila *a*, *b* e total e as trocas gasosas como indicativo de equilíbrio do estado nutricional em função do nitrogênio e do potássio via fertirrigação.

Averiguar a eficiência no uso da irradiação solar sobre a produção de fitomassa seca pela bananeira.

Avaliar o rendimento do cacho e a produtividade da bananeira fertirrigada e estimar a lucratividade da cultura por meio da análise de indicadores econômicos nas condições dos Tabuleiros Costeiros de Sergipe.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - Aspectos gerais da fertirrigação

A irrigação localizada possui várias vantagens quando comparada ao sistema convencional, principalmente como veículo de aplicação de fertilizantes via água de irrigação (LOPEZ, 2000; COELHO et al., 2002; PINTO et al. 2005). Este processo possibilita realizar o fornecimento de nutrientes minerais às plantas dia a dia, em função das exigências nutricionais e das condições distintas do ambiente (SOUSA e SOUSA, 1998).

Conforme vários autores (PINTO et al., 1993; SOUSA e SOUSA, 1998; JOHNS e VIMPANY, 1999; LOPEZ, 2000), a eficiência da fertirrigação depende do conhecimento e de estudos de vários fatores, entre eles, o manejo adequado do sistema água-solo-planta-atmosfera. Denote-se, que o manejo irracional da água no solo implicará em perdas de nutrientes por lixiviação e aumento de custo.

De acordo com Pinto et al. (1993) e Pinto et al. (2005), o parcelamento de nutrientes é uma das vantagens desse sistema. A aplicação mais freqüente e em menores quantidades, ao longo do ciclo da cultura, permite reduzir perdas e, com isso, promove aumento na produtividade e na qualidade de frutos. Dentre os elementos minerais, o nitrogênio e o potássio têm sido muito utilizados nas fertirrigações face à sua alta solubilidade na água de irrigação (LOPEZ, 2000).

### 2.2 - Características morfológicas e fisiológicas da bananeira

#### 2.2.1 - Botânica

A bananeira pertence à classe *Monocotyledonea*, ordem *Scitaminea*, família *Musaceae* e ao gênero *Musa*. As espécies comestíveis são *Musa acuminata* Colla (AA) e *Musa balbisiana* Colla (BB) (MOREIRA, 1999). Este autor acrescenta que essas duas espécies podem cruzar entre si produzindo cultivares do tipo: AB, AAB, ABB, ABBB, AABB e AAAB. Ressalte-se que a cultivar Prata-Anã pertence ao grupo AAB; o pseudocaule é

vigoroso de cor verde-clara, brilhante e porte variando de 2,0 a 3,3m de altura. Caracteriza-se por possuir menor altura, menor suscetibilidade ao fungo causador do “mal-de-sigatoka”, maior resistência ao vento e cachos mais compactos em relação à Prata comum.

Esta cultura apresenta características de vegetal de clima tropical, como herbáceo completo possui: sistema radicular fasciculado, caule, folhas, flores, frutos e sementes. O caule é constituído pelo rizoma que possui entrenós curtos com gemas axilares e uma gema apical que está em constante processo de multiplicação celular formando novas folhas até a diferenciação floral, quando a planta termina a fase vegetativa e emite uma inflorescência formando posteriormente o cacho que é constituído de: engaço, ráquis, pencas (mão), dedos (frutos partenocárpicos) e botão floral (coração) (MOREIRA, 1999; DANTAS et al., 1999). Dantas et al. (1999) mencionam que o conjunto de bainhas foliares forma o pseudocaule.

Soto Ballesterro (1992) relata que o limbo foliar possui forma de uma lâmina delgada e de coloração verde intenso na face adaxial e mais clara na inferior. Deve-se salientar que a densidade estomática varia conforme a cultivar, sendo a face abaxial a mais numerosa (SOTO BALLESTERO, 1992; THOMAS e TURNER, 2001). Taiz e Zeiger (2004) acrescentam que o mesófilo foliar contém muitos cloroplastos, e neles estão os pigmentos verdes (clorofilas) especializados na absorção de luz.

### **2.2.2 - Ecofisiologia da bananeira**

O estudo da ecofisiologia vegetal estabelece relações entre a variação dos fatores ambientais e os processos de resposta das espécies vegetais (LARCHER, 2006). Os mecanismos fisiológicos trazem informações sobre a auto-ecologia dos indivíduos em relação às condições ambientais, bem como das práticas culturais que atuam por meio dos processos fisiológicos para controlar o crescimento e desenvolvimento de uma determinada cultura. Esses processos complexos constituem o maquinário por meio do qual o vegetal e o ambiente influem sobre a produção e qualidade da colheita (CAYÓN SALINAS, 2004). Benincasa (2003) e Floss (2004) definem como crescimento vegetal o incremento do peso sólido ou seco da planta, sendo o desenvolvimento caracterizado pelas mudanças da forma ou pelo grau de diferenciação alcançado pelo vegetal. Para os autores, o crescimento do vegetal pode ser quantificado por meio de avaliações como: aumento do comprimento de um ramo, massa seca total ou de partes. Deve-se salientar que a análise de crescimento é considerada como método

padrão para a estimativa da produtividade biológica, ou produtividade primária das comunidades vegetais. Por outro lado, o desenvolvimento são manifestações ocorridas ao longo do ciclo do vegetal por meio de fenômenos qualitativos, como exemplo a ocorrência do período de frutificação.

A principal função da análise de crescimento é conhecer as diferenças estruturais funcionais entre cultivares de uma mesma espécie vegetal, de forma selecionar aquelas que manifestem melhores rendimentos (BENINCASA, 2003). A análise de crescimento serve para fazer previsões de produção em culturas por meio de modelos matemáticos a partir dos dados primários obtidos, relacionado aos caracteres morfofisiológicos e pode ser usada para comparar o desempenho das espécies ou do efeito de tratamentos sob condições estritamente definidas (HUNT, 1982; POORTER, 1989; BEADLE, 1993; BENINCASA, 2003), tais como: a) Taxa de Crescimento da Cultura (TCC) que serve como índice amostral da produtividade; b) Razão de Área Foliar (RAF) é a razão do material assimilatório por unidade de planta. Corré (1983) denota que esse indicador representa a dimensão relativa do aparelho fotossintético do vegetal. c) Índice de Área Foliar (IAF) que é a área foliar por unidade de terreno e está relacionado com a capacidade do dossel em interceptar a radiação fotossinteticamente ativa (RFA); e) Área Foliar Específica (AFE) que mede a espessura das folhas de uma planta com base no seu peso seco (BEADLE, 1993), sendo um indicativo de alterações no número ou tamanho das células do mesófilo foliar (BENINCASA, 2003; FLOSS, 2004). Wang et al. (1994) acrescentam que as alterações nos parâmetros relacionados à morfologia foliar (RAF e AFE), observadas com o aumento de idade das plantas, revelam a capacidade de adaptação das folhas às condições variáveis de radiação ao longo do desenvolvimento das plantas.

Em estudos realizados com o mamoeiro em condições de deficiência nitrogenada, Cruz et al. (2004) verificaram redução na RAF de 35,11%. Os autores mencionaram que esse decréscimo foi em virtude da menor expansão das folhas e como a área foliar total de uma planta é resultado da ação conjunta do tamanho e número de folhas, qualquer fator que altere um desses componentes afetará no crescimento e rendimento das plantas (BENINCASA, 2003), a exemplo de alterações hormonais que podem causar redução na extensibilidade da parede celular (LARCHER, 2006).

Fonseca et al. (2006) observaram que a existência de relações conhecidas de variáveis agrometeorológicas e os componentes que definem a produtividade vegetal possibilitam a construção de modelos empíricos como objetivo de estimar essa produtividade e de efetuar diagnósticos em relação às condições de crescimento do mesmo. Fonseca et al.

(2006), infere existir linearidade entre a quantidade de radiação fotossintética ativa interceptada (RFAi) e a massa seca total produzida por um dossel vegetal. Esta relação estima a eficiência fotossintética ( $\xi$ ) que mede a quantidade de massa seca ( $\text{g MJ}^{-1}$ ) produzida em função da irradiância recebida pela cultura numa determinada região (FLOSS, 2004; FIGUEIREDO et al., 2005; FONSECA et al., 2006). Em estudos realizados no norte de Minas Gerais com bananeira cv. Prata-Anã em regime de irrigação, Figueiredo et al. (2005) observaram que a eficiência no uso da irradiação solar foi de  $1,1 \text{g MJ}^{-1}$ . Deve-se salientar que a eficiência do uso da radiação pelas plantas depende da interação entre a vegetação e o ambiente, a qual define como os processos de fotossíntese e transpiração serão afetados pelos elementos climáticos e edáficos (FONSECA et al. 2006).

Neste contexto, a bananeira para manter seu crescimento, desenvolvimento e produção de frutos deverá ajustar seus aparatos fisiológicos. Por exemplo, durante a fase de desenvolvimento, a planta deve construir o sistema radicular para o processo de absorção de nutrientes e as folhas para a assimilação fotossintética (CAYÓN SALINAS, 2004). Acrescenta que a formação do sistema radicular é intenso até a diferenciação floral, diminuindo no florescimento e cessando no desenvolvimento do cacho, dessa forma é importante que durante esse balanço deva haver o máximo acúmulo de carboidratos para se obter rendimentos elevados.

A bananeira, por ser uma vegetal essencialmente de trópico úmido, pode ser cultivada em todas as zonas agroecológicas localizadas entre  $30^\circ$  de latitude Norte e Sul, onde as temperaturas se situam entre os limites de  $10^\circ\text{C}$  e  $40^\circ\text{C}$ , sendo a ótima em torno de  $28^\circ\text{C}$  (CAYÓN SALINAS, 2004). A temperatura e a altitude estão diretamente correlacionadas ao seu crescimento devido exercerem efeito direto sobre a velocidade da maioria dos processos metabólicos, influenciando no ciclo vegetativo, na atividade fotossintética e na respiratória. Balalcázar Carvajal (1991) salienta que em regiões com temperaturas inferiores a  $15^\circ\text{C}$ , a atividade metabólica da bananeira é lenta, retardando a emissão foliar e a divisão celular do meristema de crescimento, o qual reduz o desenvolvimento e rendimento anual, apesar da qualidade e tamanho do fruto não sofrer alterações. Além disso, nessas regiões, as folhas totalmente expandidas podem desenvolver sintomas parecidos com déficit hídrico ou de luz, perdendo o turgor e ficando posteriormente cloróticas.

Balalcázar Carvajal (1991) e Cayón Salinas (2004) mencionam que a altitude influencia a período vegetativo dependendo da cultivar. Por exemplo, em Santa Maria (Colômbia) a 20m acima do nível do mar, a cultivar Dominico-Hartón (AAB) tem um ciclo

de 327 dias, quando comparado à Calcutá que está situada a 320m acima do nível do mar, onde o ciclo foi de 361 dias. Já na região de Palmira (Colômbia) com 1000m de altitude, o ciclo se estendeu até os 418 dias. Em algumas regiões produtoras de bananas no Brasil, Pereira et al. (2000) em Jaíba norte de Minas Gerais, Pereira et al. (2003) em Lavras-MG e Oliveira et al. (2007) na Zona da Mata Mineira, reportaram que o ciclo da “Prata-Anã” foi de 411, 509,7 e 466,99 dias, respectivamente. Enquanto Lima et al. (2005) estudando vários cultivares no Recôncavo Baiano, constataram que a “Pacovan” do grupo (AAB) teve início na produção com 362,36 dias.

Quanto à radiação solar, tem-se constatado o plantio de bananeira em regiões de grande nebulosidade ( $184\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) até outras de alta irradiância ( $1.500\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (CHAMPION, 1975; TURNER e THOMAS, 1998). Em condições de baixa luminosidade, o cacho pode alcançar menor peso, pois, apesar da falta de luz não afetar a emissão e desenvolvimento das folhas, o limbo foliar fica pálido devido à deficiência na síntese de clorofila, comprometendo a produção de substratos. No entanto, a variação na duração do dia não exerce influência importante sobre o desenvolvimento da planta.

O rendimento da bananeira também é influenciado pela intensidade e qualidade dos ventos por aumentar a transpiração e causar injúrias nas folhas, notadamente em locais de ventos com velocidades superiores a  $50\text{km h}^{-1}$  (CAYÓN SALINAS, 2004). Os danos constatados afetam diretamente o peso e a qualidade dos frutos por diminuir a área foliar. Conforme o autor, para se atingir bom desenvolvimento é necessário que a planta tenha uma superfície foliar ativa entre 7 e  $8\text{m}^2$ . Cayón Salinas (2004) acrescentam que a fotossíntese da *Musaceae* é afetada pela dimensão da folha e pela resistência da difusão do vapor da água.

Quanto ao requerimento hídrico, a bananeira é muito sensível tanto ao excesso como ao déficit de água no solo (JAIMEZ et al., 2005). O esgotamento de água no solo aumenta a resistência dos estômatos ao fluxo de água, ocorrendo redução na taxa de transpiração e dobramento do limbo foliar ao longo da nervura central (CHAMPION, 1975).

Deve-se salientar que o suprimento de água, também, varia com o tipo de solo. Em solos com pouca capacidade de retenção, estima-se uma quantidade de  $180\text{mm m}^{-1}$ , já naqueles com maior capacidade o limite seria  $100\text{mm m}^{-1}$  (MOREIRA, 1999), sendo a precipitação efetiva anual entre 1200 e  $1800\text{mm ano}^{-1}$ . Este consumo elevado se deve a presença de grande superfície foliar transpirante, pois Cayón et al. (1998) observaram que bananeiras expostas ao pleno sol têm taxa transpiratória na ordem de  $40\text{-}50\text{mg H}_2\text{O dm}^{-2} \text{min}^{-1}$ , quando os estômatos estavam completamente abertos. Jaimez et al. (2005) verificaram que

em condições ótimas de umidade do solo a transpiração pode atingir valores entre 4 e 5,5mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

Balalcázar Carvajal (1991), estudando a cv. Dominico-Hartón que possui uma área foliar estimada de 14m<sup>2</sup>, constatou consumo diário de 26L de água. Quando foram considerados uma densidade de 1500 plantas ha<sup>-1</sup> e um índice foliar de 2,1, o consumo mensal foi de 1170m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de água. No entanto, é importante salientar que o consumo de água pela bananeira é variável, pois nem a radiação solar e nem a área foliar são constantes ao longo do ciclo.

Cayón et al. (1994), estudando o comportamento fisiológico da bananeira cv. Dominico-Hartón, constataram que a fotossíntese máxima foi obtida na terceira folha a partir do ápice, sendo o valor encontrado de 12,67μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Estes autores, também, verificaram que a taxa fotossintética é baixa nas primeiras horas do dia, alcançando valores máximos próximo ao meio-dia. Cayón Salinas (2001) determinou a evolução da fotossíntese, da transpiração e da clorofila em folhas de *Musa spp* do grupo (AAB), constatando-se que na fase inicial de desenvolvimento, a fotossíntese, a transpiração e o teor de clorofila são baixos; incrementando rapidamente até alcançar valores máximos de 12,22μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, de 3,5mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e de 10mg g<sup>-1</sup> de massa seca, respectivamente. Estes comportamentos foram observados entre 20 a 40 dias após a expansão (DAE) completa da folha, diminuindo gradualmente até a senescência total (140 DAE). O mecanismo de redução da fotossíntese durante a senescência das folhas, deve-se às mudanças na concentração e na cinética da enzima Rubisco (Ribulose 1,5-bifosfatocarboxilase-oxidase).

Cayón Salinas (2001), também, relatou que a fotossíntese está correlacionada positivamente com a transpiração e o conteúdo de clorofila em qualquer fase de desenvolvimento da folha, demonstrando que o processo fotossintético está ligado funcionalmente à transpiração e depende da concentração de clorofila no limbo foliar e da ontogenia da folha. Deve-se salientar que somente após a produção de clorofila é que ocorre a maior eficiência fotossintética, pois o grau em que a radiação é utilizada depende da concentração de pigmentos fotossinteticamente ativos, implicando, conseqüentemente, no crescimento e adaptabilidade dos vegetais aos diversos ambientes.

Para vários autores (CAYÓN et al., 1994; CAYÓN SALINAS, 2001; CAYÓN SALINAS, 2004), o rendimento da bananeira também depende da irradiação solar interceptada, da eficiência da conversão da energia absorvida em biomassa e dos gastos respiratórios da planta, o qual pode ser aumentado pelo incremento da parte da massa seca

total que se destina ao rendimento do cacho, pois a área foliar e a taxa assimilatória líquida estão diretamente correlacionadas ao acúmulo de massa seca e ao desempenho produtivo da cultura.

### **2.2.3 - Requerimentos e adubação da bananeira com N e K**

Estudos sobre nutrição mineral em bananeira têm demonstrado exigências nutricionais elevadas e, concomitantemente, a importância de fornecimento equilibrado dos nutrientes para obtenção de produções econômicas. Dentre os nutrientes, destacam-se o potássio e o nitrogênio como os requeridos em maiores quantidades, sendo indispensáveis ao incremento da produtividade (LAHAV e TURNER, 1983; MARTIN-PRÉVEL, 1984; SOTO BALLESTERO, 1992; SILVA et al., 1999a; TEIXEIRA et al., 2001b; MAHALAKSHMI et al., 2003; ROMERO e ZAMORA, 2006).

#### **a) Nitrogênio**

Segundo Epstein e Bloom (2006), o nitrogênio (N) é um dos elementos mais limitantes ao crescimento de plantas e, com exceção do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), é o mais requerido para o desenvolvimento vegetal. Os mesmos autores acrescentam que o N é encontrado no solo, principalmente em três formas: orgânica, amoniacal e nítrica. Contudo, a maior quantidade do elemento existente no solo acha-se na forma orgânica e, para seu maior aproveitamento pelas plantas, é necessária a sua transformação em formas inorgânicas por meio do processo de mineralização.

Quando comparado com os demais nutrientes, o nitrogênio é muito difícil de ser mantido no solo ao alcance das raízes devido à sua mobilidade. Por isso, devido ao seu baixo efeito residual e sua grande exigência pelas culturas, a adubação nitrogenada precisa ser feita de forma mais frequente, principalmente em solos arenosos (PINTO et al., 1993; BORGES e COSTA, 2002).

Para que o nitrogênio seja absorvido, ou seja, que haja passagem dos íons nitrato ou amônio da solução do solo para o interior das células das raízes, é necessário que os íons cheguem à superfície das raízes. Para tanto, contribui de maneira fundamental o mecanismo

de fluxo de massa, que é decorrente do gradiente de potencial hídrico entre a parte aérea do vegetal e o solo gerado pela transpiração da planta (FAQUIN, 1994; BRUNINI e ANGELOCCI, 1998, TAIZ e ZEIGER, 2004).

O nitrogênio absorvido pelas plantas é translocado via xilema das raízes para a parte aérea, sendo que a forma de translocação do elemento depende do íon absorvido e do metabolismo radicular (FAQUIN, 1994, EPSTEIN e BLOOM, 2006). Segundo Redinbaugh e Campbell (1991), o N absorvido como amônio é assimilado nos tecidos radiculares e redistribuído na forma de aminoácidos; o N absorvido como o íon nitrato pode ser translocado desta forma para a parte aérea, porém depende do potencial de redução do nitrato das raízes. Assim, o nitrato e os aminoácidos são as principais formas de translocação de nitrogênio no sistema vascular das plantas superiores.

A essencialidade do nitrogênio para as plantas está em exercer funções fisiológicas importantes na formação de compostos orgânicos, destacando-se aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucléicos, vitaminas e clorofila, entre outros (MARSCHNER, 1995, EPSTEIN e BLOOM, 2006). Como constituinte destes compostos, o nitrogênio está envolvido nos processos que ocorrem no protoplasma, em reações enzimáticas e na fotossíntese (REDINBAUGH e CAMPBELL, 1991; FAQUIN, 1994; SHANGGUAN et al., 2000; EPSTEIN e BLOOM, 2006). Por esta razão, o diagnóstico por meio de análise foliar e a correção de sua deficiência na planta devem ser feitas de preferência no período inicial de desenvolvimento da cultura, de modo a se evitar maiores prejuízos à produção.

Doses elevadas de N podem ser prejudiciais ao crescimento inicial das plantas por inibir o desenvolvimento radicular (SMITH, 1965; WITT, 1997), alterando a relação entre as raízes e a parte aérea (MARSCHNER, 1995), o que pode comprometer o crescimento da planta. Em bananeira, o sistema radicular mantém uma correlação positiva entre a expansão da área foliar, a circunferência do pseudocaule e a altura das plantas (BLOMME et al., 2001),

López e Espinosa (1995) constataram que a bananeira atingiu o máximo peso do cacho e de pencas quando foram aplicados  $320\text{kg ha}^{-1}$  de N. Conforme Faria (1997) e Borges et al. (1997), algumas variedades de banana chegam a absorver cerca de  $180\text{kg ha}^{-1}$  de N e exportar, em média,  $1,9\text{kg}$  de N por tonelada de fruto produzida (BORGES et al., 2003). Pinto et al. (2005) concluíram que o nitrogênio ( $340\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicado via fertirrigação influenciou o rendimento da bananeira cv. Pacovan ( $17,43\text{t ha}^{-1}$ ). Já Romero e Zamora (2006), trabalhando com banana cv. Gran Enano (*Musa* AAA Simmonds), constataram que  $256\text{kg ha}^{-1}$  de N promoveram o máximo rendimento na ordem de  $50\text{t ha}^{-1}$ . Tais variações nas respostas

ocorreram, possivelmente, em decorrência do manejo da adubação, do tipo de solo e, notadamente, das exigências dos cultivares.

Soto Ballastero (1992), Brasil et al. (2000) e Fontes et al. (2003) observaram, que durante a fase de desenvolvimento vegetativo, o N favoreceu maior crescimento em altura das plantas e maior circunferência do pseudocaule. O primeiro autor registrou que a ausência de nitrogênio promoveu clorose nas folhas mais velhas e uma marcante diminuição no crescimento das plantas. Já na fase reprodutiva, esse elemento disponibilizado de forma equilibrada, promoveu incremento em peso do cacho, número de pencas e número de bananas por cacho (SOTO BALLASTERO, 1992; BRASIL et al., 2000; PINTO et al., 2005).

Lahav (1995) e Robinson (1996) constataram que a aplicação de doses de nitrogênio acima das exigidas pela planta representa não só desperdício, como também pode causar a produção de cachos menores e com problemas de enchimento dos frutos, apesar da aparência sadia das plantas. Destacam, também, a queda de frutos das pencas já amadurecidas que está associada à nutrição desbalanceada de nitrogênio. Esse problema torna-se evidente em áreas tropicais, na estação úmida e com baixo suprimento de potássio. O excesso de N pode, também, retardar a frutificação, produzindo cachos com pencas muito espaçadas e alta suscetibilidade aos danos decorrentes do manuseio e transporte. O pedicelo das frutas se apresenta fraco, as quais, ao amadurecerem, soltam-se das pencas.

Teixeira et al. (2001a) verificaram que o excesso da adubação nitrogenada na forma de uréia provoca acidificação do meio, o que representa um risco ao rendimento da planta, por diminuir a saturação de bases. Esse fato acelera a diminuição da durabilidade da folha-índice da bananeira. Esses autores destacam que a manutenção de rendimentos elevados ao longo do cultivo depende da reposição dos nutrientes exportados por meio de adubações equilibradas.

## **b) Potássio**

A principal fonte de potássio para as plantas, sob condições naturais, é constituída pelos minerais primários e secundários contendo potássio em sua estrutura como as micas e os feldspatos (DONAHUE et al., 1983, EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Além do K estrutural dos minerais, o nutriente aparece no solo na forma de cátion trocável e na solução do solo, formas disponíveis para as plantas (TISDALE e NELSON, 1993). Os teores trocáveis, em geral, pouco representam em relação aos teores totais (FAQUIN, 1994). O  $K^+$  trocável contribui com 1 a 2% do potássio total e o potássio na

solução do solo com valores de 0,1 a 0,2% do potássio total. Além dessas formas, Nogueira et al. (1981) destacaram também o elemento presente na matéria orgânica do solo.

Fassbender e Bornemisza (1987), Chaves e Dias (1996) e Epstein e Bloom, (2006) ressaltam que valores médios de potássio para uma boa disponibilidade do elemento na solução do solo estão compreendidos entre 1,45 e 2,20mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

A planta absorve apenas o potássio presente na solução do solo e seu suprimento é governado pelo equilíbrio entre a forma trocável e em solução (CHEN e GABELMAN, 2000). Quando a concentração de potássio na solução não atinge valor muito baixo, o equilíbrio é mantido pela liberação do elemento adsorvido (CHAVES e DIAS, 1996). Além da concentração, vários fatores podem afetar a absorção do nutriente pelos vegetais, tais como temperatura e umidade do solo, espécie vegetal, idade da planta e transpiração (MARSCHNER, 1995).

Conforme Taiz e Zeiger (2004) e Epstein e Bloom, (2006), o potássio é absorvido pelas plantas na forma de íons K<sup>+</sup>, chegando até às raízes por meio dos mecanismos de fluxo de massa e difusão. Devido à alta mobilidade na planta, é prontamente transportado em direção aos tecidos meristemáticos (MENGEL e KIRKBY, 1987; LÓPEZ e ESPINOSA, 1995), sendo redistribuído das partes mais velhas para os tecidos jovens em crescimento (LÓPEZ e ESPINOSA, 1995; EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Neves et al. (1991) e Faria (1997), avaliando a nutrição mineral da bananeira, observaram ser o potássio o elemento mais exportado pelos frutos, aproximadamente 35% do total absorvido. Silva et al. (1997 e 1998) verificaram resposta significativa para produção até a dose de 1600kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K. Lahav e Turner (1983) concluíram que, aproximadamente, 1500kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K teriam de ser aplicados às plantas para um rendimento de frutos de 50t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Em cultivos de alto rendimento (70t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) na América Central, a quantidade de nutrientes exportada com os frutos seria superior a 400kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K (LÓPEZ e ESPINOSA, 1995). Para os autores, a manutenção de rendimentos elevados ao longo do tempo, depende da reposição dos nutrientes exportados por meio de fertilizações. Neves et al. (1991), trabalhando com bananeira cv. Pacovan, registraram em uma plantação conduzida no sistema: mãe, filha e neta, que essa cultivar absorve 36,78kg t<sup>-1</sup> de frutos. Já Faria (1997) observou que a Prata-Anã extrai em média 21,5kg t<sup>-1</sup> de frutos.

Deve-se salientar que a biomassa da bananeira acumula grande quantidade de potássio além da elevada exportação desse nutriente com os frutos. O fato traz a luz dois aspectos importantes em relação à nutrição e a produção da bananeira, pois se pode associar a

exigência de K com a perenidade do cultivo, inferindo que, dependendo das reservas de K do solo, as plantações poderiam deixar de ser lucrativas em pouco tempo, devido ao esgotamento desse elemento causado pelo manejo inadequado da fertilização (TEIXEIRA et al., 2001a).

O potássio desempenha funções de equilíbrio iônico, permeabilidade celular, atividade enzimática, translocação de açúcares e atividade dos cloroplastos na fosforilação (LÓPEZ e ESPINOSA, 1995; MARSCHNER, 1995; EPSTEIN e BLOOM, 2006). Atuando como um osmo-regulador dissolvido no suco celular, sua acumulação cria um gradiente osmótico que permite o movimento de água, regulando a abertura e fechamento dos estômatos, exercendo um papel essencial na economia de água e na turgescência das células. No caso da bananeira, sua função está atrelada, principalmente, ao rendimento dos frutos (MARTIN-PRÉVEL, 1964; LAHAV e TURNER, 1983).

### **2.3 - Análise de custo na produção frutícola**

A utilização de estimativas de custos de produção na administração de empreendimentos agrícolas tem assumido importância crescente, quer na análise da eficiência da produção de determinada atividade, quer na análise de processos específicos de produção, os quais indicam o sucesso de determinada empresa no seu esforço em produzir (MARTIN et al., 1994; YAMAGUCHI, 2000). Deve-se acrescentar que o custo de produção é freqüentemente conceituado como somatório dos valores de todos os insumos e serviços empregados na produção de um bem (MATSUNAGA et al., 1976).

Baseando-se no conceito de custo operacional desenvolvido pelo Instituto de Economia Aplicada (MATSUNAGA et al., 1976), dados sobre o custo de produção na fruticultura têm sido utilizados para verificar como os recursos empregados no processo produtivo estão sendo remunerados, averiguar a rentabilidade da atividade frutícola, comparando-a a outra atividade, planejar e operacionalizar o sistema produtivo e servir como ferramenta na tomada de decisões seguras e corretas (ZONETTI et al., 2002; ALMEIDA et al., 2004; SILVA et al., 2004; SILVA, 2004; MELO et al., 2006a). Entretanto, são difíceis à quantificação e a avaliação de custos, além de apresentarem elevadas subjetividades, no que diz respeito à avaliação correta de bens produtivos, avaliação da vida útil dos bens, cálculo do custo de oportunidade, definição de prazos e dos parâmetros a serem considerados na comparação do retorno do capital (MARTIN et al., 1994). Os autores acrescentam que tais indicadores estão altamente relacionados ao nível tecnológico empregado.

### 3- MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização da área experimental

O trabalho foi realizado (novembro de 2003 a fevereiro de 2005) no Campus Experimental da Universidade Federal de Sergipe, localizado no município de São Cristóvão-SE, em solos de Tabuleiros Costeiros, cujas coordenadas geográficas são: latitude 10°19'S; longitude 36°39'O de Greenwich. A altitude é de 20m acima do nível médio do mar.

#### 3.2 Clima e solo

A região possui clima, de acordo com a classificação de Köppen, do tipo As', Tropical chuvoso com verão seco e pluviometria em torno de 1200mm anuais, com chuvas concentradas nos meses de abril a setembro. O relevo da área é plano à suave ondulado, com predominância de platôs característicos dos Tabuleiros Costeiros. O solo local é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico textura franco-arenosa (EMBRAPA, 1999), com as seguintes características físico-químicas (Tabela 1).

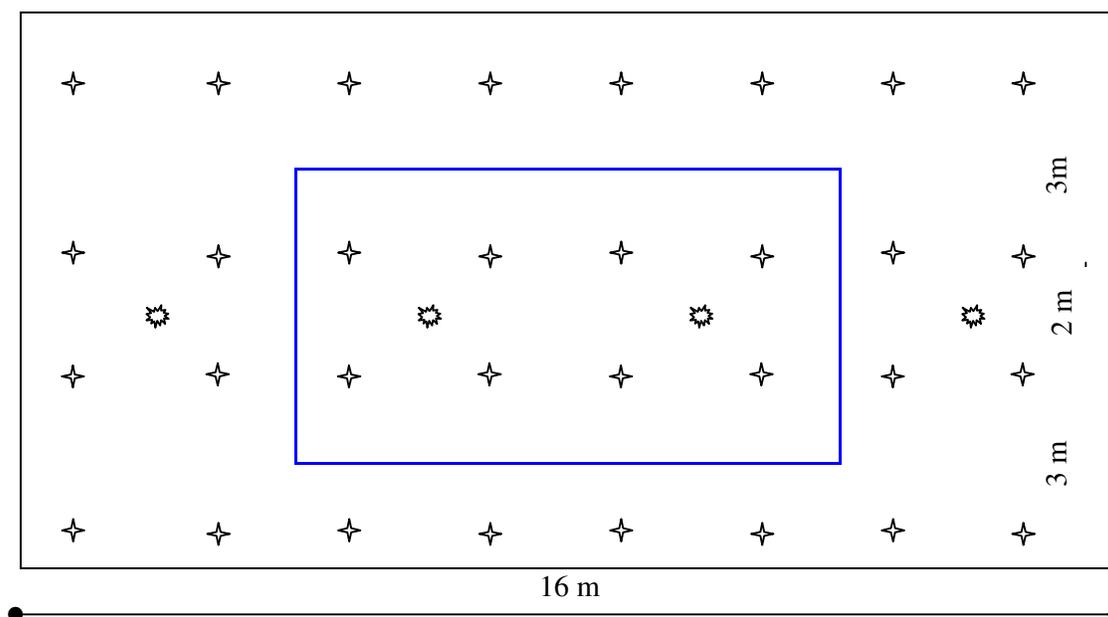
Na determinação da capacidade de campo *in situ*, foi selecionada uma área de 2m<sup>2</sup> próxima ao perfil do solo analisado. Ao redor da área foram abertos canais de profundidade que variavam com o perfil do solo, depois foi revestida nas laterais com lonas de polietileno, devolvida a terra e então levantados os diques a uma determinada altura suficiente para formar uma bacia. Posteriormente foi adicionada água até a saturação total do solo. Após a saturação do solo e a intervalos de tempo de 24 horas, durante quatro dias, coletou-se amostras, que foram acondicionadas em latas de alumínio, em triplicatas, por meio de tradagens em cada horizonte, para fins de determinação da umidade do solo. As análises físico-químicas foram realizadas no Instituto de Tecnologia e Pesquisa de Sergipe e no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe.

Tabela 1. Características físico-químicas do solo da área experimental.

Variáveis	Unidade	Valor
pH		5,2
P	mg dm <sup>-3</sup>	2,4
K <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	0,8
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	8,9
Al <sup>3+</sup>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	2
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	25,6
Na <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	0,55
V	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	42,47
CTC	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	44,5
M.O	dag.dm <sup>-3</sup>	2,1
Areia	g kg <sup>-1</sup>	632
Silte	g kg <sup>-1</sup>	296
Argila	g kg <sup>-1</sup>	72
Densidade do solo	kg dm <sup>-3</sup>	1,59
Capacidade de campo “ <i>in situ</i> ” (0,033MPa)	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,199
Ponto de murcha (1,5MPa)	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,033

### 3.3 Delineamento experimental

Foram testados dois fatores: nitrogênio (0; 350; 700 e 1050, em kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia) e potássio (0; 400; 800 e 1200, em kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio), no delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 4x4, resultando em 16 tratamentos com quatro repetições. A parcela foi constituída de 32 plantas, quatro fileiras de 8 plantas, ocupando uma área de 160m<sup>2</sup>. Foram consideradas como área útil as 8 plantas (40m<sup>2</sup>) no centro da parcela, conforme esquema na Figura 1. O experimento ocupou uma área total de 12.000m<sup>2</sup> (2.400 plantas).



Legenda	
□	Área total (10 m x 16 m)
□	Área útil (5 m x 8 m)
✦	Bananeira
⊛	Microaspersor

Figura 1. Croqui de uma parcela experimental da bananeira fertirrigada.

### 3.4 Implantação e manejo do experimento

#### 3.4.1 Cultivar

Foram utilizadas mudas de bananeira (*Musa* spp) cv. Prata-Anã (AAB) micropropagadas provenientes da Embrapa Mandioca e Fruticultura localizada no município de Cruz das Almas-BA.

### 3.4.2 Plantio e tratos culturais

Previamente ao plantio, foram realizadas análises físicas e químicas do solo da área experimental, base para as adubações de fundação e aplicação de corretivo, conforme as recomendações de Borges et al. (1997), bem como análise química da água quantificada no Instituto de Tecnologia e Pesquisa de Sergipe (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas da água utilizada nas irrigações.

Variáveis	Unidade	Valor
pH		5,2
Condutividade elétrica a 25 °C	dS m <sup>-1</sup>	0,068
R.A.S		1,52
Carbonatos, expressos em CO <sub>3</sub>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	Ausente
Sulfatos, expresso em SO <sub>4</sub>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	1,9
Cloretos, expresso em Cl <sup>-</sup>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	4,6
Cálcio, expresso em Ca <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	<0,2
Magnésio, expresso em Mg <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	2,1
Sódio, expresso em Na <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	5,0
Potássio, expresso em K <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	1,1
Classificação da água	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	

O preparo da área foi realizado por meio de aração e em seguida gradagem para incorporação do calcário a 20cm. O cálculo do corretivo foi baseado na análise química do solo, de modo elevar a saturação de bases a 70% (RAIJ, 1991). Utilizou-se calcário dolomítico na razão de 2,5t ha<sup>-1</sup>. Posteriormente, foi feito coveamento tratorizado por meio de broca helicoidal com 0,50m de diâmetro e 0,5m de profundidade.

A adubação de fundação foi executada com 300g de superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 60g de micronutrientes na forma de FTE-BR12 (9% Zn; 1,8% B; 0,85% Cu; 3% Fe; 2,1% Mn e 0,10% Mo), 200 g de calcário dolomítico e 10 litros de esterco bovino misturados ao solo 45 dias antes do plantio. Periodicamente a cada 60 dias após o transplantio (DAP), foram aplicados 10g de sulfato de zinco por planta via fertirrigação (MAIA et al., 2003).

O plantio foi realizado em fileira dupla no espaçamento de 3,00m x 2,0m x 2,0m, depois se realizou a irrigação de modo deixar o solo próximo à capacidade de campo.

Durante a condução do experimento, foi realizado desbaste, ou seja, a retirada dos filhotes mais jovens. Cada touceira teve apenas três plantas, sendo uma mãe (com cacho), uma filha e uma neta, evitando-se competição por água e nutrientes. Deve-se ressaltar que o desbaste total foi realizado até o sexto mês, momento que se selecionou a “filha” (Figura 2a). Acrescente-se que os restos culturais foram enleirados entre as fileiras de plantas servindo como cobertura morta (Figura 2b).

O controle de plantas invasoras foi realizado por meio de herbicida (Glifosato + 2,4-D), aproximadamente, a cada três meses conforme infestação da área. Concomitante, as desfolhas, a poda do coração (mangará) aproximadamente 0,15m de distância da última penca completamente formada e o manejo de pragas e doenças, como broca-do-rizoma (*Cosmopolites sordidus*) e sigatoka-amarela (*Mycosphaerella musicola*) respectivamente, foram realizados conforme preconizado por Moreira (1999).

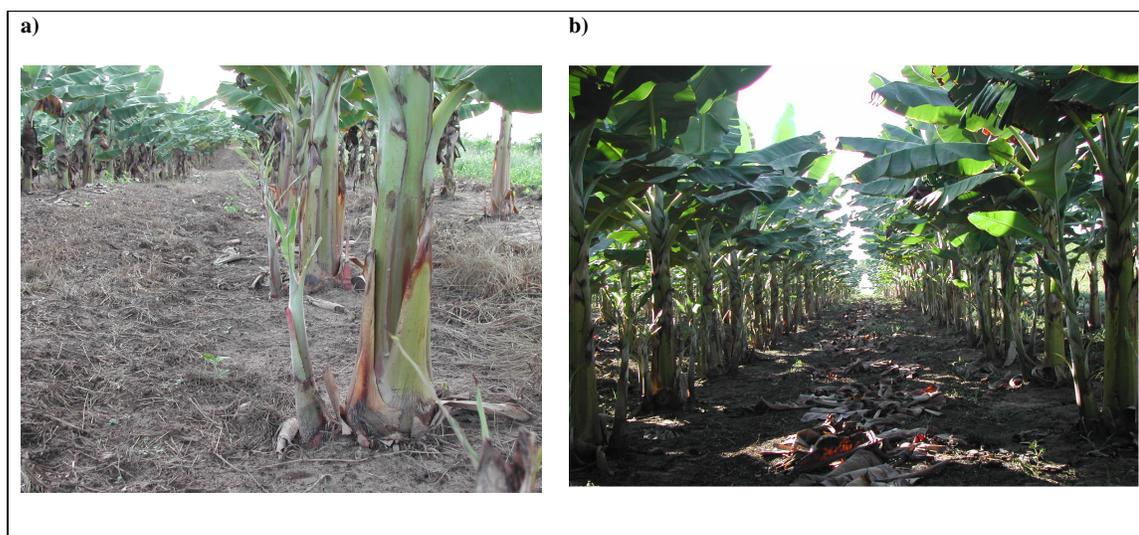


Figura 2. Detalhes do manejo das plantas, quanto à emissão do primeiro filhote (a) e dos restos culturais (b) do bananal fertirrigado no Campus Experimental da UFS.

Foto: A.S. de Melo

### 3.4.3 Manejo da irrigação e fertirrigação

A cultura da banana foi irrigada por meio de um sistema de microaspersão autocompensante com vazão nominal de  $1,94 \times 10^{-5} \text{m}^3 \text{s}^{-1}$  ( $70 \text{Lh}^{-1}$ ), pressão de serviço de 200kPa e raio de alcance de 3,0m. O sistema motobomba foi composto por uma bomba centrífuga de eixo horizontal (Schneider ME-1315), com potência de 1,1kw-h, multiestágio. A aplicação da água e o manejo da irrigação foram realizados com base no monitoramento climático de acordo com as equações 2, 3 e 4 (COELHO et al., 2000), sendo a evapotranspiração de referência calculada pelo modelo de Penman-Monteith padronizado por Allen et al. (1998). As variáveis meteorológicas foram obtidas por meio de uma estação agrometeorológica (Figura 3) automática METOS devidamente instalada próxima ao experimento. O coeficiente de cultura ( $K_c$ ) (Tabela 3) foi obtido em Coelho et al., (2000) e Maia et al., (2003).

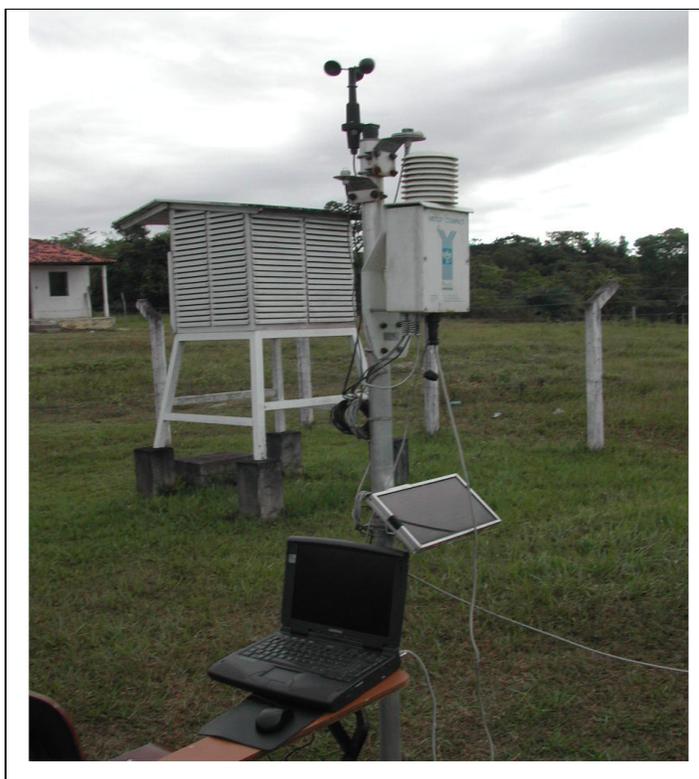


Figura 3 – Coleta de dados na estação Agrometeorológica automatizada do Campus Experimental da UFS para fins de irrigação.

Foto: A.S. de Melo

**a) Cálculo da ETo (Penman-Monteith)**

$$ETo = \frac{0,48\Delta(R_n - G) + \gamma \left( \frac{900U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad \text{Equação 1.}$$

Em que: ETo = Evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>); Rn = radiação líquida na superfície da cultura (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); G = fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); Δ = inclinação da curva pressão vapor versus temperatura do ar (kPa.°C<sup>-1</sup>); U<sub>2</sub> = velocidade do vento medida a dois metros de altura (m s<sup>-1</sup>); T = temperatura (°C); e<sub>s</sub> = pressão de saturação do vapor d'água (kPa); e<sub>a</sub> = pressão real do vapor d'água (kPa); γ = fator psicrométrico (MJ kg<sup>-1</sup>).

Tabela 3. Coeficiente de cultura da bananeira em regiões de clima tropical.

Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Fases	Rebroto				Floração						Colheita				
Kc	0,4	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,85	1,0	1,1	1,1	0,9	0,8	0,8	0,95	1,0

Fonte: Coelho et al., (2000) e Maia et al., (2003).

**b) Cálculo da lâmina bruta**

$$LB = \frac{ETo \cdot Kc \cdot Ks}{Ef} - Pe \quad \text{Equação 2}$$

Em que: LB = lâmina bruta (mm dia<sup>-1</sup>); ETo = evapotranspiração de referência segundo Penman-Monteith (mm dia<sup>-1</sup>); Kc = coeficiente de cultura (Tabela 2); Ks = percentagem de área molhada pelo emissor (0,65); Pe = precipitação ocorrida no período (mm); Ef = eficiência de irrigação (0,9).

**c) Cálculo da intensidade de irrigação (mm h<sup>-1</sup>)**

$$Ia = \frac{n \times v}{ec} \quad \text{Equação 3}$$

Em que: Ia = intensidade de aplicação (mm h<sup>-1</sup>); n = número de emissores por planta; v = vazão do emissor (L h<sup>-1</sup>); ec = área ocupado pela planta (m<sup>2</sup>).

#### d) Cálculo do tempo de irrigação diário (h)

$$T_i = \frac{LB}{I_a} \quad \text{Equação 4}$$

Em que:  $T_i$  = tempo de irrigação (h);  $LB$  = lâmina bruta ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $I_a$  = intensidade de aplicação ( $\text{mm h}^{-1}$ ).

Durante a execução do experimento, foram realizados testes de campo trimestralmente para verificação da uniformidade e eficiência do sistema de irrigação (FRIZZONE, 1992; BARRETO FILHO et al., 2000) onde eram selecionados três emissores testados em horário e situações reais de irrigação. Na determinação da vazão, utilizou-se balde de 20 litros onde foram coletados os volumes de água e, em seguida, medidos em uma proveta graduada de 1000 mL. Os volumes coletados eram posteriormente convertidos em vazões ( $\text{L h}^{-1}$ ), cujo resultado foi à média de 32 repetições por setor (16 setores coletados). O tempo de duração para cada coleta foi de 2 minutos, sendo realizada por meio de um cronômetro digital.

Paralelo às avaliações de vazões, foi medida pressão do sistema realizada por meio de um manômetro, graduado em kPa, localizado no cabeçal de distribuição, as medidas eram feitas no início e no final da coleta das vazões. Na avaliação da uniformidade, os dados de precipitação eram coletados em uma malha de 7m x 7m, e subdividida em 196 subáreas de 0,5 m x 0,5 m. Nestas avaliações, foram obtidos o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)=96,88%, a Uniformidade de Distribuição (UD)=94,13% e a Uniformidade de Vazão (UV)=93,23%. Tais valores denotam excelente qualidade da aplicação de água e fertilizantes em todos as dezesseis parcelas preconizadas.

As fertirrigações com nitrogênio e potássio, conforme cada parcela, foram aplicadas em frequência quinzenal (BORGES e COSTA, 2002) por meio do injetor do tipo Venturi com vazão calculada de  $100 \text{ Lh}^{-1}$ , ao longo do ciclo fenológico da cultura. Concomitantemente, foi monitorada a concentração de sais na entrada e na saída dos emissores, por meio da condutividade elétrica (CE), com uso de condutivímetro portátil. Já o acompanhamento da umidade no solo foi realizado por meio de tensiometria do tipo vacuômetro instalado em três profundidades (0,15m, 0,30m e 0,45m) (Figura 4) (COELHO et al. 2000; SOUSA et al., 2002).



Figura 4 – Detalhe dos tensiômetros instalados na parcela da bananeira fertirrigada no Campus Experimental da UFS.

Foto: A.S. Melo

### **3.5 Variáveis avaliadas**

#### **a) Atributos químicos do solo**

Ao final do primeiro ciclo da bananeira foram realizadas amostragens do solo nas profundidades 0-0,20 e 0,20-0,40m para determinações dos atributos químicos: pH, matéria orgânica, potássio, magnésio e cálcio (EMBRAPA, 1999). Em cada parcela foi obtida uma amostra composta a partir de três amostras simples, em cada profundidade amostrada. As amostras simples foram retiradas entre duas plantas úteis.

#### **b) Crescimento e desenvolvimento da planta**

Na avaliação do crescimento das plantas (Figura 5a e 5b) foram realizadas medições periódicas até a emissão da inflorescência. Contudo, a fitomassa seca da parte aérea (fitomassa das folhas + fitomassa do pseudocaule + fitomassa do cacho) foi quantificada no momento da colheita, objetivando analisar a partição de fitomassa seca. Para o pseudocaule, foram utilizadas amostras de 20cm de comprimento extraídas da base, do meio e do ápice.

Posteriormente, o material vegetal foi colocado na estufa a 100 °C até massa constante, para determinação da fitomassa seca.

### b.1) Taxa de crescimento absoluto e relativo

O ganho em altura de planta (ALTP) (cm) foi quantificado por meio de régua graduada em centímetros da base à extremidade do pseudocaule e o diâmetro do pseudocaule (DPC) (cm) a 30 cm do nível do solo, por meio de paquímetro (MOREIRA, 1999; BRASIL et al. 2000; BORGES et al., 2002), as quantificações foram feitas a cada dois meses.

As taxas de crescimento absoluto (TCA) e de crescimento relativo (TCR) da altura e diâmetro do pseudocaule foram estimadas pela relação apresentada em Benincasa (2003) e Floss (2004):

$$\text{i) } TCA = \frac{M2 - M1}{t2 - t1} \quad \text{Equação 5}$$

$$\text{ii) } TCR = \frac{\ln M2 - \ln M1}{t2 - t1} \quad \text{Equação 6}$$

Em que:  $M_1$  é a medida da altura ou diâmetro do pseudocaule na época um ( $t_1$ ) e  $M_2$  medida realizada em intervalos até a época da emissão da inflorescência ( $t_2$ ).



Figura 5. Avaliação da área foliar (a) e do diâmetro do pseudocaule (b) da bananeira, no Campus Experimental da UFS.

### **b.2) Área foliar (AF)**

A AF (m<sup>2</sup>) foi calculada conforme relação proposta por Moreira (1999).

$$AF (m^2) = LxCx0,80xN \quad \text{Equação 7}$$

Em que: L = Largura do limbo foliar (m); C = Comprimento do limbo foliar (m);

N = Número total de folhas; 0,8 = fator de correção.

### **b.3) Razão de área foliar (RAF)**

A RAF expressa a área foliar útil para a realização da fotossíntese e foi quantificada conforme Benincasa (2003) e Floss (2004):

$$RAF = \frac{AF}{FMSPAT} \quad \text{Equação 8}$$

Em que: RAF = razão de área foliar (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>); FMSPAT = fitomassa seca da parte aérea (g); AF – área foliar (cm<sup>2</sup>).

### **b.4) Área foliar específica (AFE)**

A AFE foi quantificada pela razão entre a área foliar e a fitomassa seca foliar (FLOSS, 2004). Ressalte-se que nessa determinação foram utilizadas amostras de 20 discos extraídos da parte central do limbo foliar, utilizando-se fazador de 9mm de diâmetro. Posteriormente, os discos foram colocados para secar em estufa de circulação de ar forçado à 60°C até massa constante, para determinação da fitomassa seca.

$$AFE = \frac{AF}{FMSDF} \quad \text{Equação 9}$$

Em que: AFE = área foliar específica (cm<sup>-2</sup> g); FMSDF = fitomassa seca dos discos foliares (g); AF = área foliar do disco (cm<sup>2</sup>).

### **b.5) Eficiência no uso da irradiação solar (ξ)**

A ξ foi quantificada pela expressão proposta por Figueiredo et al. (2005) e Fonseca et al. (2006):

$$\xi = \frac{FMSPAT}{RFAi} \quad \text{Equação 11}$$

$$RFA_i = \sum RFA \times (1 - e^{-k \times IAF}) \quad \text{Equação 12}$$

$$IAF = \frac{AF}{(E_1 \times E_2)} \quad \text{Equação 13}$$

Em que:  $\xi$  = eficiência no uso da irradiação solar ( $\text{g MJ}^{-1}$ ); FMSPAT = fitomassa seca da parte aérea total ( $\text{g m}^{-2}$ ); RFA<sub>i</sub> = radiação fotossinteticamente ativa interceptada ( $\text{MJ m}^{-2}$ ); RFA = radiação fotossinteticamente ativa ( $\text{MJ m}^{-2}$ ); IAF = índice de área foliar;  $E_1$  é o espaçamento entre plantas (m) e  $E_2$  o espaçamento entre linhas de plantio (m); k = coeficiente de extinção 0,6 (TURNER, 1994).

A RFA foi estimada utilizando os valores da irradiação solar global ( $R_s$ ) incidente, durante o período de cultivo, corrigidos pelo fator de correção ( $p=0,5$ ) (PEREIRA et al. 2002). Os dados da  $R_s$  foram coletados na estação Agrometeorológica automatizada próxima à área experimental.

### c) Comportamento fisiológico

#### c.1) Avaliação do estado nutricional

Na avaliação do estado nutricional dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), foram retiradas amostras da folha número três em cada planta útil no início do florescimento, ou seja, estágio de inflorescência recentemente lançada, ainda fechada e inclinada para baixo; coletou-se à parte interna do limbo, sem a nervura central (MARTIN-PRÉVEL, 1980). As análises químicas seguiram a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). O material, após secagem e moído, foi enviado para análise na Embrapa Tabuleiros Costeiros e na Universidade Federal de Lavras.

#### c.2) Concentração de clorofila e trocas gasosas

Imediatamente após as determinações do comportamento fisiológico, foram coletadas amostras foliares na parte central do limbo e, posteriormente, acondicionadas em caixa de isopor com gelo de modo diminuir o metabolismo das folhas. Esse material foi utilizado na quantificação da clorofila.

Os teores de clorofila *a* e *b* ( $\text{mg dm}^{-2}$ ) foram determinados no Laboratório de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Sergipe seguindo o método laboratorial

desenvolvido por Arnon (1949), por meio de amostras de 5 discos do limbo da folha 3. A partir dos extratos, determinou-se a concentração de clorofila (Ccl) nas soluções por meio do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância (A) (645 nm e 663 nm), por meio das equações:

$$Ccl_a (\mu\text{g mL}) = 12,7 A_{663 \text{ nm}} - 2,69 A_{645 \text{ nm}} \quad \text{Equação 14}$$

$$Ccl_b (\mu\text{g mL}) = 22,9 A_{645 \text{ nm}} - 4,68 A_{663 \text{ nm}} \quad \text{Equação 15}$$

$$Ccl\text{-total} (\mu\text{g mL}) = 20,2 A_{645 \text{ nm}} + 8,02 A_{663 \text{ nm}} \quad \text{Equação 16}$$

Posteriormente, os valores das concentrações de clorofila ( $\mu\text{g mL}$ ) no limbo foliar foram transformados para  $\text{mg dm}^{-2}$  de clorofila (ARNON, 1949).

Além disso, foram determinadas: taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $T$ ) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) na terceira folha contada a partir do ápice. De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência no uso da água (EUA) ( $A/T$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ ] e a eficiência instantânea da carboxilação  $\Phi_c$  ( $A/C_i$ ) (SCHOLES e HORTON, 1993; NEVES, et al., 2002; KONRAD et al., 2005; RIBEIRO, 2006), no estágio vegetativo. Nas leituras das trocas gasosas na folha 3, foi utilizado o LEDS (Ligth Emiting Diodes) fornecendo PAR de  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  por meio do equipamento portátil, modelo CIRAS-2, PPSystems Hitchin, UK (Figura 6), no mês de setembro de 2004 durante o período das 9 às 10 horas e 30 minutos.

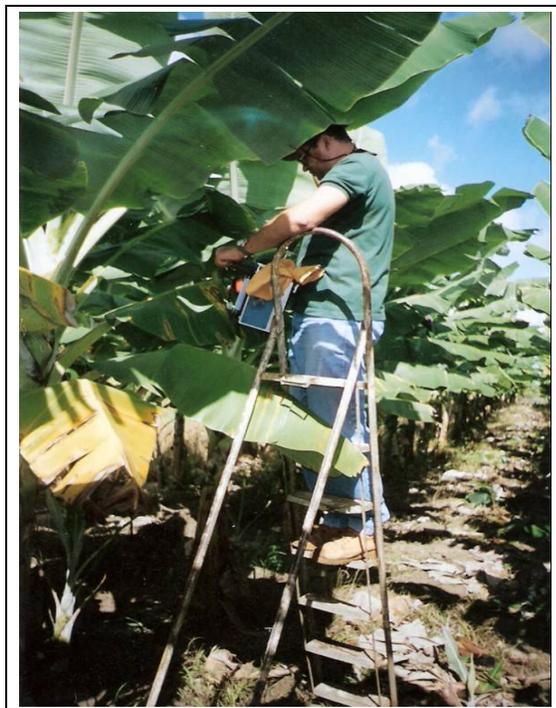


Figura 6. Ilustração da coleta de dados fisiológicos na bananeira fertirrigada no Campus Experimental da UFS.

Foto: A.S. de Melo

#### **d) Rendimento dos frutos – primeiro ciclo**

O período compreendido entre o plantio e a colheita do cacho foi quantificado (DAP) segundo a recomendação de Moreira, (1999), Brasil et al. (2000) e Borges et al., (2002). Quanto às variáveis de produção, foram coletados dados de número de pencas por cacho, número de bananas por penca, número de bananas por cacho e de massa do cacho ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) (Figura 7). De posse desses dados, foi estimado o rendimento ( $\text{t ha}^{-1}$ ), com base na massa e no número de frutos colhidos na área útil da parcela.



Figura 7 - Avaliação do rendimento da bananeira fertirrigada no Laboratório de Fitotecnia do Departamento de Engenharia Agrônômica da UFS>

Foto: A.S. de Melo

### e) Análise econômica

A partir da função de produção ( $Y(NK) = \beta_0 + \beta_1N_1 + \beta_2N_2^2 + \beta_3K_3 + \beta_4K_4^2 + \beta_5NK + e$ ) e do custo de produção (ALVAREZ, 1985; ZONETTI et al., 2002), foram calculados: a receita líquida, o preço de equilíbrio e o índice de lucratividade.

$$CP = Co + Cv = Co + Pi \times X \quad \text{Equação 17}$$

$$RL = Y \times Py - CP \quad \text{Equação 18}$$

$$PE = CP \div Y(NK) \quad \text{Equação 19}$$

$$IL = (RL \div RB) \times 100 \quad \text{Equação 20}$$

Em que: CP = custo de produção; Co = custos fixos; Cv = custos variáveis; X = doses dos insumos (uréia e cloreto de potássio); Pi = preço dos insumos (uréia e cloreto de potássio); Py = preço de venda da banana; RL = receita líquida; RB = receita bruta; PE = preço de equilíbrio; IL = índice de lucratividade.

A planilha de custos foi baseada no levantamento de preços de insumos e de frutos, fundamentando-se na atividade da Empresa Fruticultura São José LTDA localizada no Platô de Neópolis-SE e do mercado local. Ressalte-se que os principais mercados consumidores desse fruto são as CEASAS: Aracaju, Salvador e Recife.

### 3.6 Análise estatística

Os dados das variáveis respostas foram submetidos à análise de variância pelo teste F (Tabela 3), até 5% de significância e os respectivos modelos de regressão foram ajustados de acordo com o coeficiente de determinação até 5% de significância (STORCK et al., 2000), em seguida as variáveis foram relacionadas por meio de correlação linear de Pearson, utilizando-se os programas SAEG 9.0 e Table Curve 2D e 3D Jandel.

Tabela 4. Esquema da análise de variância.

Causa de variação	GL	QM	F( $\alpha$ )
Bloco	3	SQBloco/3	QMBloco/QMRes
Nitrogênio (N)	3	SQ(N)/3	QM(N)/QMRes
Potássio (K)	3	SQ(K)/3	QM(K)/QMRes
Nitrogênio x Potássio (N x K)	9	SQ(NxK)/9	QM(NxK)/QMRes
Resíduo	45	SQRes/45	
Total	63		

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Aspectos ambientais durante o período experimental

Considerando apenas o período experimental (novembro de 2003 a fevereiro de 2005), constatou-se que a temperatura máxima média foi de 29,8°C (Figura 8). Nos meses de julho e agosto, as temperaturas máximas de 27,7°C e 27,6°C, respectivamente, foram 2,1°C inferiores à temperatura máxima do período. Já a temperatura mínima média foi de 20,2°C, oscilando entre 19,8 a 18,6°C durante os meses de julho a agosto. Ressalte-se que a temperatura média do período foi de 25,7°C, próxima aos 24,9°C constatados no mês de setembro de 2004, época em que foram quantificadas as variáveis fisiológicas no campo.

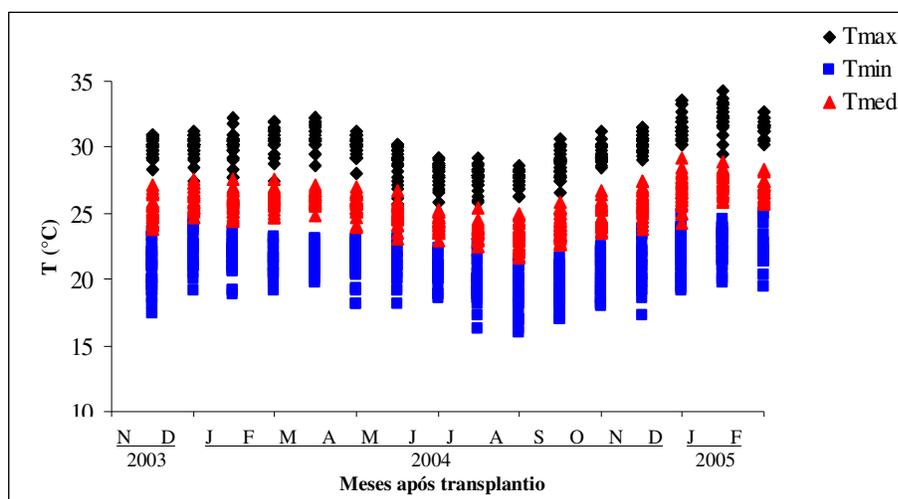


Figura 8. Temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental (novembro de 2003 a fevereiro de 2005) para a cultura da banana fertirrigada. Dados coletados na estação Agrometeorológica automatizada localizada no Campus Experimental da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

As condições térmicas observadas no Campus Experimental da UFS, localizado no município de São Cristóvão, estão dentro das preconizadas para a bananeira que requer temperaturas relativamente altas, podendo variar entre 20 a 30°C, com média em torno de 28°C (MOREIRA, 1999; CAYÓN SALINAS, 2004). Esses autores citam que a temperatura está diretamente correlacionada ao crescimento e desenvolvimento da cultura, por exercer efeito direto sobre a velocidade da maioria dos processos metabólicos, influenciando no ciclo vegetativo, na atividade fotossintética e respiratória.

O comportamento da umidade relativa do ar é ilustrado pela Figura 9, verificando-se variação sazonal entre 79,8% e 98,9%, com média de 89,7% no período estudado. Observou-se que a maior dispersão ocorreu entre os meses de dezembro de 2003 e março de 2004 e as menores entre maio de 2004 e julho de 2004, denotando a época chuvosa. Ressalte-se que estes valores estão na faixa indicada para o crescimento e desenvolvimento da bananeira (MOREIRA, 1999; CAYÓN SALINAS, 2004). O primeiro autor acrescenta que em regiões com umidade do ar de aproximadamente 80%, a bananeira se desenvolve muito bem. No entanto, é necessário salientar que sob essa condição, torna-se necessário um manejo fitossanitário cuidadoso, notadamente em pomar mal nutrido.

Para Cayón Salinas (2004), a umidade relativa do ar é um fator regulador das relações hídricas da planta. Em estudos realizados com a bananeira em condições controladas, o autor observou que a taxa fotossintética foi maior na presença de valores entre 54-61% e sem condição de estresse hídrico. No que se refere à transpiração e a condutância estomática, foi averiguado, em condições de baixa umidade, aumento significativo desses mecanismos.

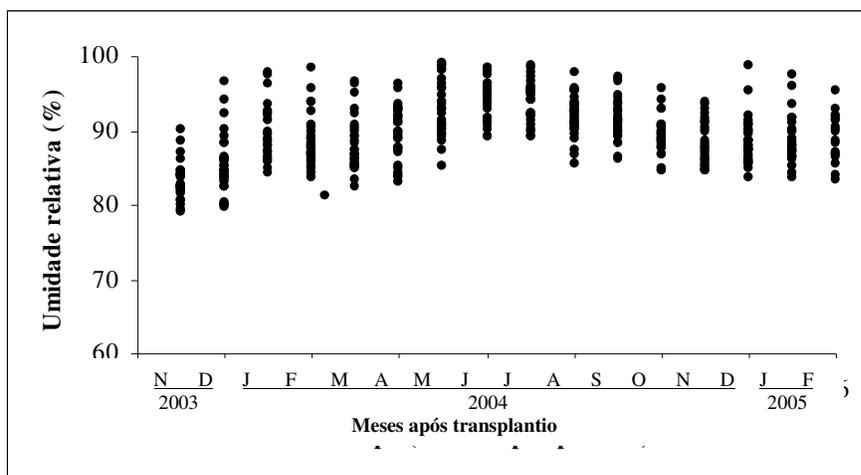


Figura 9 - Umidade relativa do ar durante o período experimental (novembro de 2003 a fevereiro de 2005) para a cultura da banana fertirrigada. Dados coletados na estação Agrometeorológica automatizada no Campus Experimental da UFS.

A irradiância solar incidente é ilustrada na Figura 10. Durante o experimento, o valor máximo observado foi de  $450\text{W m}^{-2}$ , aproximadamente, atingindo os menores valores ( $250\text{W m}^{-2}$ ) entre os meses de abril a agosto de 2004, refletindo a elevada nebulosidade sazonal (Figura 10). No primeiro ano de cultivo, a energia média acumulada foi de  $87.504,34\text{Wm}^{-2}$ ,

parâmetro ambiental imprescindível no metabolismo vegetal. Fonseca et al. (2006) salientam que a conversão dessa energia em biomassa vegetal depende da interação entre o vegetal e o ambiente, pois os processos fisiológicos são afetados pelas condições climáticas e edáficas.

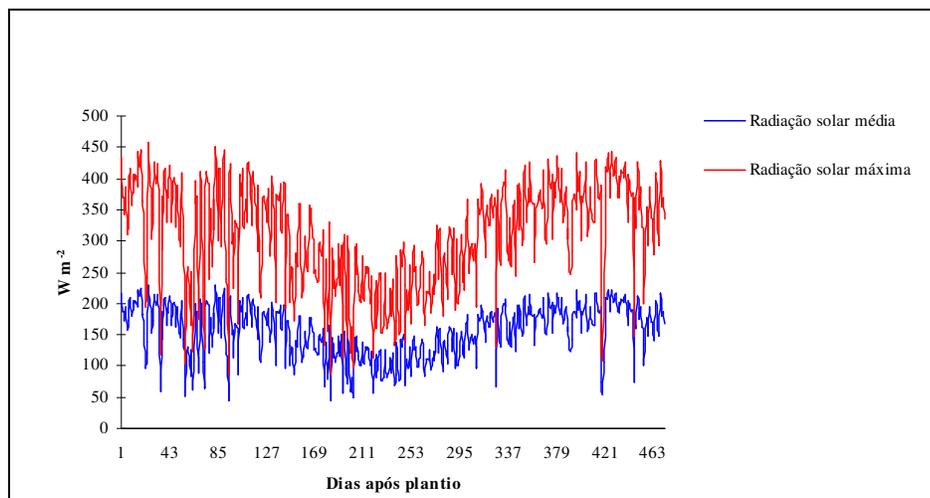


Figura 10 – Saldo da Irradiância incidente ( $\text{Wm}^{-2}$ ) durante o período experimental (novembro de 2003 a fevereiro de 2005). Dados coletados na estação Agrometeorológica automatizada localizada no Campus Experimental da UFS.

Os valores de incidência de luz constatados estão na faixa preconizada por Cayón Salinas (2004); este autor verificou que bananeiras expostas à radiação solar insuficiente, cresceram mais que aquelas expostas em maiores intensidades. No entanto, prolongaram o ciclo em três meses; sob baixa condição de luminosidade o cacho alcançou menor peso.

Em espécies de citros, Ribeiro (2006) detectou que a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) de  $600\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  promoveu o máximo de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $13\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e que a saturação luminosa ocorreu com DFFF entre  $600$  e  $800\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Para o autor, isso significa que em altos valores de DFFF, a atividade fotossintética é limitada não mais pelo transporte de elétrons e sim pela regeneração de ribulose-1,5-bifosfato, molécula na qual o  $\text{CO}_2$  é inicialmente incorporado.

Observa-se na Figura 11a a variação sazonal dos valores diários calculados da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) baseada em Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), bem como seu comportamento ao longo da condução do estudo. Semelhantes às variáveis ambientais, temperatura e irradiância, os menores valores da ET<sub>o</sub> ( $1,8\text{mm dia}^{-1}$ ) foram averiguados durante os meses de maio a junho, coincidindo com a emissão da inflorescência de algumas parcelas.

Durante a fase de pleno crescimento vegetativo, a ETo oscilou entre 2,5 a 4mm dia<sup>-1</sup>. Nos meses de novembro e dezembro de 2003, apesar da máxima ETo observada, houve precipitação (127,5mm) o que aumentou o índice de pega das mudas. Deve-se acrescentar que a maior demanda evaporativa do ar ocorreu durante os meses de novembro de 2003 a meados de abril de 2004 e de setembro de 2004 a fevereiro de 2005, potencializando a perda de água via transpiração. Saliente-se que o acompanhamento sistemático da ETo permitiu a adoção de irrigação e seu manejo, averiguando-se a estacionalidade na distribuição das chuvas e a necessidade hídrica da cultura.

Em relação ao regime de chuvas, os maiores volumes foram registrados entre os meses de maio e julho de 2004, alcançando valores superiores à 200mm (Figura 11b), acrescente-se que o volume anual de chuvas foi em torno de 1487mm. É bom frisar que a ocorrência de chuvas não determina a disponibilidade de água às plantas, sendo função da evapotranspiração potencial (RIBEIRO, 2006). Nesse sentido, a disponibilidade hídrica é determinada pelo regime térmico e hídrico do local, podendo ser avaliado pelo extrato hídrico climatológico ilustrado na Figura 11c. Nota-se que a deficiência hídrica maior que 20mm ocorreu durante os meses de janeiro, fevereiro até meados de abril de 2004 e a partir de decêndios de setembro de 2004 até a colheita das últimas parcelas. Entretanto, foram realizadas irrigações sistemáticas de modo que não faltasse água nas parcelas.

Em condições de deficiência de água no solo, a bananeira aumenta a resistência dos estômatos ao fluxo de água, reduzindo a taxa de transpiração. Nessas condições, ocorre o dobramento do limbo foliar ao longo da nervura central e, conseqüentemente, menor taxa de assimilação de dióxido de carbono (CHAMPION, 1975; JAIMEZ et al., 2005). Deve-se salientar que o suprimento de água, também, varia com o tipo de solo. Em solos com pouca capacidade de retenção, estima-se uma quantidade de 180mm mês<sup>-1</sup>, já naqueles com maior capacidade o limite seria 100mm mês<sup>-1</sup>, sendo a precipitação efetiva anual entre 1200 e 1800mm ano<sup>-1</sup> (MOREIRA, 1999). Conforme as informações desse último autor, as condições climáticas observadas na região onde foi realizado este trabalho, tornam a apta para o cultivo dessa fruteira. Cayón et al. (1998) e Jaimez et al. (2005) salientam que o consumo elevado de água pela bananeira se deve a presença de grande superfície foliar transpirante, onde a transpiração pode atingir valores entre 4 e 5,5mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, havendo necessidade de suplementação hídrica nos períodos de deficiência de água no solo.

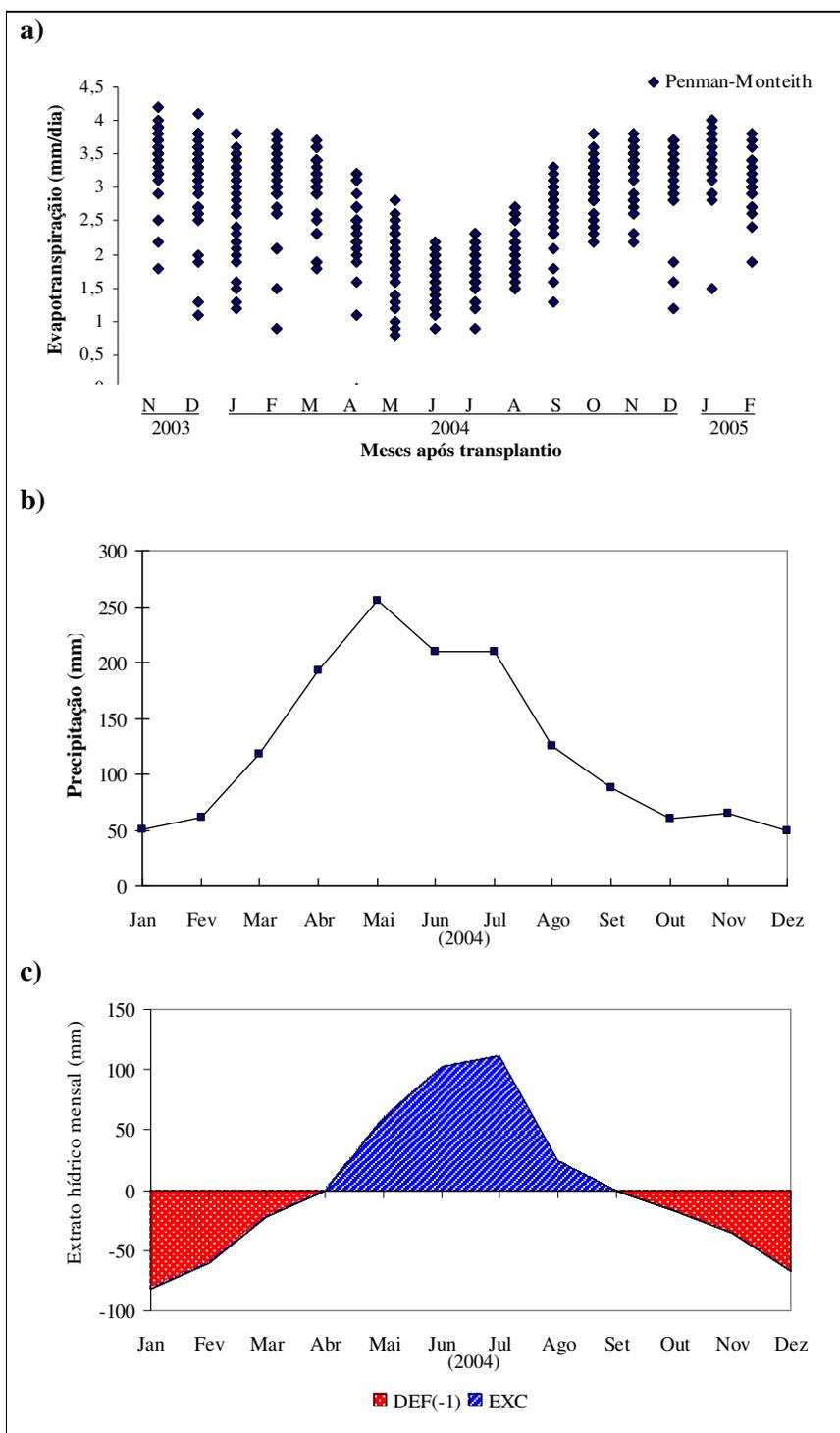


Figura 11-. Evapotranspiração **(a)**, precipitação **(b)** e balanço hídrico climatológico **(c)** ocorrido durante o período experimental (novembro de 2003 a fevereiro de 2005) para a cultura da banana fertirrigada. Os cálculos foram realizados a partir dos dados coletados na estação Agrometeorológica automatizada localizada no Campus Experimental da UFS.

#### 4.2 - Influência dos tratamentos nos atributos químicos do solo

A aplicação de fertilizantes no solo pode causar alterações desejáveis e indesejáveis em suas propriedades químicas (GUERRA, 2001; SILVA et al., 2001a e TEIXEIRA, 2000). O benefício é o aumento do teor de determinado nutriente no solo, possibilitando que a cultura manifeste todo o seu potencial produtivo. Desta forma, o efeito da fertirrigação com nitrogênio e potássio sobre alguns atributos químicos do solo cultivado com bananeira nos Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe foi quantificado por meio de amostragens nas fileiras de plantio, após a colheita do cacho nas suas respectivas parcelas.

Na Tabela 5 é apresentado o resumo da análise de variância do efeito de doses crescentes de nitrogênio e potássio sobre as alterações de pH, matéria orgânica (M.O),  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  trocáveis em duas profundidades do solo.

Constatou-se efeito isolado do nitrogênio, na forma de uréia, sobre o pH ( $p < 0,01$ ) nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm. Na Figura 12a é ilustrada a tendência linear decrescente do pH, atingindo valor mínimo de 5,06 quando se utilizou a maior dose de N. Nas parcelas que não receberam fertilização nitrogenada, o pH foi 5,6, maior que 5,2 observados antes da calagem. Analisando a Figura 12b, nota-se a acidez mais elevada, notadamente na maior dose de N ( $1050 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ). Mesmo assim, o decréscimo ocorrido na profundidade (20-40cm) foi de apenas 5%, aproximadamente, em comparação ao 9,64% constatado na camada de 0-20cm, no que tange as doses crescentes desse elemento. Além disso, averiguando a variação ( $\Delta \text{pH}_{(0-2 \text{ a } 20-40 \text{ cm})}$ ) na maior dose de N, a oscilação foi de 4,35% aproximadamente, levando a acreditar que houve pouca lixiviação do nitrogênio. Em estudos com bananeira, Teixeira (2000) e Guerra (2001), também, verificaram alterações no pH e que a acidificação se deveu a nitrificação que produzem  $H^+$  (SILVA et al., 2001). Esse processo pode ser reforçado pelo local da amostragem do solo próximo à concentração do sistema radicular que, devido à absorção de nutrientes, excreta  $H^+$  para manter o equilíbrio elétrico (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo: pH, matéria orgânica (M.O) ( $\text{g dm}^{-3}$ ), teores de potássio ( $\text{K}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) trocáveis ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), no primeiro ano de cultivo de bananeira sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros, em duas profundidades de amostragens.

F.V	GL	pH		M.O		QM K <sup>+</sup>		Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>	
		Prof <sub>1</sub>	Prof <sub>2</sub>	Prof <sub>1</sub>	Prof <sub>2</sub>	Prof <sub>1</sub>	Prof <sub>2</sub>	Prof <sub>1</sub>	Prof <sub>2</sub>	Prof <sub>1</sub>	Prof <sub>2</sub>
Bloco	3	0,243 <sup>ns</sup>	0,341 <sup>**</sup>	3,185 <sup>ns</sup>	3,681 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	4,318 <sup>ns</sup>	7,781 <sup>ns</sup>	2,872 <sup>ns</sup>	2,964 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	(3)	1,021 <sup>**</sup>	0,568 <sup>**</sup>	7,639 <sup>ns</sup>	9,965 <sup>ns</sup>	0,331 <sup>ns</sup>	0,013 <sup>ns</sup>	137,749 <sup>**</sup>	3,348 <sup>ns</sup>	5,557 <sup>ns</sup>	1,281 <sup>ns</sup>
Linear	1	2,926 <sup>**</sup>	1,396 <sup>**</sup>	2,244 <sup>ns</sup>	8,679 <sup>ns</sup>	0,249 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	385,222 <sup>**</sup>	4,403 <sup>ns</sup>	16,200 <sup>ns</sup>	2,586 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,031 <sup>ns</sup>	0,304 <sup>ns</sup>	20,025 <sup>ns</sup>	14,918 <sup>ns</sup>	0,427 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>	25,629 <sup>*</sup>	2,527 <sup>ns</sup>	0,360 <sup>ns</sup>	1,227 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,105 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,648 <sup>ns</sup>	6,300 <sup>ns</sup>	0,319 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	2,397 <sup>ns</sup>	3,115 <sup>ns</sup>	0,112 <sup>ns</sup>	0,022 <sup>ns</sup>
Potássio (K)	(3)	0,260 <sup>ns</sup>	0,121 <sup>ns</sup>	5,956 <sup>ns</sup>	1,447 <sup>ns</sup>	0,533 <sup>*</sup>	0,651 <sup>**</sup>	4,282 <sup>ns</sup>	5,569 <sup>ns</sup>	0,995 <sup>ns</sup>	1,281 <sup>ns</sup>
Linear	1	0,482 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	10,952 <sup>ns</sup>	2,432 <sup>ns</sup>	1,078 <sup>**</sup>	1,919 <sup>**</sup>	11,514 <sup>ns</sup>	1,768 <sup>ns</sup>	1,035 <sup>ns</sup>	3,452 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,090 <sup>ns</sup>	0,114 <sup>ns</sup>	1,562 <sup>ns</sup>	0,975 <sup>ns</sup>	0,223 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>	0,543 <sup>ns</sup>	6,768 <sup>ns</sup>	1,890 <sup>ns</sup>	0,218 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,298 <sup>ns</sup>	0,247 <sup>ns</sup>	5,356 <sup>ns</sup>	0,935 <sup>ns</sup>	0,300 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>	0,790 <sup>ns</sup>	8,061 <sup>ns</sup>	0,061 <sup>ns</sup>	0,175 <sup>ns</sup>
N x K	9	0,114 <sup>ns</sup>	0,072 <sup>ns</sup>	7,017 <sup>ns</sup>	3,598 <sup>ns</sup>	0,167 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>	19,711 <sup>**</sup>	11,056 <sup>ns</sup>	3,110 <sup>ns</sup>	0,753 <sup>ns</sup>
Resíduo	45	0,126	0,065	7,515	4,017	0,143	0,006	6,805	5,761	2,916	1,507
CV (%)		7,00	5,20	14,49	13,42	18,50	21,88	32,32	53,37	44,78	37,49

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo; Prof<sub>1</sub>= 0-20cm; Prof<sub>2</sub>= 20-40cm.

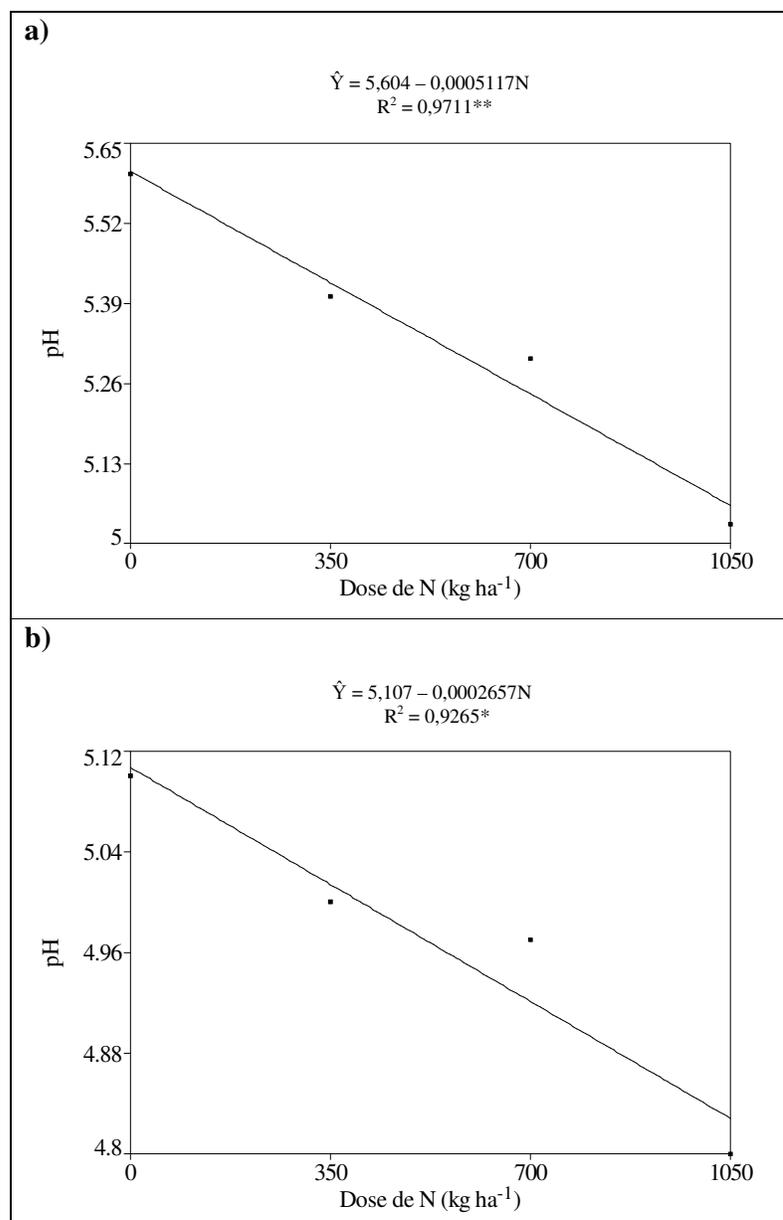


Figura 12 - Efeito de nitrogênio via fertirrigação sobre o pH nas profundidades (0-20cm) **(a)** e (20-40cm) **(b)**, em solo de Tabuleiros Costeiros cultivado com bananeira Prata-Anã.

No que se refere a M.O., apesar de não ter sido observado efeito significativo ( $p > 0,05$ ) nas amostragens (Tabela 5), o teor médio geral encontrado foi de  $18,92 \text{ g dm}^{-3}$  (0-20cm) com um decréscimo de aproximadamente 10% em relação ao teor inicial que era de  $21 \text{ g dm}^{-3}$ . Em condições de fertirrigação de alta frequência onde o solo é mantido úmido constantemente, a atividade microbiana é intensa favorecendo a mineralização da matéria orgânica (SILVA et al., 1999b; DUENHAS et al., 2002; SEVERINO et al., 2004). No

entanto, espera-se aumento desta característica em razão do aporte dos restos culturais depositados entre as ruas de plantio e ao passar do tempo às condições físicas, químicas e biológicas melhorem significativamente. Ressalte-se que o local de amostragem do solo realizado na linha de plantas contribuiu sobre o comportamento verificado no presente estudo

O efeito principal da fertirrigação potássica foi significativa ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ) sobre o teor  $K^+$  trocável nas profundidades 0-20cm e 20-40cm, respectivamente (Tabela 5). Não sendo verificada diferença estatística da fertilização nitrogenada e da interação  $N \times K$  sobre esse atributo. Na Figura 13 são ilustradas tendências dos teores de  $K^+$  nas camadas do solo e a variação ocorrida entre as épocas de amostragens. Vê-se na Figura 13a o teor de  $K^+$  na camada de 0-20cm, evidenciando crescimento linear nas doses estudadas, destacando-se que na aplicação de  $1200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $K_2O$ , o teor de  $K^+$  estimado foi de  $2,12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Ao passo que na camada de 20-40cm o valor médio foi de  $0,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Figura 13b), apresentando uma diferença expressiva. Também trabalhando com bananeira, Guerra (2004) verificou que aplicações sucessivas de adubações potássicas, via fertirrigação, propiciaram acúmulo de potássio, notadamente, na camada superficial.

Observa-se na Figura 13c que a aplicação do adubo potássico promoveu incremento de  $1,14 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  nos primeiros 20cm, em relação ao teor inicial deste nutriente. O valor constatado foi bem inferior aos  $11 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  observados em dois períodos de cultivo por Teixeira et al. (2001a), devendo-se ressaltar que essa diferença pode ser atribuída à alta capacidade de troca de cátions do solo estudado por aqueles autores. A dose mínima que manteria inalterado o teor de K nesta camada, em comparação à amostragem inicial, seria de  $43 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de potássio.

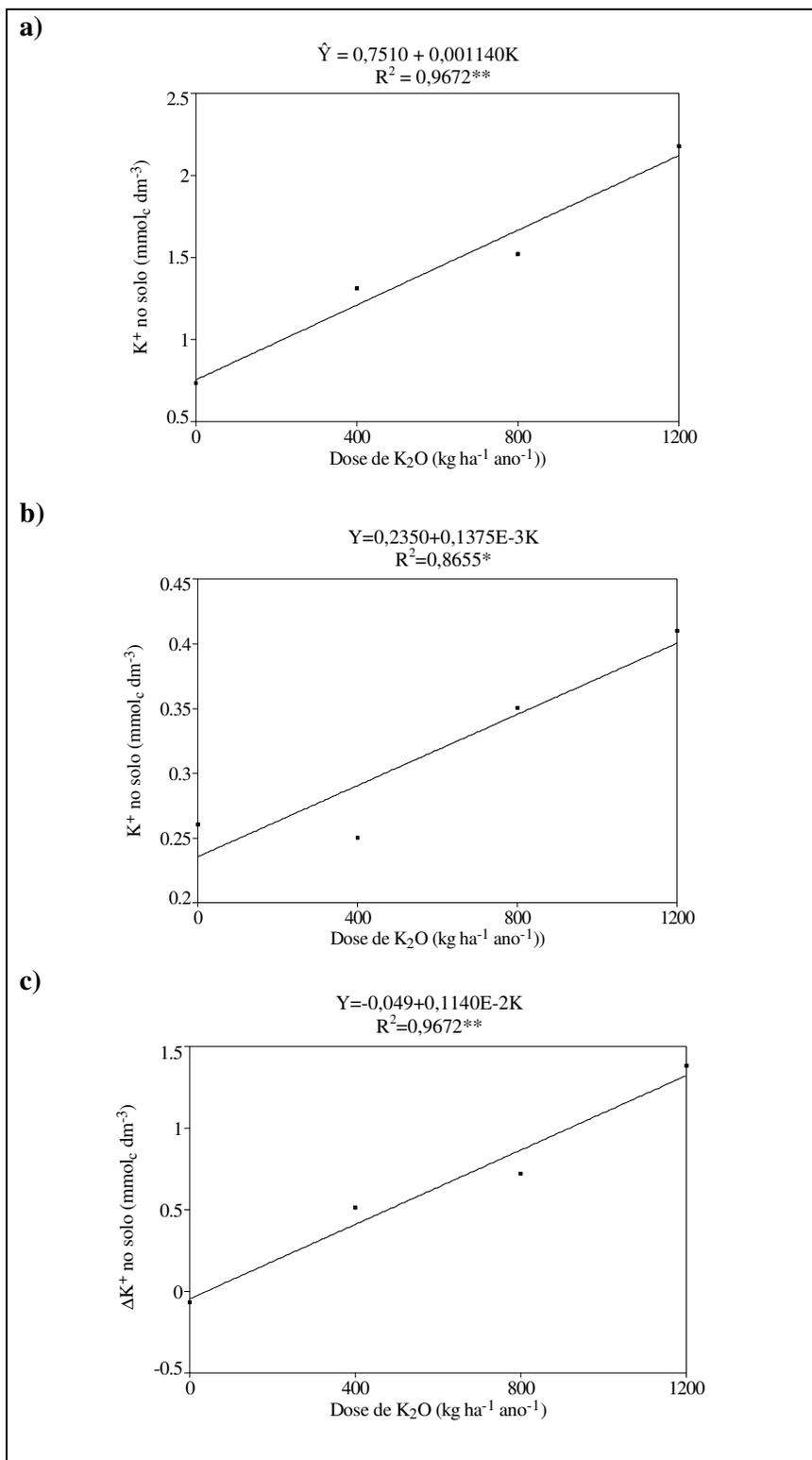


Figura 13 - Efeito de potássio via fertirrigação sobre o  $K^+$  trocável nas profundidades (0-20cm) **(a)** e (20-40cm) **(b)** e da variação ( $\Delta K^+$ ) (inical-final) **(c)**, em solo de Tabuleiros Costeiros cultivado com bananeira Prata-Anã.

Evidencia-se na Tabela 5 que o teor de cálcio variou significativamente ( $p < 0,01$ ) na presença de nitrogênio, somente na amostragem de 0-20cm, corroborando com Teixeira (2000). Apesar de não ter sido observado efeito principal significativo ( $p > 0,05$ ) das doses de potássio sobre esse atributo do solo, a interação entre N e K foi significativa ( $p < 0,01$ ). A Figura 14 ilustra as tendências decrescentes dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  trocável em função das doses crescentes de nitrogênio dentro de cada nível de potássio.

Analisando a Figura 14a, observa-se que na ausência das adubações potássica e nitrogenada o valor de cálcio foi de  $16,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , ao passo que na máxima adubação nitrogenada foi de  $8,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , apresentando uma variação de 48,50%. Na combinação das doses de N ( $350, 700$  e  $1050 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) dentro de  $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de K (Figura 14b), verificaram-se os teores de  $7,9; 7,4$  e  $7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , indicando decréscimos na ordem de 4,82; 10,84 e 15,66% em comparação aos  $8,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente. Segundo Raji et al. (1996), o teor médio estimado de  $\text{Ca}^{2+}$  ( $7,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) no presente trabalho é considerado um valor baixo.

Foi observada uma depleção abrupta do teor de cálcio a partir da dose de  $350 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N, onde o valor estimado foi de  $7,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , atingindo  $5,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na dose máxima de N (Figura 14c). Já na Figura 14d, a redução mais intensa foi na adubação nitrogenada de  $970 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  que causou ponto de mínimo de  $2,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . As maiores reduções desse nutriente podem ser atribuídas às maiores extrações pela bananeira, tendendo ao esgotamento e, conseqüentemente, maior acidificação em face da remoção de bases da superfície dos colóides do solo. De acordo com Silva et al. (2001a), o uso de fertilizantes via fertirrigação deve ser criterioso, principalmente em relação ao potássio, porque pode resultar em alta saturação do K no complexo coloidal do solo causando desequilíbrio iônico. Foloni e Rosolem (2006) ressaltam que a adubação nitrogenada intensifica a solubilização de carbonatos para que ocorra o restabelecimento do equilíbrio eletroquímico, embora possa promover, em determinadas condições, a movimentação descendente dos cátions básicos no perfil do solo. Os mesmos autores, observaram que as alterações na concentração do  $\text{Ca}^{2+}$  ocorreram apenas nos primeiros 10cm de profundidade em resposta à aplicação de adubo nitrogenado.

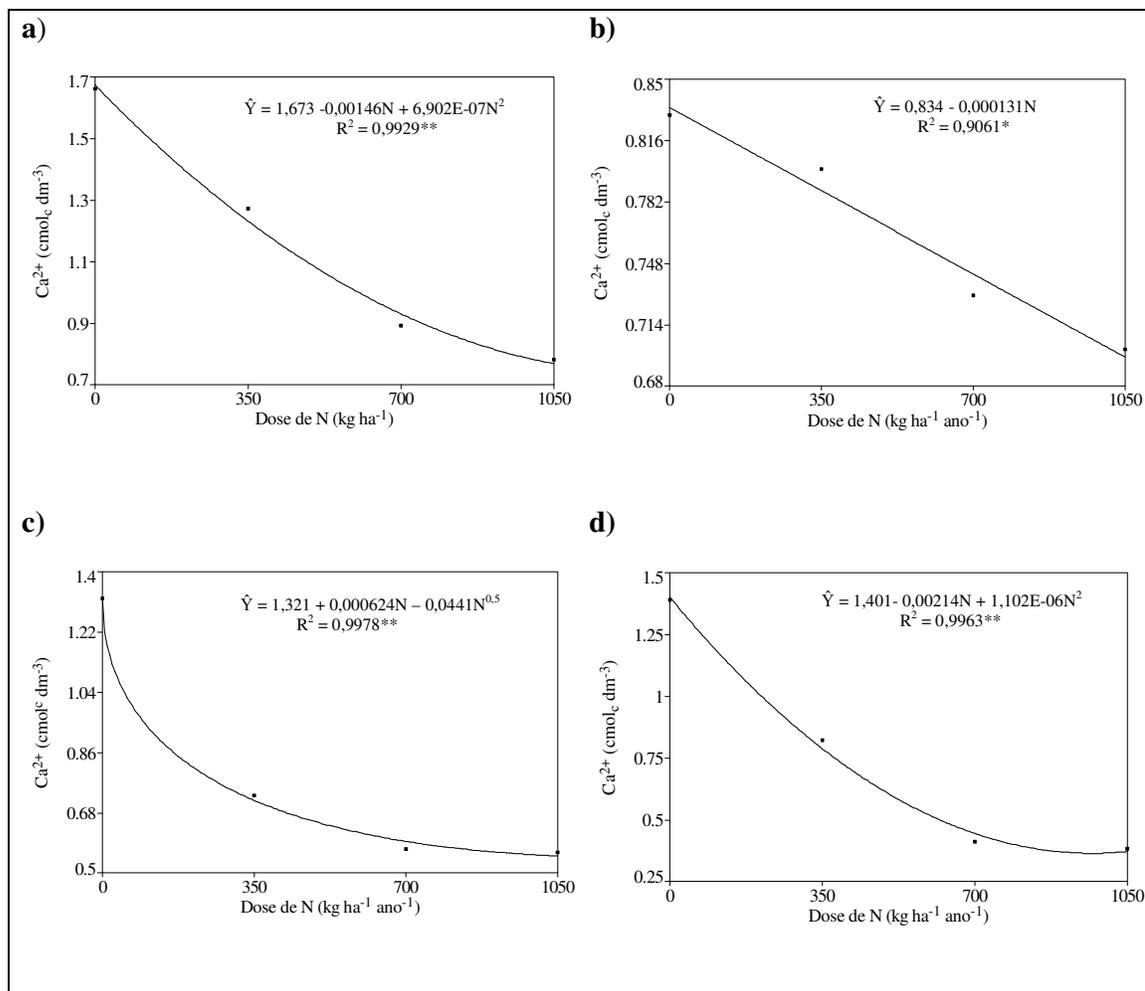


Figura 14 - Efeito de nitrogênio dentro das doses de  $\text{K}_2\text{O}$  (0 (a); 400 (b); 800 (c) e 1200 (d) kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) via fertirrigação sobre o teor de  $\text{Ca}^{2+}$  na profundidade (0-20cm), em solo de Tabuleiros Costeiros cultivado com bananeira Prata-Anã.

A fertirrigação com nitrogênio e potássio não promoveu efeito significativo ( $p > 0,05$ ) sobre o teor de  $\text{Mg}^{2+}$  trocável, em ambas profundidades (Tabela 5), verificando-se grande variabilidade dessa característica nas parcelas amostradas. Contudo, comparando o teor médio de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  inicial que era de 8,9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> com 11,88 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> do final do experimento (0-20cm) houve um incremento de 33,48%, o que pode ser creditado à calagem. Além disso, analisando-se o balanço  $\text{K}^+/\text{Mg}^{2+}$  em função da adubação potássica, constatou-se relação catiônica entre 0,27 a 0,41 que é considerada adequada para que não ocorra o azul da bananeira (BOLAÑOS et al., 2002; BORGES, 2004). Conforme o segundo autor, uma relação superior a 0,6 indica excesso de K, enquanto inferior a 0,2 infere deficiência deste elemento no solo.

### 4.3- Aspectos morfofisiológicos e rendimento da bananeira

#### 4.3.1 Altura de planta

Verifica-se na Tabela 6 que o nitrogênio e o potássio não exerceram influências significativas ( $p>0,05$ ) sobre a ALTP até os 120 DAT. No entanto, nas avaliações aos 180 DAT e aos 240 DAT foram observadas interações significativas ( $p<0,05$ ), ao passo que na época da colheita do cacho o efeito da interação N x K foi de ( $p<0,01$ ). As tendências dessa variável, em épocas distintas, são ilustradas na Figura 15.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância da variável altura de planta: aos quatro meses (ALTP<sub>4</sub>), aos seis meses (ALTP<sub>6</sub>) e aos oito meses (ALTP<sub>8</sub>) após o transplântio e no final do 1º ciclo da bananeira (ALTPFinal) cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

F.V	G.L	Altura de planta (cm)			
		QM			
		ALTP <sub>4</sub>	ALTP <sub>6</sub>	ALTP <sub>8</sub>	ALTPFinal
Bloco	3	88,4452*	105,8427*	326,9636*	63,0198 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	(3)	36,5494 <sup>ns</sup>	6508,586**	7786,470**	7871,53**
Linear	1	20,3616 <sup>ns</sup>	14343,14**	21337,76**	20684,51**
Quadrático	1	88,6422 <sup>ns</sup>	4988,708**	1886,816**	2775,31**
Cúbico	1	0,6440 <sup>ns</sup>	193,9108*	134,8362 <sup>ns</sup>	154,7766*
Potássio (K)	(3)	73,2915 <sup>ns</sup>	602,8068**	1469,553**	1373,02**
Linear	1	117,928 <sup>ns</sup>	1316,420**	3995,116**	3388,39**
Quadrático	1	33,2929 <sup>ns</sup>	435,9415**	413,1056*	677,235**
Cúbico	1	68,6536 <sup>ns</sup>	56,05916 <sup>ns</sup>	0,438080 <sup>ns</sup>	53,4399 <sup>ns</sup>
N x K	9	31,0552 <sup>ns</sup>	75,6316*	170,8385*	153,1932**
Resíduo	45	30,9553	35,81046	81,7409	31,9659
CV(%)		9,62	5,36	5,96	3,23

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo teste F; ns: não significativo ( $p>0,05$ ).

Observa-se na Figura 15a, que as plantas de bananeiras aos 180 DAT apresentaram respostas positivas as doses crescentes de nitrogênio e potássio. Analisando o efeito isolado de N, a altura máxima alcançada aos 180 DAT foi de 117,93cm na dose de 359,54kg ha<sup>-1</sup>. Comparando o valor de 74,56cm das plantas que não receberam adubações nitrogenadas e potássicas com o máximo estimado de N, constatou-se um incremento de 58,17%.

A bananeira cv. Prata-Anã respondeu também de forma quadrática à adubação potássica para ALTP<sub>6</sub>, com altura máxima de 86,06cm na dose de 304,26kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 15a). Estima-se que na dose de 304,26kg ha<sup>-1</sup>, ocorreu um ganho em altura de aproximadamente 15,46% em relação às parcelas não fertilizadas com nitrogênio e potássio. Deve-se ressaltar que além dos efeitos isolados, houve efeito significativo da interação N x K e por meio da derivada parcial, obteve-se altura máxima de 134,11cm na combinação de 380 kg ha<sup>-1</sup> de N e 362 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com ganhos da ordem de 79,21% em relação aos analisados isoladamente.

Aos 240 DAT, a altura máxima foi de aproximadamente 187cm na combinação de 632,4kg ha<sup>-1</sup> de N e 840kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 15b). Enquanto no momento da colheita do cacho, a altura obtida foi de 209cm nas dosagens estimadas de 850kg ha<sup>-1</sup> de N e 952kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 15c). Pode-se observar que aos 240 DAT, as plantas que receberam a fertirrigação conjuntamente de nitrogênio e potássio apresentaram acréscimos de 69,62% e no final do primeiro ciclo de 52,78%, ambos relacionados àquelas que não receberam fertirrigação.

Analisando-se o comportamento da altura de planta ao longo do primeiro ciclo (Figura 15d), foi possível estimar a taxa de crescimento relativo (TCR) como índice de eficiência na produção vegetal. Verifica-se que a bananeira teve crescimento lento até aproximadamente os 60 DAT (0,006cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) devido às plantas gastarem grande parte da energia para fixação ao solo, notadamente, no período de adaptação da cultura no campo. Já aos 120 DAT, constatou-se uma taxa de 0,0162cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, aos 180 DAT de 0,0144cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e aos 240 DAT de 0,005cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, indicando que as plantas tiveram rápido crescimento a partir de 120 DAT até 240 DAT, mantendo pequeno acréscimo na TCR até a avaliação realizada aos 390 DAT (0,0007cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), onde mais de 80% das parcelas tinham emitido os cachos, indicando a paralisação do ganho em altura. Deve-se salientar que aos 120 DAT, a bananeira tinha 27,63% da altura máxima estimada, aos 180 DAT 64% e aos 240 DAT 89,56%. Este comportamento se assemelha ao encontrado por Pereira et al. (2000) analisando a cv. “Prata-Anã” sob irrigação em diferentes espaçamentos no norte de Minas Gerais, ficando próximo ao relatado por Silva et al. (2003a) estudando vários genótipos em diferentes ambientes.

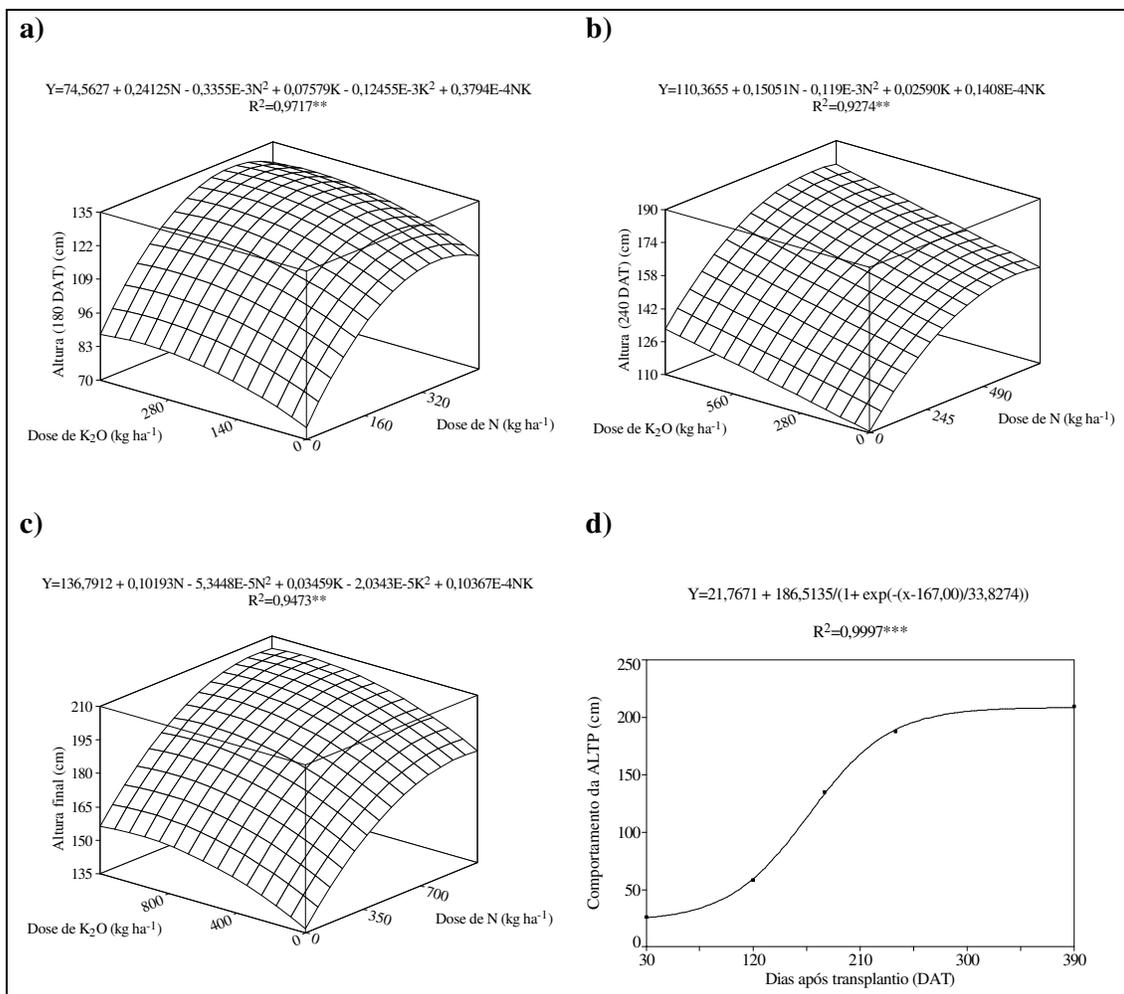


Figura 15– Efeito combinado de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, sobre a altura da planta (ALTP): aos seis meses **(a)**, aos oito meses **(b)**, no momento da colheita do cacho **(c)** e comportamento estimado da altura **(d)**<sup>1</sup> da bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

Brasil et al. (2000), estudando N e K sobre o crescimento da bananeira cv. “Pioneira”, observaram que somente o nitrogênio promoveu efeitos significativos na variável altura até 240 DAT. Os autores mencionaram que a não ocorrência do efeito do potássio indicou a utilização das reservas do solo para suprir as exigências nutricionais durante essa fase. Teixeira (2000) constatou efeito isolado do potássio sobre o comprimento do pseudocaule da cv. “Nanicão”, obtendo-se o máximo de 230cm na dose 628kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Melo et al. (2006b), trabalhando com a cv. “Grand Naine”, constataram efeito significativo da interação N x K; estes autores verificaram comprimento máximo do pseudocaule de 256cm na combinação de 400kg ha<sup>-1</sup> de N e 600kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Conforme diversos autores (LAHAV e TURNER, 1983; SOTO BALLASTERO, 1992; BRASIL et al., 2000; BORGES et al., 2006a), o nitrogênio é muito importante para a cultura por atuar diretamente no crescimento em altura das plantas, notadamente quando o meristema encontra-se em plena fase de desenvolvimento. Isso acontece porque o N atua na síntese de proteínas necessárias ao processo de divisão celular (REDINBAUGH e CAMPBELL, 1991). Na ausência desse nutriente, ocorre clorose nas folhas mais velhas com marcante diminuição do crescimento da bananeira e que a assimilação do potássio está inteiramente ligada à do nitrogênio, havendo uma relação específica entre eles, que varia de acordo com diversos fatores: tipo de solo, clima e cultivar (MOREIRA, 1999). A assertiva corrobora os resultados encontrados no presente trabalho, pois os maiores incrementos foram verificados na presença conjunta de nitrogênio e potássio ao longo do ciclo vegetativo.

#### 4.3.2 Diâmetro do pseudocaule

A análise de variância revelou que houve efeito significativo das doses crescentes do nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação sobre o diâmetro do pseudocaule (DPC) nas épocas distintas (Tabela 7). Deve-se salientar que somente aos 120 DAT não houve efeito principal do potássio, no entanto verificou-se efeito significativo da interação N x K ( $p < 0,01$ ). Desse modo, para essa época, foi desdobrado o efeito da fertirrigação nitrogenada dentro das doses potássicas.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância da variável diâmetro do pseudocaule: aos quatro meses (DPC<sub>4</sub>), aos seis meses (DPC<sub>6</sub>), aos oito meses (DPC<sub>8</sub>) após o transplântio e no final do 1º ciclo da bananeira (DPCFinal) cv. “Prata-Anã” sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

F.V	G.L	Diâmetro do pseudocaule (cm)			
		QM			
		DPC <sub>4</sub>	DPC <sub>6</sub>	DPC <sub>8</sub>	DPCFinal
Bloco	3	0,5418 <sup>ns</sup>	1,8174 <sup>*</sup>	2,6184 <sup>ns</sup>	0,1530 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	(3)	0,9519 <sup>**</sup>	27,4246 <sup>**</sup>	73,9122 <sup>**</sup>	41,5197 <sup>**</sup>
Linear	1	0,0477 <sup>ns</sup>	58,5996 <sup>**</sup>	186,4531 <sup>**</sup>	72,7425 <sup>**</sup>
Quadrático	1	2,6446 <sup>**</sup>	23,2730 <sup>**</sup>	35,2836 <sup>**</sup>	40,3066 <sup>**</sup>
Cúbico	1	0,1633 <sup>ns</sup>	0,3973 <sup>ns</sup>	0,80E-4 <sup>ns</sup>	11,5102 <sup>**</sup>
Potássio (K)	(3)	0,0619 <sup>ns</sup>	2,5806 <sup>*</sup>	10,7424 <sup>**</sup>	11,9320 <sup>**</sup>
Linear	1	0,1492 <sup>ns</sup>	6,6545 <sup>**</sup>	25,4947 <sup>**</sup>	28,2565 <sup>**</sup>
Quadrático	1	0,0024 <sup>ns</sup>	1,0407 <sup>ns</sup>	6,9779 <sup>ns</sup>	7,5007 <sup>**</sup>
Cúbico	1	0,0314 <sup>ns</sup>	0,4642E-1 <sup>ns</sup>	0,2453ns	0,3894E-1 <sup>ns</sup>
N x K	9	0,8939 <sup>**</sup>	1,5300 <sup>*</sup>	3,5373 <sup>*</sup>	1,2704 <sup>*</sup>
Resíduo	45	0,1906	0,6245	1,7187	0,4994
CV(%)		7,13	7,59	9,02	3,97

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo teste F; ns: não significativo

Até os 120 DAT, quando se utilizou apenas nitrogênio na forma de uréia via fertirrigação, o diâmetro máximo do pseudocaule foi de 6,47cm alcançado na dose de 172,79kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 16a). Já na Figura 16b, quando as plantas receberam 60kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 70kg ha<sup>-1</sup> de N, o DPC máximo foi de 6,59cm mantendo-se praticamente constante nas demais doses de N. Esse comportamento revela economia de aproximadamente 102,9kg de N. Ao passo que na dose de 120kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, foram necessários 156,79kg ha<sup>-1</sup> de N para se atingir 6,83cm (Figura 16c), evidenciando dispêndio de fertilizantes para incremento de apenas 3,64% no DPC na variação equivalente de 60kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e de 87kg ha<sup>-1</sup> de N, aproximadamente. Os resultados verificados nessa época reforçam a importância da nutrição equilibrada desses nutrientes na bananicultura, visando otimização do crescimento da planta e do custo de insumos.

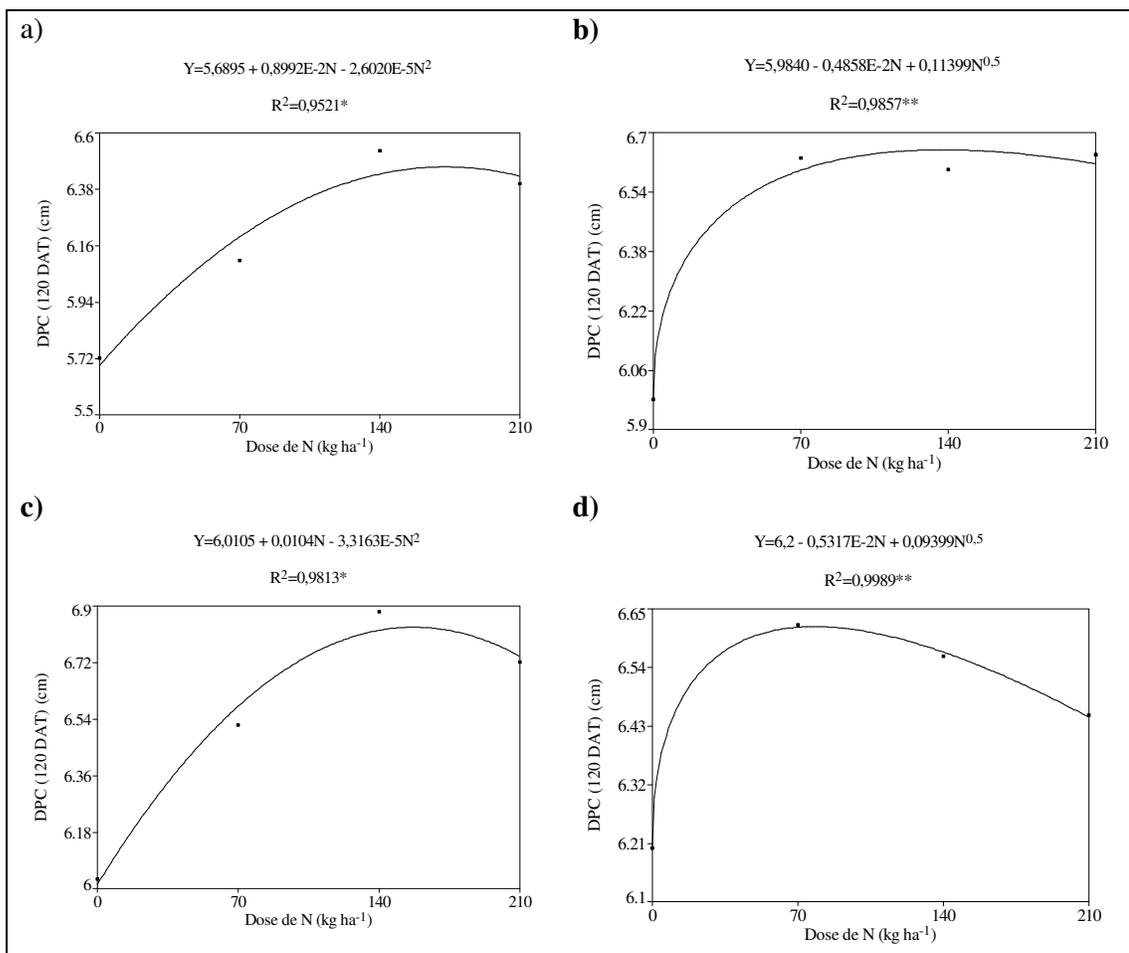


Figura 16 - Efeito de nitrogênio dentro das doses de K<sub>2</sub>O (0 **(a)**; 60 **(b)**; 120 **(c)** e 180 **(d)** kg ha<sup>-1</sup>), via fertirrigação, sobre o diâmetro do pseudocaule (DPC) aos quatro meses após o transplântio da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

Na avaliação aos 180 DAT (Figura 17a), verificou-se efeito linear crescente do potássio, quadrática do nitrogênio e linear crescente da interação N x K. O diâmetro máximo estimado foi de 11,77cm quando fertirrigado com 333,4kg ha<sup>-1</sup> de N e 420kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Pelo modelo de regressão, pode-se inferir que houve incremento no DPC de 46,11% em relação às parcelas sem fertirrigação.

Na Figura 17b é ilustrada a tendência aos 240 DAT, onde se verificou que o DPC máximo estimado foi de aproximadamente 17,5cm obtido na combinação de 707kg ha<sup>-1</sup> de N e 750kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; enquanto na última avaliação (Figura 17c), o valor encontrado foi de 21,78cm na fertirrigação com 998kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 836kg ha<sup>-1</sup> de N, aproximadamente. Comparando-se os resultados de crescimento dessas avaliações, aos 240 DAT as bananeiras já tinham atingido cerca de 80,35% do seu diâmetro.

Alguns resultados do efeito de N e K sobre variável DPC da bananeira apresentados na literatura são contraditórios, mostrando ausência da resposta de K (BRASIL et al., 2000; GOMES, 2004). No trabalho de Brasil et al. (2000) foi observado somente efeito significativo da adubação nitrogenada, constatando-se valor médio de 14,17cm na dose de 110g planta<sup>-1</sup>, o que corresponde a 183,33kg ha<sup>-1</sup>, na densidade utilizada por esse autor. Ou respostas positivas da interação N x K (MELO et al., 2006b), em que o DPC máximo de 20cm foi alcançado na combinação de 400kg ha<sup>-1</sup> de N e 600kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Já Teixeira (2000) observou efeito linear decrescente de N e quadrático de K sobre DPC. Essas discrepâncias podem ser atribuídas às condições edafoclimáticas ou manejo cultural, afetando a disponibilidade de nutrientes às plantas.

De maneira análoga ao comportamento em altura, o diâmetro do pseudocaule teve crescimento lento até os 60 DAT, com tendência sigmoidal durante o primeiro ciclo da bananeira (Figura 17d). Sendo que a TCR compreendida nesse período foi de 0,0065cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, com incremento absoluto de 0,0176cm dia<sup>-1</sup>; o que correspondeu ao ganho de 47,53%, podendo, em especial, ser creditado à adubação de fundação realizada no experimento. Enquanto aos 120 DAT, a taxa foi de 0,0117cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, aos 180 DAT de 0,0106cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, aos 240 DAT de 0,007cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e aproximadamente aos 390 DAT de 0,0014cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. É interessante mensurar que aos 180 DAT, as plantas, possivelmente, já tinham iniciado o processo de diferenciação floral, pois até essa fase observou-se o máximo acumulado em termos de reservas do pseudocaule. Isso pode ser explicado pelo decréscimo da TCR estimado a partir desse período, evidenciando a translocação de fotoassimilados para a formação dos cachos (PEREIRA et al., 2000), onde os frutos em desenvolvimento são

drenos altamente competitivos, causando com frequência redução do crescimento vegetativo (RAVEN et al., 2001).

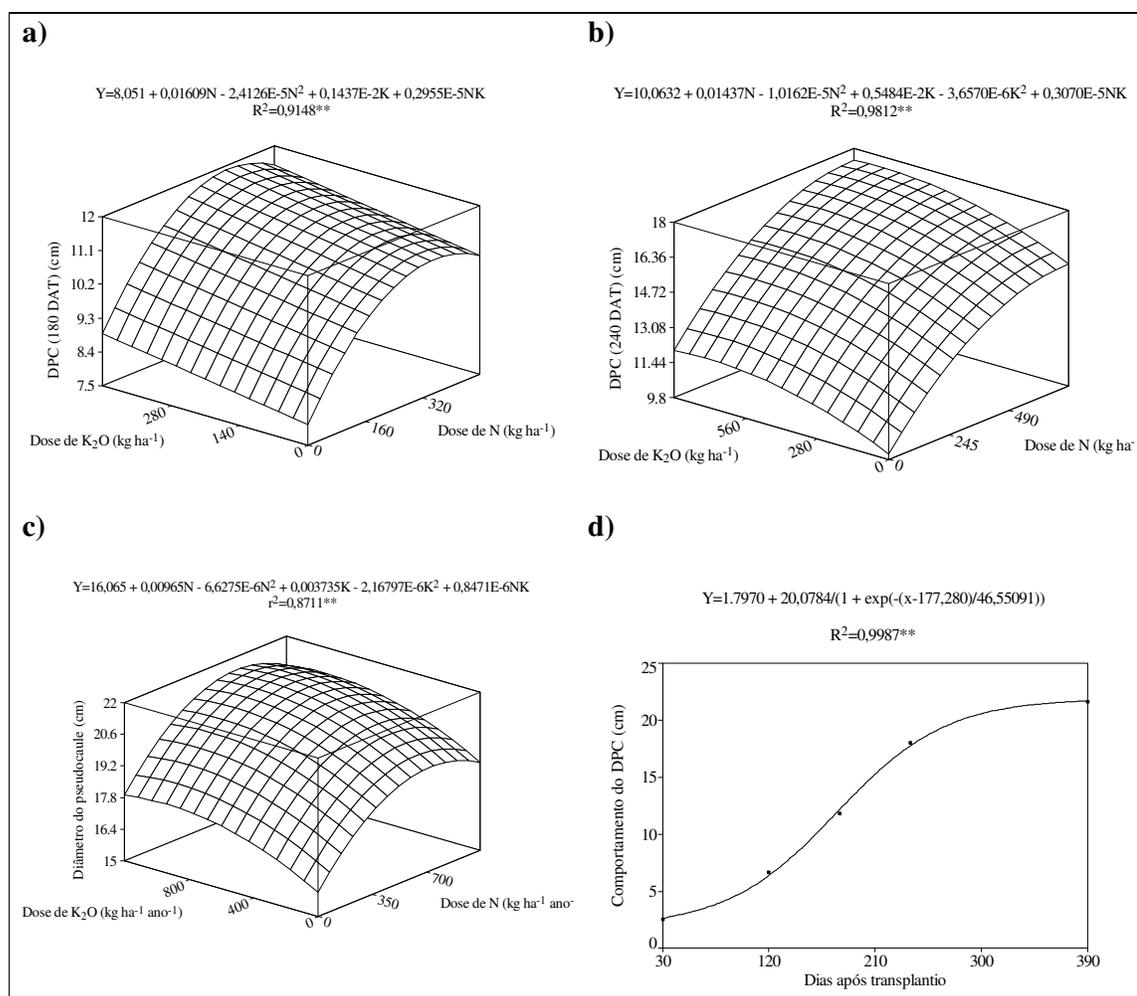


Figura 17– Efeito combinado de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, sobre o diâmetro do pseudocaule (DPC): aos seis meses (a), aos oito meses (b), no momento da colheita do cacho (c) e comportamento estimado do diâmetro do pseudocaule (d)<sup>1</sup> da bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

### 4.3.3 Área foliar

Verifica-se na Tabela 8 que o nitrogênio e o potássio aplicados via fertirrigação não exerceram influências significativas ( $p>0,05$ ) sobre a AF até os 120 DAT. Porém, nas avaliações realizadas aos 180 DAT, aos 240 DAT e no momento da colheita do cacho foram observados efeitos isolados ( $p<0,01$ ) e da interação ( $p<0,01$ ) desses nutrientes.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância da variável da área foliar: aos quatro meses (AF<sub>4</sub>), aos seis meses (AF<sub>6</sub>), aos oito meses (AF<sub>8</sub>) após o transplante e no final do 1º ciclo da bananeira (AFFinal) cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

F.V	G.L	Área foliar (m <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )			
		QM			
		AF <sub>4</sub>	AF <sub>6</sub>	AF <sub>8</sub>	AFFinal
Bloco	3	0,1689**	1,0391*	9,9402**	1,4074 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	(3)	0,6498E-2 <sup>ns</sup>	16,7406**	69,5523**	26,3716**
Linear	1	0,1399E-1 <sup>ns</sup>	18,0472**	163,7469**	66,4757**
Quadrático	1	0,4896E-2 <sup>ns</sup>	12,1486**	23,1988**	11,1472**
Cúbico	1	0,6009E-3 <sup>ns</sup>	0,2597E-1 <sup>ns</sup>	21,7112**	1,4919 <sup>ns</sup>
Potássio (K)	(3)	0,9817E-2 <sup>ns</sup>	4,8611**	23,6527**	17,9029**
Linear	1	0,6799E-2 <sup>ns</sup>	13,1240**	60,8207**	44,7977**
Quadrático	1	0,2229E-1 <sup>ns</sup>	0,7344 <sup>ns</sup>	9,5487*	6,2813*
Cúbico	1	0,3649E-3 <sup>ns</sup>	0,7247 <sup>ns</sup>	0,5887 <sup>ns</sup>	2,6299 <sup>ns</sup>
N x K	9	0,4769E-2 <sup>ns</sup>	0,9433**	5,1558**	4,0713**
Resíduo	45	0,9208E-2	0,2795	1,8785	1,3510
CV(%)		8,09	14,09	15,01	16,26

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo teste F; ns: não significativo

Observa-se na Figura 18a que a AF<sub>6</sub> cresceu linearmente na fertirrigação com potássio e de forma quadrática com nitrogênio. Além disso, evidencia-se o efeito linear crescente da interação N x K. Aos 180 DAT, a área foliar máxima estimada foi de 4,94m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> quando aplicados, via água de irrigação, 360kg ha<sup>-1</sup> de N e 420kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Analisando a superfície de resposta (R<sup>2</sup>=0,9166\*\*), constata-se que houve acréscimo na AF de 158,64% em relação às parcelas sem fertirrigação, de maneira muito expressiva. Esse resultado reforça as observações visuais durante a condução do experimento, onde as parcelas que não receberam nutrição mais equilibrada manifestavam pouca emissão foliar e, conseqüentemente, tornavam-se raquíticas. Isso indica uma grande sensibilidade da parte aérea da bananeira quanto à deficiência desses nutrientes.

A Figura 18b ilustra a tendência das plantas aos 240 DAT, onde se estimou que a AF<sub>8</sub> máxima foi de 12,5m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> na combinação de 592,47kg ha<sup>-1</sup> de N e 840kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Constatou-se variação positiva quando comparada ao período anterior (180 DAT) de 153%, correspondendo a uma eficiência da fertirrigação de 23,19m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup> de fertilizantes. Porém na avaliação realizada na época da colheita do cacho (Figura 18c), ocorreram decréscimos de 26,4% da AFFinal (9,2m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) em relação ao período de 240 DAT; sendo o índice de durabilidade foliar de 73,6%. Na cultura da banana, essa redução é normal (MOREIRA, 1999; PEREIRA et al., 2000; SILVA et al., 2003b) porque a planta deixa de

emitir novas folhas após a emissão da inflorescência e em virtude do desenvolvimento do cacho há translocação das reservas acumuladas nas folhas para os frutos. Isso acelera a senescência das folhas, com conseqüente diminuição da área foliar das plantas. No presente trabalho, as folhas mais velhas das bananeiras senesceram mais cedo, em especial quando da ausência balanceada de N e K. Segundo Teixeira et al. (2001b), a durabilidade foliar da bananeira cv. “Nanicão” foi maior com o aumento da relação K/N nas folhas. Vale ressaltar que a manutenção da área foliar, imposta pelo suprimento adequado de nitrogênio e potássio, também, foi importante por promover maior interceptação de energia solar incidente e, conseqüentemente, propiciar maior assimilação de carbono; isso tende a contribuir no aumento do acúmulo de biomassa seca pelos vegetais.

No contexto, a resposta do potássio, notadamente sobre a área foliar, é interessante, uma vez que seu crescimento tem sido relacionado à disponibilidade do nitrogênio. Além disso, o fato dos dois nutrientes se ajustarem aos modelos que expressaram o crescimento da bananeira, pode ser atribuído às funções fisiológicas no metabolismo das plantas. Enquanto o N está associado, principalmente, à síntese de proteínas e clorofila, o K é o principal regulador iônico que afeta, dentre outros processos, a ativação de enzimas e transportes de assimilados (SHABALA, 2003). Isso significa que ambos se concentram em órgãos com elevada atividade metabólica, a qual está associada ao crescimento, à diferenciação e aos mecanismos de regulação (RAVEN et al., 2001; SHABALA, 2003; TAIZ e ZEIGER, 2004). Esses processos explicariam as respostas encontradas no presente trabalho.

Fato interessante observado nesse estudo, foram os menores valores de AF para as plantas expostas à deficiência em N e K. Esse comportamento pode ser entendido como um mecanismo de ajuste morfofisiológico de proteção, permitindo as plantas seu metabolismo e, conseqüentemente, promovendo as condições mínimas de crescimento mesmo sob a continuidade do estresse. A exemplo da redução no tamanho da planta como valor adaptativo, uma vez que, quanto menor a planta menor foi à demanda por recursos. De acordo com Larcher (2006), o fato é uma estratégia de sobrevivência das plantas para manter o equilíbrio entre o rendimento e a sobrevivência.

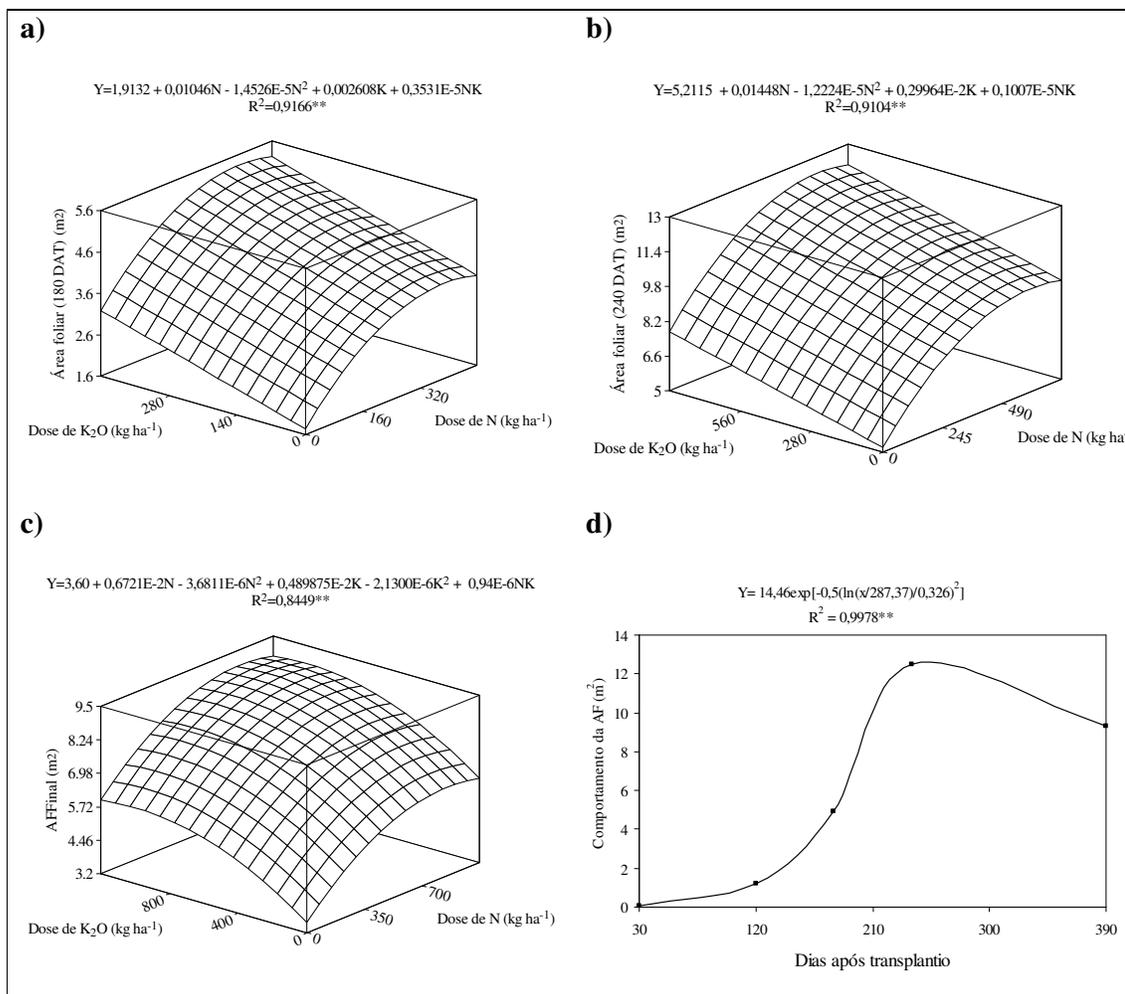


Figura 18– Efeito combinado de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, sobre a área foliar (AF): aos seis meses **(a)**, aos oito meses **(b)**, no momento da colheita do cacho **(c)** e comportamento estimado da área foliar **(d)**<sup>1</sup> da bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

<sup>1</sup> Na confecção do modelo da figura 18d, foram utilizados os valores estimados por meio

#### 4.3.4 Partição da fitomassa seca

Na época da colheita do cacho da bananeira, visando estudar a alocação de fitomassa seca da parte aérea (fitomassa seca das folhas + fitomassa seca do pseudocaule + fitomassa seca do cacho) como indicador de crescimento, verifica-se pelos dados obtidos que o padrão de rendimento das plantas variou significativamente nas doses de N e K aplicadas via irrigação, ocorrendo tanto efeitos isolados como da interação desses elementos (Tabela 9). As tendências dessas variáveis, no 1º ciclo, são ilustradas na Figura 19.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância da variável fitomassa seca da área foliar (FMSF) (g), do pseudocaule (FMSPC) (g) e do cacho (FMSC) (g) da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

F.V	G.L	Fitomassa seca (g)		
		FMSF	FMSPC	FMSC
Bloco	3	10626,20 <sup>ns</sup>	22250,99 <sup>ns</sup>	100476,4 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	(3)	238972,6 <sup>**</sup>	2397788 <sup>**</sup>	1465085,23 <sup>**</sup>
Linear	1	7,8437 <sup>ns</sup>	1328031 <sup>**</sup>	4050247 <sup>**</sup>
Quadrático	1	363774,8 <sup>**</sup>	5330557 <sup>**</sup>	105906 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	353135,8 <sup>**</sup>	534775,8 <sup>**</sup>	345008,7 <sup>ns</sup>
Potássio (K)	(3)	702229,8 <sup>**</sup>	724089,5 <sup>**</sup>	4875802 <sup>**</sup>
Linear	1	1315012 <sup>**</sup>	1378545 <sup>**</sup>	1,417836E+7 <sup>**</sup>
Quadrático	1	791677,3 <sup>**</sup>	111589,4 <sup>ns</sup>	357235,55 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,65703 <sup>ns</sup>	682134 <sup>**</sup>	91810,45 <sup>ns</sup>
N x K	9	205099,6 <sup>**</sup>	657758,5 <sup>**</sup>	201299,39 <sup>*</sup>
Resíduo	45	15775,39	33520,68	94506,76
CV(%)		9,54	6,12	12,22

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo teste F; ns: não significativo (p>0,05).

Aplicações de doses crescentes tanto de N como de K, na forma de uréia e de cloreto de potássio, promoveram aumentos significativos (p<0,05) de natureza quadrática na FMSF (Figura 19a). Vê-se na Figura 19a que a produção máxima da FMSF estimada foi de 1528,4g planta<sup>-1</sup> quando aplicados conjuntamente 441,35kg ha<sup>-1</sup> de N e 755,2kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Ainda é possível observar que o potássio foi bastante expressivo sobre o rendimento da FMSF (47,69%), o que reforça a importância, notadamente, desse nutriente sobre a preservação da área foliar da bananeira, como discutido anteriormente por Teixeira et al. (2001b) e Shabala (2003) e evidenciado por Lahav (1972) e por Lahav (1995).

Quanto a FMSPC (Figura 19b), o maior valor (3545,95g planta<sup>-1</sup>) foi obtido, por meio do modelo de regressão (R<sup>2</sup>=0,6075\*\*), quando foram aplicados 600kg ha<sup>-1</sup> de N e 1200kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Na ausência da fertirrigação, o obtido foi de 2305,71g planta<sup>-1</sup>, contabilizando-se um acréscimo de 53,78%. A produção da FMSPC da bananeira pode ser creditada ao crescimento harmônico entre o comprimento e o diâmetro do pseudocaule em resposta aos tratamentos utilizados, podendo ser corroborada pela forte correlação encontrada de 0,9519\*\* entre as variáveis (Figura 20).

Em relação à FMSC, vê-se na Figura (19c) que a maior produção obtida foi de 3412,52g na combinação das maiores doses aplicadas de N e K. Estudando o efeito isolado de K, a fitomassa seca do cacho obtida na dose de 1200kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O foi equivalente a 2771,92g,

ao passo que o menor rendimento foi de 1562,08g, denotando ganho efetivo de 77,45%. Já no efeito isolado de N (1050kg ha<sup>-1</sup> de N), a FMSC foi de 2202,68g e quando comparado à resposta das plantas que não receberam nenhuma fertirrigação, teve-se um incremento aproximado de 41%. Enquanto na interação N x K, o ganho foi da ordem de 118,46%. Isso indica uma grande sensibilidade da bananeira “Prata-Anã” à deficiência, em especial, ao potássio na produção dos frutos. Tais informações denotam que durante a produção da fitomassa seca do cacho, o potássio foi utilizado em maior quantidade que o nitrogênio. Neves et al. (1991) e Faria (1997), avaliando a nutrição mineral da bananeira, observaram ser o potássio o elemento mais exportado pelos frutos, aproximadamente 35% do total absorvido. De fato, a maior demanda por N ocorreu na fase de crescimento vegetativo (Vide itens 4.3.1 e 4.3.2).

A partição de fitomassa seca da planta, entre limbos, bainhas foliares e cacho, foi afetada pelos tratamentos estudados. Observa-se por meio da Figura 19d que a distribuição de fitomassa seca da parte aérea destinada à FMSF correspondeu a 16,51%, à FMSPC a 43,77% e à FMSC a 39,71% do rendimento total máximo estimado de 8054,88g planta<sup>-1</sup>, que foi obtido na combinação de 700kg ha<sup>-1</sup> de N e 1200kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Na ausência da fertilização com N e K, o rendimento da biomassa seca foi de 4821,91g planta<sup>-1</sup>, expressando 19,78% destinados às folhas, 47,82% ao pseudocaulo e 34,47% ao cacho. A diferença observada na alocação da FMSF (3,27%), pode ser explicada por serem as folhas estoques de fotoassimilados e na fase de envelhecimento ocorre a retranslocação para os frutos (LARCHER, 2006), podendo ser evidenciado pela maior porcentagem da FMSC das parcelas fertirrigadas. De acordo com Delvaux (1995), o equilíbrio de cátions e de adequados níveis de potássio e nitrogênio disponíveis às raízes são condições químicas muito importantes no cultivo de bananeiras visando altos rendimentos. Lahav (1972) observou que em situações de deficiência de K há depleção na massa seca total causada pela redução da respiração e da fotossíntese líquida. Essas ponderações confirmam os resultados constatados no presente experimento, onde houve redução nas plantas com deficiências de nitrogênio e potássio de 67,05% na FMSPAT e de 77,45% na FMSC.

Deve-se salientar que a biomassa da bananeira acumula grande quantidade de nutrientes, além dos exportados após a colheita (NEVES et al. 1991; FARIA, 1997; TEIXEIRA, 2000). O fato traz a luz aspectos importantes em relação à nutrição e a produção da bananeira em solos de Tabuleiros Costeiros, pois o manejo inadequado da fertirrigação implicaria em plantações menos lucrativas em pouco tempo, devido ao exaurimento das reservas de nutrientes do solo.

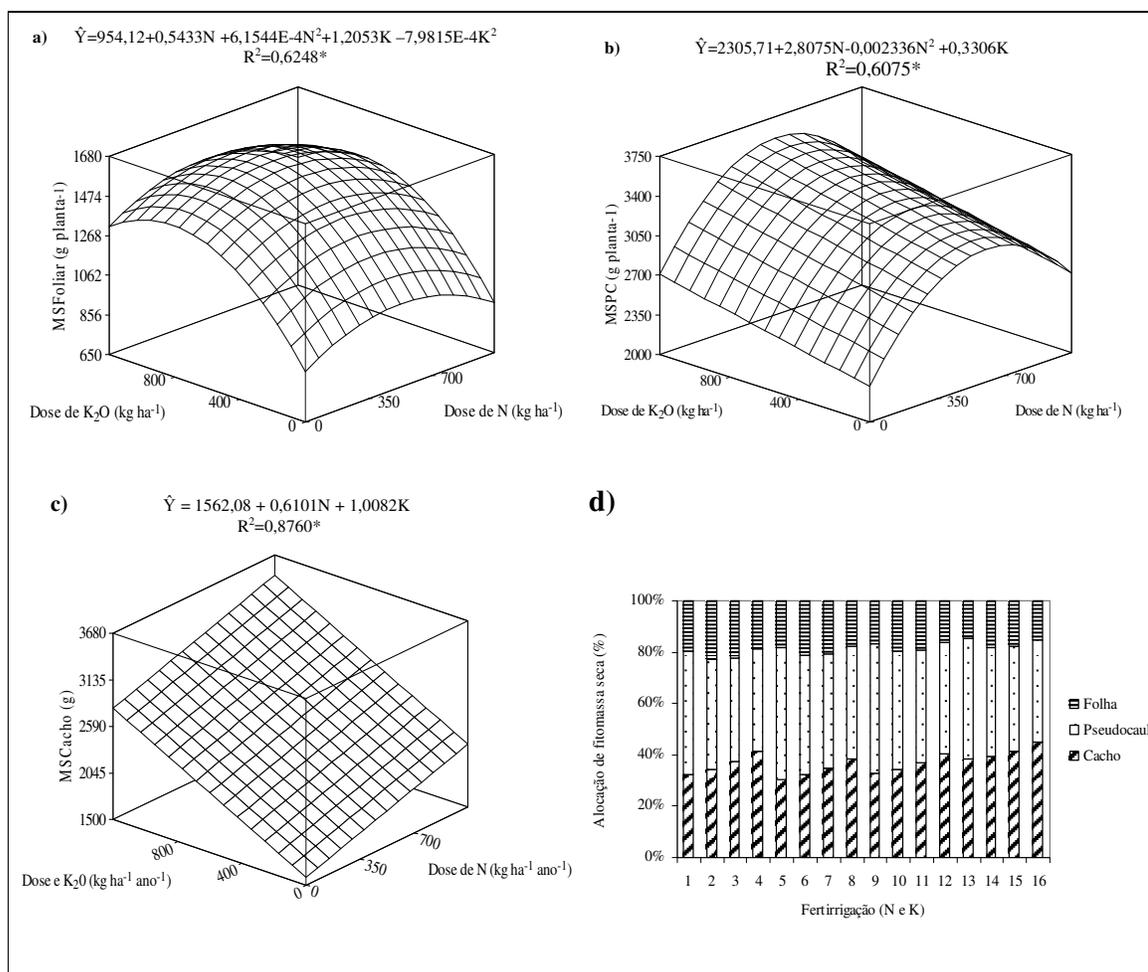


Figura 19 - Efeito combinado da adubação nitrogenada e potássica via fertirrigação sobre a FMSF (a), a FMSPC (b), a FMSC (c) e particionamento de fitomassa seca da parte aérea (d) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

1: (0;0), 2: (0;400), 3: (0;800), 4: (0;1200) 5: (350;0), 6: (350;400), 7: (350;800), 8: (350;1200), 9: (700;0), 10: (700;400), 11: (700;800), 12: (700;1200) 13: (1050;0), 14: (1050;400), 15: (1050;800), 16: (1050;1200), em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

FMSF: fitomassa seca das folhas; FMSPC: fitomassa seca do pseudocaule e FMSC: fitomassa seca do cacho.

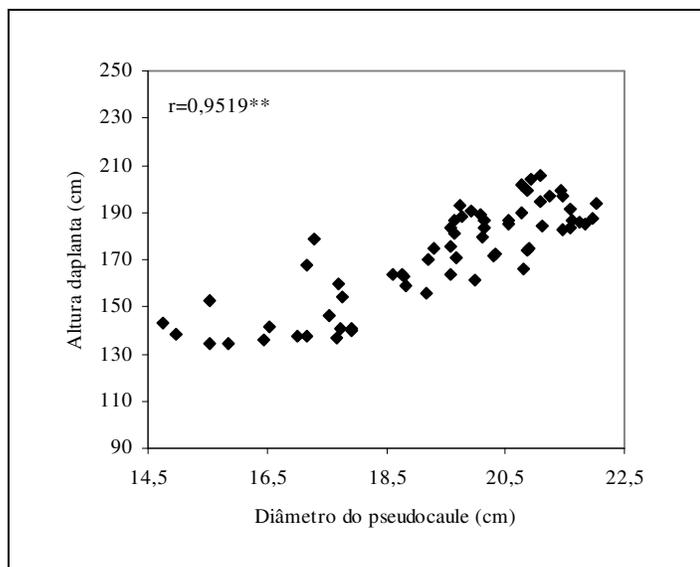


Figura 20 - Correlação de Pearson entre as características de crescimento: diâmetro do pseudocaule e altura da planta da bananeira cv. Prata-Anã cultivada sob regime de fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

\*\* Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste t

#### 4.3.5 – Razão de área foliar, área foliar específica e eficiência no uso da irradiação solar

Na análise de variância (Tabela 10), os fatores nitrogênio e potássio aplicados via água de irrigação, nas condições edafoclimáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe, apresentaram respostas significativas sobre a variável razão de área foliar (RAF), evidenciando efeito da interação ( $p < 0,01$ ). Ao passo que a variável área foliar específica (AFE) somente expressou comportamento significativo ( $p < 0,01$ ) na presença de nitrogênio. Quanto à eficiência fotossintética ( $\xi$ ) que corresponde ao uso da irradiância solar na produção de fitomassa vegetal, as doses crescentes de nitrogênio e de potássio aplicadas promoveram tanto efeito principal e da interação N x K ( $p < 0,01$ ). A avaliação desses parâmetros na análise de crescimento da bananeira é uma ferramenta importante para se estabelecer o manejo racional dessa cultura em regime de fertirrigação. Para Benincasa (2003), essas mensurações fornecem subsídios sobre o entendimento das respostas morfológicas e fisiológicas das plantas em diversas situações de cultivo.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância dos índices fisiológicos: razão da área foliar (RAF) ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ), área foliar específica (AFE) ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) e eficiência fotossintética ( $\xi$ ) ( $\text{g MJ}^{-1}$ ) da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

F.V	G.L	Índices fisiológicos		
		RAF	AFE	$\xi$
Bloco	3	5,6336 <sup>ns</sup>	23,8800 <sup>ns</sup>	0,1133 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	(3)	18,1032 <sup>**</sup>	203,1802 <sup>**</sup>	1,9793 <sup>**</sup>
Linear	1	36,0998 <sup>**</sup>	570,3721 <sup>**</sup>	4,4363 <sup>**</sup>
Quadrático	1	0,8930 <sup>ns</sup>	31,0561 <sup>*</sup>	1,1900 <sup>**</sup>
Cúbico	1	17,3166 <sup>*</sup>	8,1124 <sup>ns</sup>	0,3115 <sup>*</sup>
Potássio (K)	(3)	1,2759 <sup>ns</sup>	5,5406 <sup>ns</sup>	2,0329 <sup>**</sup>
Linear	1	1,8635 <sup>ns</sup>	0,4976 <sup>ns</sup>	5,7804 <sup>**</sup>
Quadrático	1	1,7030 <sup>ns</sup>	2,2106 <sup>ns</sup>	0,2003 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,2611 <sup>ns</sup>	13,9136 <sup>ns</sup>	0,1183 <sup>ns</sup>
N x K	9	7,5699 <sup>*</sup>	12,4395 <sup>ns</sup>	0,1708 <sup>*</sup>
Resíduo	45	3,4075	10,3695	0,06835
CV(%)		13,25	15,81	11,64

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo teste F; ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

As plantas que receberam somente a fertirrigação nitrogenada apresentaram redução expressiva na RAF (Figura 21a). Verificou-se que na dose de  $1050 \text{kg ha}^{-1}$  de N, a RAF foi de  $8,74 \text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ , manifestando decréscimos de 23,06% em relação à testemunha. A depleção na RAF foi consequência da maior alocação de fotoassimilados para o pseudocaule, além do desequilíbrio entre N e K. Isso, possivelmente, promoveu a senescência mais rápida da área foliar. Segundo Silveira e Crocomo (1991), níveis muito elevados de N consomem grandes quantidades de energia para a absorção e assimilação de nitrato, síntese e manutenção de proteínas, com reflexos negativos no crescimento vegetal. Todavia, as plantas que não receberam fertirrigação apresentaram maior RAF ( $11,35 \text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ). Essa tendência pode ser explicada pela menor produção de fitomassa seca da parte aérea induzido pelo estresse nutricional.

Por outro lado, houve resposta positiva da aplicação de N quando adicionado às doses de  $\text{K}_2\text{O}$  (Figura 21: **b**, **c** e **d**). Na Figura 21b, a RAF estimada de  $11,94 \text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  foi obtida na dose de  $1441,5 \text{kg ha}^{-1}$  de N, acima da maior dose estudada. Isso indica que a dose utilizada de nitrogênio não permitiu atingir o valor máximo. Então, analisando o intervalo preconizado no presente experimento, notou-se que as bananeiras que receberam  $400 \text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $1050 \text{kg ha}^{-1}$  de N, a RAF foi de  $11,74 \text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ . Vale destacar que o aumento de  $392 \text{kg ha}^{-1}$  de N promoveria apenas um incremento de 1,7% na razão da área foliar. Enquanto na dose de

800kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 21c), foram necessários 1050kg ha<sup>-1</sup> de N para se obter 12,11cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. Já na Figura 21d, o valor de 12,38cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> foi verificado na combinação de 881kg ha<sup>-1</sup> de N e 1200kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Os valores da RAF registrados na época da produção do cacho permitem detectar a translocação e a partição de assimilados entre as folhas e fitomassa seca da planta toda. Notou-se nas parcelas impostas pela fertirrigação com N e K que as bananeiras mantiveram maior área foliar ativa, possibilitando maior produção de fotoassimilados para o desenvolvimento dos frutos.

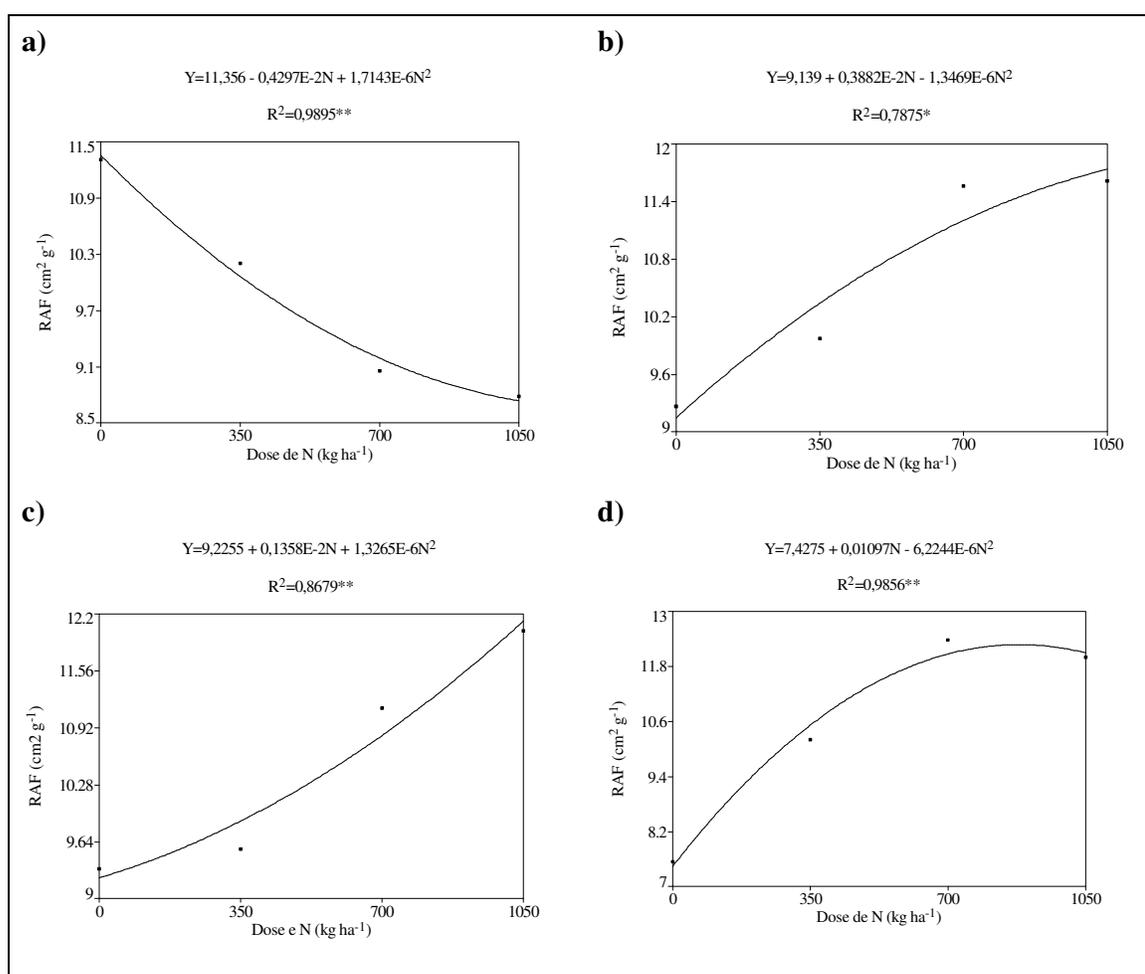


Figura 21- Efeito da adubação nitrogenada dentro da dose: 0 (a); 400 (b); 800 (c) e 1200 (d) kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de potássio via fertirrigação sobre a razão de área foliar (RAF) da bananeira Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

No contexto, Cruz et al. (2004), estudando a morfofisiologia do mamoeiro em resposta à nutrição nitrogenada, notaram reduções de 35,11% na RAF em situação de deficiência de N. Os autores mencionaram que esses decréscimos foram em virtude da menor

expansão das folhas e como a área foliar total de uma planta é resultado da ação conjunta do tamanho e número de folhas, qualquer fator que altere um desses componentes afetará no crescimento e rendimento das plantas (BENINCASA, 2003), a exemplo de alterações hormonais que podem causar redução na extensibilidade da parede celular (LARCHER, 2006).

Uma das componentes da RAF é a AFE que representa o inverso da espessura das folhas, pois se trata de um indicativo que é traduzido pelas alterações no número ou tamanho das células do mesófilo foliar (BENINCASA, 2003; FLOSS, 2004). Nota-se que essa variável foi reduzida em 22,87% pela maior disponibilidade de nitrogênio (Figura 22a), levando a evidenciar que bananeiras da cultivar “Prata-Anã” tendem a expressar a folha-índice mais espessa. Isso ocorreu em decorrência de maior número de estratos celulares ou aumento dos espaços intercelulares (RAVEN et al., 2001). Contudo, em situação de deficiência de nitrogênio a divisão e a expansão das células diminuem, havendo redução no tamanho de todas as partes morfológicas da planta (MARSCHNER, 1995). No que concernem os resultados encontrados da AFE, o incremento acentuado na fitomassa seca do limbo para esses tratamentos foi atribuído ao crescimento de folhas pré-existentes e não do surgimento de novas folhas.

O  $\xi$  representa o aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa pelas plantas, ou seja, a eficiência em transformar luminosidade recebida em biomassa seca (SANTOS et al. 2003; FLOSS, 2004; LARCHER, 2006). O comportamento da eficiência fotossintética da bananeira foi evidenciado pela superfície de resposta (Figura 22b) com excelente capacidade preditiva ( $R^2=0,8799^{**}$ ). Estimou-se que a determinação da  $\xi$  máxima estimada de  $2,68\text{g MJ}^{-1}$  foi verificada quando as plantas receberam conjuntamente  $732\text{kg ha}^{-1}$  de N e  $1200\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Nota-se que houve um aumento de 117,87% quando comparado esse rendimento com o valor médio observado na testemunha de  $1,23\text{g MJ}^{-1}$ . Além disso, por meio das correlações entre a  $\xi$  e a FMSPAT ( $r=0,9686^{**}$ ) (Figura 22c) e a AFF e  $\xi$  ( $r=0,8934^{**}$ ) (Figura 22d) que foram elevadas, evidenciam-se que houve excelente conversão energética pela cultura da banana em condições adequadas, notadamente, para as doses aplicadas de nitrogênio e potássio. Cayón Salinas (2001) mencionou que o rendimento da bananeira é dependente da eficiência na conversão da radiação solar interceptada em biomassa. Esse comportamento pode ser explicado pelo auto-sombreamento em face da maior área foliar, pois de acordo Radin et al. (2003), a eficiência de uso da radiação varia dentro de uma mesma espécie e que folhas saturadas por radiação são menos eficientes do que as sombreadas. Eles acrescentam que a distribuição mais uniforme da radiação solar através do dossel tende não saturar a

maioria das folhas, justificando-se a resposta positiva na produção de fitomassa. No norte de Minas Gerais, Figueiredo et al. (2005), trabalhando com lâminas de irrigação sobre o rendimento da “Prata-Anã”, constataram uma eficiência de 1,1g MJ<sup>-1</sup>.

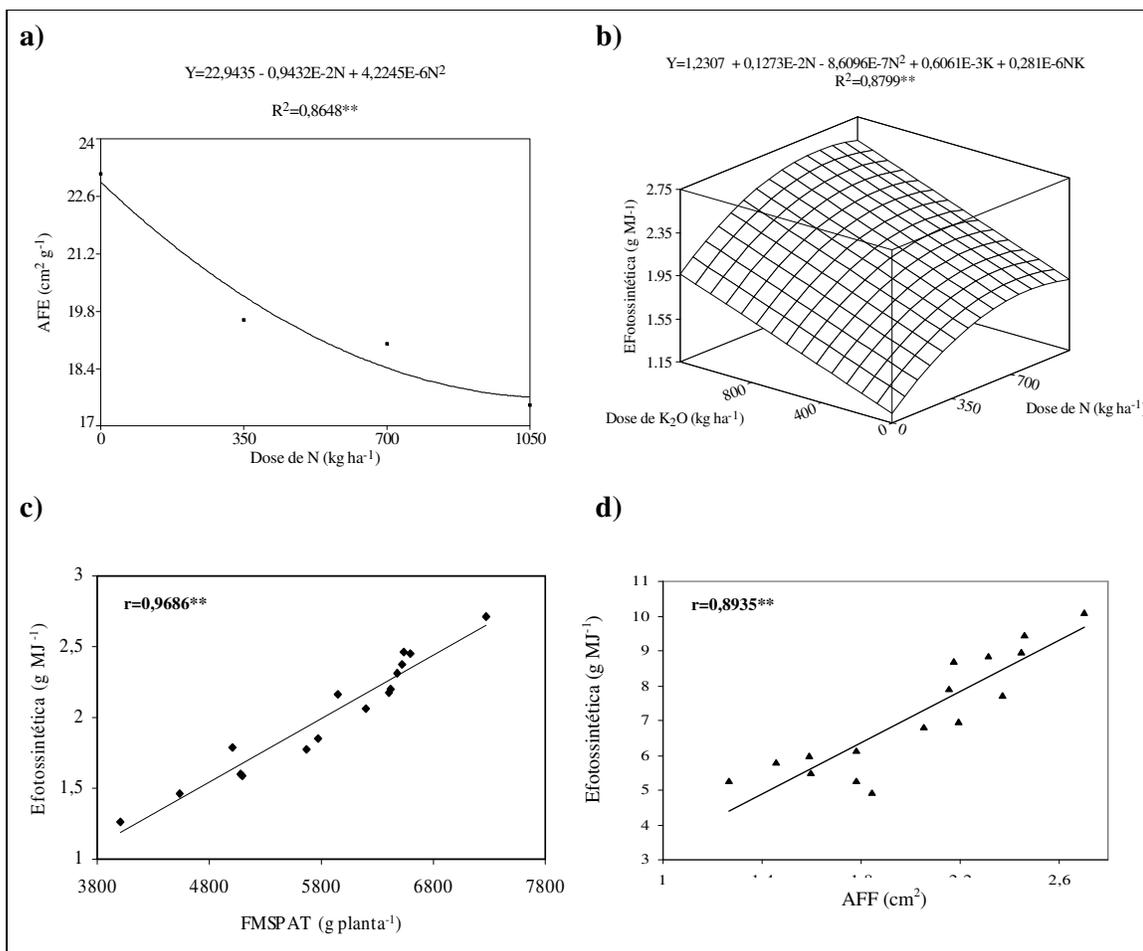


Figura 22- Efeito de nitrogênio sobre a área foliar específica (AFE) **(a)**, da combinação N x K na eficiência fotossintética ( $\xi$ ) **(b)**, da correlação de Pearson entre a ( $\xi$ ) e FMSPAT **(c)** e entre a AFF e  $\xi$  **(d)** da bananeira cv. Prata-Anã fertirrigada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe. Estado de Sergipe.

#### 4.4 – Comportamento fisiológico

##### 4.4.1 – Estado nutricional

O nitrogênio e potássio fornecidos às bananeiras via água de irrigação, nas condições edafoclimáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe, apresentaram respostas significativas sobre os teores foliares: N, K, P, Ca e Mg (Tabela 11). Nota-se o efeito isolado das doses de nitrogênio sobre as características N, K, P, Ca e Mg. Enquanto as doses potássicas exerceram efeitos isolados sobre os teores foliares de K, Ca e Mg.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância dos efeitos dos tratamentos sobre o teor foliar de N ( $\text{g kg}^{-1}$ ), K ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Mg ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e Ca ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

F.V	G.L	Teor foliar				
		N-total	K	P	Mg	Ca
Bloco	3	37,9242 <sup>ns</sup>	8,0169 <sup>ns</sup>	0,6229E-1 <sup>**</sup>	2,4839 <sup>ns</sup>	1,3797 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	(3)	630,2681 <sup>**</sup>	48,6619 <sup>**</sup>	0,2144 <sup>**</sup>	16,5697 <sup>**</sup>	15,2972 <sup>**</sup>
Linear	1	1670,335 <sup>**</sup>	121,0320 <sup>**</sup>	0,4652 <sup>**</sup>	35,1788 <sup>**</sup>	43,2915 <sup>**</sup>
Quadrático	1	189,4064 <sup>**</sup>	7,5625 <sup>ns</sup>	0,1600 <sup>**</sup>	14,3452 <sup>**</sup>	2,6001 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	31,0628 <sup>ns</sup>	17,3911 <sup>ns</sup>	0,18E-1 <sup>ns</sup>	0,1853 <sup>ns</sup>	0,3125E-4 <sup>ns</sup>
Potássio (K)	(3)	2,2956 <sup>ns</sup>	334,4390 <sup>**</sup>	0,1896E-1 <sup>ns</sup>	8,7384 <sup>**</sup>	2,4276 <sup>*</sup>
Linear	1	6,3003 <sup>ns</sup>	899,6111 <sup>**</sup>	0,1250E-3 <sup>ns</sup>	18,2883 <sup>**</sup>	6,0775 <sup>**</sup>
Quadrático	1	0,1139 <sup>ns</sup>	102,5156 <sup>**</sup>	0,4262E-1 <sup>ns</sup>	7,3576 <sup>*</sup>	1,1826 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,4728 <sup>ns</sup>	0,9901 <sup>ns</sup>	0,6125E-2 <sup>ns</sup>	0,5695 <sup>ns</sup>	0,2278E-1 <sup>ns</sup>
N x K	9	13,2433 <sup>ns</sup>	5,4468 <sup>ns</sup>	0,9931E-2 <sup>ns</sup>	1,7009 <sup>ns</sup>	1,4346 <sup>ns</sup>
Resíduo	45	15,4037	5,3549	0,1174E-1	1,0927	0,8291
CV(%)		12,71	14,13	6,92	19,88	16,77

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo teste F; ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

Na Figura 23a, nota-se que o teor foliar de nitrogênio foi modelado com elevada capacidade preditiva ( $R^2=0,9595^{**}$ ) quando se executou a aplicação de uréia via fertirrigação. O nível crítico de  $33,11\text{g kg}^{-1}$  foi obtido na dose de  $632,39\text{kg ha}^{-1}$  de N, no estágio de florescimento. O teor de N-total encontrado ficou acima da faixa de suficiência ( $25\text{-}29\text{g kg}^{-1}$ ) para o norte de Minas Gerais reportada por Silva et al. (2002) e de  $30\text{g kg}^{-1}$  verificados por Damatto Júnior et al. (2006), ficando dentro do intervalo ( $27\text{-}36\text{g kg}^{-1}$ ) indicado por Malavolta et al. (1989). Quando na ausência de nitrogênio, o teor médio estimado foi  $23,26\text{g kg}^{-1}$ , o qual está abaixo do nível crítico preconizado por diversos autores (GALLO et al., 1972; MARTIN-PRÉVEL, 1984; MOREIRA, 1999; SILVA et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2002; BORGES e CALDAS, 2004; BORGES et al., 2006b). Na ausência de N, foi verificado, além da diminuição do crescimento e desenvolvimento da bananeira, uma coloração rósea nas margens do pecíolo provocada pelo acúmulo de antocianina (Figura 23b), o qual se origina de carboidratos que não sendo utilizados no metabolismo de N, participam da biossíntese de antocianina. Este também é um sintoma da deficiência de N (MARSCHNER, 1995; TAIZ e ZEIGER, 2004).

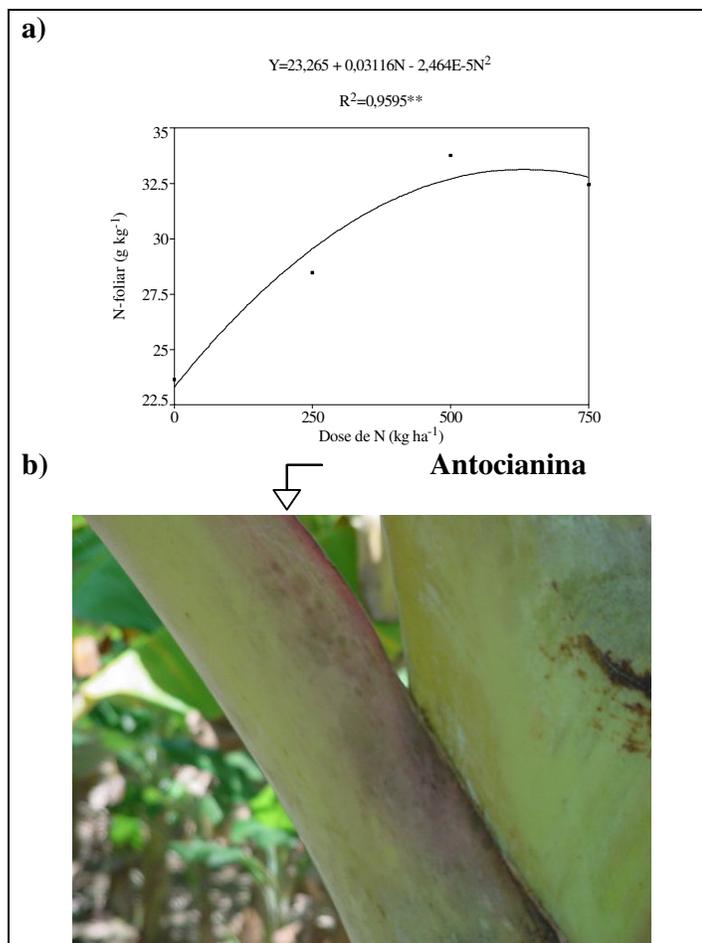


Figura 23 -. Efeito de nitrogênio via fertirrigação sobre o teor de N-foliar **(a)** e sintoma de deficiência em N **(b)** da bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

Foto: A.S de Melo

As fertirrigações com doses crescentes de potássio mostraram respostas significativas de natureza quadrática para K foliar ( $p<0,01$ ) na época do florescimento (Figura 24a). O nível crítico de K de  $22,13\text{g kg}^{-1}$  foi obtido na dose de cloreto de potássio de  $700\text{kg ha}^{-1}\text{K}_2\text{O}$ , ficando abaixo do nível de suficiência ( $27\text{g kg}^{-1}$ ) proposto por Silva et al. (2002) para o Norte de Minas Gerais; embora as plantas que receberam esta dose de potássio não tenham manifestado sintomas visuais de deficiência. Segundo Teixeira (2000), para se atingir 90% da produtividade máxima, foram suficientes  $23,2\text{g kg}^{-1}$  de K foliar em bananeira “Nanicão”, enquanto Gomes (2004), trabalhando com a “Prata-Anã” sob fertirrigação potássica, não verificou respostas significativas no teor foliar de potássio. Assemelhando-se a esses resultados, Guerra (2001) notou que os teores foliares de potássio ficaram abaixo dos  $32\text{g kg}^{-1}$

registrados por Prezotti (1992), contudo sem comprometer o rendimento da bananeira. Ressalta-se que a exigência para o ótimo crescimento das plantas, varia entre 20 e 50g kg<sup>-1</sup> de massa seca do vegetal (MARSCHNER, 1995).

As doses crescentes de nitrogênio na ausência da fertilização com potássio determinaram decréscimos de 23,78% na concentração foliar de K (Figura 24b). Teixeira (2000) e Silva et al. (2003b), também, observaram redução do teor de K, a qual foi de 16,77% na dose de 800kg ha<sup>-1</sup> de N. Isso pode ter resultado da remobilização do potássio durante a translocação de açúcares das folhas velhas para órgãos em desenvolvimento e/ou da menor absorção devido à interferência do íon amônio no complexo de troca no solo (MARSCHNER, 1995; EPSTEIN e BLOOM, 2006), causando sintoma de deficiência de potássio (Figura 24c). Em plantas com essas características, os compostos nitrogenados solúveis como as aminas, amidas e putrescinas, muitas vezes, acumulam-se no apoplasto e na superfície foliar provocando manchas necróticas nas margens do limbo das folhas, além de favorecer o desenvolvimento de doenças fúngicas (MARSCHNER, 1995). Deve-se ressaltar que essa alteração ocorreu de forma mais expressiva próximo à época da emissão da inflorescência. A partir daí, notou-se que as folhas envelheceram mais rápido, o que esclarece a menor área foliar útil imposta nesses tratamentos. Acrescente-se que nas maiores quantidades de K disponíveis às raízes, houve menor remobilização e, conseqüentemente, aumento na duração das folhas, corroborando com Teixeira et al. (2001b).

Analisando-se a variável P-foliar, as maiores doses de N propiciaram aumento do teor de P nas folhas de 1,5 para 1,7g kg<sup>-1</sup> ( $R^2=0,9987^{**}$ ) (Figura 25a). Esse valor é considerado semelhante aos relatados por Silva e Rodrigues (2001) e Silva et al. (2003b) para bananeiras do norte de Minas Gerais. O acréscimo observado de 16,60% pode ser creditado ao maior crescimento radicular o qual propiciou aumento do potencial de absorção do P aplicado em fundação. De acordo com Blomme et al. (2001), o desenvolvimento das raízes da bananeira mantém uma correlação positiva com a expansão da área foliar, a circunferência do pseudocaule e a altura das plantas. Marschner (1995) e Taiz e Zeiger (2004) acrescentam que em face da relação muito estreita entre esses nutrientes, o P seria então fixado em compostos orgânicos e utilizados juntamente com o N na síntese de proteínas e na ativação de uma série de enzimas necessárias na produção de fitomassa.

Nota-se na Figura 25b que o teor foliar de cálcio cresceu linearmente com o aumento das doses de N. Na dose de 750kg ha<sup>-1</sup> de N, estima-se que o teor de Ca encontrado nas folhas foi de 7,8g kg<sup>-1</sup>. Já Silva et al. (2003b), também trabalhando com “Prata-Anã”, observaram decréscimos do teor de cálcio à medida que se elevaram as doses de nitrogênio. Pelo modelo

obtido por esses autores, o teor de  $6,32\text{g kg}^{-1}$  de Ca seria verificado na dose de  $750\text{kg ha}^{-1}$ . Silva e Carvalho (2004) encontraram valores entre  $6,3$  e  $4,1\text{g kg}^{-1}$ , utilizando águas calcárias e não-calcárias, respectivamente. A alta extração desse nutriente do solo, notado no presente estudo, pode ser evidenciado pelo incremento de  $85,71\%$  nas folhas quando comparado as plantas que não receberam adubação nitrogenada. A redução de pH causada pela aplicação da uréia (Vide Figura 12) deve ter solubilizado o cálcio contido no calcário aplicado, o que causou aumento do teor desse nutriente na planta. Essa inferência pode ser confirmada pelos relatos de Foloni e Rosolem (2006), onde a adubação nitrogenada intensifica a solubilização de carbonatos, com isso haveria o restabelecimento do equilíbrio eletroquímico e, conseqüentemente, maior absorção de cálcio pelas plantas. Além disso, o Ca, por ter baixa mobilidade no floema, apresenta a tendência de acúmulo, aumentando a concentração com o passar do tempo (MARSCHNER, 1995; EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Ainda em relação ao teor de cálcio nas folhas, o aumento da adubação potássica, no intervalo estudado, diminuiu a concentração desse nutriente de  $4,2$  até  $3,3\text{g kg}^{-1}$  (Figura 25c). No entanto, esses valores estão compreendidos na faixa de suficiência ( $2,5$  a  $12\text{g kg}^{-1}$ ) proposta por Prezotti (1992) e abaixo de  $4,5$  a  $7,5\text{g kg}^{-1}$  recomendada por Silva et al. 2002. Por sua vez, assemelham-se aos  $4,1\text{g kg}^{-1}$  encontrados, também, em “Prata-Anã” por Silva e Carvalho (2004).

Quanto à concentração de Mg na parte aérea das plantas, notam-se reduções nos teores foliares de  $7,3$  a  $5,8\text{g kg}^{-1}$  nas doses crescentes de nitrogênio (Figura 25d). A diminuição observada no teor foliar de Mg quando relacionada à aplicação de nitrogênio, deveu-se possivelmente na maior conversão do amônio absorvido em aminoácidos, evitando assim a fitotoxicidade desse íon (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Estes autores acrescentam que a via primária para essa conversão envolve as ações seqüenciais da glutamina sintetase e da glutamato sintase; esse processo requer a hidrólise de ATP, envolvendo um cátion bivalente como o  $\text{Mg}^{2+}$ . Por outro lado, o aumento da disponibilidade de K no solo intensificou o efeito competitivo sobre a absorção de Mg, tanto que a quantidade de magnésio foliar variou de  $7,2$  a  $6,3\text{g kg}^{-1}$  quando  $870\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  foram aplicados (Figura 25e). Isso confirma o antagonismo ligado a um balanço iônico do K sobre a absorção de Mg (Figura 25f), porém não se observou nesse trabalho nenhum sintoma do azul-da-bananeira causado pelo desequilíbrio entre K/Mg (BORGES et al, 1999). Ressalte-se que o K ocupou  $70,73\%$  e o Mg  $19,2\%$  do somatório (K+Mg+Ca) encontrado nas folhas; o valor do K ficou acima dos  $61\%$  propostos por Borges (2004), enquanto que o de Mg corroborou com o intervalo de  $18\text{-}20\%$  (BORGES, 2004).

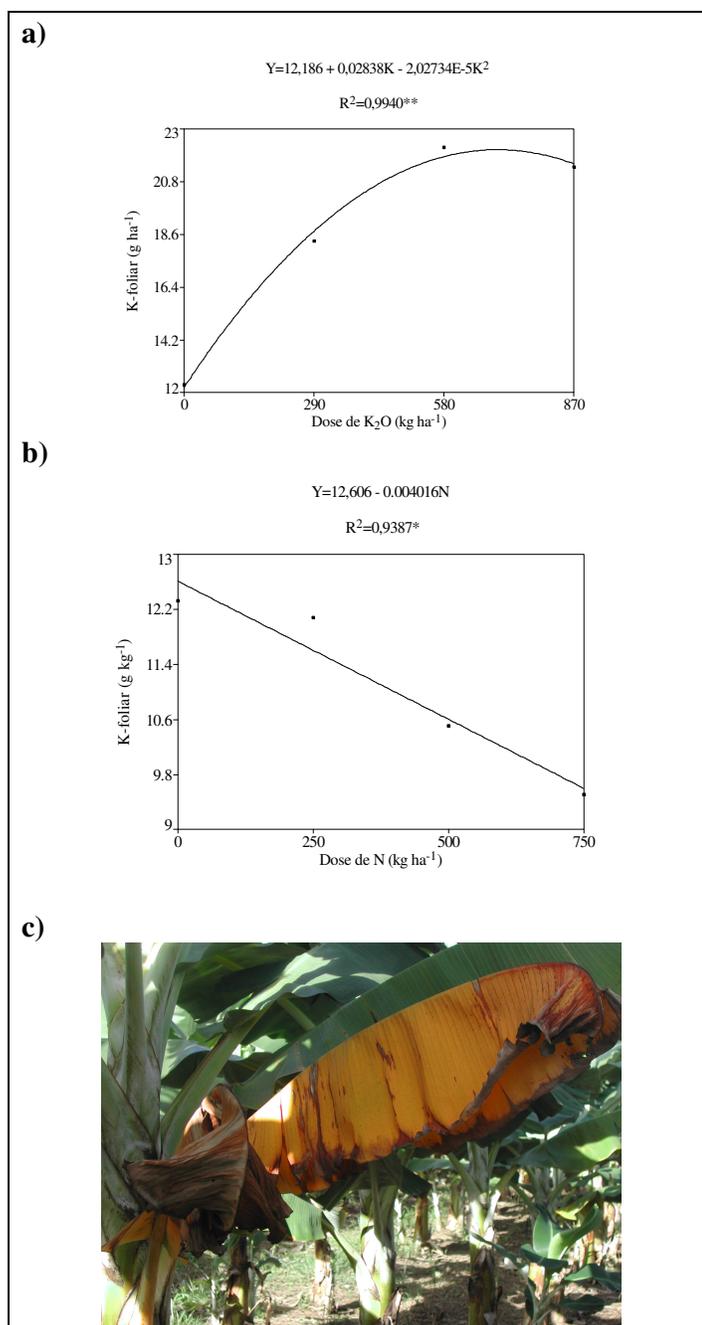


Figura 24 - Efeito isolado de K<sub>2</sub>O **(a)** e de nitrogênio **(b)** via fertirrigação sobre o teor foliar de K e sintoma visual de deficiência de K **(c)** da bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de

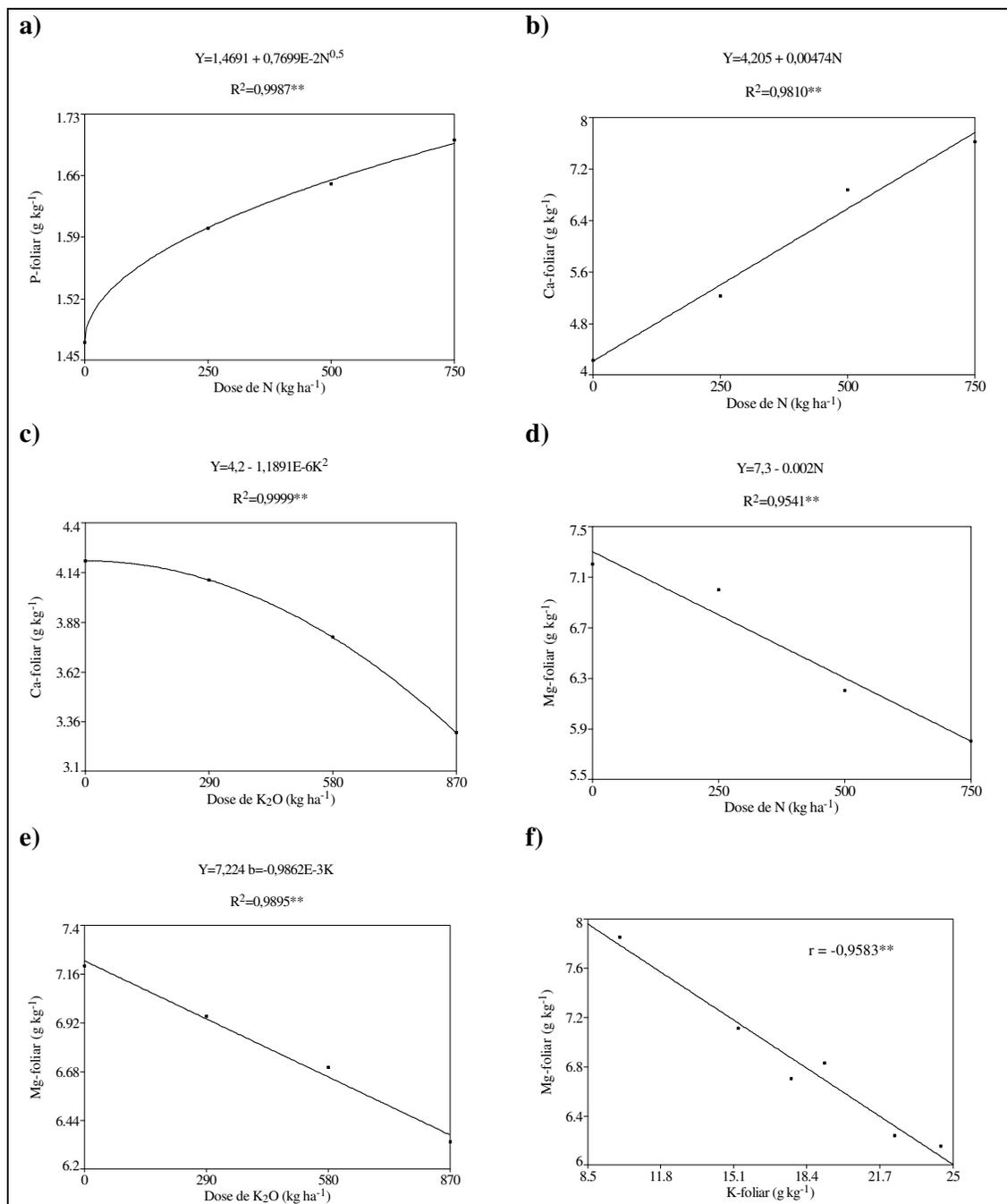


Figura 25 – Efeito de nitrogênio e  $K_2O$ , via fertirrigação, sobre os teores foliares de fósforo (a), cálcio (b; c), magnésio (d; e) e da correlação entre Mg e K (f) da bananeira cv. “Prata-Anã” cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

#### 4.4.2 – Teor de clorofila e trocas gasosas

A bananeira possui metabolismo fotossintético do tipo  $C_3$ , onde a primeira molécula estável como resultante da fixação de carbono atmosférico tem três átomos de carbono (3-Fosfoglicerato). Segundo diversos autores (TAIZ e ZEIGER, 2004; PRADO e CASALI, 2006; RIBEIRO, 2006), os processos envolvidos na atividade fotossintética são classificados como difusivos, fotoquímicos e bioquímicos. O primeiro está relacionado ao fluxo de  $CO_2$  entre a atmosfera e o mesófilo foliar, sendo regulado pela abertura estomática. Enquanto, os fotoquímicos estão envolvidos na absorção de energia luminosa, hidrólise da água e liberação de oxigênio, com consequente produção de ATP (adenosina trifosfato) e NADPH (nicotinamida adenina dinucleotídeo piridina fosfato reduzida) que serão utilizados nas reações bioquímicas para fixação de  $CO_2$  por meio da enzima Rubisco (ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase). Nesse sentido, qualquer fator que exerça influência em pelo menos um desses mecanismos poderá afetar o metabolismo vegetal e, consequentemente, o rendimento das plantas.

Nesse contexto, verificou-se efeito significativo isolado de N (Tabela 12) de natureza quadrática ( $p < 0,01$ ) sobre o teor de clorofila total (cl-total). Quanto as variáveis: condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida de  $CO_2$  (A), taxa de transpiração (T), eficiência instantânea no uso da água (EUA) e eficiência intrínseca na carboxilação (EiC) foram observados, além dos efeitos isolados das doses de N e K ( $p < 0,01$ ), o efeito da interação (N x K) ( $p < 0,01$ ), evidenciando a importância da nutrição mineral equilibrada, notadamente desses nutrientes sobre a fisiologia da bananeira “Prata-Anã” em regime de fertirrigação.

Tabela 12- Resumo da análise de variância dos atributos fisiológicos: teores de clorofila (cl), condutância estomática (gs), taxa fotossintética líquida (A), taxa de transpiração (T), eficiência instantânea no uso da água (EUA) e eficiência na carboxilação (EiC) da bananeira cv. “Prata-Anã” cultivada sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

F.V	GL	Quadrado Médio					
		cl-total	gs	A	T	EUA	EiC
Bloco	3	0,03431 <sup>ns</sup>	282,77 <sup>**</sup>	0,80701 <sup>ns</sup>	0,0391 <sup>ns</sup>	0,0889 <sup>ns</sup>	0,004458 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	(3)	23,0459 <sup>**</sup>	40397,73 <sup>**</sup>	41,9168 <sup>**</sup>	1,7064 <sup>**</sup>	0,4773 <sup>**</sup>	0,067530 <sup>**</sup>
Linear	1	44,4094 <sup>**</sup>	111557,00 <sup>**</sup>	25,3406 <sup>**</sup>	2,9227 <sup>**</sup>	0,1076 <sup>ns</sup>	0,8683E-4 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	24,0447 <sup>**</sup>	7125,00 <sup>**</sup>	91,1786 <sup>**</sup>	1,0439 <sup>**</sup>	1,2143 <sup>**</sup>	0,170830 <sup>**</sup>
Cúbico	1	0,68173 <sup>ns</sup>	2411,21 <sup>ns</sup>	9,2310 <sup>**</sup>	1,1527 <sup>**</sup>	0,1099 <sup>ns</sup>	0,031674 <sup>**</sup>
Potássio (K)	(3)	0,31632 <sup>ns</sup>	23601,13 <sup>**</sup>	9,4724 <sup>**</sup>	0,3789 <sup>**</sup>	0,6403 <sup>**</sup>	0,019214 <sup>**</sup>
Linear	1	0,94504 <sup>ns</sup>	645,25 <sup>ns</sup>	5,2249 <sup>**</sup>	0,01328 <sup>ns</sup>	0,1505 <sup>ns</sup>	0,002588 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,9766E-3 <sup>ns</sup>	53615,40 <sup>**</sup>	9,4019 <sup>**</sup>	0,6332 <sup>**</sup>	0,0068 <sup>ns</sup>	0,017522 <sup>**</sup>
Cúbico	1	0,2940E-2 <sup>ns</sup>	16542,75 <sup>**</sup>	13,7905 <sup>**</sup>	0,4903 <sup>*</sup>	1,7636 <sup>**</sup>	0,037532 <sup>**</sup>
N x K	9	0,51974 <sup>ns</sup>	14161,42 <sup>**</sup>	11,1803 <sup>**</sup>	1,0149 <sup>**</sup>	0,3556 <sup>**</sup>	0,016982 <sup>**</sup>
Resíduo	45	0,28629	803,06	0,6626	0,0898	0,0628	0,002663
CV (%)		9,40	7,39	4,23	6,26	6,17	5,03

cl-total (clorofila total) (mg dm<sup>-2</sup>); gs (mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); A (μmol de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); T(mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>);  
EUA [(μmol de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>]; EiC [(μmol de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>]

As concentrações das clorofilas *a* e *b* (Figuras 26a e 26b) foram reduzidas nas menores disponibilidades de nitrogênio. Além disso, observou-se que nesse ambiente a concentração de clorofila *a* ( $2,11\text{mg dm}^{-2}$ ) foi maior que a clorofila *b* ( $1,67\text{mg dm}^{-2}$ ), implicando em uma maior relação clorofila *a/b*. Segundo Evans (1989), isso indica maiores quantidades de centros de reação no fotossistema II e menor capacidade na captura de energia solar incidente, por meio das proteínas do complexo de captação de luz II (LHCII). Resultados semelhantes foram encontrados por Cruz et al. (2007) trabalhando com níveis de N sobre a taxa fotossintética em mamoeiro. Por outro lado, na presença do N, o valor observado da clorofila *b* ( $3,69\text{mg dm}^{-2}$ ) foi maior que o da clorofila *a* ( $3,13\text{mg dm}^{-2}$ ), conseqüentemente menor foi a relação clorofila *a/b*. Essa relação aumenta a capacidade fotoquímica, pressupondo em maior velocidade de transporte de elétrons (EVANS, 1989). De fato a clorofila *b* desempenha papel importante por ampliar a faixa de luz que pode ser usada no processo fotossintético (RAVEN et al., 2001). Na bananeira por apresentar auto-sombreamento característico, uma maior proporção relativa de clorofila *b* é um fator importante, pois possibilita a captação de energia de outros comprimentos de onda e transferência para a molécula específica de clorofila *a*, que então a transforma em energia química na fotossíntese.

Verifica-se na Figura 26c que a maior disponibilidade de nitrogênio aumentou a concentração de clorofila total, atingindo o valor estimado de  $6,69\text{mg dm}^{-2}$  na dose de  $478\text{kg ha}^{-1}$  de N, maior que  $5,23\text{mg dm}^{-2}$  encontrados em bananeiras “Grand Naine” por Thomas e Turner (2001). Conforme Cayón et al. (1994), a maior concentração desse pigmento encontrado na parte central do limbo foliar correspondeu à taxa máxima de assimilação de  $\text{CO}_2$  por essa cultura, pois maiores concentrações de cl-total podem representar maiores investimentos nos pigmentos responsáveis pela absorção da luz. Nesse sentido, comparando-se os tratamentos 0 e  $478\text{kg ha}^{-1}$  de N estimado, notou-se que o incremento foi de 77,92%, revelado com alta capacidade preditiva ( $R^2=0,9977^{**}$ ). Esse comportamento possibilita indicar quais doses de N poderão ser aplicadas à bananeira, a fim de manter teores adequados de N nas folhas conforme o teor de clorofila, como já utilizado em outras culturas (GUIMARÃES et al. 1999; TORRES NETTO et al., 2002). Essa indicação é justificada pela correlação significativa e positiva ( $r=0,8803^{**}$ ) entre os teores de N e os de clorofila, sendo atribuída ao fato que 50 a 70% do N-total das folhas serem integrantes de enzimas que estão associadas aos cloroplastos (EVANS, 1989). O fato ainda é reforçado quando se substituiu o valor estimado para o teor de clorofila na equação que modelou o teor foliar de nitrogênio

(Figura 23a), podendo-se constatar o teor foliar de  $32,52\text{g kg}^{-1}$  de N. Esse resultado indica que se pode reduzir a aplicação em  $154\text{kg ha}^{-1}$  de N, sem contudo comprometer seu teor foliar.

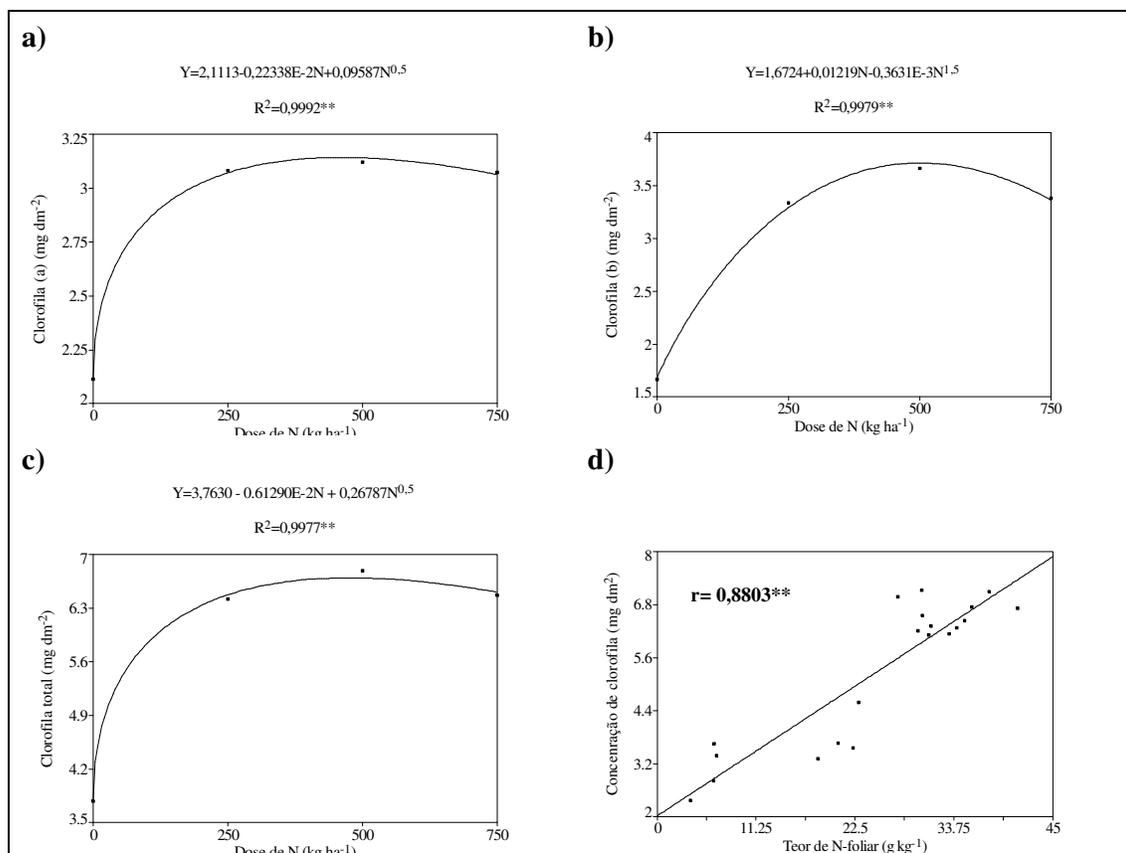


Figura 26 -. Efeito de nitrogênio via fertirrigação sobre teor de clorofila *a* (a), clorofila *b* (b), clorofila total (c) e correlação entre clorofila e nitrogênio foliar (d) na bananeira cv. Prata-Anã cultivada em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

A condutância estomática (gs) variou em respostas às doses crescentes de N dentro das doses de  $\text{K}_2\text{O}$ . Na Figura 27a é ilustrado o efeito isolado de N sobre a gs, onde se observa o valor máximo de  $425,60\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{s}^{-1}$  obtido na dose de  $288\text{kg ha}^{-1}$  de N. Por sua vez, quando se utilizou a maior dose de N do intervalo estudado, notou-se que as plantas expressaram a gs de  $219,12\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , caracterizando o fechamento estomático. Esse comportamento pode ter sido resultado do maior teor foliar de cálcio ( $7,8\text{g kg}^{-1}$ ) presente nesse tratamento, pois altas concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  no citosol estimula a extrusão de malato das células-guarda, causando o efluxo de  $\text{K}^+$  e como consequência o fechamento dos estômatos (MARENCO e LOPES, 2005). Nas parcelas que receberam  $290\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $500\text{kg ha}^{-1}$  de N, o valor calculado foi de  $443,82\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{s}^{-1}$  com acréscimos nessa variável de 7,82% em relação às plantas que receberam somente K (Figura 27b).

Já nas Figuras 27c e 27d, observa-se que ocorreu uma depleção à medida que se aumentaram as doses de N, indicando uma maior resistência estomática para manutenção do potencial hídrico das folhas. No entanto, mesmo ocorrendo reduções, os valores de  $g_s$  observados foram maiores que aqueles constatados nas parcelas que receberam, notadamente, a maior dose de N via fertirrigação (Figura 27a). Outro fato que merece atenção, são os valores dos interceptos das equações que revelaram tendência quadrática da  $g_s$  em função das doses de  $K_2O$ , onde foi possível estimar o máximo da condutância de  $515 \text{ mmol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na presença de  $580 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ . Thomas e Turner (2001), estudando trocas gasosas em bananeira “Grand Naine”, constataram valores de  $g_s$  oscilando entre  $250$  e  $500 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Larcher (2006) cita que na maioria das plantas herbáceas, a  $g_s$  oscila entre  $300$  e  $500 \text{ mmol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Os relatos desses autores corroboram com os resultados do presente trabalho, podendo-se inferir sobre a importância das adubações equilibradas de N e K na osmorregulação estomática da bananeira, favorecendo seu *status* hídrico.

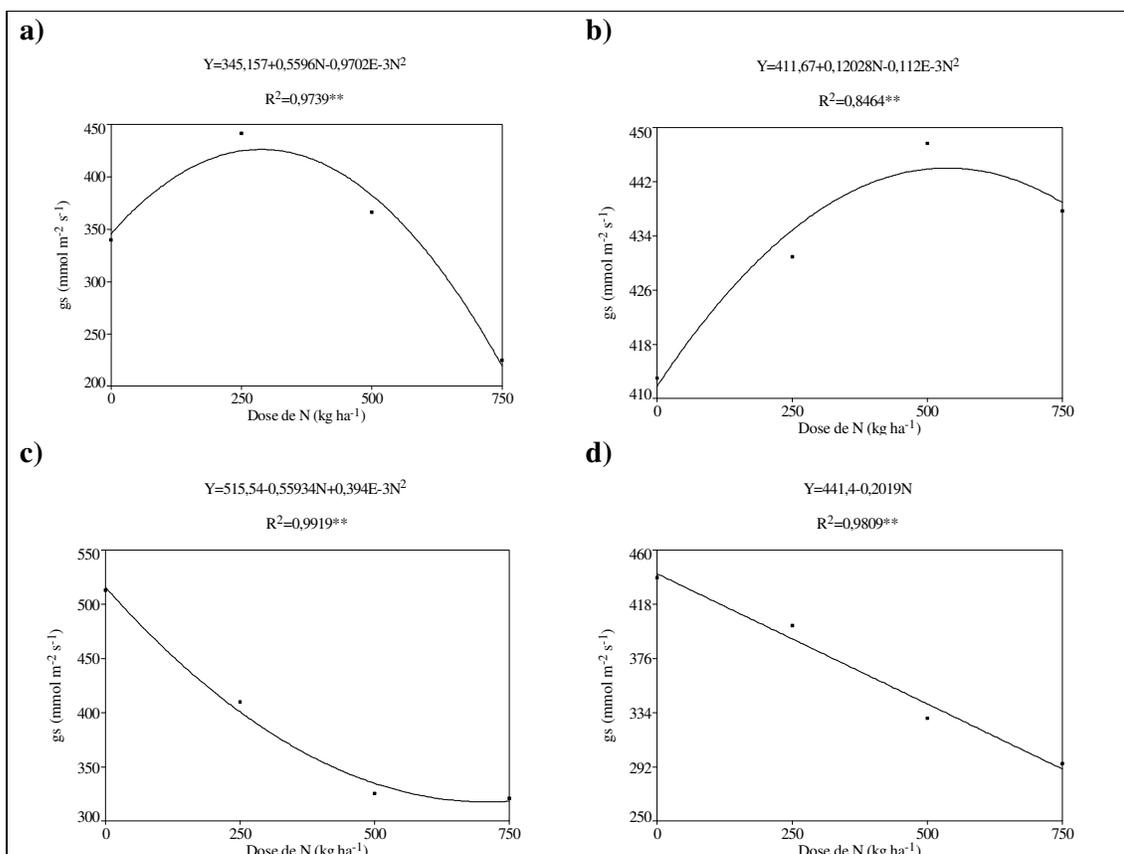


Figura 27 - Efeito de nitrogênio dentro das doses: 0 (a), 290 (b), 580 (c) e 870 (d) kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  sobre a condutância estomática ( $g_s$ ) (mmol de  $H_2O$  m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

Em face das variações da  $g_s$  em resposta às fertirrigações no presente trabalho e sabendo-se que os estômatos regulam as trocas gasosas foliares (PRADO e CASALI, 2006), espera-se que sejam afetadas a dinâmica da assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) e da transpiração ( $T$ ) das plantas. Quanto à  $A$ , os comportamentos observados seguiram, aproximadamente, as mesmas tendências de  $g_s$ . Na ausência de adubação com potássio (Figura 28a), o valor máximo de  $A$  ( $22,37\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foi verificado quando se aplicaram  $250\text{kg ha}^{-1}$  de N, alcançando o mínimo de  $14,98\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na dose de  $750\text{kg ha}^{-1}$  de N. Analisando-se a Figura 28b, nota-se que a assimilação de  $21,67\mu\text{mol (CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  foi obtida na combinação  $438\text{kg ha}^{-1}$  de N mais  $290\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , com acréscimos de 19,72% em relação às plantas que receberam somente K. Por sua vez, verificando-se as doses crescentes de nitrogênio dentro da dose de  $580\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Figura 28c), a  $A$  estimada de  $20,73\mu\text{mol (CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  foi atingida quando se acrescentaram  $250\text{kg ha}^{-1}$  de N, observando-se a partir daí decréscimos do influxo de  $\text{CO}_2$  até alcançar a taxa de  $18,02\mu\text{mol (CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na fertilização de  $750\text{kg ha}^{-1}$  de N. Já na Figura 28d, nota-se resposta linear decrescente de  $A$ , onde o menor valor da taxa assimilação foi de  $17,44\mu\text{mol (CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Cayón et al. (1994), estudando o comportamento fisiológico da bananeira cv. Dominico-Hartón, constataram que fotossíntese máxima foi obtida na terceira folha a partir do ápice, sendo o valor encontrado de  $12,67\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Os autores registraram que a taxa fotossintética foi baixa nas primeiras horas do dia, alcançando valores máximos próximo ao meio-dia. Já em estudo realizado por Cayón Salinas (2001) para determinar a evolução da fotossíntese em folhas de *Musa spp* do grupo (AAB), foi constatado que na fase inicial de desenvolvimento, a taxa de assimilação foi de aproximadamente  $6,8\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , incrementando rapidamente até alcançar valor máximo de  $12,22\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  entre 20 a 40 dias após a expansão (DAE) completa da folha e diminuíram gradualmente até a senescência total (140 DAE). Salienta-se que o mecanismo de redução da fotossíntese durante a senescência das folhas, indicam que esse fenômeno se deve a troca na concentração e cinética da enzima Rubisco (Ribulose 1,5-bifosfatocarboxilase-oxidase) (EVANS, 1986). Esse autor registrou que a redução na taxa de fotossíntese torna negativo o balanço de carbono na planta porque a respiração das folhas permanece constante durante todo o processo de desenvolvimento. Em estudos sobre ecofisiologia de cultivares de bananeiras, Cayón Salinas (2004) verificou taxas máximas de  $A$  variando entre 12,7 a  $16,1\mu\text{mol (CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  em bananeiras do grupo AAB.

A semelhança entre os comportamentos de  $A$  e  $g_s$  deve-se ao fato de o fornecimento de substratos para a fotossíntese ( $\text{CO}_2$ ) ser regulado pelos estômatos (TAIZ e ZEIGER, 2004), no caso da bananeira isso foi reforçado pela alta correlação positiva ( $0,7698^{***}$ ) constatada no experimento (Figura 28e), inferindo que maiores aumentos no  $g_s$  implicaram em maiores influxos de  $\text{CO}_2$  no mesófilo foliar, possibilitando altas taxas de assimilação de dióxido de carbono. Deve-se acrescentar que os valores observados da taxa de assimilação líquida foram relevantes para plantas  $\text{C}_3$  que apresentam taxas entre  $10$  e  $20 \mu\text{mol} (\text{CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (RAVEN et al., 2001). Isso reforça a necessidade de se estudar o comportamento fisiológico dessa cultura em diferentes ambientes como ferramenta básica para determinar o melhor manejo, visando expressar o máximo do potencial produtivo dessa cultura.

Quanto à taxa de transpiração que indica a perda efetiva de água para atmosfera, os maiores valores de  $T$ , de modo geral, foram induzidas pela maior  $g_s$  (Figura 29). A condutância *per se* também regula a transpiração por meio de diferenças de gradiente entre as células do mesófilo foliar e as células-guarda dos estômatos (EAMUS, 1999), indicando que existe certa correlação entre essas variáveis biofísicas, o que pode ser corroborado pelo valor de  $r=0,7698^{***}$  (Figura 29e). Deve-se salientar que os maiores  $T$  estimados de  $5,76$  e  $5,78 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  foram verificados nas parcelas ausentes de adubação potássica e que receberam  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Figura 29a), bem como naquelas que receberam somente  $580 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Figura 29c) via fertirrigação, respectivamente. Esses valores, em média, foram cerca de  $59,23\%$  superiores a menor taxa de  $T$  observada. Ainda analisando a Figura 29e, nota-se que as maiores intensidades  $T$  ( $4,3$  a  $5 \text{ mmol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ficaram compreendidas no intervalo de  $280$  a  $450 \text{ mmol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de  $g_s$ , inferindo-se ter ocorrido melhor ajuste estomático quando as plantas receberam, notadamente, N e K. Tais resultados pressupõem o comportamento da dinâmica de absorção de água e nutrientes pelas plantas com reflexos na produtividade, pois o aumento na abertura estomática favorece a transpiração e, conseqüentemente carregamento de íons disponíveis do solo às raízes e destas para as outras partes da planta (MARSCHNER, 1995; PRADO e CASALI, 2006). Em estudos sobre variação sazonal de trocas gasosas em bananeira “Hartón” (*Musa* AAB), Jaimez et al. (2005) destacaram que em condições ótimas de umidade do solo, a transpiração pode atingir valores entre  $4$  e  $5,5 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , resultados estes semelhantes aos observados neste trabalho.

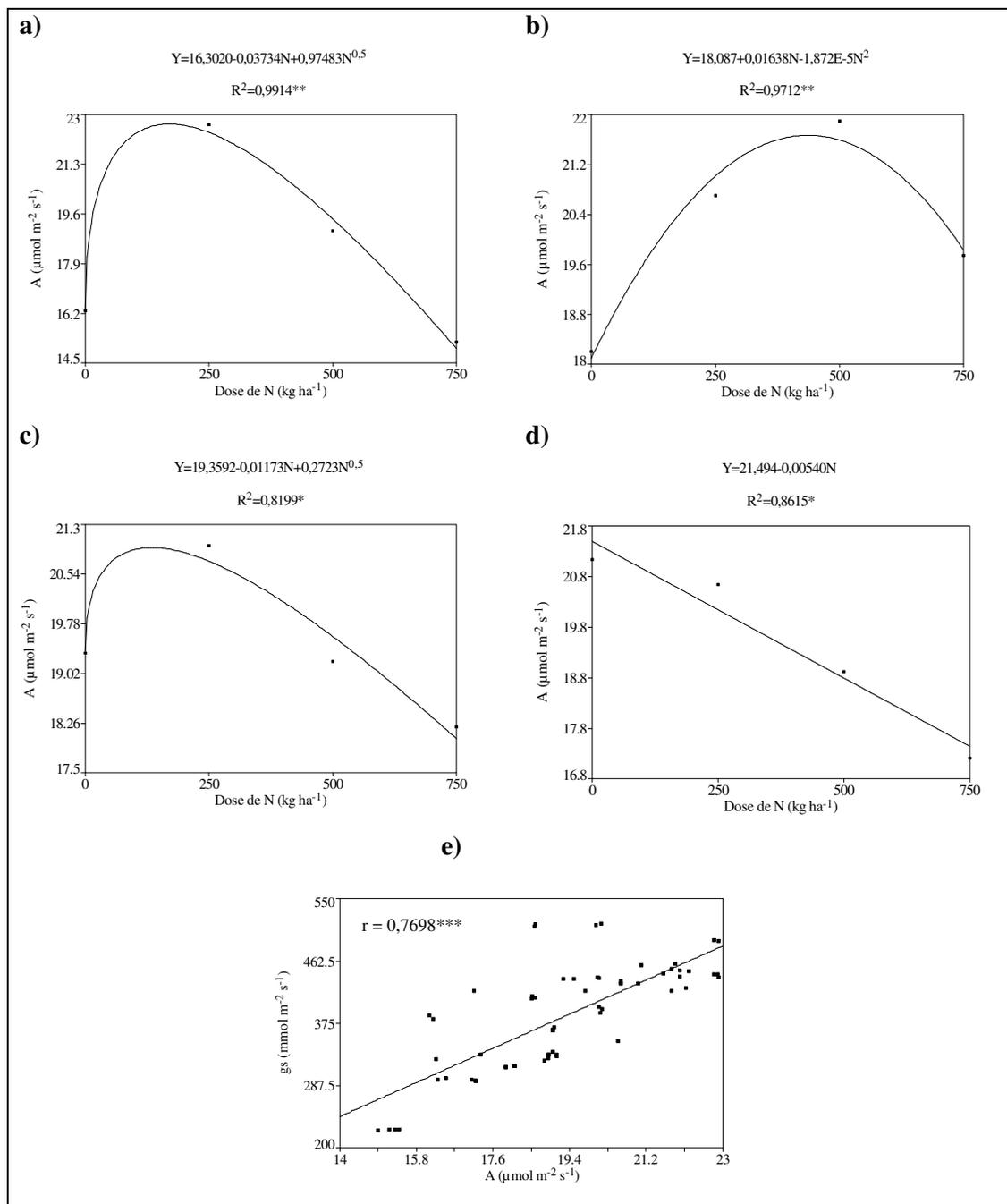


Figura 28 - Efeito de nitrogênio dentro das doses: 0 (a), 290 (b), 580 (c) e 870 (d) kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O sobre a taxa fotossintética líquida (A) (μmol de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e a correlação de Pearson entre A e gs (e) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

\*, \*\*, \*\*\*: significativo a 5, 1, e 0,1% de probabilidade.

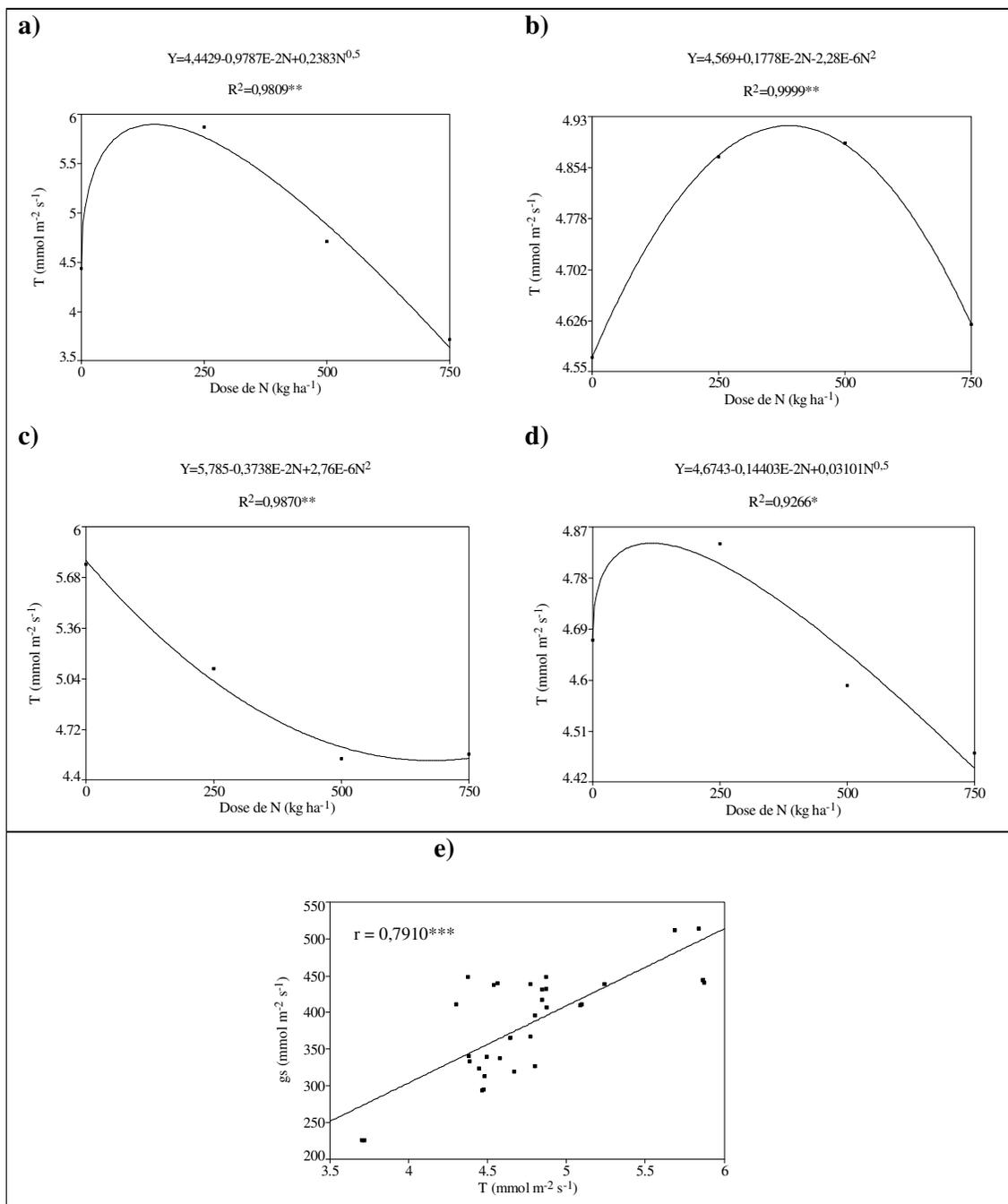


Figura 29 - Efeito de nitrogênio dentro das doses: 0 (a), 290 (b), 580 (c) e 870 (d) kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O sobre a taxa de transpiração (T) (mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

Durante as trocas gasosas reguladas pelos estômatos, a absorção de dióxido de carbono do meio externo promove perda de água e a diminuição dessa perda, também restringe a entrada de CO<sub>2</sub> (SHIMAZAKI, et al., 2007). Essa interdependência expressa pela relação entre a fotossíntese e a transpiração indica a eficiência no uso da água (EUA), onde os

valores observados relacionam a quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde (TAIZ e ZEIGER, 2004; JAIMEZ et al., 2005; RIBEIRO, 2006). Esse processo é influenciado pelas condições climáticas (RIBEIRO, 2006), porém o suprimento nutricional tende a promover maiores taxas fotossintéticas, implicando em rendimentos superiores. Dessa forma, foi possível verificar na omissão da adubação com K (Figura 30a), que a máxima EUA de  $4,09(\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})(\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$  somente seria obtida na dose de  $884\text{kg ha}^{-1}$  de N, valor acima do estudado até o momento das avaliações das trocas gasosas. Enquanto na suplementação de  $290\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , a EUA de  $4,68(\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})(\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$  foi verificada na dose estimada de aproximadamente  $542\text{kg ha}^{-1}$  de N (Figura 30b). Fazendo comparação dessas duas situações, constatou-se que as bananeiras se mostraram mais eficientes no uso da água disponível quando fertirrigadas com N e K. De maneira análoga, na Figura 30c, o valor máximo estimado de  $4,26(\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})(\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$  foi obtido na combinação de  $266\text{kg ha}^{-1}$  de N mais  $580\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e na maior dose de N foi de  $3,83(\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})(\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$ , causando redução de 10% na quantidade de dióxido de carbono assimilado pela fotossíntese.

Na Figura 30d, vê-se que à medida que se aumentou a disponibilidade de N na presença de  $870\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , ocorreu efeito linear decrescente na EUA. Contudo, se for adotado a dose de N que promoveu a máxima eficiência no uso da água, relacionado à Figura 30c, tem-se o valor de  $4,27(\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})(\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$  que foi semelhante ao observado nessa situação. Esses resultados indicam que os aumentos nas adubações potássicas propiciaram às bananeiras a utilização de menores quantidades de nitrogênio para manutenção na EUA e, conseqüentemente, melhor ajuste estomático. Esse fato se deveu a importância do papel do K na regulação da atividade das células-guarda, diminuindo a perda de água por transpiração (MARSCHNER, 1995; SHIMAZAKI et al., 2007).

Semelhante ao constatado na Figura 30e, Cayón Salinas (2001), também, observou que a fotossíntese está correlacionada positivamente com a transpiração como conseqüência da maior  $g_s$ , demonstrando que a manutenção do processo fotossintético está ligado funcionalmente a uma certa condutância estomática e depende da concentração de clorofila no limbo foliar e da ontogenia da folha. Deve-se salientar que somente após a produção de clorofila é que ocorre a maior eficiência fotossintética, pois o grau em que a radiação é utilizada depende da concentração de pigmentos fotossinteticamente ativos, implicando, conseqüentemente, no crescimento e adaptabilidade dos vegetais aos diversos ambientes.

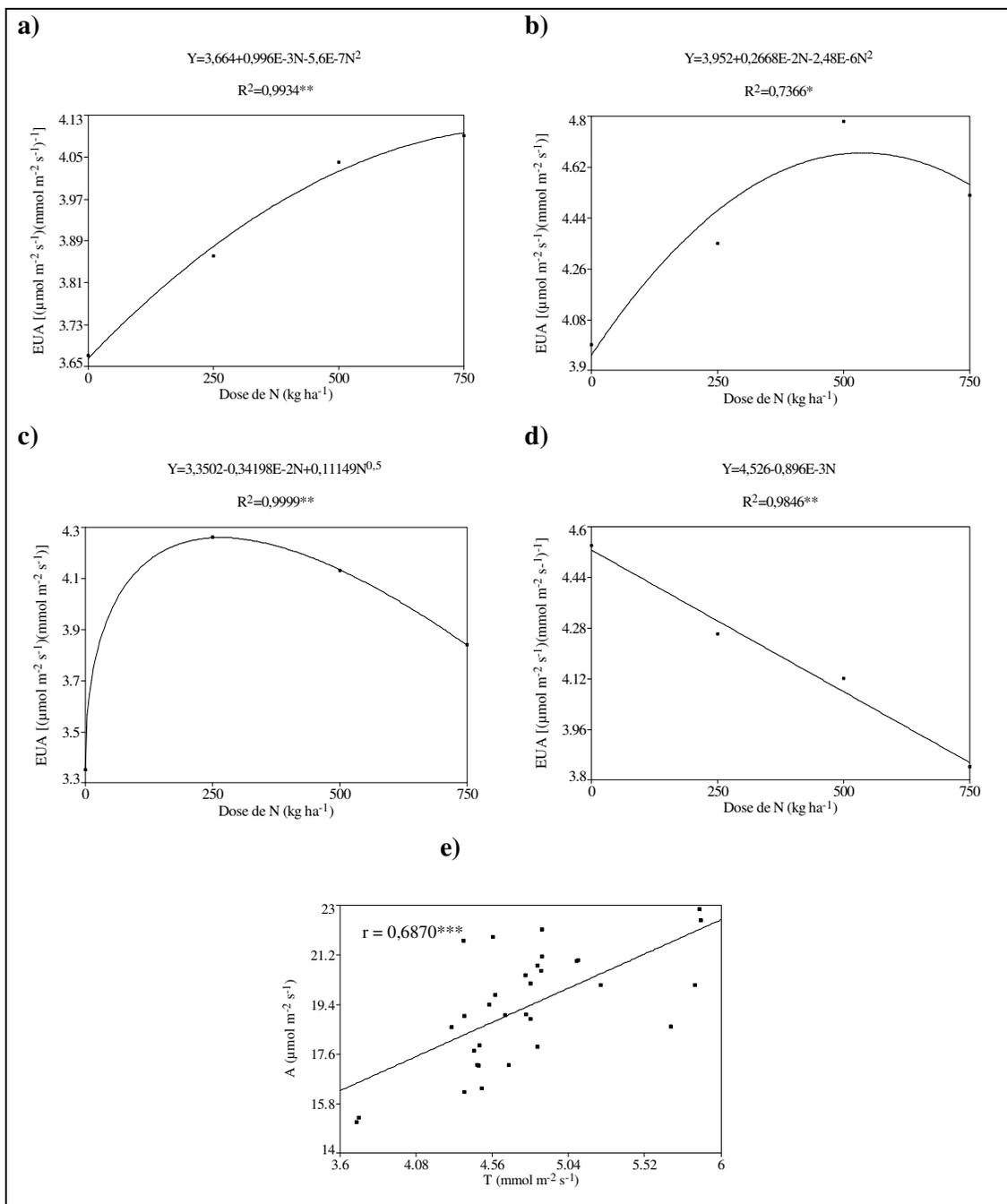


Figura 30 - Efeito de nitrogênio dentro das doses: 0 (a), 290 (b), 580 (c) e 870 (d) kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O sobre a eficiência instantânea do uso de água (EUA) [(μmol de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)(mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] e a correlação de Pearson entre a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A) e a transpiração (T) (e) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

\*, \*\*, \*\*\*: significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade.

Quanto à concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>), nota-se na Figura 31a que C<sub>i</sub> aumentou com a taxa de abertura estomática, tendendo ao valor máximo próximo da condutância estomática de 500mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Porém, as maiores frequências observadas de C<sub>i</sub>

oscilaram no intervalo de 181,4 a 197,8  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , correspondentes a gs entre 350 e 450  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , aproximadamente. Durante as trocas gasosas, os estômatos regulam a concentração subestomática de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), objetivando a manutenção de  $C_i$  relativamente constante (FARQUHAR e SHARKEY, 1982). Desse modo, o  $C_i$  reflete a disponibilidade de substrato para a fotossíntese, podendo indicar se o fechamento está restringindo a atividade fotossintética.

A atividade fotossintética pode ser afetada por fatores não estomáticos, notadamente os de origem bioquímicas (FARQUHAR e SHARKEY, 1982). Esse aspecto pode ser estudado ao se considerar a eficiência de carboxilação dada pela relação ( $A/C_i$ ) (SCHOLLES e HORTON, 1993; KONRAD et al., 2005; MACHADO et al., 2005). Nesse sentido, nota-se na Figura 31b que 250  $\text{kg ha}^{-1}$  de N promoveram ganhos na  $A/C_i$  de 29,54%, em relação às plantas sob omissão da fertirrigação nitrogenada. No entanto, nas parcelas que receberam 750  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, foram constatadas reduções de 22,81%. Isso ocorreu em face da oferta excessiva de N, causando aumento na atividade oxigenase da enzima Rubisco em detrimento da carboxilase e, portanto, provocando menor taxa na assimilação de carbono (LARCHER, 2006). Esse resultado pode ser confirmado pela menor fitomassa seca produzida nessas parcelas, como discutido anteriormente (Vide Figura 19).

Na Figura 31c, verificou-se que  $A/C_i$  máxima de 1,16 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )<sup>-1</sup> foi atingida na dose de 500  $\text{kg ha}^{-1}$  de N mais 290  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , indicando acréscimos de 23,79% em relação às parcelas com deficiência de nitrogênio. Já quando se adicionaram 750  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, o aumento foi de 15,02%. Ao passo que nas fertirrigadas com 580  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , foram necessárias a adição de 250  $\text{kg ha}^{-1}$  de N para se obter 1,16 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )<sup>-1</sup> (Figura 31d). Nessa última situação, dobrando-se a dose de N, a eficiência da carboxilação aumentou em 13,29% na sua atividade quando comparada ao efeito isolado de K. Além disso, observando a Figura 31e, correspondente às doses crescentes de N dentro da dose 870  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , nota-se que na adubação de 250  $\text{kg ha}^{-1}$  de N houve um ganho na  $A/C_i$  de apenas 3,85%, enquanto na maior dose de N ocorreu redução 6,86%, ambos relacionados somente ao suprimento de potássio. Deve-se acrescentar que a resposta de  $A$  aumentou abruptamente com o crescimento de  $C_i$  (de 170 a 178,75  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) numa taxa de 24,14% ( $r=0,7326^{***}$ ) (Figura 31f). A partir de 178,75  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  até 205  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  houve um acréscimo de 19,44% na  $A$  para o aumento de 26,3  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ . Esse comportamento é esperado para uma cultura  $C_3$  típica (LONG e BERNACCHI, 2003). Assemelhando-se ao comportamento da variável  $A/T$  estudada anteriormente, esses resultados indicam que

adubações combinadas de potássio e de nitrogênio favoreceram melhorias no metabolismo fotossintético das bananeiras, propiciando ganhos em rendimento.

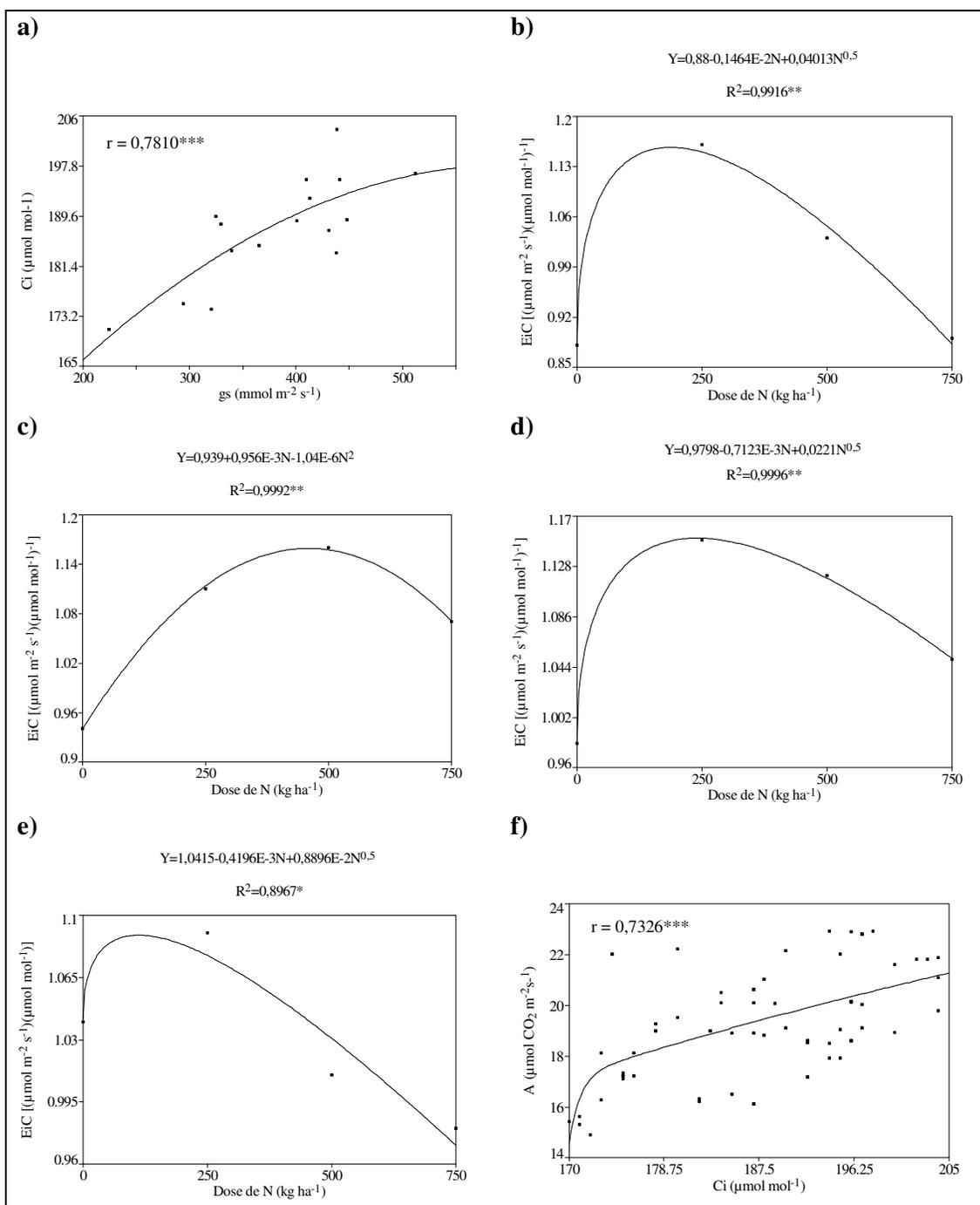


Figura 31 – Comportamento do Ci em função de gs (a), efeito de nitrogênio dentro das doses: 0 (b), 290 (c), 580 (d) e 870 (e) kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O sobre a eficiência instantânea de carboxilação (EiC) [(μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] e correlação Pearson entre taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) (f) da bananeira cv. Prata-Anã cultivada sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

Pelos resultados obtidos e a forma como a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*) e a condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) se relacionaram têm grande importância ecofisiológica, pois como o *A* e o *g<sub>s</sub>* variaram proporcionalmente de forma linear, foi possível verificar que a concentração interna de CO<sub>2</sub> e a EUA se mantiveram em níveis adequados no sentido de otimização das trocas gasosas. Como a nutrição mineral afeta as trocas gasosas por meio do efeito sobre a morfogênese e sobre tudo na duração das folhas (LARCHER, 2006), o suprimento de potássio aos vegetais é importante para manter o potencial hídrico da planta e os mecanismos de abertura e fechamento dos estômatos, controlando a absorção de dióxido de carbono imprescindível na formação de fotoassimilados. Por sua vez, na deficiência de nitrogênio, os vegetais desenvolvem folhas pequenas e acumulam altas concentrações de amido nos cloroplastos (CRUZ et al., 2004), causando dano nos grânulos dos tilacóides (BONDADA e SYVERTSEN, 2005). Por outro lado, uma oferta excessiva de N causa aumento na respiração e, portanto, um menor rendimento fotossintético (LARCHER, 2006). Assim, a análise do desempenho fisiológico da bananeira sob fertirrigação, em diferentes condições ambientais, é de grande importância para o desenvolvimento e aplicação de técnicas que permitam superar as perdas inerentes do cultivo nas fases de pré e pós-colheita.

#### **4.5 – Rendimento dos frutos**

Os efeitos da fertirrigação nitrogenada e potássica sobre a duração do primeiro ciclo foram computados em relação ao número de dias compreendidos entre a época do transplântio e quando 80% dos cachos, das respectivas parcelas, já tinham sido colhidos. Já as quantificações dos frutos foram estimadas por meio do número de pencas (NPenca) e frutos por cacho (NFCacho), número de frutos por penca (NFPenca) e massa do cacho (MCacho) por planta. Nota-se na Tabela 13 que a duração do 1º ciclo variou significativamente em resposta as doses de N e K ( $p < 0,05$ ). Sobre o rendimento dos frutos, a variável NPenca somente expressou resposta na presença da adubação nitrogenada ( $p < 0,01$ ). Em relação às outras variáveis de produção, além dos efeitos isolados de N e K ( $p < 0,01$ ), foram verificadas interações altamente significativas ( $p < 0,01$ ), ao contrário dos resultados obtidos por diversos autores (BRASIL et al., 2000; GUERRA, 2001; MAIA et al., 2003; PINTO et al., 2005).

Tabela 13 - Resumo da análise de variância dos efeitos dos tratamentos sobre a duração do primeiro ciclo, o número de pencas cacho<sup>-1</sup>, o número de frutos penca<sup>-1</sup>, o número de frutos cacho<sup>-1</sup> e a massa do cacho planta<sup>-1</sup> da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

F.V	G.L	QM				
		DCiclo	NPenca	NFPenca	NFCacho	MCacho
Bloco	3	3940,98 <sup>**</sup>	0,8489 <sup>*</sup>	0,5989 <sup>ns</sup>	156,06 <sup>ns</sup>	4,4817 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	(3)	7795,99 <sup>**</sup>	0,9323 <sup>*</sup>	20,807 <sup>**</sup>	2264,02 <sup>**</sup>	39,389 <sup>**</sup>
Linear	1	21763,5 <sup>**</sup>	2,6281 <sup>**</sup>	58,653 <sup>**</sup>	6670,38 <sup>**</sup>	105,63 <sup>**</sup>
Quadrático	1	1777,89 <sup>*</sup>	0,1406 <sup>ns</sup>	2,7609 <sup>*</sup>	23,7656 <sup>ns</sup>	1,9009 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	153,42 <sup>ns</sup>	0,0281 <sup>ns</sup>	1,0081 <sup>ns</sup>	97,9013 <sup>ns</sup>	10,637 <sup>ns</sup>
Potássio (K)	(3)	3650,44 <sup>*</sup>	0,7239 <sup>ns</sup>	4,6822 <sup>**</sup>	565,641 <sup>*</sup>	103,08 <sup>**</sup>
Linear	1	10680,7 <sup>*</sup>	0,7031 <sup>ns</sup>	12,401 <sup>**</sup>	1457,77 <sup>*</sup>	280,59 <sup>**</sup>
Quadrático	1	157,63 <sup>ns</sup>	0,7656 <sup>ns</sup>	1,2656 <sup>ns</sup>	26,2656 <sup>ns</sup>	27,339 <sup>**</sup>
Cúbico	1	112,95 <sup>ns</sup>	0,7031 <sup>ns</sup>	0,3781 <sup>ns</sup>	212,878 <sup>ns</sup>	1,269 <sup>ns</sup>
N x K	9	957,62 <sup>*</sup>	4,6406 <sup>ns</sup>	5,1406 <sup>**</sup>	490,381 <sup>*</sup>	5,682 <sup>*</sup>
Resíduo	45	455,72	13,703	0,7767	105,235	2,702
CV(%)		4,85	7,31	6,19	9,52	13,51

NPenca = número de pencas cacho<sup>-1</sup>; NFPenca = número de frutos penca<sup>-1</sup>; NFCacho = número de frutos cacho<sup>-1</sup>;

MCacho = massa do cacho (kg planta<sup>-1</sup>); DCiclo – duração do primeiro ciclo (dias).

O intervalo entre o plantio e a colheita do cacho foi modelado pela superfície de resposta com alta capacidade preditiva ( $R^2=0,8656^{**}$ ) (Figura 32), notando-se ponto de mínimo na dose estimada de 1016kg ha<sup>-1</sup> de N, inferindo-se o intervalo de 440,22 dias. Verificou-se, também, que na situação de deficiência de N e K, o tempo de duração do 1º ciclo foi reduzido em 39,53 dias quando se realizou fertirrigação potássica isoladamente. Porém, as parcelas que receberam conjuntamente 1016kg ha<sup>-1</sup> de N e 1200kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O distribuídos ao longo desse ciclo, tiveram antecipação da colheita em 103 dias. O efeito de N sobre a duração do ciclo da bananeira “Prata-Anã”, nesse trabalho, foi semelhante ao comportamento da “Nanicão” observado por Teixeira (2000) e corrobora com Gomes (2004). Esse último autor observou que o intervalo do plantio à colheita da “Prata-Anã” foi de 383 dias quando foram aplicados 800kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Deve-se ressaltar que em algumas regiões produtoras de bananas no Brasil, Pereira et al. (2000) em Jaíba norte de Minas Gerais, Pereira

et al. (2003) em Lavras-MG e Oliveira et al. (2007) na Zona da Mata Mineira, reportaram que o ciclo da “Prata-Anã” foi de 411, 509,7 e 466,99 dias, respectivamente. Enquanto Lima et al. (2005), estudando vários cultivares no Recôncavo Baiano, constataram que a “Pacovan” do grupo (AAB) teve início na produção com 362,36 dias. Portanto, pode-se deduzir que as fertirrigações conjuntas de N e K exerceram influências positivas sobre o desenvolvimento das plantas quando relacionadas aos mencionados na literatura, propiciando à colheita mais precoce, sem comprometer o rendimento da cultura.

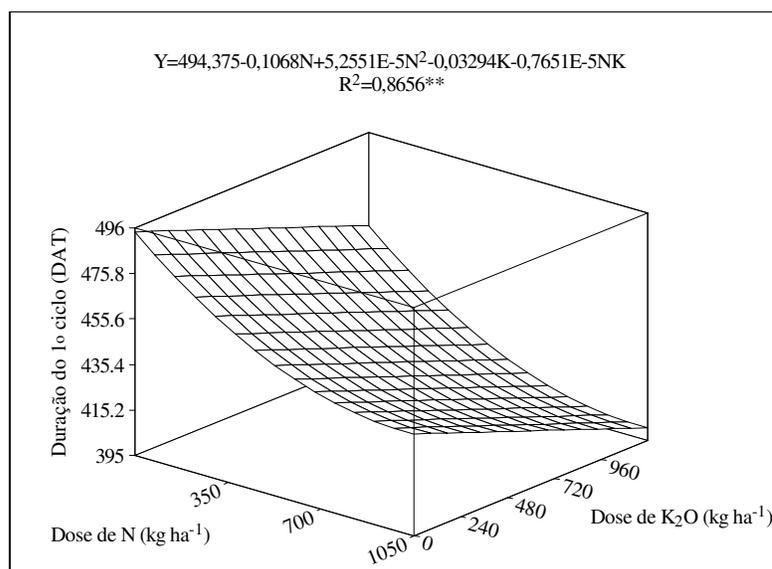


Figura 32. Efeito combinado de N e K sobre a duração do primeiro ciclo da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do

Analisando-se a Figura 33a, o NPenca aumentou linearmente quando se executou fertirrigação com N, atingindo-se o valor estimado de 7,92 pencas cacho<sup>-1</sup>. Esse resultado correspondeu ao ganho de 1,34% para cada 100kg ha<sup>-1</sup> aplicados. Essa tendência, também, foi observada por Pinto et al. (2005) estudando doses de nitrogênio e potássio via fertirrigação em bananeira “Pacovan” no município de Petrolina-PE. Brasil et al. (2000), trabalhando com “Pioneira” no nordeste do Estado do Pará, obtiveram, em média, 6 pencas cacho<sup>-1</sup> na dose de 240g de N touceira<sup>-1</sup>. Os resultados obtidos no presente trabalho foram semelhantes as 7,9 pencas cacho<sup>-1</sup> e inferiores as 9,3 pencas cacho<sup>-1</sup> verificadas em Prata-Anã por Guerra (2001) e Gomes (2004), respectivamente. Esses autores não observaram diferenças estatísticas dos tratamentos utilizados. Para o último autor, a não ocorrência de efeito para aplicação de K, notadamente no primeiro ano de cultivo, foi devido à utilização das reservas do solo (1,3 a

7,2mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) para suprir as exigências nutricionais do nutriente, principalmente, em condições de irrigação.

Sobre a variável NFPenca, estima-se que a aplicação conjunta de 1050kg ha<sup>-1</sup> de N e 1200kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O promoveu em média 16,7 frutos penca<sup>-1</sup> (Figura 33b). Deve-se destacar nessa superfície de resposta que a adição isolada de N propiciou ganho de 23,21%; ao passo que na aplicação de K, o ganho foi de 16,59%, ambos relacionados à supressão desses elementos via fertirrigação. No entanto, o efeito da interação N e K incrementou 43,22% nessa variável. Gomes (2004), estudando fertirrigação com potássio sobre o rendimento de bananeira cv. Prata-Anã, obteve 13,6 e 15,2 frutos penca<sup>-1</sup> no primeiro e no segundo ciclos, respectivamente. Já na Figura 33c, nota-se que os 130 frutos cacho<sup>-1</sup> foram obtidos na combinação 1050kg ha<sup>-1</sup> de N e 1200kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, inferindo-se aumento no rendimento de 50,77%, referentes às parcelas deficientes em N e K. Esses valores foram superiores aos reportados por Brasil et al. (2000) e Pinto et al. (2005) testando adubação com N e K. Também foram maiores que os 92,38 frutos cacho<sup>-1</sup> observados por Pereira et al. (2003) no primeiro ciclo da bananeira “Prata-Anã” no município de Lavras-MG e aos 97,52 frutos cacho<sup>-1</sup> verificados por Lima et al. (2005) em bananeira do grupo “Prata” no Recôncavo Baiano. Por sua vez, foram próximos aos comentados por Silva et al. (2003a) quando avaliaram vários genótipos em diferentes ambientes.

A massa do cacho planta<sup>-1</sup> cresceu com o aumento das doses de potássio e nitrogênio, com valor o estimado de 16,28kg planta<sup>-1</sup> na combinação de 1050kg ha<sup>-1</sup> de N e 1112kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 33d). A diferença entre o rendimento que correspondeu à ausência de fertirrigação com N e K e a obtida na combinação anteriormente mencionada foi de 123,93%. Deve-se mencionar que do total do incremento verificado de 9,1kg planta<sup>-1</sup>, o potássio teve participação de 56,16%, o nitrogênio 31,63% e a interação NxK 12,21%. Ressalte-se que durante observações visuais no campo, as parcelas que não receberam fertirrigação expressaram cachos raquíticos. Além disso, nas plantas sob efeito isolado de nitrogênio, em especial na maior dose do intervalo, foram observadas pencas esparsas com frutos magros. O efeito expressivo do potássio em relação ao nitrogênio, explica-se em função do N ser considerado um elemento que intervém no crescimento, desenvolvimento e produção de massa seca; ao passo que o K é responsável pelo transporte e acumulação de açúcares no fruto (FINOL et al., 2004). De fato, a nutrição desbalanceada de N causa a produção de cachos menores e com problemas de enchimento dos frutos (LAHAV, 1995; ROBINSON, 1996). Destacaram, também, que a queda de frutos das pencas já amadurecidas está associada ao excesso de nitrogênio. Esse problema se torna evidente em áreas tropicais, na estação úmida e

com baixo suprimento de potássio. Nessa situação ocorre alta suscetibilidade aos danos decorrentes do manuseio e transporte, pois o pedicelo dos frutos se apresenta fraco, os quais, ao amadurecerem, soltam-se das pencas.

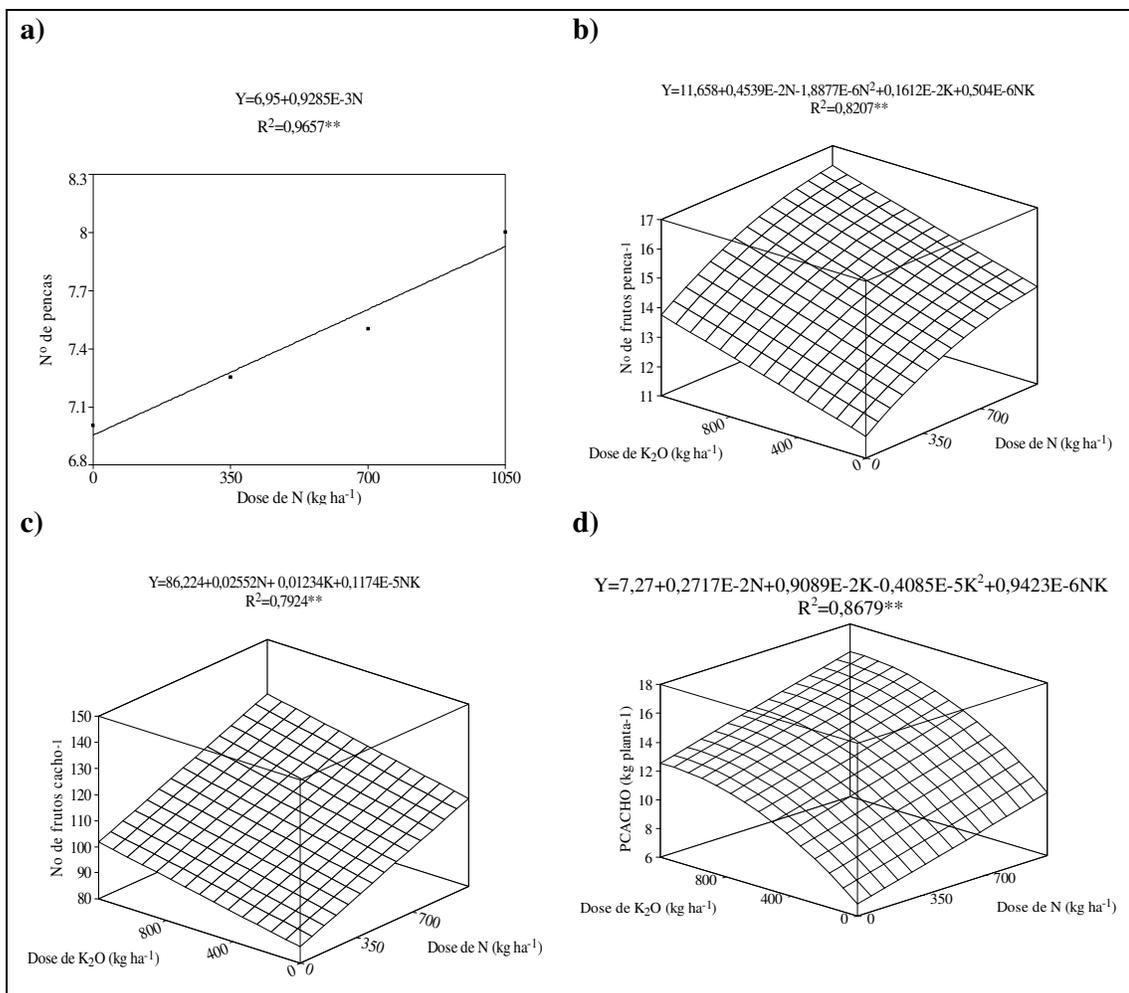


Figura 33 - Efeito isolado de nitrogênio sobre o número de pencas (a) e combinado de N e K sobre o número de frutos penca<sup>-1</sup> (b), número de frutos cacho<sup>-1</sup> (c) e massa do cacho planta<sup>-1</sup> (d) da bananeira cv. Prata-Anã sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

Considerando-se a dose ótima de N na obtenção da eficiência no uso da radiação solar, o rendimento do cacho estimado de 13,57kg planta<sup>-1</sup> equivaleria a 90% da produção que se relaciona a 732kg ha<sup>-1</sup> de N e 1112kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Então, considerando como dose crítica externo da combinação (N x K) aquele associado entre 90% e 100% da produção obtida de 15,08kg planta<sup>-1</sup>, ou seja, a probabilidade de ocorrência de resposta da bananeira cv. “Prata-Anã” às fertirrigações com N e K realizadas em solos semelhantes ao do trabalho relatado, será minimizada quando as adubações via irrigação forem inferiores a 732kg ha<sup>-1</sup> de N e

1112kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. É bom frisar que a diminuição de 318kg ha<sup>-1</sup> de N (1050-732kg ha<sup>-1</sup> de N) durante o primeiro ciclo da bananeira, implicaria na redução de apenas 7,37% na massa do cacho. Além disso, adotando-se a densidade de 2000 plantas ha<sup>-1</sup>, a produtividade esperada seria de 30,16t ha<sup>-1</sup> próxima de 32,22t ha<sup>-1</sup> verificadas no terceiro ciclo da “Prata-Anã” em solo de Tabuleiros Costeiros da Bahia (COELHO et al., 2006). Porém, ficou bem acima da média nacional (12,53t ha<sup>-1</sup>) mencionada por Maia et al., (2003) e dos rendimentos de 17,43 e 18,45t ha<sup>-1</sup> constatados por Pinto et al. (2005) e Gomes (2004), respectivamente.

De acordo com Delvaux (1995), o equilíbrio de cátions e de adequados níveis de potássio e nitrogênio disponíveis às raízes são condições químicas importantes no cultivo de bananeiras. Lahav (1972) cita que o K por ser um elemento extraído em grandes quantidades pela cultura da banana, em situações de deficiência há depleção na massa seca total causada pela redução no ajuste osmótico e, conseqüentemente, na fotossíntese líquida. Essas ponderações confirmam os resultados constatados no presente experimento, onde houve redução nas plantas com deficiências de nitrogênio e potássio de 54,10% na conversão de energia solar em fitomassa seca, 77,45% na fitomassa seca do cacho e 123,93% no rendimento comercial da bananeira.

#### 4.6 – Análise econômica

A partir da equação que modelou o rendimento do fruto (Vide Figura 33d) foi possível estimar a lucratividade da “Prata-Anã” sob regime de fertirrigação (Tabela 14). Nota-se que apesar da fertirrigação nitrogenada, aplicada isoladamente, ter promovido incremento na produtividade de 39,20%, em relação às parcelas não fertirrigadas, verificou-se índice de lucratividade negativo. Isso se deveu aos baixos rendimentos observados nesses tratamentos. Observou-se que na dose de 1050kg ha<sup>-1</sup> de N, onde o rendimento dos frutos foi de 20,24t ha<sup>-1</sup>, a relação benefício / custo foi de R\$0,97. Isto indica que para cada R\$1,00 investido na atividade, houve prejuízo de 3,37%. Por outro lado, verificou-se uma lucratividade de 14,89% quando as parcelas receberam 1200kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Esse resultado pode ser atribuído ao efeito expressivo do potássio na produção do cacho. Já quando se realizou a aplicação conjunta de N e K, o índice de lucratividade variou de 11,80% a 27,37%. Deve-se salientar que na fertirrigação com 1050kg ha<sup>-1</sup> de N e 1112kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, o índice foi de 27,75% e a relação benefício / custo de 1,38. Além disso, o aumento na produtividade de 123,93% (de 7,27 para 16,28kg planta<sup>-1</sup>) resultou numa redução de 40,54% no custo de produção da bananeira (de R\$ 0,37 para R\$ 0,22) e conseqüente aumento no lucro da atividade, evidenciando a importância

da fertirrigação conjunta de N e K sobre o comportamento produtivo dessa fruteira. Zonetti et al. (2002) obtiveram lucratividade de 68,20% no primeiro ciclo da bananeira “Nanicão Jangada”, numa densidade de 2500 plantas ha<sup>-1</sup>; enquanto Silva (2004) observou o índice de 33,75% em bananeira “Maça”. Em outras fruteiras, Pelinson et al. (2005) verificaram uma lucratividade de 51,51% no cultivo de pinha (*Annona squamosa* L.) tecnificado, enquanto Silva et al. (2004) observaram em mamoeiro “Formosa” uma taxa de 28,73%. Esses resultados indicam que a fruticultura é uma excelente alternativa de investimento agrícola.

Tabela 14 - Estimativas de custos e da lucratividade da bananeira fertirrigada nos Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

N	K <sub>2</sub> O	Produtividade <sup>(1)</sup>	Custo fixo <sup>(2)</sup>	Custo variável <sup>(3)</sup>	Custo total	Receita bruta <sup>(4)</sup>	Receita líquida	Benefício/Custo	Preço de equilíbrio	Índice de lucratividade
kg ha <sup>-1</sup>	ano <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>						R\$ kg <sup>-1</sup>	%
0	0	14,54	5438,58	0,00	5438,58	4362,00	-1076,58	0,80	0,37	-24,68
0	400	20,50	5438,58	280,00	5718,58	6151,20	432,62	1,08	0,28	7,03
0	800	23,86	5438,58	560,00	5998,58	7156,08	1157,50	1,19	0,25	16,18
0	1200	24,58	5438,58	840,00	6278,58	7376,64	1098,06	1,17	0,26	14,89
350	0	16,44	5438,58	280,00	5718,58	4932,57	-786,01	0,86	0,35	-15,94
350	400	22,66	5438,58	560,00	5998,58	6800,92	802,35	1,13	0,26	11,80
350	800	26,28	5438,58	840,00	6278,58	7884,96	1606,38	1,26	0,24	20,37
350	1200	27,28	5438,58	1120,00	6558,58	8184,67	1626,09	1,25	0,24	19,87
700	0	18,34	5438,58	560,00	5998,58	5503,14	-495,44	0,92	0,33	-9,00
700	400	24,84	5438,58	840,00	6278,58	7450,65	1172,07	1,19	0,25	15,73
700	800	28,72	5438,58	1120,00	6558,58	8613,83	2055,26	1,31	0,23	23,86
700	1200	29,98	5438,58	1400,00	6838,58	8992,70	2154,12	1,31	0,23	23,95
<b>732<sup>a</sup></b>	<b>1112<sup>a</sup></b>	<b>30,16<sup>a</sup></b>	<b>5438,58<sup>a</sup></b>	<b>1366,40<sup>a</sup></b>	<b>6804,98<sup>a</sup></b>	<b>9048,00<sup>a</sup></b>	<b>2243,03<sup>a</sup></b>	<b>1,33<sup>a</sup></b>	<b>0,23<sup>a</sup></b>	<b>24,85<sup>a</sup></b>
1050	0	20,24	5438,58	840,00	6278,58	6073,71	-204,87	0,97	0,31	-3,37
1050	400	27,00	5438,58	1120,00	6558,58	8100,37	1541,79	1,24	0,24	19,03
1050	800	31,14	5438,58	1400,00	6838,58	9342,71	2504,13	1,37	0,22	26,80
<b>1050<sup>b</sup></b>	<b>1112<sup>b</sup></b>	<b>32,56<sup>b</sup></b>	<b>5438,58<sup>b</sup></b>	<b>1618,40<sup>b</sup></b>	<b>7056,98<sup>b</sup></b>	<b>9767,26<sup>b</sup></b>	<b>2710,28<sup>b</sup></b>	<b>1,38<sup>b</sup></b>	<b>0,22<sup>b</sup></b>	<b>27,75<sup>b</sup></b>
1050	1200	32,66	5438,58	1680,00	7118,58	9800,73	2682,15	1,38	0,22	27,37

<sup>(1)</sup> Estimado por:  $Y=7,27+0,2717E-2N+0,9089E-2K-0,4085E-5K^2+0,9423E-6NK$ ; <sup>(2)</sup> Valores baseados na atividade da Fruticultura São José LTDA localizada no Platô de Neópolis-SE; <sup>(3)</sup> Preço médio do mercado regional; <sup>(4)</sup> Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)xpreço médio (R\$0,30/kg de frutos): valor médio dos anos 2004 e 2005, tendo como base o preço pago ao produtor. Fonte: Fruticultura São José Ltda, 2006.

Valores em negrito são: **a)** referentes ao aproveitamento no uso da irradiância solar e **b)** referentes ao ponto de máximo da dose de potássio.

## 5 – CONCLUSÕES

1- O teor de matéria orgânica do solo diminui sob fertirrigação. Ao final do primeiro ciclo é necessário à adição de Ca e Mg no solo devido seu exaurimento em face da fertirrigação nitrogenada.

2- Com o incremento de N e K, o comprimento e o diâmetro do pseudocaule correlacionam-se positivamente.

3- O maior ganho na produção de fitomassa seca da parte aérea ( $8054,88\text{g planta}^{-1}$ ) é obtido na combinação de  $700\text{kg ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$  de N e  $1200\text{kg ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , sendo 16,51% destinados à fitomassa seca das folhas, 43,77% à fitomassa seca do pseudocaule e 39,71% à fitomassa seca do cacho.

4- Doses elevadas de N e baixas de K causa a ontogenia mais rápida das folhas, o que diminui a razão da área foliar, implicando em reflexos negativos no rendimento da bananeira.

5- O mesófilo foliar da “Prata-Anã” é mais espesso com altas disponibilidades de nitrogênio.

6- A maior conversão da irradiação solar em fitomassa seca pela bananeira é observada quando se aplicam  $732\text{kg ha}^{-1}$  de N e  $1200\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

7- Os níveis críticos de N e K na época do florescimento são  $33,11\text{g kg}^{-1}$  e  $22,13\text{g kg}^{-1}$  obtidos na dose de  $632,39\text{kg ha}^{-1}$  de N e  $700\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente.

8- Com incremento na dose de N, os teores foliares de P e Ca aumentam e o teor foliar Mg diminui. Enquanto os teores foliares de Ca e Mg diminuem quando se realizam fertirrigações potássicas.

9- Sob condições de deficiência de N, a concentração de clorofila *a* é maior que a clorofila *b*, comprometendo o processo fotossintético da bananeira. A concentração de clorofila total de  $6,69\text{mg dm}^{-2}$  pode ser usada como indicativo no manejo da fertilização nitrogenada.

10- Sob excesso de nitrogênio e ausência de potássio, a condutância estomática é reduzida, afetando o processo fotossintético e o rendimento da cultura.

11- O primeiro ciclo da bananeira “Prata-Anã” é prolongado em situações de deficiências de N e K.

12- O maior rendimento do cacho ( $32,56\text{t ha}^{-1}$ ) é obtido com a aplicação de  $1050\text{kg ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$  de N e  $1112\text{kg ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , cujas doses proporcionam uma lucratividade de 27,75 % e uma redução do custo de produção de 40,54%.

## 6 - REFERÊNCIAS

AGRIANUAL: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultório e Comércio, 2004, 521p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, F.T.; BERNARDO, S.; SOUSA, E.F.; MARIN, S.L.D.; GRIPPA, S. Análise econômica baseada em funções de resposta da produtividade *versus* lâminas de água para o mamoeiro no norte fluminense. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.675-683, 2004.

ALVAREZ, V.H. **Avaliação da fertilidade do solo: superfície de respostas e modelos aproximados para expressar a relação fator resposta**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1985. 75p. (Circular, 228).

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Washington, v.24, n.1, p.1-15, 1949.

ASCONDIR: Associação dos Concessionários do Distrito de Irrigação Platô de Neópolis. Relatório anual de atividade. 2006. [s.n].

BALALCÁZAR CARVAJAL, S.I. **El cultivo del plátano en el trópico**. Cali: Impresora Feriva, 1991. 376p.

BARRETO FILHO, A.A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J.A.; GOMES, E.M. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.309-314, 2000.

BEADLE, C.L. Growth analysis. In: HALL, D.O.; BOLHARNORDENKAMPF, H.R.; LEE GOOD, R.C.; SCURLOCK, J.M.O. (Ed.). **Photosynthesis and production in a change environment: a field and laboratory manual**. London: Pergamon, 1993. p.36-46.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.251-255, 2002.

BLOMME, G.; SWENNEN, R.; TENKOUANO, A.; ORTIZ, R.; VUYLSTEKE, D. Estimación del desarrollo de las raíces a partir de los caracteres de los brotos en banano y plátano (*Musa* spp.). **InfoMusa**, Montpellier, v.10, n.1, p.15-17, 2001.

BOLAÑOS, M.M.; MORALES, H.; CELIS, L.D. Fertilización y residualidad de nutrimentos, en el cultivo de plátano (*Musa* AAB) en un Andisol del Quindío Colombia. In: REUNIÓN INTERNACIONAL PARA COOPERACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN DE BANANO EN EL CARIBE Y EN AMÉRICA CENTRAL, 15, 2002, Cartagena de Indias, Colombia. **Memorias...**Medellin: Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA, 2002. p.469-474.

BONDADA, B.R.; SYVERTSEN, J.P. Concurrent changes in net CO<sub>2</sub> assimilation and chloroplast ultrastructure in nitrogen deficient citrus leaves. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.54, n.1, p.41-48, 2005.

BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; COSTA, E.L.; SILVA, J.T.A. **Fertirrigação da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006a. 8p. (Circular Técnica, 84).

BORGES, A.L.; SILVA, T.O.; CALDAS, R.C.; LEDO, C.A.S. Teores foliares de nutrientes em genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.314-318, 2006b.

BORGES, A.L. **Interação entre nutrientes em bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 2p. (Banana em Foco, 55).

BORGES, A.L.; CALDAS, R.C. Teores de nutrientes nas folhas de bananeira cv. Pacovan, sob irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.5, p.1099-1106, 2004.

BORGES, A.L.; CORDEIRO, Z.J.; FRANCELLI, M.; SOUZA, L.S.; SILVA, S.O.; COELHO, E.F.; LIMA, M.B.; MEDINA, V.M.; RITZINGER, C.H.S.; FOLEGATI, M.I.S.; SOUZA, A.S.; MESQUITA, A.L.M.; CARVALHO, J.E.B.; TRINDADE, A.V.; ALMEIDA, C.O.; MATOS, A.P.; MEISSNER FILHO, P.E.; FREIRE, F.C.O; BARROS, L.M.; CRISÓTOMO, L.A.; MOSCA, J.L.; CARVALHO, A.C.P.P. **Cultivo da banana para o Agropólo Jaguaribe-Apodi, Ceará**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fontes/HTML/Banana:BananaCeara/index.htm>. acessado em 12 de jan. 2007.

BORGES, A.L.; SILVA, T.O.; CALDAS, R.C.; ALMEIDA, I.E. Adubação nitrogenada para bananeira “Terra” (*Musa sp.* AAB, subgrupo Terra). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.189-193, 2002.

BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.O.; SOUZA, L.S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E.J. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI / EMBRAPA-CNPMF, 1999. p.197-254.

BORGES, A.L.; SILVA, J.T.A.; OLIVEIRA, S.L. Adubação nitrogenada e potássica para a cv. “Prata-Anã”: produção e qualidade dos frutos no primeiro ciclo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.19, n.2, p.179-184, 1997.

BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.G. **Nutrição e adubação de bananeira**. Brasília: Embrapa-SPI, 1995. 106p. (Publicação Técnicas Frupex, 18).

BRASIL, E. C.; OEIRAS, A.H.L.; MENEZES, A.J.E.A. de; VELOSO, C.A.C. Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta à adubação nitrogenada e potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p.2407-2414, 2000.

BRUNINI, O.; ANGELOCCI, L.R. Resistência ao fluxo de água no sistema solo-planta e recuperação do potencial da água na folha após estresse hídrico em mudas de cafeeiro. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.10, n.1, p.45-50, 1998.

CAYÓN, M.G.; EL-SHARKAWY, M.A.; TAFUR, S.M. Efectos fisiológicos del estrés hídrico en el clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds). **InfoMusa**, Montpellier, v.7, n.2, p.12-14, 1998.

CAYÓN, M.G.; LOZADA, J.E.; BALALCÁZAR CARVAJAL, S.I. Estudios comparativos sobre la actividad fotosintética de clones de plátano (*Musa* AAB y ABB, Simmonds) en Colombia. In: REUNIÓN INTERNACIONAL PARA COOPERACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN DE BANANO EN EL CARIBE Y EN AMÉRICA CENTRAL, 10, 1994, Tabasco, México. **Memorias...**San José, Costa Rica: CORBANA, 1994. p.549-558.

CAYÓN SALINAS, D.G. Evolución de la fotosíntesis, transpiración y clorofila durante el desarrollo de la hoja de plátano (*Musa* AAB Simmonds). **InfoMusa**, Montpellier, v.10, n.1, p.12-15, 2001.

CAYÓN SALINAS, D.G. Ecofisiología y productividad del plátano (*Musa* AAB Simmonds). In: REUNIÓN INTERNACIONAL PARA COOPERACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN DE BANANO EN EL CARIBE Y EN AMÉRICA CENTRAL, 16, 2004, Oaxaca, México. **Memorias...**San José, Costa Rica: CORBANA, 2004. p.172-183.

CHAMPION, J. **El plátano**. Barcelona: Blume, 1975. 247p.

CHAVES, L.H.G.; DIAS, M.M. Formas de potássio em Regossolos do Estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.7, p.523-528, 1996.

CHEN, J.; GABELMAN, W.H. Morphological and physiological characteristics of tomato roots associated with potassium acquisition efficiency. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.83, n.3, p.213-225, 2000.

COELHO, E.F.; LEDO, C.A.S.; SILVA, S.O. Produtividade da bananeira “Prata-Anã” e “Grande Naine” no terceiro ciclo sob fertirrigação por microaspersão em Tabuleiros Costeiros da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.435-438, 2006.

COELHO, E.F.; OLIVEIRA, A.S. de; BORGES, A.L. Aspectos básicos da fertirrigação. In: BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; TRINDADE, A.V. (Org.). **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.77-84, 2002.

COELHO, E.F.; SOUSA, V.F. de; AGUIAR NETTO, A. de O. **Manejo de irrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. 48p. (Circular Técnica, 40).

CORRÉ, W.J. Growth and morphogenesis of sun and shade plants. I: The influence of light intensity. **Acta Botanica Neerlandica**, Amsterdam, v.32, n.1, p.49-62, 1982.

CRUZ, J.L.; COELHO, E.F.; PELACANI, C.R.; COELHO FILHO, M.A.; DIAS, A.A.T.; SANTOS, M.T. Crescimento e partição de matéria seca e de carbono no mamoeiro em resposta à nutrição nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.351-361, 2004.

CRUZ, J.L.; PELACANI, C.R.; CARVALHO, J.E.B., SOUZA FILHO, L.F.S.; QUEIROZ, D.C. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro “golden”. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.1, p.351-361, 2007.

DAMATTO JÚNIOR, E.R.; VILLAS BÔAS, R.L.; LEONEL, S.; FERNANDES, D.M. Avaliação nutricional em folhas de bananeira “Prata-Anã” adubada com composto orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.109-112, 2006.

DANTAS, A.C.L.; DANTAS, J.L.L.; ALVES, E.J. Estrutura da planta. In: ALVES, E.J. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI / EMBRAPA-CNPMF, 1999. p.47-84.

DELVAUX, B. Soils. In: GOWEN, S. (Ed.). **Bananas and plantains**. London: Chapman & Hall, 1995. p.230-257.

DONAHUE, R.L.; MILLER, R.W.; SHICKLUNA, J.C. Soil fertility and plant nutrition. In: DONAHUE, R.L.; MILLER, R.W. **Soils: an introduction to soils and plant growth**. 2.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1983. p.208-239.

DUENHAS, L.H.; VILLAS BÔAS, R.L.; SOUZA, C.M.P.; RAGOZO, C.R.A.; BULL, L.T. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) “Valência”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.214-218, 2002.

EAMUS, D. Ecophysiological traits of deciduous and evergreen woody species in the seasonally dry tropics. **Trends in Ecology and Evolutions**, London, v.14, n.1, p.11-16, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro – RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EPSTEIN, E., BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Trad.. Londrina: Editora Planta. 2006. 392p.

EVANS, J.R. Photosynthesis and nitrogen relationship in leaves of C3 plants. **Oecologia**, Berlim, v.78, n.1, p.9-19, 1989.

FAO. FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/guides/resource/data.htm>>. Acesso em: junho de 2007.

FAQUIN, V. Exigências nutricionais e funções dos nutrientes. In: FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL / FAEPE, 1994. p.87-175.

FARIA, N.G. **Absorção de nutrientes por variedades e híbridos promissores de bananeira**. Cruz das Almas, 1997. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias / Fruticultura Tropical) – Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 1997.

FARQUHAR, G.D.; SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.33, p.317-345, 1982.

FASSBENDER, H. K.; BORNEMISZA, E. **Química de suelos com ênfasis en suelos de América Latina**. São José, Costa Rica: IICA, 1987. 420p.

FERRAZ, M. de S. Estrutura profissional: os consórcios de exportação permitem aos produtores promover suas frutas e consolidar canais permanentes de negociação. **Revista Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v.21, n.8, p.41-42, 2001.

FIGUEIREDO, F.P.; OLIVEIRA, F.G.; MAIA, V.M.; COSTA, L.C. Influência da lâmina de irrigação sobre a eficiência energética, uso de água e produtividade da bananeira “Prata-Anã”. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.1, p.53-58, 2005.

FINOL, J.; FERNÁNDEZ, L.; NAVA, C.; ESPARZA, D. Efecto de fuentes y dosis de nitrógeno sobre la producción y calidad del fruto del banano (*Musa* grupo AAA subgrupo Cavendish clon “Gran Enano”) en la planicie Aluvial del Rio Motatán. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Caracas, v.21, n.3, p.425-431, 2003.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: Editora da UPF. 2004. 536p.

FOLONI, J.S.; ROSOLEM, C.A. Efeito da calagem e sulfato de amônio no algodão. I: Transporte de cátions e ânions no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.2, p.425-432, 2006.

FONSECA, E.L.; SILVEIRA, V.C.; SALOMONI, E. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa incidente em biomassa aérea da vegetação campestre natural no bioma Campos Sulinos do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.656-659, 2006.

FONTES, P.S.F.; CARVALHO, A.J.C.; CEREJA, B.S.; MARINHO, C.S.; MONNERAT, P.H. Avaliação do estado nutricional e do desenvolvimento da bananeira “Prata-Anã” (*Musa* spp.) em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.156-159, 2003.

FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Engenharia Rural, 1992. 53p. (Série Didática, 3).

GALLO, J.R.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; HIRONE, R.; FURLANI, A.M.C.; RAMOS, M.T.B.; MOREIRA, R.S. Composição química inorgânica da bananeira (*Musa acuminata*), cultivar nanicão. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.24, n.1, p.70-79, 1972.

GOMES, E.M. **Crescimento e produção de bananeira “Prata-Anã” e “Maçã” fertirrigadas com potássio.** Botucatu, 2004. 76f. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

GUERRA, A.G. **Fertirrigação com nitrogênio e potássio utilizando sistema de irrigação por microaspersão na cultura da bananeira “Prata-Anã”.** Jaboticabal, 2001. 69f. Tese (Doutorado em Agronomia / Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

GUIMARÃES, T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ, V.H.; MONNERAT, P.H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua correlação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.1, p.209-216, 1999.

HAMM, A. Mudança de padrões: o Profruta quer elevar os padrões de qualidade da fruticultura brasileira ao patamar de excelência que o mercado internacional exige. **Revista Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v.21, n.8, p.43-45, 2001.

HUNT, R. **Plant growth curves the functional approach to plant growth analysis.** London: Edward Arnold Publishers, 1982. 80p.

JAIMEZ, R.E.; RADA, F.; GARCIA-NÚÑEZ, C.; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of platain cv. Hartón (*Musa* AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.104, n.1, p.79-89, 2005.

JOHNS, G.G.; VIMPANY, I.A. Effect of high rates of potassium chloride fertiliser on banana leaf conductance, plant growth, nutrient concentration and root death under contrasting watering regimes. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Alstonville, v.39, n.2, p.211-219, 1999.

KONRAD, M.L.F.; SILVA, J.A.B.; FURLANI, P.R.; MACHADO, E.C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

LAHAV, E. Effect of different amount of potassium on the growth of the banana. **Tropical Agriculture**, Guildford, v.49, n.4, p.321-335. 1972.

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. (Ed.). **Bananas and plantains**. London: Chapman & Hall, 1995. p.258-316.

LAHAV, E.; TURNER, D. **Bananas nutrition**. Bern, Switzerland: International Potash Institute, 1983. 62p. (IPI – Bulletin, 7).

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532p.

LIMA, M.B.; SILVA, S.O.; JESUS, O.N.; OLIVEIRA, W.S.J.; GARRIDO, M.S.; AZEVEDO, R.L. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira no Recôncavo Baiano. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.515-520, 2005.

LONG, S.P.; BERNACCHI, C.J. Gas exchange measurements, what can they tell us about underlying limitations to photosynthesis? Procedures and sources of error. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.54, n.392, p.2393-2401, 2003.

LÓPEZ, A.; ESPINOSA, J. **Manual de nutrition y fertilización del banano**. Quito, Equador: INPOFOS, 1995. 82P.

LOPEZ, C.C. **Fertirrigacion: cultivos hortícolas y ornamentales**. 2.ed. Madrid, Espanã: Ediciones Mundi-Prensa, 2000. 475p.

MACHADO, E.C.; SCHMIDT, P.T.; MEDINA, C.L.; RIBEIRO, R.V. Reposas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.12, p.1161-1170, 2005.

MAHALAKSHMI, M.; KUMAR, N.; SOORIANATHASUNDARAM, K. Effect of fertirrigation and irrigation on the yield of high-density plantations of cv. “Robusta”. **InfoMusa**, Montpellier, v.12, n.1, p.42-44, 2003.

MAIA, V. M.; SALOMÃO, L. C. C.; CANTARUTTI, R. B. A.; VENEGAS, V.H.A.; COUTO, F.A.D. Efeitos de dose de nitrogênio, fósforo e potássio sobre os componentes da produção e a qualidade de bananas 'Prata Anã' no distrito agroindustrial de Jaíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.319-322, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: princípios e perspectivas. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: Editora UFV, 2005. 451p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: London Academic Press, 1995. 899p.

MARTIN, N.B.; SERRA, R.; ANTUNES, J.F.G.; OLIVEIRA, M.D.M.; OKAWA, H. Custos: sistema de custo de produção agrícola. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.24, n.9, p.97-122, 1994.

MARTIN-PRÉVEL, P. Os elementos minerais da bananeira e seus frutos. **Fruits**, Paris, v.22, n.1, p.3-14, 1964.

MARTIN-PRÉVEL, P. La nutrition minérale du bananier dans le monde—Première partie. **Fruits**, Paris, v.35, n.9, p.503-518, 1980.

MARTIN-PRÉVEL, P. Bananier. In: MARTIN-PRÉVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, P. **L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales**. Paris: Tece & Doc, 1984. p.715-751.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. DULLEY, R. D.; KAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.23, n.1, p.123-140, 1976.

MELO, A.S.; AGUIAR NETTO, A.O.; DANTAS NETO, J.; BRITO, M.E.; VIÉGAS, P.R.A.; MAGALHÃES, L.T.S.; FERNANDES, P.D. Desenvolvimento vegetativo, rendimento da fruta e lucratividade do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes níveis de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.93-98, 2006a.

MELO, F.B.; CARDOSO, M.J.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; RIBEIRO, V.Q. Crescimento e produção de frutos de bananeira cultivar “Grand Naine” relacionados à adubação química. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.2, p.246-249, 2006b.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. São Paulo: Fundação Cargill. 1999. CD-ROM.

MOREIRA, R.S.; HIRONE, R.; SÁES, L.A. Análise de 12 nutrientes de amostras internas e externas de folhas de 50 cultivares de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.9, n.1, p.21-25, 1987.

NEVES, R.L.L.; FERREIRA, F.F.H.; MACIEL, R.E.P.; FROTA, J.N.E. Extração de nutrientes em banana (*Musa spp.*) cv. Pacovan. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.22, n.2, p.115-120, 1991.

NEVES, L.L.M.; SIQUEIRA, D.L.; CECON, P.R.; MARTINEZ, C.A.; SALOMÃO, L.C.C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira “Prata” submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.524-529, 2002.

NOGUEIRA, F.D.; VASCONCELOS, C.A.; SANTOS, H.L.; FRANÇA, G.E. O potássio na agricultura em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.81, p.47-52, 1981.

OLIVEIRA, C.A.P.; PEIXOTO, C.P.; SILVA, S.O.; LEDO, C.A.S.; SALOMÃO, C.C. Genótipos de bananeiras em três ciclos na Zona da Mata Mineira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.173-181, 2007.

PELINSON, G.J.B.; BOLIANI, A.C.; TARSITANO, M.A.A.; CORREA, L.S. Análise do custo de produção e lucratividade na cultura da pinha (*Annona squamosa* L.) na região de Jales-SP, ano agrícola 2001-2002. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.226-229, 2005.

PEREIRA, L.V.; SILVA, S.O.; ALVES, J.E.; SILVA, C.R.R. Avaliação de cultivares e híbridos em Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.1, p.17-25, 2003.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações. São Paulo: Funep. 2002, 478p.

PEREIRA, M.C.T.; SALOMÃO, C.C.; SILVA, S.O.; SEDIYAMA, C.S.; COUTO, F.A.D'A.; SILVA NETO, S.P. Crescimento e produção do primeiro ciclo da bananeira Prata-Anã (AAB) em sete espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1377-1387, 2000.

PINTO, J.M.; FARIA, C.M.B.; SILVA, D.S.; FEITOSA FILHO, J.C. Doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em bananeira. **Irriga**, Botucatu, v.10, n.1, p.46-52, 2005.

PINTO, J.M.; SOARES, J.M.; CHOUDHURY, E.N.; PEREIRA.; PEREIRA, J.R. Adubação via água de irrigação na cultura do melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.11, p.1263-1268, 1993.

POORTER, H. Plant growth analysis: towards a synthesis of the classical and the functional approach. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.75, n.2, p.237-244, 1989.

PRADO, C.H.B.A.; CASALI, C.A. **Fisiologia vegetal**: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral. Barueri: Manole, 2006. 448p.

PREZOTTI, L.C. **Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 3ª aproximação**. Vitória: EMCAPA, 1992. 73p. (Circular Técnica, 12).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: CERES / POTAFOS, 1991. 343p.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RANDIN, B.; BERGAMASCHI, H.; REISSER JÚNIOR, C.; BARNI, N.A.; MATZENAUER, R.; DIDONÉ, I.A. Eficiência no uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.9, p.1017-1023, 2003.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2001. 906p.

REDINBAUGH, M.G.; CAMPBELL, W.H. Higher plant responses to environmental nitrate. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.82, n.4, p.640-650, 1991.

RIBEIRO, R.V. **Variação sazonal da fotossíntese e relações hídricas de laranjeira “Valência”**. Piracicaba, 2006. 157f. Tese (Doutorado em Agronomia / Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

ROBINSON, J.C. **Bananas and plantains**. Wallingford: CAB International, 1996. 238p.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilha no ambiente Excel<sup>TM</sup> para os cálculos de balanço hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.133-137, 1998.

ROMERO, J.O.; ZAMORA, O.P. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en plátano (*Musa* AAA Simmonds) cv. Gran Enano. **Agrociencia**, Texcoco, v.40, n.2, p.149-162, 2006.

SANTOS, J.B.; PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.A.; COSTA, L.C. Captação e aproveitamento da radiação solar pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.147-153, 2003.

SCHOLES, J.D.; HORTON, P. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence: simultaneous measurements. In: **Methodes in comparative plant ecology**. Chapman & Hall, London, 1993. 252p.

SECRETARIA DA AGRICULTURA DO ESTADO DE SERGIPE. **Ações prioritárias para o desenvolvimento da fruticultura em Sergipe**. 2001. CD-ROM.

SEVERINO, L.S.; COSTA, F.X.; BELTRÃO, N.E.M.; LUCENA, M.A.; GUIMARÃES, M.M.B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.4, n.1, p.1-6, 2004.

SHABALA, S. Regulation of potassium transport in leaves from molecular to tissue level. **Annals of Botany**, Amsterdam, v.92, n.5, p.627-634, 2003.

SHANGGUAN, Z.P.; SHAO, M.A.; DYCKMANS, J. Nitrogen nutrition and water stress effects on leaf photosynthetic gas exchange and water use efficiency in winter wheat. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.44, n.2, p.141-149, 2000.

SHIMAZAKI, K.I.; DOI, M.; ASMANN, S.M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.58, p.219-247, 2007.

SILVA, J.T.A., BORGES, A.L., OLIVEIRA, S.L. Efeito da aplicação de nitrogênio e potássio na bananeira irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.

SILVA, J.T.A., BORGES, A.L., MENEGUCCI, J.L.P. Efeito do nitrogênio e potássio sobre a produção de bananeira "Prata Anã". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15, 1998, Poços de Caldas. **Resumos...** Lavras: UFLA / SBF, 1998. p.150.

SILVA, J.T.A.; BORGES, A.L.; MALBURG, J.L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, n.63, p.18-21, 1999a.

SILVA, C.A.; VALE, F.R.; ANDERSON, S.J.; KOBAL, A.R. Mineralização de nitrogênio e enxofre em solos brasileiros sob influência da calagem e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.9, p.1679-1689, 1999b.

SILVA, E.B.; RODRIGUES, M.G.V. Levantamento nutricional dos bananais da região Norte de Minas Gerais pela análise foliar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.695-698, 2001.

SILVA, M.A.G.; BOARETTO, A.E.; FERNANDES, H.G.; BOARETTO, R.; MELO, A.M.T.; SCIVITTARO, W.B. Características químicas de um Latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.561-566, 2001.

SILVA, J.T.A.; BORGES, A.L.; DIAS, M.S.C.; COSTA, E.L.; PRUDÊNCIO, J.M. **Diagnóstico nutricional da bananeira Prata-Anã para o norte de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. 16p. (Boletim Técnico, 70).

SILVA, S.O.; PASSOS, A.R.; DONATO, S.L.R.; SALOMÃO, L.C.C.; PEREIRA, L.V.; RODRIGUES, M.A.V.; LIMA NETO, F.P.; LIMA, M.B. Avaliação de genótipos de bananeira em diferentes ambientes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p.737-748, 2003a.

SILVA, J.T.A.; BORGES, A.L.; CARVALHO, J.G.; DAMASENO, J.E.A. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. Prata-Anã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.152-155, 2003b.

SILVA, J.T.A.; CARVALHO, J.G. de. Propriedades do solo, estado nutricional e produtividade de bananeiras “Prata-Anã” irrigadas com águas calcárias. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.2, p.334-340, 2004.

SILVA, M.C.A. **Análise técnica e econômica da cultura da bananeira “Maçã”** (*Musa* spp.) **na região do Estado de São Paulo**. Ilha Solteira, 2004. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2004.

SILVA, M.C.A.; TARSITANO, M.A.A.; CORRÊA, L.S. Análise do custo de produção e lucratividade do mamão “Formosa” cultivado no município de Santa Fé do Sul, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.40-43, 2004.

SILVEIRA, J.A.G.; CROCOMO, O.J. Efeitos de nitrogênio e potássio na utilização de nitrato e distribuição de carboidratos em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.2, p.247-257, 1991.

SMITH, P.F. Effect of nitrogen source and placement on the root development of Valencia oranges trees. **Florida State Horticultural Society**, Florida, v.78, n.1, p.55-59, 1965.

SOTO BALLESTERO, M. Bananas: **cultivo y comercialización**. 2.ed. San José: Litografía e Imprenta, 1992. 520p.

SOUSA, V.F. de; PINTO, J.M.; COELHO, E.F. Manejo da fertirrigação. In: BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; TRINDADE, A.V. (Org.). **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p.43-67.

SOUSA, V.F. de; SOUSA, A. de P. Efeitos da frequência de aplicação de N e K por gotejamento na cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.3, p.36-45, 1998.

STORCK, L.; GARCIA, D.C.; LOPES, S.J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação agrícola**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2000. 198p.

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

TEIXEIRA, L.A.J. **Aduabação nitrogenada e potássica em bananeira ‘Nanicão’** (*Musa* AAA subgrupo Cavendish) sob duas condições de irrigação. Jaboticabal, 2000. 132f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

TEIXEIRA, L.A.J.; NATALE, W.; RUGGIERO, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo, decorrentes da irrigação e da adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.684-689, 2001a.

TEIXEIRA, L.A.J.; RUGGIERO, C.; NATALE, W. Manutenção de folhas ativas em bananeira “Nanicão” por meio do manejo das adubações nitrogenada e potássica e da irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.699-703, 2001b.

TEIXEIRA, L.A.J.; SANTOS, W.R.; BATAGLIA, O.C. Diagnose nutricional para nitrogênio e potássio em bananeira por meio do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e de níveis críticos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.530-535, 2002.

THOMAS, D.S.; TURNER, D.W. Banana (*Musa* spp.) leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence in response to soil drought, shading and lamina folding. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.90, n.1, p.93-108, 2001.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**. 5.ed. New York: MacMillan, 1993. 634p.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J.G.; YAMANISHI, O.K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. **Brazilian Journal Plant of Physiology**, Londrina, v.14, n.3, p.203-210, 2002.

TURNER, D.W. Bananas and plantains. In: SCHAFFER, B., ANDERSEN, P.C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops**, v.2. Boca Raton: CRC Press, 1994. p.37-64.

TURNER, D.W.; THOMAS, D.S. Measurements of plant and soil water status and their association with leaf gas exchange in banana (*Musa* spp.): a laticiferous plant. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.77, n.3, p.177-193, 1998.

WANG, G.G.; QIAN, H.; KLINKA, K. Growth of *Thuja plicata* seedlings along a light gradient. **Canadian Journal of Botany**, Guelph, v.72, n.12, p.1749-1757. 1994.

WITT, H.H. Root growth of trees as influenced by physical and chemical soil factors. **Acta Horticulturae**, Freising, n.450, p.205-214, 1997.

YAMAGUCHI, L.C.T. Novo enfoque sobre custos. **Balde Branco**, São Paulo, n.434, p.66, 2000.

ZONETTI, P.C.; TARSITANO, M.A.A.; SANTOS, P.C.; SILVA, S.C.; PETINARI, R.A. Análise de custo de produção e lucratividade de bananeira “Nanicão Jangada” sob duas densidades de cultivo em Ilha Solteira-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p.406-410, 2002.

# Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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