

CICERO CARTAXO DE LUCENA

ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO DE BANANEIRAS BASEADAS  
EM COEFICIENTES DE TRANSPIRAÇÃO E ÁREA FOLIAR

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

L935e  
2013

Lucena, Cicero Cartaxo de, 1981-  
Estratégias de manejo de irrigação de bananeiras baseadas  
em coeficientes de transpiração e área foliar / Cicero Cartaxo de  
Lucena. – Viçosa, MG, 2013.  
xi, 152f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Dalmo Lopes de Siqueira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.128-144.

1. Banana. 2. Irrigação. 3. Ecofisiologia vegetal.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.  
Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 634.772

CICERO CARTAXO DE LUCENA

ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO DE BANANEIRAS BASEADAS  
EM COEFICIENTES DE TRANSPIRAÇÃO E ÁREA FOLIAR

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 17 de dezembro de 2013.

---

Maurício Antônio Coelho Filho

---

Marcelo Rocha dos Santos

---

Sérgio Luiz Rodrigues Donato  
(Coorientador)

---

Paulo Roberto Cecon  
(Coorientador)

---

Dalmo Lopes de Siqueira  
(Orientador)

## **Dedico**

*Aos meus pais Maria Das Neves e Antônio Cartaxo.*

*Aos meus irmãos Raquel, Odinete, Odete, Valter,*

*Tiago, Francisco e Natanael.*

*À Dalva, minha companheira.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por tudo que tem me concedido.

Agradecimento especial a minha família pelo apoio constante e pelos sonhos compartilhados. O Meu muito obrigado!

À Dalva, pelo companheirismo, carinho e apoio.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de estudos no início do curso.

Ao professor Dalmo Lopes de Siqueira, pela orientação, confiança e amizade.

Aos professores coorientadores, Sérgio Luiz Rodrigues Donato e Paulo Roberto Cecon, pelas valiosas colaborações e sugestões fundamentais no aprimoramento deste trabalho.

Aos professores Maurício Antônio Coelho Filho e Marcelo Rocha dos Santos, pela participação na banca examinadora e pelas valiosas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Aos pesquisadores Carlos Estevão Leite Cardoso e Alberto Duarte Vilarinhos, extensivo à Chefia Geral da Embrapa Mandioca e Fruticultura pela concessão para a conclusão do curso.

Ao Instituto Federal Baiano, *campus* Guanambi, pela infraestrutura e apoio fundamental na realização do trabalho, em especial, aos professores Sérgio Donato e Marcelo Rocha, extensivo ao diretor geral Carlos Elizio Cotrim.

Aos professores da Universidade Federal de Viçosa, em especial, Dalmo Siqueira, Raimundo Barros, Hermínia P. Martinez, Cláudio Bruckner, Luiz C. Salomão, Fábio DaMatta e Marco Oliva, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos professores e pesquisadores Sérgio Luiz Rodrigues Donato, Maurício Antônio Coelho Filho, Edson Perito Amorim, Marcelo Rocha dos Santos, Carlos Alberto da Silva Ledo, Eugênio Ferreira Coelho e Sebastião de Oliveira e Silva, pelas sugestões durante a condução do experimento.

Aos professores da UFRuralRJ, Marco Vasconcellos, Regina Coneglian e Rubens Busquet, pela oportunidade e incentivo à iniciação científica.

Ao técnico Aloizio, Instituto Federal Baiano, *Campus* Guanambi, pela realização das análises de trocas gasosas.

Ao técnico de campo Zé, Instituto Federal Baiano, *Campus* Guanambi, pelo apoio durante todo o período de condução do experimento e nas avaliações fitotécnicas de campo.

Aos técnicos Náfez e George do Laboratório de Solos da Embrapa Mandioca e Fruticultura pelas análises de solo.

Aos colegas Bibiano e Gilberto do CNPMF pelo auxílio nas coletas de solos.

A técnica Marina do Laboratório de Solos da Epamig, pelas análises de nutrição mineral de plantas.

Aos técnicos Domingos e Itamar do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da UFV, pela amizade e auxílio nas atividades no início do curso.

Aos estagiários Tânia Santos, Vagner Filho, Lílian, Marcondes, Ciro Xavier e Zalmar Santana pelo auxílio durante a condução do experimento.

A colega bibliotecária Lucidalva Pinheiro pela revisão das normas de referências bibliográficas.

Aos alunos do IF Baiano, campus Guanambi, que durante as aulas práticas auxiliaram também na condução do experimento.

Aos professores João Abel, Alessandro Arantes, Pedro Marques, Sérgio Donato e Marcelo Rocha pela acolhida no Setor de Agricultura do IF Baiano.

Aos colegas da pós-graduação, Aline Rocha, Danielle Fabíola, Luana Maro, Thiago Vargas, Diogo Paiva, Henrique Ventura, Paula Acácia, Fred, Hilton Galvão, Thiago Struiving, Daniel Magalhães, Pedro Matarazzo, Dierlei, Moisés Zucoloto, Leonardo Pimentel, Emanuel Maia e Cassiano Spaziani, pelo convívio agradável e amizade durante a estadia em Viçosa.

Aos colegas da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Augusto, Jaqueline, Marineusa, Helton, Samuel, Hermínio, Olga, Helder Sampaio, José Souza, Carlos Ledo, Cláudia Fortes, Raul, Carlos Estevão, Clóvis Almeida, Míriam, Ildos, Lucidalva e Jaciene, pelo convívio agradável e amizade.

Aos amigos “ruralinos” Roberto Gabriel, Rafael Fiusa, Fábio Freire, Hernandes, Fernando (Sô), Ícaro, Thiago Vargas, Diogo, Cintia Piloni, Henrique, Marcelo (Tainá), Carlinhos, Lara Rodovalho, Aldir, Andrea, Laudiceio, José Coriolano e Fernanda Delgado. Naturalmente, cada um seguiu seu caminho, mas que a vida nos proporcione reencontros!

À colega Girlaine Oliveira pelo apoio e tramitação de entrega da tese a PPG.

Às secretárias da pós-graduação, Tatiani e Rafaela, pela presteza e dedicação.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

CICERO CARTAXO DE LUCENA, filho de Maria Das Neves de Lucena e Antonio Cartaxo de Lucena, nasceu na cidade de Mauriti, Ceará, em 20 de julho de 1981.

Em março de 1999 ingressou na Escola Agrotécnica Federal de Crato, atualmente denominado Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - *Campus* Crato, CE, concluindo o curso de Técnico em Agropecuária, em março de 2002.

Em maio de 2002, ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, graduando-se em Agronomia, em fevereiro de 2007.

Em março de 2007, iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, concluindo-o em 17 de fevereiro de 2009.

Em março de 2009, iniciou o Curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, submetendo-se à defesa de tese em 17 de dezembro de 2013.

Em janeiro de 2011 ingressou como Analista de Transferência de Tecnologia na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária na Unidade Embrapa Mandioca e Fruticultura.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1 Importância econômica da banana .....	4
2.2 Relações hídricas em bananeira .....	4
2.2.1 Estresse hídrico na cultura da bananeira .....	4
2.2.2 Trocas gasosas na cultura da bananeira .....	6
2.2.3 Exigência de água na cultura da bananeira .....	8
2.3 Distribuição do sistema radicular da bananeira .....	9
2.4 Absorção de nutrientes em bananeira .....	11
2.5 Manejo da irrigação na cultura da bananeira .....	11
2.5.1 Evapotranspiração de referência (ET <sub>o</sub> ) .....	12
2.5.2 Evapotranspiração da cultura (ET <sub>c</sub> ) .....	13
2.5.3 Coeficiente de localização (K <sub>l</sub> ) .....	15
2.5.4 Coeficiente da cultura (K <sub>c</sub> ) .....	16
2.5.5 Coeficiente empírico de transpiração (K) e área foliar .....	18
2.6 Resposta da bananeira a irrigação .....	20
2.7 Eficiência de uso da água .....	21
2.8 Composição genômica e eficiência de uso de água .....	23
2.9 Índice de suscetibilidade à seca .....	23
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
3.1. Caracterização da área experimental .....	25
3.2. Características das cultivares .....	27
3.3. Instalação e condução do experimento .....	28
3.4. Delineamento experimental e tratamentos .....	29
3.5. Características avaliadas no experimento .....	34
3.5.1. Características fitotécnicas .....	34
3.5.2. Função de Produção e Produtividade .....	36
3.5.3. Eficiência de uso de água .....	36
3.5.4. Índice de suscetibilidade à seca .....	36
3.5.5. Características fisiológicas .....	37
3.5.5.1. Trocas gasosas .....	37

3.5.5.2. Temperatura foliar .....	37
3.5.5.3. Índice de clorofila .....	38
3.5.5.4. Conteúdo relativo de água .....	38
3.5.5.5. Área foliar específica .....	39
3.5.6. Diagnose do estado nutricional .....	39
3.5.7. Teores de nutrientes no solo .....	39
3.5.8. Distribuição do sistema radicular .....	40
3.6. Análises estatísticas .....	41
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
4.1. Características fitotécnicas .....	43
4.1.1. Características vegetativas.....	43
4.1.2. Duração do ciclo.....	48
4.1.3. Produtividade e EUA no primeiro ciclo de produção .....	50
4.1.4. Produtividade e EUA de bananeiras 'Prata-Anã' e 'BRS Platina' no segundo ciclo de produção .....	57
4.1.5. Índice de suscetibilidade à seca.....	61
4.2. Características fisiológicas .....	62
4.2.1. Trocas gasosas .....	62
4.2.2. Temperatura foliar .....	72
4.2.3. Índice de clorofila.....	73
4.2.4. Área foliar específica .....	75
4.2.5. Conteúdo relativo de água .....	76
4.2.6. Diagnose do estado nutricional .....	77
4.2.7. Teores de nutrientes no solo .....	93
4.2.8. Distribuição do sistema radicular .....	98
4.3. Análise Fatorial e Análise de Componente Principal .....	111
4.3.1. Características de crescimento e produção.....	111
4.3.2. Características fisiológicas .....	115
4.3.3. Densidade de comprimento de raízes .....	120
4.3.4. Teores de nutrientes no solo .....	123
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>127</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>142</b>

## RESUMO

LUCENA, Cicero Cartaxo de, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2013. **Estratégias de manejo de irrigação de bananeiras baseadas em coeficientes de transpiração e área foliar.** Orientador: Dalmo Lopes de Siqueira. Coorientadores: Sérgio Luiz Rodrigues Donato e Paulo Roberto Cecon.

O cultivo comercial de bananeira em várias regiões do Brasil demanda irrigação suplementar. Por outro lado, os custos associados ao uso da irrigação e a escassez de água para uso agrícola, torna imperioso o uso de cultivares com maior eficiência de uso de água. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar estratégias de irrigação baseadas em coeficientes de transpiração e área foliar de bananeiras de diferentes subgrupos em dois ciclos de produção e comparar estatística convencional e análise multivariadas para análise das características vegetativas, características de produção, eficiência de uso de água, trocas gasosas, temperatura foliar e distribuição do sistema radicular. O experimento foi conduzido em um esquema fatorial  $5 \times 4$ : cinco estratégias de irrigação, definidas utilizando o modelo  $L = K \times AF \times ETo$ , que considera a evapotranspiração de referência,  $ETo$ , a evolução da área foliar total da planta,  $AF$ , um coeficiente empírico de transpiração ( $K$ ) com valores de 0,20; 0,35; 0,50; e 0,65 e o coeficiente de cultura ( $Kc$ ); quatro cultivares de bananeira, Prata-Anã (AAB), BRS Platina (AAAB), BRS Tropical (AAAB) e FHIA-23 (AAAA), em um delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, seis plantas úteis por parcela, em sistema de irrigação por gotejamento. Foram avaliadas características vegetativas, trocas gasosas, conteúdo relativo de água, teores de nutrientes foliares, teores de nutrientes no solo, distribuição do sistema radicular, produção de frutos e eficiência de uso da água (EUA). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ) e de regressão. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Para algumas características procedeu-se o desdobramento da interação dos fatores, independentemente de ser ou não significativa. A análise dos dados de características fitotécnicas seguiram um esquema fatorial  $5 \times 4$ : cinco estratégias de irrigação e quatro cultivares (Prata-Anã, BRS Platina, BRS Tropical e FHIA-23). Para características fisiológicas, teores de nutrientes (mensurados em diferentes fases do primeiro ciclo da cultura) e distribuição do sistema radicular (mensurados em diferentes profundidades e distâncias do pseudocaule), optou-se pelas análises dos dados em esquema de parcela subdividida no

tempo. Para a análise multivariada dos dados, utilizaram-se as técnicas de análises de fatores (AF) e de componentes principais (ACP). As características vegetativas e fisiológicas apresentaram ausência ou pouca sensibilidade à variação nas estratégias de irrigação. Área foliar, temperatura foliar, teores foliares de potássio e a distribuição do sistema radicular expressaram maior sensibilidade à variação nos níveis de irrigação. No primeiro ciclo a produção não foi influenciada pelo manejo da irrigação, havendo redução expressiva da EUA com o incremento do volume de água aplicado pelo aumento do K. No segundo ciclo de produção, as maiores EUA foram obtidas com os coeficientes empíricos  $K = 0,20$  e  $K = 0,35$ , porém associada à produtividade inferior às obtidas com os demais coeficientes ( $K = 0,50$ ;  $K = 0,65$  e  $K_c$ ). Os ganhos de produtividades a partir de  $K = 0,50$  não foram significativos, porém com drástica redução na EUA de  $37,7 \text{ kg mm}^{-1}$  para  $16,5 \text{ kg}^{-1}$ , equivalente a 56,2% em relação a  $K = 0,20$ . O coeficiente  $K = 0,50$  proporcionou produtividade semelhante à obtida com o  $K_c$ ,  $26.500 \text{ kg ha}^{-1}$ . Isto indica que o coeficiente  $K = 0,50$  possibilita equacionar a relação entre produção e EUA. Para cenários de escassez de água é possível alcançar maior EUA ( $38 \text{ kg mm}^{-1}$ ) usando o menor valor de K (0,20) com um impacto de 15% sobre a produtividade do segundo ciclo das cultivares Prata-Anã e BRS Platina e redução de 62% da lâmina de irrigação, o que equivale a uma economia de  $986 \text{ mm ciclo}^{-1}$ . A utilização da técnica de componentes principais mostrou-se adequada para avaliar as correlações múltiplas entre as características avaliadas, apresentando maior expressão da variância entre as variáveis morfológicas quando comparada as variáveis fisiológicas.

## ABSTRACT

LUCENA, Cicero Cartaxo de, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2013. **Irrigation management strategies in bananas based on coefficients of transpiration and leaf area.** Advisor: Dalmo Lopes de Siqueira. Co-Advisors: Sérgio Luiz Rodrigues Donato and Paulo Roberto Cecon.

Commercial cultivation of bananas in many regions in Brazil demands additional irrigation. In contrast, costs associated to irrigation and lack of water for use in agriculture makes the use of cultivars that use water efficiently, imperious. The objective of the present work was to evaluate irrigation strategies based on transpiration and leaf area coefficients from different banana subgroups in two production cycles and compare conventional statistics and multivariate analysis for the evaluation of plant characteristics, production, water use efficiency, gas exchange, leaf temperature and distribution of the root system. The experiment was carried out in factorial 5 x 4 scheme: with five irrigation strategies, achieved using the model  $L = K \times LA \times ETo$ , which considers the evapotranspiration of reference,  $ETo$ , the evolution of total leaf area,  $LA$ , an empirical transpiration coefficient ( $K$ ) with values of 0.20; 0.35; 0.50; and 0.65, and using the crop coefficient ( $Kc$ ); four banana cultivars: Prata-Anã (AAB), BRS Platina (AAAB), BRS Tropical (AAAB) e FHIA-23 (AAAA), and an experimental design in randomized blocks with three replicates, six plants per plot and drip irrigation. The following variables were evaluated: plant characteristics, gas exchange, relative water content, nutrient leaf content, soil nutrient, root system distribution, fruit production and water use efficiency (WUE). Results were submitted to analysis of variance ( $p \leq 0.05$ ) and regression. Averages were compared by the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). For some variables, unfolding of the interaction of the factors was carried out regardless of the significance. Data analysis of the agricultural characteristics followed a 5 x 4 factorial scheme of irrigation and four cultivars (Prata-Anã, BRS Platina, BRS Tropical and FHIA-23). For the physiological characteristics, nutrient content (measured in different phases of the first crop cycle) and distribution of the root system (measured at different depths and distances from the pseudostem), the analysis in subdivided plots in time, was chosen. For the multivariate analysis of the data, the analysis of factors (AF) and principal components (APC), were used. Plant and physiological characteristics did not show any sensitivity as to the variation of the irrigation strategies. Leaf area, leaf

temperature, leaf content of potassium and the distribution of the root system were more sensitive to the variation of the levels of irrigation. In the first cycle, production was not influenced by irrigation management with expressive reduction of the WUE with an increment in the volume of water applied by increasing K. In the second production cycle the highest WUE were obtained with the empirical coefficients  $K = 0.20$  and  $K = 0.35$ , however, associated to yield reduction compared to remaining coefficients ( $K = 0.50$ ;  $K = 0.65$  and  $K_c$ ). Yield gains starting with  $K = 0.50$  were not significant, however, with drastic reduction in WUE from  $37.7 \text{ kg mm}^{-1}$  to  $16.5 \text{ kg}^{-1}$ , equivalent to 56.2% in comparison to  $K = 0.20$ . The yield related to  $K = 0.50$  was similar to the one obtained with  $K_c$ ,  $26.500 \text{ kg ha}^{-1}$ . The use of  $K = 0.50$  enables to equate well the relationship between production and WUE. For sceneries of water shortage, it is possible to reach greater WUE ( $38 \text{ kg mm}^{-1}$ ) using smaller value of K (0.20) with an impact of 15% in yield in the second cycle for the cultivars Prata-Anã and BRS Platina and reduction of 62% of water irrigation use, which saves  $986 \text{ mm cycle}^{-1}$ . The principal components analysis was adequate to evaluate the multiple correlations between the characteristics evaluated, presenting greater expression of the variance between the morphological variables in comparison to the physiological variables.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, e principalmente em futuro próximo, a agricultura irrigada deparará com situação de escassez de água. Abastecimento de água insuficiente para a irrigação não será mais a exceção e o manejo de irrigação deverá mudar a ênfase da produção por unidade de área para a maximização da produção por unidade de água consumida, eficiência do uso da água ou simplesmente produtividade da água (FERERES; SORIANO, 2007).

A despeito disto, a banana é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo que o Brasil produziu, em 2011, cerca de 6,9 milhões de toneladas da fruta, destacando-se na posição de quinto maior produtor mundial (FAO, 2011). Segundo as estatísticas do IBGE, em 2012 o Brasil produziu 6,9 milhões de toneladas de banana, em uma área de 481 mil hectares, gerando um valor da produção da ordem de R\$ 4,39 bilhões (IBGE, 2012).

O semiárido brasileiro, apesar da escassez e irregularidade de distribuição de chuvas, é uma região bastante favorável à bananicultura. Os fatores climáticos como energia disponível e temperatura, aliados ao uso de irrigação, proporcionam uma boa produtividade da cultura da bananeira.

Nesta região destacam-se os seguintes polos de produção de bananas: Minas Gerais (Janaúba e Jaíba); Bahia (Juazeiro, Ponto Novo, Irecê, Bom Jesus da Lapa, Barreiras, Livramento de Nossa Senhora, Caraíbas, Guanambi, Urandi e Sebastião Laranjeiras); Pernambuco (Petrolina e Santa Maria da Boa Vista); Rio Grande do Norte (Vale do Açu); Sergipe (Platô de Neópolis); e Ceará (Chapada do Apodi e Baixo Acaraú). Aproximadamente 95% dessas áreas estão sendo cultivadas com bananas tipo Prata, especificamente 'Prata-Anã' (DONATO, 2009).

De acordo com DONATO et al. (2006) é necessária a busca contínua por cultivares que agreguem características como porte adequado, resistência às pragas, capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e aceitação pelo mercado consumidor. Adicionalmente, tão importante quanto, é a tolerância de cultivares de bananeira ao estresse hídrico, visto que ocorre uma parcela significativa de cultivo da bananeira em condições de sequeiro além de cultivos irrigados em regiões com poucos recursos hídricos, sobretudo no semiárido brasileiro.

O consumo de água pela bananeira é elevado e constante, já que aproximadamente 87,5% do seu peso é constituído de água. A quantidade de chuva necessária ao bom desenvolvimento e produção das bananeiras gira em torno de 1900

mm (ALVES et al., 1999) a 2500 mm (ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010) por ano, bem distribuídos.

Em condições naturais de distribuição de chuvas, esta disponibilidade raramente ocorre, principalmente, em regiões com baixos índices de chuva por ano, ou seja, precipitação média anual inferior a 800 mm, como no semiárido brasileiro, sendo obrigatória a irrigação para o cultivo comercial de bananeira (ALVES et al., 1999). A maioria das microrregiões homogêneas produtoras de bananas no Brasil apresentam déficit hídrico (ALVES et al., 1999, FREITAS et al., 2008).

Entretanto, trabalhos realizados em Tabuleiros Costeiros do Nordeste e na região semiárida do Norte de Minas Gerais têm mostrado que lâminas de água superiores a 1300 mm ano<sup>-1</sup> não têm ocasionado acréscimos significativos à produtividade (COELHO et al., 2003). Nas condições edafoclimáticas do Polo Juazeiro/Petrolina, TEIXEIRA et al. (2002) observaram demanda hídrica da bananeira 'Pacovan' de 1210 mm, entre os 120 dias após o plantio e a primeira colheita, com um valor médio de  $3,8 \pm 1,1$  mm dia<sup>-1</sup>. Para o segundo ciclo o consumo foi de 880 mm, com média de  $4,0 \pm 1,2$  mm dia<sup>-1</sup>.

A bananeira apresenta desenvolvimento contínuo, com a inibição da emergência de folhas e raízes coincidindo com o aparecimento da inflorescência. Desta maneira, condições climáticas (luz, temperatura e vento), nutrientes e água são determinantes para o seu desenvolvimento (SOTO BALLESTERO, 2008). A escassez de água no solo se torna mais crítica nas fases de diferenciação floral e no início da frutificação, comprometendo a emissão da inflorescência e o desenvolvimento dos frutos. Quando a escassez de água no solo é prolongada, a roseta foliar se comprime, dificultando ou até mesmo impedindo o lançamento da inflorescência, culminando com a perda do valor comercial do cacho (CHAMPION, 1975).

O conhecimento da transpiração a partir da área foliar média do pomar e da evapotranspiração potencial ou de referência, pode ser diretamente usado na determinação da quantidade de água a ser aplicada ao solo para suprimento das necessidades hídricas das plantas. Isso assume maior importância, quando se irriga o pomar por gotejamento, onde as perdas de água por evaporação são minimizadas. Essa alternativa reduz a variação causada pelo tamanho das plantas e pelos espaçamentos de plantio (COELHO FILHO, 2002).

Os resultados de pesquisas mostram que a interação da irrigação e as relações hídricas sobre a fisiologia da bananeira pode fornecer alternativas sobre como a planta

ou o sistema de produção pode ser conduzido de forma mais eficiente. TURNER (2013) em revisão sobre os métodos usados para determinar a evapotranspiração da cultura da bananeira, conclui que na maioria dos casos, bananeiras e plátanos usam menos água que a evaporação obtida no método de tanque classe A, cuja afirmação provavelmente não se aplica às condições tropicais semiáridas.

Conclui ainda que as diferenças entre as áreas produtoras dos trópicos e subtropicais não são sempre consistentes. Existem diferentes formas de estimar a quantidade de água necessária para uma produtividade desejada e isto dificulta a generalização sobre os coeficientes da cultura (Kc).

Entre os métodos de estimativa da transpiração de fruteiras, destacam-se os que utilizam a medida de fluxo de seiva em caules e ramos. Porém, os custos dos sensores comerciais e certa complexidade de manejo dificultam seu uso para fins práticos (VILLA NOVA et al., 2002; COELHO FILHO et al., 2004).

Alguns trabalhos têm apresentado boas estimativas da necessidade hídrica de plantas frutíferas através de coeficientes lineares que expressam a relação entre a transpiração padronizada pela área foliar e a demanda potencial (ANGELOCCI; VALANCOGNE, 1993; ANGELOCCI, 1996; BRAUN et al., 2000; VALANCOGNE et al., 2000). Esses modelos simplificam o cálculo da transpiração, sendo dependente apenas do conhecimento da área foliar da cultura e da evapotranspiração de referência, porém sua aplicação é específica para a espécie vegetal e condições meteorológicas em estudo (COELHO FILHO et al., 2004).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar estratégias de irrigação baseadas em coeficientes de transpiração e área foliar de bananeiras ‘Prata-Anã’ (AAB), ‘BRS Platina’ (AAAB), ‘BRS Tropical’ (AAAB) e ‘FHIA-23’ (AAAA) em dois ciclos de produção e comparar estatística convencional e análise multivariadas para análise das diferentes características avaliadas.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Importância econômica da banana**

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de bananas, com 7,3 milhões de toneladas em 2011, sendo a totalidade desta produção praticamente consumida no mercado interno (menos de 3% destinadas a exportação) e, conseqüentemente, apresenta-se como uma das frutas mais consumidas no País (FAOSTAT, 2011). A região Nordeste destaca-se como responsável pela maior produção, com 2,42 milhões de toneladas, ocupando uma área de 197 mil hectares, correspondente a 35,1% da produção total do País, seguida pelo Sudeste, com 33,3% da produção (IBGE, 2012).

Do ponto de vista social, a banana é uma importante cultura alimentar no mundo. A banana fornece alimento para milhões de pessoas e têm permanecido como alimento básico juntamente com a mandioca, de muitos grupos étnicos na África, em países onde a revolução verde teve pouca influência (RAVI et al., 2013).

A bananeira é considerada uma cultura importante para segurança alimentar por fornecer alimento barato e ser uma fonte de energia fácil de ser produzida. Além disso, a banana é rica em minerais e vitaminas como A, C e B6. Estima-se que as maiores taxas de consumo estejam nas ilhas Papua Nova Guiné e na região dos Grandes Lagos da África Oriental, onde a banana, principalmente plátanos, compõe uma grande proporção da dieta alimentar, com um consumo de 200 - 250 kg pessoa<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, enquanto na Europa e América do Norte o consumo é de aproximadamente 15 - 16 kg pessoa<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (INIBAP, 1992).

Os bananicultores tradicionais, com exceção de algumas empresas, são os responsáveis pela maior parte da produção mundial. Aproximadamente 87% de toda a banana cultivada no mundo são produzidas por agricultores de pequena escala para consumo interno ou para venda em mercados locais e regionais, enquanto os 13% restantes são comercializados no mercado de exportações. Bananas e plátanos (*Musa* spp.) são cultivados em cerca de 130 países localizados nos trópicos e subtropicais, com uma produção de 144,79 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2011).

### **2.2 Relações hídricas em bananeira**

#### **2.2.1 Estresse hídrico na cultura da bananeira**

Os primeiros sinais visíveis do estresse hídrico na bananeira são murchas prolongadas, seguidas de amarelecimento, necrose marginal e sintomas de queimadura

das folhas. Em longo prazo, a resposta a déficits de umidade leva à redução do tamanho e do número de folhas vivas por planta, aumento do amarelecimento das folhas, redução no tamanho das plantas, decréscimo na emissão foliar, diminuição no crescimento dos órgãos florais, cachos engasgados, frutos pequenos e, no pior caso, cachos pequenos, com frutos secos e enegrecidos (SOTO BALLESTERO, 1992; ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010).

A bananeira necessita de um suprimento adequado de água e nutrientes na fase vegetativa (0 a 7 meses), que é fundamental para o seu crescimento e desenvolvimento. A deficiência hídrica nesta fase influirá na taxa de desenvolvimento das folhas, no ritmo de emissão foliar, na época da iniciação floral, no número de flores femininas presente na inflorescência e, conseqüentemente, no número de pencas e na produção de cachos (TURNER; FORTESCUE, 2010). Na diferenciação floral, a deficiência hídrica limita o crescimento das folhas e o número de frutos por cacho (ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010). Na fase de desenvolvimento do cacho, afeta o tamanho e a qualidade dos frutos. A área foliar reduzida apresenta também, como consequência, a redução na taxa de crescimento do fruto e provoca maturação prematura de frutos (DONATO et al., 2012).

No entanto, não existem muitos resultados sobre o impacto do estresse hídrico nas diferentes fases de crescimento sobre componentes de produtividade (peso médio de penca, peso de frutos, etc.) e produtividade global (tonelada hectare<sup>-1</sup>). Estresse hídrico imposto em plantas irrigadas por gotejamento durante um mês antes do florescimento reduziu o peso de cacho em 42,07, 25,0 e 18,83% em bananeiras ‘Robusta’ (AAA), ‘Karpuravalli’ (ABB) e ‘Rasthali’ (AAB), respectivamente. Quando o estresse hídrico foi imposto 30 dias após o florescimento, o peso do cacho foi reduzido em 18,83; 27,66 e 11,25%, respectivamente nas três cultivares. Entre as cultivares testadas, ‘Robusta’ foi a mais sensível ao estresse hídrico, corroborando as informações correntes da literatura da maior exigência hídrica das cultivares do grupo genômico AAA. A máxima redução no comprimento (11-14%) e circunferência (5,75-16,0%) do fruto foi observada quando o estresse hídrico foi imposto no florescimento (ANON, 2008).

ASTEN et al. (2011) avaliaram a influência do estresse hídrico sobre a produção de bananas (*Musa* spp., genoma AAAA) na região Central e Sudoeste de Uganda por seis ciclos de produção, em condições de sequeiro. Estes autores observaram uma variação de 8,0 a 21,9 kg no peso de cacho, sendo 8 a 28% menos nas condições de precipitação anual menor que 900 mm que nos períodos normais de precipitação (900 a 1.360 mm). Equações lineares foram ajustadas entre a precipitação e

o peso de cacho, considerando uma faixa de 500 a 1750 mm, em que cada 100 mm de redução na precipitação causou uma perda de 1,5 - 3,1 kg de peso do cacho, correspondendo de 8 a 10% do peso do cacho.

Turner et al. (2007) reportam que a crença comum de que banana necessita de grandes quantidades de água carece de maior embasamento fisiológico. Há fortes evidências que a produtividade é afetada pelo fechamento dos estômatos e esta pode ter uma forte associação com o Déficit de Pressão de Vapor (DPV). Em condições onde predominam temperaturas supraótimas para o desenvolvimento da bananeira, e, portanto, valores elevados de DPV, mesmo sem restrição de água no solo, ocorre o fechamento estomático e a produtividade decresce, indicando que o estresse térmico predomina ao estresse hídrico, a exemplo do que ocorre em áreas produtoras de banana irrigada do semiárido brasileiro (DONATO et al. (2012). Donato et al. (2013) comprovaram que a temperatura foliar causa redução na EUA para lâminas de irrigação variando de 25 à 125%ETc o que evidencia que para bananeiras cultivadas em regiões e ou épocas, cujas temperaturas sejam supraótimas, mesmo com o aporte de lâmina de irrigação adequada, a transpiração e a fotossíntese podem ser afetadas.

### **2.2.2 Trocas gasosas na cultura da bananeira**

As plantas utilizam grande quantidade de água como consequência direta da absorção de CO<sub>2</sub> para realização da fotossíntese. A maior parte da água absorvida pelas raízes é transportada pela planta e evaporada das superfícies foliares por transpiração (~97,0%), enquanto uma pequena parte permanece na planta para atender as demandas de crescimento (~2,0%), da fotossíntese e de outros processos metabólicos (~1,0%) (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O estresse hídrico na cultura da bananeira provoca decréscimo nas taxas de transpiração, condutância estomática e fotossíntese (ROBINSON; BOWER, 1987; KALLARACKAL et al., 1990; ECKSTEIN; ROBINSON, 1995; THOMAS; TURNER, 2001; MAHOUACHI, 2009). No entanto, é afirmado também na literatura que bananeiras mantêm seu *status* hídrico interno durante a seca pela redução da exposição à radiação, fechamento dos estômatos e devido ao mecanismo de ajuste osmótico pelo aumento da concentração de minerais e ou solutos orgânicos na folha (MAHOUACHI, 2009).

Mahouachi (2009) observou pequena redução no conteúdo relativo de água foliar em ‘Grande Naine’ submetida à depleção gradual da umidade do solo, enquanto

fotossíntese, transpiração e perímetro do pseudocaule decresceram drasticamente. O mecanismo pelo qual os estômatos de bananeiras respondem às mudanças na umidade do solo, na ausência de grandes mudanças na quantidade de água na folha permanece indeterminado. A evaporação de água dos espaços intercelulares afeta plantas irrigadas e não-irrigadas sugerindo que o Déficit de Pressão de Vapor (DPV) é o fator que controla a abertura e o fechamento dos estômatos (JONES, 1992).

Apesar de a bananeira apresentar grandes quantidades de látex em seus tecidos, Turner e Thomas (1998) encontraram baixa correlação entre potencial de água no solo e látex ( $r = 0,60$ ) e látex com condutância estomática ( $r = 0,46$ ), comparado à associação entre potencial de água no solo e condutância estomática ( $r = 0,87$ ). Estes resultados sugerem que há uma maior associação entre o estado hídrico do solo e os estômatos. Os trabalhos de Blackman e Davies (1985); Gollan et al. (1985), Turner et al. (1985) e Zhang e Davies (1989) sugerem um mecanismo de transdução de sinal nas raízes em resposta a baixa umidade do solo, que pode influenciar as trocas gasosas independentemente de mudanças no estado hídrico da folha.

Turner e Thomas (1998) concluíram que trocas gasosas e taxa de emissão foliar são os métodos mais sensíveis para determinar a resposta de bananeira ao estresse hídrico do que medidas volumétricas ou termodinâmicas tradicionais, por exemplo, conteúdo relativo de água e potencial hídrico foliar (método Scholander), respectivamente. Estes autores afirmam que a bananeira é uma planta altamente hidratada, o que dificulta a demonstração de uma associação clara entre o estado hídrico da folha e trocas gasosas.

Existe, no entanto, uma forte associação entre o estado hídrico do solo e as trocas gasosas foliares. Eckstein e Robinson (1995) concluíram que o estresse hídrico induziu a inibição não-estomática da fotossíntese em bananeira 'Williams', baseado na concentração interna de  $CO_2$ ,  $C_i$ , cuja concentração foi maior nas plantas sob estresse comparada às plantas irrigadas. No entanto, Turner e Thomas (1998) expuseram plantas irrigadas e não irrigadas de 'Grande Naine' à alta concentração de  $CO_2$ . Em ambas as condições o aumento de  $CO_2$  incrementou a fotossíntese ( $A$ ). No entanto, o valor reduzido de  $A$  em plantas não irrigadas foi atribuído ao fechamento dos estômatos.

Mansfield et al. (1990) apontaram que para plantas, em geral, esta interpretação é verdadeira apenas se a abertura estomática é uniforme ao longo da superfície da folha. Turner e Thomas (1998) afirmam que a significância do fechamento estomático não-uniforme em folhas de bananeira necessita ser determinada.

### 2.2.3 Exigência de água na cultura da bananeira

A cultura da bananeira necessita de um suprimento contínuo de água, uma vez que déficits hídricos afetam o crescimento e a produção da cultura. A quantidade de água necessária à bananeira varia com a fase fenológica da cultura, com as variáveis físicas da cultura e com as condições meteorológicas do ambiente. Estes fatores integrados determinarão um estado de energia no ar junto às folhas, que resultará em gradientes de potenciais responsáveis pela intensidade de transporte de água das raízes às folhas (COELHO et al., 2012a).

Estima-se que uma planta de bananeira com área foliar de aproximadamente 14 m<sup>2</sup> consome 26 L dia<sup>-1</sup> de água em condições de dias ensolarados e baixa umidade relativa do ar. Em dias parcialmente nublados, esse consumo é de aproximadamente 17 L dia<sup>-1</sup> de água e, em dias completamente nublados, o consumo reduz para aproximadamente 10 L dia<sup>-1</sup> de água, o que corresponde respectivamente a um consumo de aproximadamente 1170, 765 e 450 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> de água, em um plantio comercial com densidade de 1500 plantas ha<sup>-1</sup> (BELALCÁZAR et al., 1990). Shmueli (1953), Morello (1954) e Tai (1977) reportaram que a transpiração de uma planta de banana em um dia totalmente ensolarado consome aproximadamente 40-50 mg dm<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup> de água.

Robinson e Galán Saúco (2010) reportam níveis de precipitação média anual de 2000 a 2500 mm, com distribuição uniforme durante o ano para o crescimento satisfatório da bananeira. Com base nestes dados reportados pela literatura, é aceita a idéia que grandes quantidades de água são necessárias para obtenção de altas produtividades (DONATO et al., 2012). Entretanto, nas condições brasileiras, os resultados de pesquisas têm mostrado que lâminas de água superiores a 1300 mm ano<sup>-1</sup> não têm ocasionado acréscimos significativos à produtividade (COELHO et al., 2003).

Nas condições edafoclimáticas do Polo Juazeiro/Petrolina, a demanda hídrica da bananeira 'Pacovan' foi de 1210 mm e 880 mm, respectivamente, para o primeiro e segundo ciclo da cultura (TEIXEIRA et al., 2002). Nas condições edafoclimáticas da região Norte do Estado de Minas Gerais, COELHO et al. (2003) e COSTA e COELHO (2003) obtiveram durante o ciclo de produção das bananeiras 'Prata-Anã' e 'Grande Naine' cultivadas no espaçamento 3,0 m x 2,7 m, um consumo de 2,46 a 6,79 mm dia<sup>-1</sup> e 1,60 a 4,44 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, para os meses de verão e inverno. Nas condições da chapada do Apodi - CE, Costa (2009) e Barroso et al. (2010) encontraram ETc média diária da bananeira 'Pacovan Apodi' ('Prata Graúda', SH36-40, AAAB),

durante o segundo e terceiro ciclo, de 4,84 e 5,68 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, com ETc média total de 1380 mm para o terceiro ciclo de produção. Em Pentecoste, também no Ceará, Silva e Bezerra (2009) obteve a ETc de 5,8 mm dia<sup>-1</sup> para a ‘Pacovan’ e de 4,79 mm dia<sup>-1</sup> para a ‘Prata-Anã’, o que correspondeu a uma evapotranspiração de aproximadamente 750 mm e 632 mm, respectivamente, para as duas cultivares de bananeira durante o primeiro ciclo de produção.

A quantidade de água afeta significativamente a cultura da bananeira em todos seus estádios fenológicos, de modo que os efeitos em uma fase influenciam as fases posteriores de crescimento e desenvolvimento. Em geral, tem-se observado que o incremento da lâmina de irrigação implica em ganhos no crescimento e na produtividade da cultura até níveis equivalentes a 120 - 140% da ETo (GOENAGA; IRIZARI, 2000; COELHO et al., 2006c). No entanto, a adoção de níveis altos de irrigação precisa estar atrelada a uma análise de custo-benefício (COELHO et al., 2012a).

Quando se considera o crescimento das bananeiras, o diâmetro de pseudocaule e a área foliar são as variáveis que mais influenciam o crescimento da planta (COELHO et al., 2012a). Shongwe et al. (2008) verificaram que níveis de irrigação entre 80 e 100% da ETc corresponderam ao máximo número de folhas, comprimento e largura das folhas, área foliar, índice de área foliar, intensidade de cor verde e altura de plantas.

Coelho e Borges (2002) avaliaram diversas cultivares de bananeira e dentre os parâmetros de crescimento avaliados, apenas a área foliar foi afetada pela lâmina de irrigação. CRUZ (2012) avaliou o efeito de diferentes lâminas de irrigação que variaram de 289,4 mm (25% da ETc) a 1447,1 mm (125% da ETc) aplicadas à ‘Prata-Anã’, ‘Grande Naine’, ‘Princesa’, ‘FHIA-18’ e ‘BRS Platina’ na região Norte do Estado de Minas Gerais observou que a lâmina de irrigação de 1447,1 mm proporcionou o maior crescimento da planta em todas as variáveis avaliadas ao longo de todo o período vegetativo da cultura. A área foliar total das cultivares avaliadas expressou comportamento quadrático em função da lâmina de irrigação com máxima área foliar estimada (12,29 m<sup>2</sup>) para a lâmina de 922,14 mm correspondente a 79,60% da ETc.

### **2.3 Distribuição do sistema radicular da bananeira**

O conhecimento da distribuição do sistema radicular da bananeira é fundamental para definir estratégias de uso racional da água, uma vez que as raízes se

constituem como meio de fixação da planta no solo e como principal via de absorção de água e nutrientes (DONATO et al., 2012). A distribuição do sistema radicular da bananeira é função das características genéticas da cultivar, dos teores de água no solo e das suas propriedades físicas, como textura e estrutura, que atuam na resistência à penetração de raízes (GREGORY, 1987).

Alguns indicadores do sistema radicular como a densidade de comprimento radicular ( $L_d$ ,  $\text{cm cm}^{-3}$ ), denominada DCR, e o comprimento radicular específico ( $L_w$ ,  $\text{m g}^{-1}$ ) são características quantitativas da arquitetura de sistemas radiculares, que interferem no transporte de água e nutrientes do solo até as raízes, e, conseqüentemente, na absorção de água e nutrientes pelas plantas (IRIZARRY et al., 1981).

A DCR quantifica a capacidade do sistema radicular para explorar o solo. Quanto maior o seu valor, mais nutrientes por unidade de volume de solo são absorvidos, especialmente aqueles nutrientes que possuem seu transporte preferencial por difusão (DONATO et al., 2012). As raízes de bananeiras e plátanos têm DCR de cerca de  $1,0 \text{ cm cm}^{-3}$  (IRIZARRY et al., 1981). O comprimento radicular específico ( $L_w$ ) quantifica o comprimento de raiz por unidade de carbono investido no sistema radicular. Para plantas adultas de 'Williams', crescendo em areia, o  $L_w$  pode variar de  $0,4 \text{ m g}^{-1}$ , em raízes principais nodais, a  $150 \text{ m g}^{-1}$  em raízes secundárias laterais, as quais absorvem a maior parte de água e nutrientes. O  $L_w$  altera-se com o genótipo, o desenvolvimento da planta e com as condições ambientais, sendo uma característica associada à tolerância ao estresse hídrico (TURNER; BLOMME et al., 2005).

Coelho et al. (2006d) utilizando sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão, em condições subúmidas, obtiveram maior expansão radicular para o sistema de gotejamento, onde pelo menos 70% do comprimento total das raízes atingiram a profundidade de 0,35 m, enquanto que na microaspersão a maior concentração das raízes foi próxima de 0,15 m de profundidade. Da mesma forma, os valores de DCR foram maiores sob gotejamento que sob microaspersão, com valores máximos entre  $1,6 \text{ cm cm}^{-3}$  e  $2,2 \text{ cm cm}^{-3}$ .

Em região semiárida, Sant'ana (2010) com sistemas de irrigação por gotejamento, obteve DCR média de  $2,05 \text{ cm cm}^{-3}$ , com 80,0% do comprimento total das raízes detectado a 0,50 m da superfície do solo, semelhante às condições subúmidas.

Nas condições climáticas do semiárido a irrigação por gotejamento promove significativa concentração de raízes na zona molhada (RUIZ-SANCHEZ et al. 2005). Sant'ana et al. (2010) observaram influência do sistema de irrigação sobre a distribuição

radicular da 'Prata-Anã', sendo o gotejamento responsável pelo maior aprofundamento do sistema radicular (80% do comprimento total das raízes detectado a 0,50 m da superfície do solo), enquanto que no sistema de aspersão convencional 85% encontravam-se a 0,30 m de profundidade.

Robinson e Alberts (1989) observaram em condições de clima subtropical que o coeficiente de uso da água (ETc) da bananeira 'Williams' está associado à distribuição do sistema radicular. Estes autores observaram que aproximadamente 40% da perda total de água ocorreu na camada acima de 0,10 m do perfil do solo e 80% a partir da camada abaixo de 0,30 m do perfil do solo, indicando um padrão superficial de extração de água pelas raízes de bananeira.

#### **2.4 Absorção de nutrientes em bananeira**

Mahouachi (2009) avaliou mudanças na concentração de nutrientes em plantas de 'Grande Naine' submetidas à redução gradual da umidade do solo em condições controladas. Este autor observou que o estresse hídrico não alterou as concentrações de fósforo e nitrogênio tanto na raiz como na parte aérea. No entanto, observou incremento dos teores de K, Ca, Mg, Na e Cl na folhas e apenas Ca, Na e Cl nas raízes. O conteúdo relativo de água (CRA) apresentou pouco decréscimo em resposta ao estresse hídrico, enquanto que as trocas gasosas e parâmetros de crescimento foram reduzidos drasticamente. Este autor atribuiu o incremento da concentração de nutrientes nas folhas ao mecanismo de ajustamento osmótico para manutenção do conteúdo relativo de água.

#### **2.5 Manejo da irrigação na cultura da bananeira**

O semiárido brasileiro, apesar da escassez e irregularidade de chuvas, é uma região bastante favorável à bananicultura. Os fatores climáticos como energia disponível e temperatura, aliados ao uso de irrigação, proporcionam uma boa produtividade da cultura da bananeira. Nesta região destacam-se os seguintes polos de produção de bananas: Minas Gerais (Janaúba e Jaíba); Bahia (Juazeiro, Ponto Novo, Mirorós, Bom Jesus da Lapa, Barreiras, Livramento de Nossa Senhora, Caraíbas, Guanambi, Urandi e Sebastião Laranjeiras); Pernambuco (Petrolina e Santa Maria da Boa Vista); Rio Grande do Norte (Vale do Açu); Sergipe (Platô de Neópolis); e Ceará (Chapada do Apodi e Baixo Acaraú). Aproximadamente 95% dessas áreas são cultivadas com banana tipo Prata, principalmente 'Prata-Anã' (DONATO, 2009).

Com a escassez da chuva e padrão errático na sua distribuição sazonal com pluviosidade média anual entre 600 a 800 mm, os polos de bananicultura supracitados demandam obrigatoriamente o uso de irrigação. No entanto, a disponibilidade de água para a irrigação é também cada vez mais escassa, tornando-se necessário o aprimoramento de técnicas de manejo da irrigação para garantir a produtividade das culturas com máxima economia de água.

Um dos parâmetros utilizados para o planejamento e manejo adequados de culturas irrigadas é a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), o qual é calculado multiplicando-se a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) pelo o coeficiente de cultura ( $K_c$ ). A  $ET_c$  é utilizada para estimar a quantidade de água que deve ser reposta ao solo pelo sistema de irrigação para o contínuo crescimento das plantas em condições ideais (BASSOI et al., 2001). A importância de se conhecer a evapotranspiração de culturas irrigadas está relacionada também à adequação dos turnos de rega às necessidades hídricas de cada cultura que, por sua vez, está implicitamente ligada à eficiência do uso da água na agricultura, tema amplamente discutido na atualidade.

No entanto, algumas pesquisas buscam continuamente aperfeiçoar os modelos clássicos utilizados para estimar a demanda hídrica de culturas, incluindo parâmetros inerentes à cultura como o coeficiente de transpiração foliar ( $K$ ), que incorpora no seu modelo a área foliar da cultura a ser irrigada, visando uma maior economia de água, e portanto, maior eficiência do uso da água (ANGELOCCI; VALANCOGNE, 1993; ANGELOCCI, 1996; BRAUN et al., 2000; VALANCOGNE et al., 2000; COELHO FILHO et al., 2004; COELHO FILHO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2013).

### **2.5.1 Evapotranspiração de referência ( $ET_o$ )**

A combinação de dois processos de perda de água, de um lado pela evaporação da superfície do solo, e de outro lado, pela transpiração da cultura é denominada evapotranspiração. A evaporação e a transpiração ocorrem simultaneamente e é difícil a distinção entre os dois processos.

No entanto, em um solo cultivado a evaporação é determinada principalmente pela fração da radiação solar que incide sobre a superfície do solo. Esta fração diminui ao longo do período de crescimento da cultura pelo sombreamento provocado pelo dossel. No início do crescimento da cultura, a água é predominantemente perdida pela evaporação do solo, mas à medida que a cultura se desenvolve e cobre completamente a superfície do solo, a transpiração prevalece (ALLEN et al., 1998).

Como a evapotranspiração varia de cultura para cultura, é necessário determinar a demanda evapotranspirométrica padronizado com base na evapotranspiração de uma cultura de referência, denominada evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Inicialmente a ET<sub>o</sub> foi definida como a evapotranspiração de uma superfície extensiva, totalmente coberta com grama de tamanho uniforme, com 8 a 15 cm de altura e em fase de crescimento ativo, em um solo com ótimas condições de umidade. Questões de ordem operacional relacionadas ao tipo e dificuldades de manutenção das condições ótimas de desenvolvimento da grama exigiram mudanças neste conceito (BERNARDO et al., 2006).

A partir de 1990 um novo conceito de ET<sub>o</sub> foi proposto por SMITH et al. (1991) e, amplamente adotado, se tornou o novo padrão FAO (ALLEN et al., 1998), sendo definida como a evapotranspiração de uma cultura hipotética que cobre todo o solo, em crescimento ativo, sem restrição hídrica nem nutricional, com altura média de 0,12 m, albedo de 0,23 e resistência de superfície de 70 s m<sup>-1</sup>.

Os fatores que afetam a ET<sub>o</sub> são apenas parâmetros meteorológicos, principalmente radiação, temperatura do ar, umidade e velocidade do vento (ALLEN et al., 1998). Conseqüentemente, a ET<sub>o</sub> é um parâmetro climático e pode ser calculado a partir de dados meteorológicos com uso de diversas equações, tais como: Penman 1948, Penman 1963, Penman FAO 24, Hargreaves, Blaney Criddle FAO 24, Radiação FAO 24, tanque classe A - FAO 24, descritas por ALLEN et al. (1998). A ET<sub>o</sub> expressa a demanda evapotranspirométrica em uma localização e não considera as características da cultura e os fatores de solo.

Em termos de balanço de energia, a evapotranspiração pode ser expressa em termos de calor latente de vaporização ( $\lambda$ ), cujos valores dependem da temperatura ambiente. Por exemplo, a 20 °C,  $\lambda = 2,45 \text{ MJ kg}^{-1}$ , enquanto que a 5 °C,  $\lambda = 2,48 \text{ MJ kg}^{-1}$ . Em média, adota-se o valor de  $\lambda = 2,45 \text{ MJ kg}^{-1}$ , o que significa que são necessários 2,45 MJ para evaporar 1,0 kg de água. Considerando a densidade da água igual à unidade, 1,0 kg de água corresponde a 1 Litro e, portanto, para evaporar 1 mm são necessários 2,45 MJ m<sup>-2</sup> (COELHO et al., 2012a).

### **2.5.2 Evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>)**

A evapotranspiração de uma cultura (ET<sub>c</sub>) representa a quantidade de água evaporada do solo e transpirada pela planta num dado período de tempo, sob determinadas condições de solo e da atmosfera. A ET<sub>c</sub> é um fenômeno de conversão de

água da forma líquida para a forma de vapor na superfície do solo (evaporação) e na superfície das folhas pelos estômatos (transpiração), envolvendo fluxo de massa e de energia na camada atmosférica próxima às superfícies. Ao se quantificar a  $ET_c$ , num determinado intervalo de tempo, quantifica-se a necessidade hídrica da cultura neste período (COELHO et al., 2012a).

Diferenças na resistência à transpiração, altura de planta, capacidade de reflexão da radiação, cobertura do solo e características do sistema radicular resultam em diferentes níveis de evapotranspiração em diferentes tipos de culturas sob condições ambientais idênticas (ALLEN et al., 1998).

A determinação das necessidades hídricas da bananeira é fundamental para quantificar a água a ser aplicada ao solo durante um evento de irrigação. A bananeira requer razoável quantidade de água para seu desenvolvimento, sendo a massa de água correspondente a 87,5% da massa total da planta (COELHO et al., 2012a). O sistema radicular da bananeira pode ser pouco eficiente na extração de água do solo, e este fato aliado à grande exigência hídrica do pseudocaule demanda umidade do solo sempre em níveis próximos da capacidade de campo (SOTO BALLESTERO, 1992; 2008).

A  $ET_c$  pode ser obtida com base na  $ET_o$  e no fator denominado coeficiente de cultura ( $K_c$ ), ou seja,  $ET_c = K_c \times ET_o$ , onde o  $K_c$  é a razão entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência. No entanto, ALLEN et al. (2007) propuseram que em condições normais de cultivo, a  $ET_c$  pode ser menor que a determinada pela equação do balanço de energia de Penman - Monteith, seja por estresse hídrico induzido às plantas, por irrigação com déficit, ou ainda por efeito de tensões osmóticas na solução do solo.

O molhamento de parte da superfície do solo reduz o componente da evaporação. Nesse caso, onde a evapotranspiração é inferior às condições de manejo com plena lâmina de irrigação, a evapotranspiração real ( $ET_r$ ) pode ser calculada pela equação  $ET_r = K_{c \text{ atual}} \times ET_o$ , onde,  $ET_r$  é a evapotranspiração da cultura na condição atual ou real ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $K_{c \text{ atual}}$  ou  $K_a$  é o coeficiente de cultura na condição atual ou real (adimensional). O  $K_{c \text{ atual}}$  pode ser expresso como o produto  $K_c \times K_a$ . O  $K_{c \text{ atual}}$ , no caso de sistemas de irrigação localizada, onde apenas parte da superfície do solo é molhada, pode ser determinado pela Equação:  $K_{c \text{ atual}} = K_s \times K_l \times K_c$  em que:  $K_s$  é o coeficiente de ajuste devido ao déficit de água no solo (adimensional) e  $K_l$  é o coeficiente de ajuste devido à aplicação localizada da água, adimensional, (ALLEN et al., 2007; COELHO et al., 2012a).

PEREIRA e ALLEN (1997) propuseram que a relação para  $K_s$  quando a umidade atual do solo for menor que  $\theta_c$  pode ser descrita pela equação:  $K_s = (\theta_a - \theta_{cc}) / (\theta_c - \theta_{cc})$ , em que:  $\theta_a$  = umidade atual do solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) e  $\theta_c$  = umidade crítica do solo.

De acordo com BRUTSAERTI (1982) a evapotranspiração, sob mesma condição de disponibilidade de energia e sem limitação de água para a cultura, é influenciada principalmente pela velocidade do vento e pela diferença de pressão de vapor (DPV).

A transpiração da bananeira é a componente da  $E_{Tc}$  devido exclusivamente à planta e resulta do fluxo de seiva que ocorre entre as raízes e as folhas. Na bananeira, o fluxo de seiva ocorre predominantemente no cilindro central do rizoma, com alguma variação quanto à intensidade, dependendo da posição da seção do cilindro central. O fluxo de seiva é diretamente influenciado pelo déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, com maior atividade na faixa de 2,5 a 5,5 kPa (LU et al., 2002). É também diretamente relacionado com a radiação solar e com a evapotranspiração de referência (LU et al., 2002).

Robinson e Alberts (1986) reportaram que a evapotranspiração da bananeira é fortemente dependente do déficit de pressão de vapor (DPV) do ar. Em condições de baixos DPV, as reduções na transpiração (evapotranspiração) são menores que em condições de elevados DPV. Sob elevado DPV (15 – 20 hPa), as plantas responderam com rapidez à redução de umidade do solo, sendo que quando o solo atingiu -75 kPa a transpiração reduzira 73%. Os autores observaram que o início de estresse na bananeira ocorreu com o potencial de água do solo entre -20 e -25 kPa, o que correspondeu a 20% de redução da água disponível do solo.

### **2.5.3 Coeficiente de localização (Kl)**

Em irrigação localizada somente uma parte da superfície do solo é molhada em virtude da aplicação de água próximo ao sistema radicular da cultura, como é evidenciado pela própria denominação do sistema. Esta aplicação localizada de água tem como consequência uma redução da evaporação direta da água do solo e uma diminuição na evapotranspiração da cultura ( $E_{Tc}$ ), cuja magnitude depende de várias características das partes transpirantes das plantas, como: massa foliar, superfície total das folhas, volume da copa, entre outras (PIZARRO, 1990).

Assim, em irrigação localizada, é necessário fazer uma correção na evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) determinada para os demais sistemas de irrigação, considerando um fator de ajuste que leva em conta a porcentagem de área molhada, ou de área sombreada, conforme equação:  $ET_L = ET_c \times K_l$ , em que:  $ET_L$  = evapotranspiração média para irrigação localizada em  $mm\ dia^{-1}$ ;  $ET_c$  = evapotranspiração da cultura em  $mm\ dia^{-1}$ ; e  $K_l$  = fator de correção devido à localização em função da fase de desenvolvimento da cultura, do espaçamento, da área molhada e da área sombreada ( $K_l \leq 1$ , geralmente de 0,2 a 1,0) (MANTOVANI et al., 2009).

Diversos autores têm estudado a relação entre  $K_l$  e a porcentagem de área sombreada pela cultura ( $P_s$ ) e ou molhada ( $P_w$ ) proporcionada pelo sistema de irrigação, obtendo as mais variadas equações. São apresentadas no Quadro 1 algumas das mais encontradas nas literaturas (SIMÃO et al. 2004, BERNARDO et al. 2006).

**Quadro 1.** Equações usadas para obtenção do  $K_l$  em função da porcentagem de área molhada ou sombreada

Merriam e Keller (1978)	$K_l = 0,01 P + 0,15 (1 - 0,01 P)$	
Bernardo (1996)	$K_l = P/100$	
	$K_l = 1$	se, $P \geq 65\%$
Fereres (1981)	$K_l = 0,0109 P + 0,30$	se, $20\% < P < 65\%$
	$K_l = 0,0194 P + 0,1$	se, $P \leq 20\%$
Keller e Bliesner (1990)	$K_l = 0,1 \times P^{1/2}$	
Keller e Karmeli (1975)	$K_l = P/85$	
Aljibury et al. (1974)	$K_l = 0,0134 P$	
Hoare et al. (1974)	$K_l = 0,01 P + 0,5 (1 - 0,01 P)$	

\*  $P$  = porcentagem de área sombreada ( $P_s$ ) ou molhada ( $P_w$ ) em %, prevalecendo sempre o maior valor;  
 $K_l$  = coeficiente de localização (entre 0 e 1).

As equações propostas por Merriam e Keller (1978) e Bernardo (1996) têm sido mais utilizadas para culturas com plantios mais adensados. Já as equações propostas por FERERES (1981), têm sido mais empregadas para culturas com maior espaçamento, como as fruteiras e café em sistema de colheita mecanizada.

#### 2.5.4 Coeficiente da cultura ( $K_c$ )

O coeficiente  $K_c$  é um fator obtido entre a razão da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) e pode ser usado como um único valor ou ser expresso na forma de um coeficiente basal ( $K_{cb}$ ), um coeficiente adimensional ( $K_a$ ) e um coeficiente de evaporação de água do solo ( $K_s$ ), em que  $K_c =$

$K_{cb} \times K_a + K_s$ . Nesse caso, a  $ET_c$  pode ser calculada por:  $ET_c = (K_{cb} \times K_a + K_s) \times ET_o$ , em que  $K_{cb}$  expressa a razão  $ET_c/ET_o$  numa condição em que a superfície do solo se apresenta seca, mas a transpiração ocorre em taxa potencial. O  $K_s$  expressa o componente da evaporação da água do solo e será máximo após uma chuva ou irrigação quando a superfície do solo encontra-se saturada e pode ser nulo com a superfície do solo completamente seca (JENSEN et al., 1990).

No entanto, o  $K_c$  único, que representa um valor médio acima do basal, é mais usado em condições de campo, dada a maior simplicidade de operação (COELHO et al., 2012a). O  $K_c$  dual é mais usado em condições de irrigação de alta frequência, com exigência de melhor critério de manejo de água. O valor de  $K_c$  varia ao longo do ciclo da cultura da bananeira desde um valor inicial próximo ou igual a 0,40, crescendo numa taxa menor até a floração (0,85) com aumento nessa taxa até passar por um máximo (1,1), quando da ocorrência do máximo crescimento dos frutos. Diminui depois com a maturação dos frutos (0,80), quando o cacho é colhido e a planta filha em fase pré-floração passa a representar a touceira, sendo que o  $K_c$  volta a valores equivalentes a esse estágio fenológico (COELHO et al., 2012a).

Visando a aplicação do  $K_c$  no manejo da irrigação, Allen et al. (1998) classificam o desenvolvimento da bananeira em quatro fases fenológicas: fase 1; inicial - do plantio até 10% de cobertura da vegetação; fase 2: desenvolvimento vegetativo - ocorre após a fase 1 até 70 - 80% de cobertura; fase 3: produção - após a fase 2 até final de crescimento dos frutos; fase 4: maturação - abrange a maturação e a colheita. Esta classificação inclui em uma única classe a floração e o enchimento de frutos, cujas necessidades hídricas são diferentes.

Coelho et al. (2001, 2009) relatam que os coeficientes de cultura da bananeira, nas condições subúmidas e semiáridas do Brasil, normalmente são determinados por diferentes metodologias e, os resultados disponíveis, obtidos através do método inverso, valendo-se dos valores iniciais de  $K_c$ , recomendados pela FAO, os quais são acrescidos ou reduzidos em função das produtividades obtidas com aplicação de diferentes lâminas de irrigação (DOOREMBOS; KASSAM, 1994).

Coelho et al. (2012a) propõe uma classificação que considera o crescimento vegetativo (tempo decorrido do plantio ao lançamento da inflorescência), floração (compreende o tempo do florescimento ao vingamento dos frutos) e crescimento dos frutos até a colheita. No entanto, deve-se alertar para possíveis desuniformidades a partir do segundo ciclo, em virtude de antecipações e atrasos das plantas, dentro de uma

mesma área, o que implica em decidir por um  $K_c$  da fase mais representativa da cultura (COELHO et al., 2012a). A condução da família com planta-mãe, planta-filha e plantaneta também contribui para decisão de utilização de  $K_c$  único, que considera a fase mais crítica quanto à exigência hídrica.

Em clima semiárido, trabalho desenvolvido em polo produtor de banana irrigada na região Norte do Estado de Minas Gerais, com precipitação média anual de 717 mm e evaporação do tanque classe A de 2438 mm, o  $K_c$  foi estimado em 1,25 vezes aos sugeridos pela FAO (COSTA; COELHO, 2003). Estes autores obtiveram valores de  $K_c$  baseados nas fases fenológicas: I (0,50), infantil (crescimento vegetativo lento, 0 - 90 dias); II (1,05), juvenil, crescimento vegetativo rápido até a diferenciação floral (90 - 180 dias); III (1,35), da diferenciação floral até a floração (180 - 270 dias); IV (1,00), da floração à colheita do cacho (270 - 390 dias após o transplantio).

No primeiro ciclo da cultura, essas fases são devidamente caracterizadas em toda a área, entretanto, a partir do segundo ciclo, em virtude de antecipações e atrasos das plantas, ocorre uma desuniformidade das fases dentro de uma mesma área e as quatro fases podem ocorrer com sobreposição na mesma área, o que justifica a decisão por  $K_c$  único, principalmente quando a cultura é conduzida por vários ciclos, situação mais comum nos cultivos.

### **2.5.5 Coeficiente empírico de transpiração (K) e área foliar**

O conhecimento da transpiração a partir de relações lineares entre a área foliar, um coeficiente empírico  $K$  e a evapotranspiração de referência pode ser diretamente usado na determinação da quantidade de água a ser aplicada ao solo para suprimento das necessidades hídricas das plantas. Isso assume maior importância quando se está irrigando o pomar por gotejamento, em que as perdas de água por evaporação são minimizadas. Essa alternativa reduz a variação causada pelo tamanho das plantas e pelos espaçamentos de plantio (COELHO FILHO, 2002).

Entre os métodos de estimativa da transpiração de fruteiras, destacam-se os que utilizam a medida de fluxo de seiva por fornecimento de calor ao caule. Porém, os custos dos sensores comerciais e certa complexidade de manejo dificultam seu uso para fins práticos (COELHO FILHO et al., 2004).

Alguns trabalhos têm estimado a transpiração de frutíferas através do uso de modelos que utilizam parâmetros meteorológicos e coeficientes lineares que expressam a relação entre a transpiração padronizada pela área foliar e a evapotranspiração de

referência (ANGELOCCI; VALANCOGNE, 1993; ANGELOCCI, 1996; BRAUN et al., 2000; VALANCOGNE et al., 2000; COELHO FILHO et al., 2004; COELHO FILHO et al., 2005).

Esses modelos simplificam o cálculo da transpiração, sendo dependente apenas do conhecimento da área foliar da cultura e da evapotranspiração de referência, porém sua aplicação é específica para a espécie vegetal e condições meteorológicas em estudo Coelho Filho et al. (2004), Coelho Filho et al. (2007), Oliveira et al., (2013).

COELHO FILHO et al. (2004) avaliaram as relações entre transpiração máxima, área foliar e evapotranspiração de referência em pomar jovem de lima ácida 'Tahiti' utilizando o fluxo de seiva pelo método do balanço de calor, determinação da área foliar e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Estes autores observaram uma relação linear entre a transpiração diária por unidade de área foliar e a evapotranspiração de referência estimada pelos métodos Penman-Monteith com padronização da FAO, Penman, Priestley - Taylor e tanque classe A.

Coelho Filho et al. (2007) avaliaram a transpiração máxima do mamoeiro na região de tabuleiros costeiros da Bahia. O fluxo de seiva foi comparado com a transpiração e padronizado pela área foliar. Os resultados foram correlacionados com a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). A transpiração máxima padronizada variou de 0,26 a 3,06 e ajustou-se linearmente com a ET<sub>o</sub> ( $T = K \times ET_o \times AF$ ), com coeficiente de transpiração  $K = 0,56$ , com boa estimativa da transpiração baseada na ET<sub>o</sub> e área foliar.

Oliveira et al. (2009) avaliaram a transpiração máxima em função do fluxo de seiva e da área foliar em quatro cultivares de mangueira e comprovaram ser possível a estimativa da transpiração de plantas mediante o conhecimento da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e da área foliar (AF, m<sup>2</sup>) a partir do modelo  $T = K \times ET_o \times AF$ . Os valores do coeficiente de transpiração K obtidos para cada variedade, a partir dos valores médios de transpiração e a ET<sub>o</sub>, variaram de 0,40 a 0,45 (0,41 para 'Tommy Atkins'; 0,43 para 'Palmer'; 0,45 para 'Haden'; e 0,40 para 'Van Dyke'), o que evidencia a representatividade do modelo médio como boa alternativa para o manejo de irrigação em mangueira, apesar das diferentes condições de área foliar e variedades avaliadas.

Oliveira et al. (2013) compararam o modelo de coeficiente de transpiração (K<sub>t</sub>) com coeficientes variando de 0,0; 0,18; 0,37; 0,56 e 0,74 com o K<sub>c</sub> da cultura na bananeira 'Grande Naine' em condições subúmidas do Recôncavo da Bahia. Não foi

observada influência dos coeficientes no crescimento e duração das fases fenológicas da cultura. Estes autores observaram influência do coeficiente de transpiração foliar (K) sobre as características de crescimento da planta apenas quando comparado com a lâmina correspondente à precipitação (938 mm), ou seja,  $K = 0,0$ , sem diferenças significativas entre os demais coeficientes.

## **2.6 Resposta da bananeira a irrigação**

A resposta da cultura da bananeira a diferentes níveis de irrigação depende das condições meteorológicas locais, que resultam em diferentes combinações de evapotranspiração e constante térmica. Essa resposta está associada às características das cultivares, tais como rugosidade (disposição do dossel), altura de planta, presença de cera e área foliar. Estas características influenciam diretamente a resistência aerodinâmica. Outros fatores como espaçamento da cultura, método de irrigação e práticas culturais como cobertura do solo podem acarretar diferentes respostas da cultura à irrigação (COELHO et al., 2012a).

O efeito da irrigação na produtividade das culturas se traduz, de modo geral, numa relação polinomial quadrática. Tem-se o máximo da função para uma condição ótima de umidade e potencial de água no solo seguido de uma redução devido ao excesso de água no solo, acima do limite superior da disponibilidade de água, preenchendo indevidamente o espaço aéreo do solo, o que reduz a taxa de difusão de oxigênio do solo afetando as funções fisiológicas da planta (COELHO et al., 2012a).

Níveis de irrigação iguais ou superiores a 150% da  $ET_0$  influenciaram negativamente a produtividade da bananeira (FIGUEIREDO et al., 2005).

Nas condições da região Norte de Minas Gerais, as produtividades de ‘Prata-Anã,’ e ‘Grande Naine’, no terceiro ciclo, variaram de 31 a 34 t ha<sup>-1</sup> e 57 a 62 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, para aplicação de 650 a 986 mm ano<sup>-1</sup> de irrigação, respectivamente. Nas condições dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo da Bahia, as produtividades da bananeira ‘Terra’ variaram de 47,63 a 58,07 t ha<sup>-1</sup> para lâminas de irrigação iguais ou superiores a 661 mm, em resposta a níveis de água com as lâminas de irrigação variando de 0,08 da  $ET_c$  (48 mm) a 1,52 da  $ET_c$  (912 mm).

Coelho et al. (2009), a partir de estudos da resposta de produção a diferentes níveis de irrigação (12% a 100% da  $ET_c$ ), observaram que uma lâmina líquida ou efetiva de pelo menos 871 mm nas condições edafoclimáticas do Recôncavo da Bahia (subúmidas) é suficiente para a bananeira ‘BRS Tropical’ atingir produtividades

consideradas adequadas ao seu potencial produtivo no primeiro ciclo de produção (19,5 t ha<sup>-1</sup>).

Cruz (2012) observou comportamento linear da produtividade em resposta à lâminas de irrigação que variaram de 289,4 mm (25% da ETc) a 1447,1 mm (125% da ETc), no primeiro ciclo de produção das cultivares ‘Prata-Anã’, ‘Grande Naine’, ‘BRS Princesa’, ‘FHIA-18’ e ‘BRS Platina’, nas condições do semiárido mineiro. No entanto, a ‘Grande Naine’ apresentou maior resposta ao aumento da lâmina de irrigação e a ‘BRS Princesa’ a menos responsiva. No grupo Prata, ‘Prata-Anã’ foi menos responsiva que a ‘FHIA-18’.

## 2.7 Eficiência de uso da água

As plantas mais eficientes no uso de água são aquelas que apresentam melhoria das funções fisiológicas, o que inclui ajustamento osmótico, regulação estomatal, relação fotossíntese/transpiração, manutenção da estabilidade da membrana plasmática e das enzimas antioxidantes ativas. Isso implica em maiores valores de relação raiz/parte aérea, conteúdo de clorofila, eficiência fotossintética e acúmulo de matéria seca com menor consumo de água (ZHENGBIN et al., 2011).

A eficiência de uso de água (EUA) pode ser expressa: para a folha, razão entre carbono fixado e água transpirada; para a planta, razão entre massa seca produzida e lâmina de água transpirada; e do ponto de vista econômico, que expressa a razão entre produção de frutos e água transpirada ou lâmina bruta aplicada (DONATO et al., 2013).

Carr (2009) em uma revisão sobre relações hídricas e irrigação de bananeira reporta que as respostas de produtividade da bananeira à irrigação são variáveis, mas a eficiência de uso da água de 40 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> são alcançadas em regiões tropicais e subtropicais e em alguns locais até 80 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> com substituição parcial do déficit hídrico do solo.

A otimização das funções fisiológicas depende da adaptação da espécie às condições edafoclimáticas. As taxas de fotossíntese, transpiração, absorção de água e nutrientes; o crescimento e o desenvolvimento da bananeira e sua consequente produtividade são processos dependentes das interações água-solo-genótipo-atmosfera e da interferência humana (DONATO et al., 2013).

Coelho et al. (2010) afirmam que a eficiência de uso da água em irrigação está diretamente relacionada ao seu manejo aplicado à cultura e que, por sua vez, depende de variáveis do sistema de irrigação e do sistema solo-água-planta.

Ao adquirir um sistema de irrigação, os produtores em geral, apenas obtêm informações sobre o tempo e a frequência de irrigação, dados estes dimensionados para atender à capacidade de armazenamento de água no solo em questão e a ETc máxima para determinada cultura. Tais informações, entretanto, não consideram as diferentes fases da cultura ao longo de seu ciclo, somado ao fato de o agricultor normalmente alongar os tempos de irrigação além do necessário visando à segurança de sua produção, levando a reposições de água no solo acima da necessidade real da cultura, ocasionando reduções na eficiência de irrigação e na eficiência de uso da água (COELHO et al., 2012b).

Na cultura da bananeira, pelo fato de ser considerada exigente em água, a preocupação dos agricultores em manter o solo com umidade elevada é ainda maior, o que implica em perdas de água, especialmente por percolação profunda. Além do desperdício de água e energia, a aplicação de excesso de água pode afetar negativamente tanto a produtividade quanto a qualidade das frutas produzidas. O excesso de irrigação provoca déficit de oxigênio, promove perdas de nutrientes por lixiviação, em especial nitrogênio (N) e potássio (K), e pode favorecer o ataque de pragas e doenças (COELHO et al., 2012b).

A crença comum de que a bananeira é uma cultura altamente exigente em água carece de forte embasamento fisiológico (TURNER et al., 2007). Há evidências que a produtividade é afetada pelo fechamento dos estômatos que pode estar associada com o déficit de pressão de vapor (DPV), ou seja, as condições ambientais.

Marouelli et al. (2008) reportam que é possível aumentar a produtividade da maioria das culturas entre 10 e 30% e, ao mesmo tempo, reduzir o uso de água em até 30% somente por meio da adoção de estratégias apropriadas de manejo de irrigação, evitando o atual desperdício de água da agricultura irrigada e, conseqüentemente, aumentando a eficiência de uso da água.

No manejo de irrigação da bananeira especificamente, uma redução de 25 a 50% da água disponível (AD) pode não trazer conseqüências negativas à cultura, dependendo do tipo de solo, das condições meteorológicas locais e da cultivar (COELHO et al., 2012b).

Coelho et al. (2009) submeteram a ‘BRS Tropical’ a reduções dos níveis de irrigação de até 90% sob condições subúmidas de Tabuleiros Costeiros e não observaram diferenças significativas nas produtividades. Estes autores verificaram que a lâmina líquida, ou efetiva, de pelo menos 871 mm, abaixo do normalmente indicado

para a ‘Prata-Anã, é suficiente para manutenção da produtividade da ‘BRS Tropical’ em níveis próximos à condição de plena irrigação.

De acordo com Coelho et al. (2012a) as cultivares comerciais como Prata-Anã, e as tetraploides oriundas do melhoramento genético demandam avaliações quanto ao uso de água. Os resultados iniciais de pesquisas sugerem que essas cultivares diferem entre si e em comparação aos grupos de triploides (AAA, AAB) referente ao manejo da irrigação, ou seja, aos níveis de umidade do solo.

## **2.8 Composição genômica e eficiência de uso de água**

Evidências circunstanciais sugerem que o genoma de *Musa balbisiana* (B) confere maior tolerância à seca em bananas e plátanos do que o genoma de *Musa acuminata* (A) (STOVER; SIMMONDS, 1987; THOMAS et al., 1998; RAVI et al., 2013). O mecanismo principal de resposta de trocas gasosas parece estar associado ao efeito de déficit de pressão de vapor (DPV) e à densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) sobre os estômatos, do que um efeito de temperatura foliar sobre a atividade fotossintética. Thomas et al. (1998) observaram que incremento nas proporções do genoma B decresce a sensibilidade dos estômatos ao DPV e aumenta a eficiência do uso da água em nível de organização da folha. A menor sensibilidade da condutância estomática,  $g_s$ , e fotossínteses,  $A$ , ao DPV de cultivares contendo maior proporção de genoma B está em fase com a hipótese de que o genoma B contribui para tolerância à seca em *Musa* spp.

Apesar destas evidências, genótipos diplóides selvagens do grupo genômico AA como *M. acuminata* ssp *Burmannica*, *M. acuminata* ssp *burmannicoides*, *M. acuminata* ssp *malaccensis*, *M. acuminata* ssp *zebrina*, considerados altamente suscetíveis à seca, são amplamente utilizados em programas de melhoramento genético como doadores de genes para tolerância à estresses bióticos (UMA; SATHIAMOORTHY, 2002; UMA et al., 2002).

## **2.9 Índice de suscetibilidade à seca**

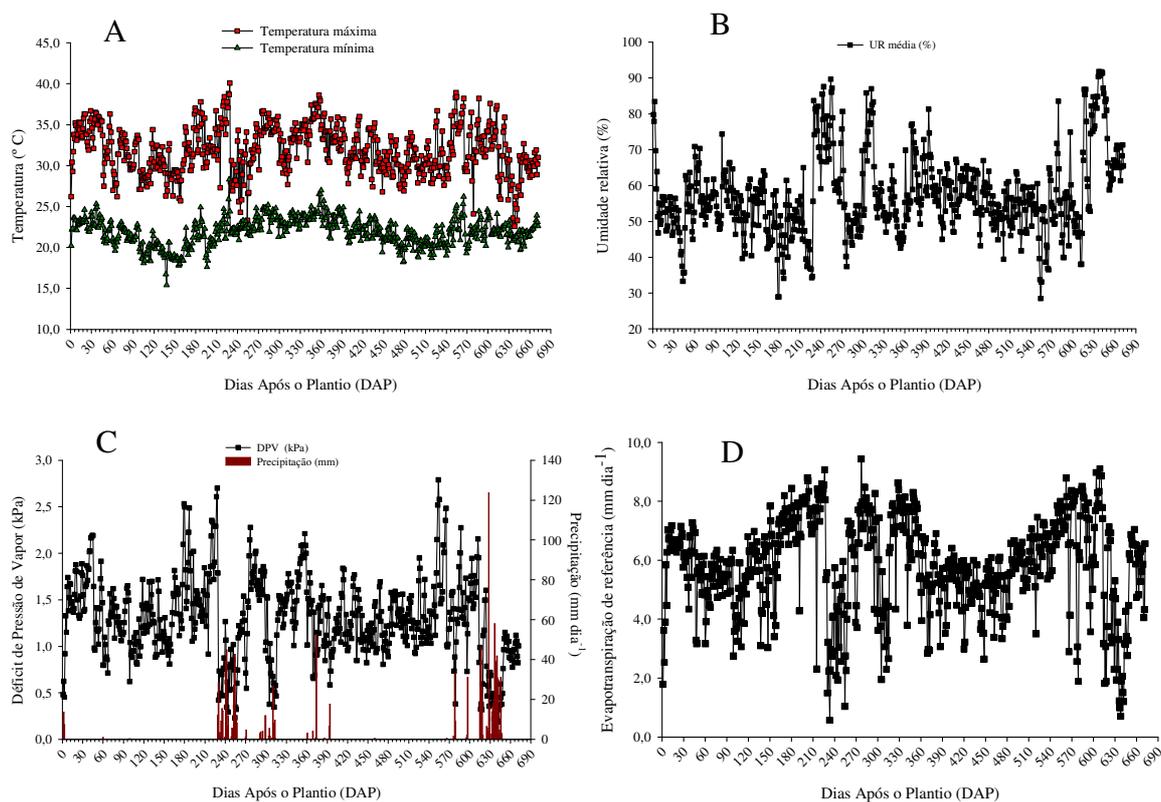
O índice de suscetibilidade à seca (S) fornece mensurações de tolerância ao estresse baseado na minimização de perdas de produtividade sob estresse hídrico quando comparado às condições ótimas (disponibilidade plena de água no solo). O S é mais eficiente do que comparações sobre o nível de produtividade sob estresse por si só

e tem sido usado para caracterizar a tolerância à seca relativa em genótipos de trigo (FISCHER; MAURER, 1978) e genótipos de bananeiras (RAVI et al., 2013). Valores de S menores que 1 e ou quanto mais próximo de zero ( $S < 1$ ) é sinônimo de maior tolerância ao estresse hídrico (FISCHER; MAURER, 1978).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus Guanambi*, BA. O clima é semiárido do tipo Aw segundo a classificação de Köppen. A referida região apresenta latitude de 14°17'27" S, longitude de 42°46'53" W e altitude de 537 m. A precipitação média anual é de 680 mm e a temperatura média anual de 25,6 °C. Nas Figuras 1A, 1B, 1C e 1D constam os valores diários de temperatura, umidade relativa, precipitação, déficit de pressão de vapor e evapotranspiração de referência, respectivamente, obtidos em estação meteorológica automática localizada a 100 m do pomar, no período de 19 de março de 2012 a 21 de janeiro de 2014, correspondente à condução do experimento.



**Figura 1.** Valores diários de (A) temperatura, (B) umidade relativa, (C) precipitação e déficit de pressão de vapor e (D) evapotranspiração de referência obtidos em estação meteorológica automática localizada próximo ao pomar, nos períodos de janeiro de 2012 a janeiro de 2014, Guanambi - BA.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média, cuja caracterização química encontra-se descrita na Tabela 1. Os níveis de nutrientes estão dentro da faixa recomendada para a implantação da cultura da bananeira (BORGES et al., 2002).

**Tabela 1.** Características químicas do solo da área experimental do Setor de Agricultura do IF Baiano – *Campus Guanambi, BA.*

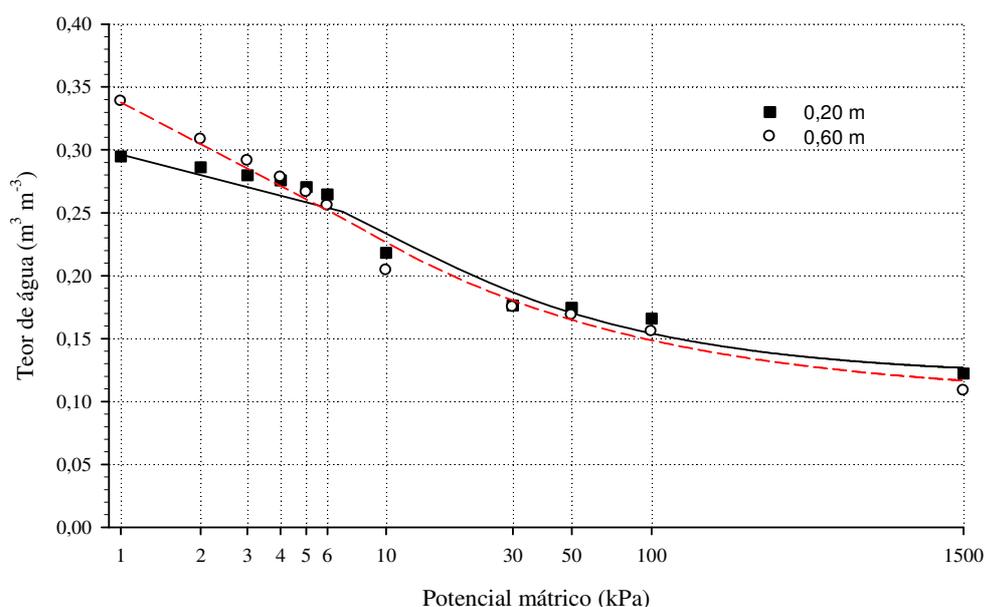
Características	Profundidade	
	0 – 0,20 m	0,20 – 0,40 m
pH	7,4	7,5
P (mg dm <sup>-3</sup> )	544,2	201,0
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,8	0,6
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,3	3,2
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,1	2,0
Na (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,4	0,2
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	9,6	6,0

Para a determinação da densidade do solo foram coletadas amostras de solo com estrutura indeformada das camadas de solo de 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4 e 0,4-0,5 m, com o auxílio de um extrator tipo Uhland, com cilindros volumétricos de 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro. Os valores de densidade do solo, granulometria e classe textural estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Valores de densidade do solo, conteúdo de areia, silte e argila e classe textural de diferentes camadas do solo da área experimental.

Camada do solo (m)	Densidade do solo (kg m <sup>-3</sup> )	Areia	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	Argila	Classe textural
0,0 – 0,1	1585	675	150	175	Média
0,1 – 0,2	1580	660	150	190	Média
0,2 – 0,3	1649	610	160	230	Média
0,3 – 0,4	1620	615	155	230	Média
0,4 – 0,5	1560	605	155	240	Média

Na Figura 2, constam as curvas de retenção e, na Tabela 3, os parâmetros do modelo de van Genuchten (1980) para os estratos do solo em estudo. A curva característica de retenção de água no solo foi obtida conforme metodologia Embrapa (1997), sendo a umidade em base de peso (g g<sup>-1</sup>), multiplicado pela densidade do solo para a obtenção da umidade em base de volume (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>).



**Figura 2.** Curva característica de retenção de água do solo<sup>1</sup> nas profundidades de 0,20 m (linha cheia) e 0,60 (linha tracejada) na área experimental, Guanambi - BA.  
<sup>1</sup>Metodologia: EMBRAPA, Manual de Métodos de Análise de Solo. 1997.

**Tabela 3.** Parâmetros do modelo de van GENUCHTEN (1980), ajustado pelo aplicativo SWRC (SEKI, 2007) para as camadas de 0,0 – 0,20 m (A) e 0,20 – 0,60 m (B) de profundidade.

Parâmetros*	A	B
alfa – $\alpha$ (cm <sup>-1</sup> )	0,1832	0,5061
M	0,3606	0,3061
N	1,5641	1,4413
$\theta$ residual (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,1190	0,1027
$\theta$ na saturação (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,3006	0,3618

\* Modelo de van GENUCHTEN (1980):  $\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)S_e$ , em que  $S_e = \left[ \frac{1}{1+(ah)^n} \right]^m$ , em que  $(m = 1 - 1/n)$ .

### 3.2. Características das cultivares

Neste experimento foram utilizadas quatro cultivares, duas tipo Prata, Prata-Anã (AAB) e BRS Platina (AAAB), uma tipo Maçã, BRS Tropical (AAAB) e uma tipo Gros Michel FHIA-23 (AAAA).

A ‘Prata-Anã’ é cultivar mais plantada nos principais polos de produção de banana irrigada da região semiárida brasileira. É bastante cultivada também nas regiões de clima subtropical como o Norte de Santa Catarina. Apresenta porte médio a alto. É uma cultivar considerada de baixa capacidade produtiva (CORDEIRO, 2003).

Apresenta suscetibilidade à Sigatoka-amarela, à Sigatoka-negra e ao mal-do-Panamá, principais doenças da cultura da bananeira no Brasil.

A ‘BRS Platina’ (AAAB), recomendada em 2012, foi originada do cruzamento de ‘Prata-Anã’ com o diploide M53 (AA) obtido na Embrapa Mandioca e Fruticultura. Apresenta características de planta com porte médio, produtividade média e fruto próximas à ‘Prata-Anã’ com o diferencial de apresentar resistência à Sigatoka-amarela e ao mal-do-Panamá (SILVA et al., 2008). A produtividade média é de aproximadamente 20 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Sob condições de fertilidade do solo e manejo cultural adequados, apresenta rendimento médio de até 40 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (SILVA et al., 2008).

A ‘BRS Tropical’, híbrido tetraploide (AAAB), originada do cruzamento entre Yangambi n° 02 (AAB) e M53 (AA), apresenta aspecto dos frutos tipo Maçã, casca fina, polpa suave, sabor doce e baixa acidez (BORGES e SOUZA, 2004). A cultivar é tolerante ao mal-do-Panamá, possui porte médio, baixo potencial produtivo com cachos em torno de 14 - 16 kg podendo alcançar 25 kg sob condições adequadas de fertilidade do solo e manejo cultural (LIMA et al., 2005; DONATO, et al., 2008; SILVA et al., 2013b).

A ‘FHIA-23’ (AAAA) é um híbrido tetraploide originado do cruzamento entre Gros Michel (AAA) e SH-3362 (AAA) obtido pela Fundação Hondurenha de Investigação Agrícola (FHIA). É uma cultivar considerada tardia, apresentando ciclo do plantio à colheita em torno de 480 a 580 dias, variando de 128 a 149 dias de intervalo entre florescimento e colheita. Apresenta porte de médio a alto, com altura de planta variando de 2,88 a 3,00 m e produtividade média em torno de 24 t ha<sup>-1</sup>. Apresenta resistência à Sigatoka-amarela, à Sigatoka-negra e ao mal-do-Panamá (ALVAREZ; ROSALES, 2008). Em Guanambi, BA, foram registrados pesos médios de cachos da ordem de 42 e 48 kg em dois ciclos de produção (SILVA et al., 2013a), o que faculto o alcance de produtividades maiores que 60 t ha<sup>-1</sup>, a depender da população de plantas.

### **3.3. Instalação e condução do experimento**

O plantio das mudas, obtidas por micropropagação *in vitro*, foi realizado no dia 19 de março de 2012. As plantas foram conduzidas no espaçamento de 3,0 x 2,5 m, numa densidade de 1.333 plantas ha<sup>-1</sup>. As plantas foram conduzidas sob manejo de irrigação plena até os 140 dias após o plantio com sistema de irrigação por gotejamento, com duas laterais por fileiras de plantas e gotejadores autocompensantes com vazão de 2 Litros hora<sup>-1</sup>. Os gotejadores foram espaçados de 0,50 m entre si, totalizando 10

gotejadores por planta. As demais práticas culturais realizadas durante a condução do experimento foram conforme recomendação de Alves e Oliveira (1999), Rodrigues et al. (2008).

A aplicação das estratégias de irrigação iniciou-se aos 140 dias após o transplantio. Aos 240 dias após o transplantio, 18/12/2012, realizou-se a troca dos emissores (gotejadores) de 2 para 8 L h<sup>-1</sup>. Durante o período em que se utilizaram os gotejadores com menor vazão, por questão de entupimento, em alguns momentos foram identificados problemas no sistema de irrigação, comprometendo a quantidade de água requerida para as respectivas estratégias de irrigação adotadas no primeiro ciclo.

### 3.4. Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se um esquema fatorial 5 × 4: cinco estratégias de irrigação, definidas utilizando o modelo  $L = K \times AF \times ETo$ , que considera a evapotranspiração de referência, ETo, a evolução da área foliar total da planta, AF, um coeficiente empírico de transpiração (K) com valores de 0,20; 0,35; 0,50; e 0,65 e o coeficiente de cultura (Kc); quatro cultivares de bananeira, Prata-Anã (AAB), BRS Platina (AAAB), BRS Tropical (AAAB) e FHIA-23 (AAAA), em um delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, seis plantas úteis por parcela, em sistema de irrigação por gotejamento.

As estratégias de manejo de irrigação de 1 a 4 foram definidas com base em coeficiente empírico de transpiração foliar (K), considerando a área foliar da família (mãe e filha), conforme Equação 1 descrita por Coelho Filho et al. (2004; 2007). A estratégia 5 foi calculada com base na evapotranspiração de referência (ETo) determinada diariamente por meio do método de Penman-Monteith (método padrão da FAO 56) (ALLEN et al., 1998) e o Kc determinado para a região Norte de Minas Gerais (BORGES et al., 2011).

$$LA = K \times AF \times ETo \quad \text{Equação (1)}$$

em que:

$$K_i^n = 0,20; 0,35; 0,50; 0,65;$$

LA= necessidade hídrica da cultura (L planta<sup>-1</sup>);

K = coeficiente de transpiração (adimensional);

AF = área foliar da planta (m<sup>2</sup>);

ETo = evapotranspiração de referência (mm).

A área foliar usada na Equação 1 foi conforme a Equação 2 proposta por ALVES et al. (2001):

$$AF = 0,5789 \times C \times L \times NF \quad \text{Equação (2)}$$

em que:

AF = Área foliar total (m<sup>2</sup>);

C = Comprimento da terceira folha (m);

L = largura máxima da terceira folha (m); e

NF = Número de folhas da planta (unidade).

No primeiro ciclo produtivo a área foliar foi determinada considerando apenas a planta mãe. No segundo ciclo consideraram-se a planta mãe e a planta filha de ‘Prata-Anã’ cultivada com manejo de irrigação utilizando o coeficiente de transpiração foliar  $K = 0,65$ .

Para determinação da estratégia 5 foi utilizado o modelo proposto por DOORENBOS e KASSAM (1994) conforme descrito na Equação 3:

$$ETc = ETo \times Kc \quad \text{Equação (3)}$$

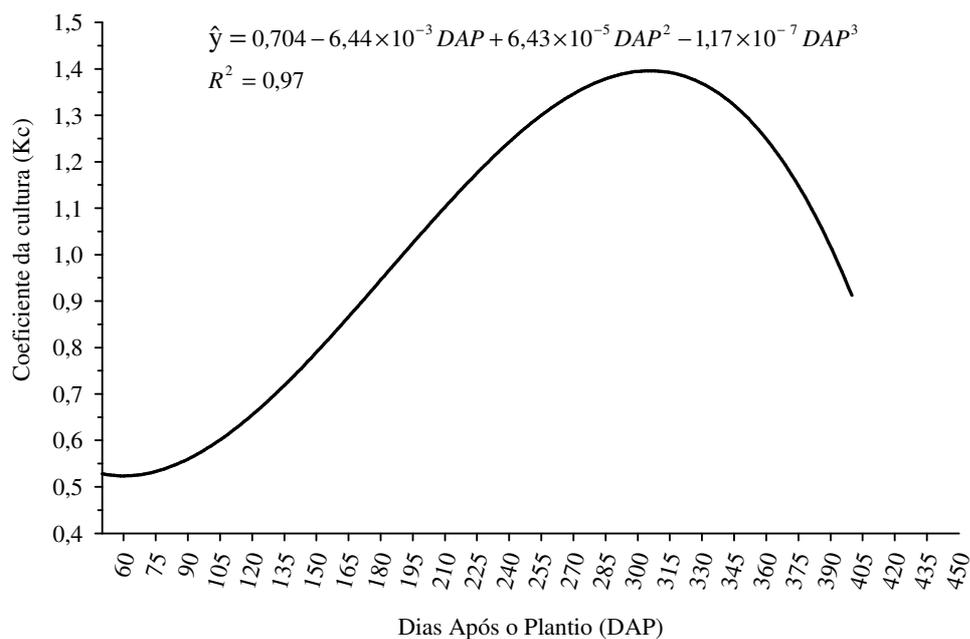
em que:

ETc = evapotranspiração da cultura (mm);

ETo = evapotranspiração de referência (mm); e

Kc = coeficiente da cultura (adimensional).

Os valores de ETo foram calculados utilizando-se os dados da estação meteorológica automática instalada à 100 m do pomar. Os valores de coeficientes da cultura (Kc) seguiram Borges et al. (2011) para o norte de Minas Gerais (Figura 3). Após 304 dias do plantio, o Kc foi fixado em 1,4.



**Figura 3.** Coeficientes de cultura (Kc) da bananeira para as condições do Norte de Minas Gerais em função dos dias após o plantio (DAP). Adaptado de BORGES et al. (2011).

As diferenciações das lâminas de irrigação aplicadas pelos gotejadores foram obtidas pela variação no tempo de aplicação das mesmas, por meio do fechamento dos registros no início da linha de derivação referentes aos diferentes tratamentos.

O tempo de irrigação para a estratégia de irrigação baseada no coeficiente empírico de transpiração K foi estimado conforme a Equação 4:

$$Ti = \frac{LA}{ne \times q \times Ea} \quad \text{Equação (4)}$$

em que:

Ti = tempo de irrigação (h d<sup>-1</sup>);

ne = número de gotejadores por planta (unidade);

q = vazão do gotejador (L h<sup>-1</sup>); e

Ea = eficiência de aplicação (decimal).

O tempo de irrigação para a estratégia de irrigação baseada no coeficiente da cultura ( $K_c$ ) da bananeira foi calculado pela Equação 5, recomendada por Goodwin e Boland (2000), para uma eficiência de aplicação de 0,90:

$$T_i = \frac{ET_c \times E_1 \times E_2 \times K_l}{n_e \times q \times E_a} \quad \text{Equação (5)}$$

em que:

- $T_i$  = tempo de irrigação ( $h \text{ d}^{-1}$ );
- $ET_c$  = evapotranspiração da cultura (decimal);
- $E_1$  = espaçamento entre fileiras (m);
- $E_2$  = espaçamento entre plantas (m);
- $K_l$  = coeficiente de localização (decimal);
- $n_e$  = número de gotejadores por planta (unidade);
- $q$  = vazão do gotejador ( $L \text{ h}^{-1}$ ); e
- $E_a$  = eficiência de aplicação (decimal).

Os valores de coeficientes de localização ( $K_l$ ) foram obtidos pelo método de Bernardo (2006) descrito pela Equação 6 considerando a percentagem de área sombreada até 274 dias após o plantio e valor unitário após esta data.

$$K_l = \frac{P}{100} \quad \text{Equação (6)}$$

em que:

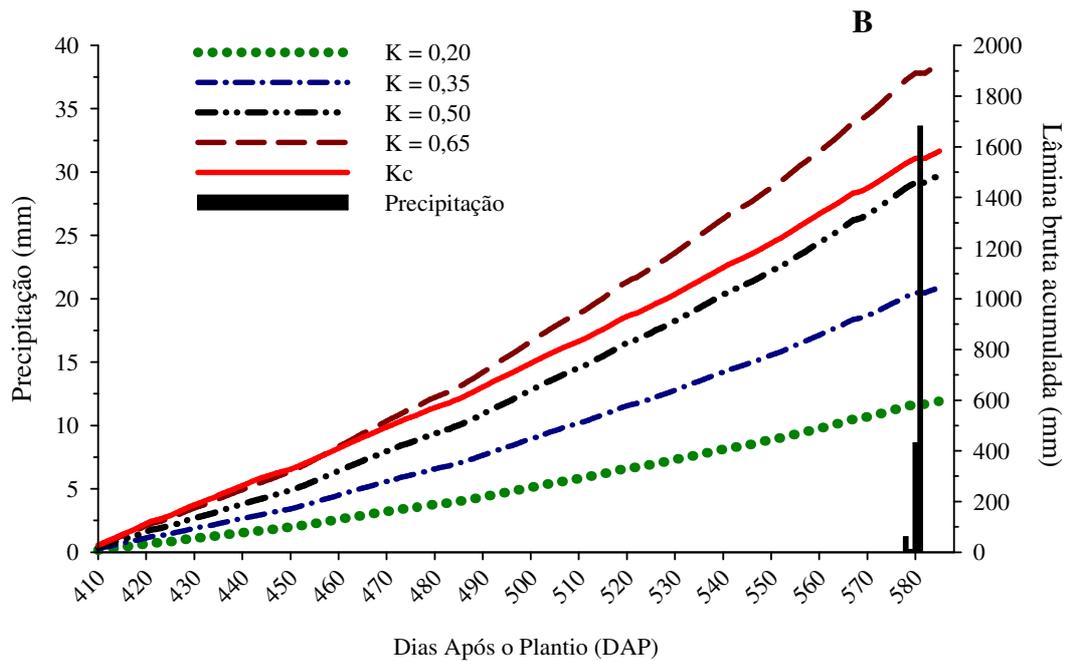
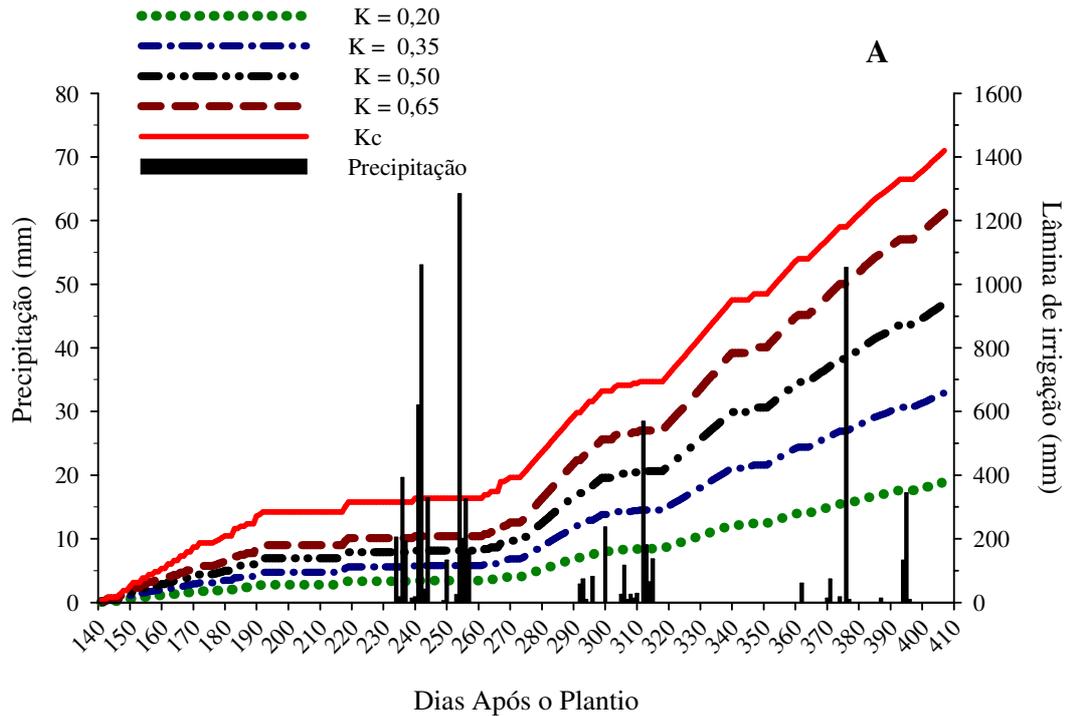
- $P$  = percentagem de área sombreada ( $P_s$ ), determinada pela Equação 7.

$$P_s = \frac{78 \times D_c^2}{E_1 \times E_2} \quad \text{Equação (7)}$$

em que:

- $D_c$  = diâmetro da copa (m);

As lâminas brutas aplicadas no primeiro e segundo ciclos de produção constam na Tabela 4 e a evolução das lâminas brutas acumuladas em função de dias após o plantio, no primeiro e segundo ciclos, nas Figuras 4A e 4B, respectivamente. No primeiro ciclo as lâminas brutas foram contabilizadas após os 140 dias do plantio.



**Figura 4.** Evolução das lâminas brutas acumuladas em função de dias após o plantio (DAP), (A) no primeiro e (B) segundo ciclo de produção com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente de cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

**Tabela 4.** Lâminas brutas aplicadas no primeiro e segundo ciclo de produção de bananeiras, com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc).

Manejo de Irrigação	Coeficiente Utilizado	Ciclo I (mm)	Ciclo II (mm)
Lâmina 1	K = 0,20	378,17	596,44
Lâmina 2	K = 0,35	658,66	1045,15
Lâmina 3	K = 0,50	938,96	1489,95
Lâmina 4	K = 0,65	1225,92	1930,31
Lâmina 5	Kc	1419,43	1582,93

### 3.5. Características avaliadas no experimento

As características foram avaliadas de acordo com o delineamento experimental, utilizando-se como úteis de três a seis plantas centrais da parcela. A variação considerou as particularidades da avaliação.

#### 3.5.1. Características fitotécnicas

##### Crescimento e Desenvolvimento

As avaliações biométricas foram realizadas em intervalos mensais até a ocorrência do florescimento.

As características avaliadas foram: perímetro do pseudocaule a aproximadamente 0,30 m do solo, altura de planta, número de folhas, comprimento e largura máxima da terceira folha para determinação da área foliar.

##### Florescimento

Na época da emissão da inflorescência foram realizadas as seguintes avaliações biométricas: perímetro do pseudocaule a aproximadamente 0,30 m do solo, altura de planta, número de rebentos emitidos (“filhos”), número de folhas e área foliar total (AFT), estimada usando a Equação 8:

$$AFT = CT_3 \times LT_3 \times NFF \times 0,8 \quad \text{Equação (8)}$$

em que:

AFT = área foliar total (m<sup>2</sup>);

CT<sub>3</sub> = comprimento da terceira folha (m);

LT<sub>3</sub> = largura máxima da terceira folha (m);

NFF = número de folhas no florescimento (unidade);

O tempo decorrido entre o plantio e o florescimento (NDF) foi determinado pela diferença em dias entre as datas de plantio e de florescimento.

### Colheita

A operação de colheita foi realizada no momento em que os frutos atingiram o ponto de maturação fisiológica de acordo com o critério proposto por ALVES et al. (1999). À época da colheita, com auxílio de balança de precisão e fita métrica graduada, foram avaliadas as características biométricas constantes na Tabela 5.

**Tabela 5.** Características do cacho (PCA, PPE, NPE e NFR) e de frutos (PMP, PFR, CFR e DFR) avaliadas à época da colheita.

Característica	Unidade
Peso do cacho (PCA)	kg
Peso de pencas (PPE)	kg
Número de pencas (NPE)	un
Número de frutos (NFR)	un
Peso médio de pencas (PMP)	kg
Peso médio de frutos (PFR)	g
Comprimento de frutos (CFR)	cm
Diâmetro de frutos (DFR)	mm

Por ocasião da colheita foi quantificado o número de folhas remanescentes na planta (NFC) e a duração do ciclo (NDC), determinada pela diferença em dias entre a data de colheita e de plantio.

A duração do período de desenvolvimento do cacho (IFC) foi obtida conforme a Equação 9:

$$IFC = C_d - F_d \quad \text{Equação (9)}$$

em que:

IFC = Intervalo entre florescimento e colheita (dias);

$C_d$  = Data de colheita do cacho (dias); e

$F_d$  = Data de florescimento (dias).

### 3.5.2. Função de Produção e Produtividade

A produtividade de cada tratamento foi estimada utilizando-se a Equação 10:

$$P(\text{kg ha}^{-1}) = PCA \times D_p \quad \text{Equação (10)}$$

em que:

P = produtividade (kg ha<sup>-1</sup>);

PCA = peso do cacho (kg);

D<sub>p</sub> = densidade de plantio (1.333 plantas hectare<sup>-1</sup>).

A função de produção de cada cultivar foi obtida estimando-se um modelo de regressão entre produção e a lâmina de irrigação aplicada.

### 3.5.3. Eficiência de uso de água

A eficiência de uso de água do ponto de vista econômico, ou produtividade da água foi obtida pela razão entre a produtividade e a lâmina bruta de água consumida em cada tratamento durante o ciclo da cultura, conforme a Equação 11:

$$EUA = \frac{P (\text{kg ha}^{-1})}{L (\text{mm})} \quad \text{Equação (11)}$$

em que:

P = produtividade (kg ha<sup>-1</sup>);

L (mm) = lâmina bruta de irrigação acumulada (mm);

### 3.5.4. Índice de suscetibilidade à seca

O índice S foi calculado pelo modelo proposto por FISCHER e MAURER (1978) conforme Equação 12:

$$S = \frac{1 - \frac{Y_s}{Y_w}}{1 - \frac{X_d}{X_p}} \quad \text{Equação (12)}$$

em que:

$Y_s$  = produtividade do genótipo sob estresse hídrico;

$Y_w$  = produtividade do genótipo sob condições ótimas (irrigação plena);

$X_d$  = média de produtividade de todos os genótipos cultivados sob estresse hídrico;

$X_p$  = média de produtividade de todos os genótipos cultivados sob condições ótimas (irrigação plena).

Para o cálculo do índice  $S$ ,  $Y_s$  e  $X_d$  corresponderam às produtividades obtidas com a estratégia de irrigação com  $K = 0,20$ ; e  $Y_w$  e  $X_p$  corresponderam às produtividades obtidas com a estratégia de irrigação com o coeficiente da cultura ( $K_c$ ).

### **3.5.5. Características fisiológicas**

#### **3.5.5.1. Trocas gasosas**

As variáveis de trocas gasosas foram mensuradas com auxílio do analisador de gás carbônico a infravermelho (IRGA) modelo LCpro<sup>+</sup> Portable Photosynthesis System (ADC BioScientific Limited, UK) com temperatura e irradiância ambiente e fluxo de ar de 200 ml min<sup>-1</sup>.

As análises foram realizadas nos períodos da manhã (08h:00 as 09h:00) e vespertino (13h:30 as 14h:30) em intervalos mensais iniciando no mês de maio e finalizando no mês de dezembro de 2012. As medições foram realizadas na terceira folha, no sentido ápice para a base, de plantas intactas, sendo realizadas em triplicatas (três leituras) para obtenção de valores médios.

Foram mensurados a incidência da radiação ( $Q_{leaf}$ ) expressa em  $\mu\text{mol}$  fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) expressa em  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , condutância estomática ( $g_s$ ) expressa em  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , taxa transpiratória ( $E$ ) expressa em  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , a fotossíntese líquida ( $A$ ) expressa em  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , eficiência intrínseca de uso da água ( $A/g_s$ ), eficiência instantânea de uso da água ( $A/E$ ), eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ), eficiência quântica da fotossíntese ( $A/Q_{leaf}$ ) e razão entre concentração interna (mesófilo foliar) e externa (ambiente) de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_{ref}$ ).

#### **3.5.5.2. Temperatura foliar**

A temperatura foliar foi mensurada com auxílio do medidor de temperatura a infravermelho modelo RH 101 (Extech Instruments Corporation, USA). As análises

foram realizadas nos períodos da manhã (08h:00 as 10h:00) e vespertino (13h:00 as 15h:00) em intervalos mensais iniciando no mês de maio e finalizando no mês de dezembro de 2012. As medições foram realizadas na posição central da terceira folha, no sentido ápice para a base, de plantas intactas, sendo realizadas nas três plantas centrais da parcela para obtenção de valores médios. Foram mensuradas a temperatura foliar e a razão entre temperatura foliar e temperatura do ambiente, respectivamente, nos períodos de manhã (TFM e RTFAM) e vespertino (TFT e RTFAT).

### 3.5.5.3. Índice de clorofila

Os índices de clorofila foram mensurados com auxílio do medidor clorofila ClorofiLOG, modelo CFL 1030, operado de acordo com as especificações do fabricante (FALKER, 2008). As medições foram realizadas na posição central da terceira folha, no sentido ápice para a base, de plantas intactas, sendo realizadas nas três plantas centrais da parcela para obtenção de valores médios. Foram mensurados os índices de clorofila a (*Chla*), clorofila b (*Chlb*), clorofila total (*Chlt*) e razão clorofila a/b (*Chla/Chlb*).

### 3.5.5.4. Conteúdo relativo de água

O conteúdo relativo de água foi determinado em discos foliares coletados no período da manhã na posição central da terceira folha de três plantas de cada parcela, totalizando nove discos foliares em intervalos mensais até 390 dias após o plantio, utilizando vazador de (1,5 cm<sup>2</sup>). Os discos retirados foram pesados e a massa fresca determinada. Posteriormente, os discos foram imersos em água destilada por 48 horas em geladeira para determinação da massa túrgida e depois colocados em estufa a 65° C para determinação da massa seca, conforme metodologia descrita por Kramer (1988) com adaptações. O conteúdo relativo de água foi obtido conforme a Equação 13:

$$CRA = \frac{MF - MS}{MT - MS} \times 100 \quad \text{Equação (13)}$$

em que:

CRA = conteúdo relativo de água (%);

MF = massa fresca (g);

MT = massa túrgida (g); e

MS = massa seca (g).

### 3.5.5.5. Área foliar específica

A massa seca dos discos foliares foi utilizada para determinar a área foliar específica (AFE), conforme a Equação 14:

$$AFE = \frac{AF}{MS} \quad \text{Equação (14)}$$

em que:

AFE = área foliar específica ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ );

AF = área do disco foliar ( $\text{cm}^2$ ); e

MS = massa seca (g).

### 3.5.6. Diagnose do estado nutricional

O estado nutricional das plantas foi monitorado em três fases do ciclo fenológico da cultura: diferenciação floral, emissão da inflorescência e época da colheita do cacho. A coleta de tecido foliar do terço médio da terceira folha foi realizada de acordo com metodologia descrita por Borges et al. (2002) para a cultura da bananeira. Em seguida as amostras foram enviadas para análise no Laboratório de Solos da EPAMIG Norte de Minas. Os teores de nitrogênio total foram determinados pelo método semi-micro Kjeldahl após a digestão sulfúrica ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) do tecido vegetal. Em extrato da digestão nitroperclórica ( $\text{HNO}_3$  e  $\text{HClO}_4$ ) foram determinados: P, K, S, Ca e Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e Na. Em digestão via seca foi determinado os teores de B, de acordo com metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

### 3.5.7. Teores de nutrientes no solo

Concomitantemente, a coleta das amostras de tecido foliar nas fases de diferenciação floral, emissão da inflorescência e na época da colheita do cacho, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm de cada parcela experimental, totalizando 180 amostras. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para análise no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Foram analisados pH, CTC e os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio e sódio de acordo com Embrapa (1997).

### 3.5.8. Distribuição do sistema radicular

Após a colheita do primeiro ciclo de produção foi realizada a coleta de raízes das cultivares 'Prata-Anã' e 'BRS Platina' para avaliação da distribuição do sistema radicular. Foi utilizada uma planta central da parcela experimental, totalizando 15 plantas amostradas para cada cultivar.

A coleta das raízes foi realizada com trado modificado com dimensões de 63 mm de diâmetro interno e 1,2 m de comprimento com marcações externas graduada de 0,20 m. A coleta foi realizada em quatro profundidades médias (0 - 0,20 m; 0,20 - 0,40 m; 0,40 - 0,60 m; e 0,60 - 0,80 m) e em cinco distâncias da planta (0,15 m; 0,40 m; 0,65 m; 0,90 m; e 1,20 m) nos sentidos longitudinal (entre plantas) e perpendicular (entrelinhas) à linha de gotejadores, totalizando uma malha de 40 pontos amostrados por parcela. O volume de cada amostra foi de 623,45 cm<sup>3</sup>.

Após a retirada, as amostras foram colocadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório onde as raízes foram separadas do solo por lavagem com água. Uma vez separadas do solo, realizou-se a separação de impurezas (matéria orgânica e restos vegetais) das raízes de bananeira e em seguida foram digitalizadas em arquivos BMP ("Bits of Map") conforme metodologia descrita por Coelho e OR (1999).

Os arquivos BMP, após correção no software Adobe Photoshop, para limpeza de bordas escuras ocasionadas no processo de digitalização, foram submetidos ao software GSRoot<sup>®</sup> versão 5.1 desenvolvido por Guddanti e Chambers (1993) para determinar o comprimento e diâmetro das raízes. O comprimento das raízes ( $L_r$ ), contido no volume de amostra ( $V_r$ ) foi utilizado para a determinação da densidade de comprimento de raízes ( $DCR$ ) conforme a Equação 15 (COELHO et al., 2001).

$$DCR = \frac{L_r}{V_r} \quad \text{Equação (15)}$$

em que:

$DCR$  = densidade de comprimento de raízes (cm cm<sup>-3</sup>);

$L_r$  = comprimento de raízes (cm); e

$V_r$  = volume da amostra (cm<sup>3</sup>).

A  $DCR$  foi classificada em função de diâmetros das raízes conforme as classes propostas por Bohm (1979) apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6.** Classes de raízes em função de diâmetros.

Diâmetro (mm)	Classes
< 0,5	Muito fina
0,5 – 2,0	Fina
2,0 – 5,0	Pequena
5,0 – 10	Média
10 – 20	Grande
>20	Muito grande

**Fonte:** BOHM, 1979.

### 3.6. Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ) e de regressão com uso do software Statistical Analysis System (SAS). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Para algumas características procederam-se o desdobramento da interação dos fatores, independentemente de ser ou não significativa.

A análise dos dados seguiram um esquema fatorial  $5 \times 4$ : cinco estratégias de irrigação e quatro cultivares (Prata-Anã, BRS Platina, BRS Tropical e FHIA-23) em delineamento de blocos casualizados para as características fitotécnicas mensuradas por ocasião do florescimento no primeiro e segundo ciclo de produção e no momento da colheita do primeiro ciclo de produção.

Para as características fitotécnicas mensuradas no momento da colheita do segundo ciclo, a análise dos dados seguiram um esquema fatorial  $5 \times 3$ : cinco estratégias de irrigação e três cultivares (Prata-Anã, BRS Platina e BRS Tropical) em delineamento de blocos casualizados.

Os dados de trocas gasosas, temperatura foliar, índice de clorofila, conteúdo relativo de água, teores de nutrientes foliares e teores de nutrientes no solo foram mensurados em diferentes épocas durante a condução do experimento. Assim, optou-se pelas análises dos dados em esquema fatorial com as épocas de medição/determinação compondo subparcelas repetida no tempo ( $5 \times 4 \times$  época), cujos números de subparcelas variaram de acordo com as características mensuradas (Anexo).

A análise dos dados de distribuição do sistema radicular seguiram um esquema fatorial  $5 \times 2 \times 5 \times 4$ : cinco estratégias de irrigação, duas cultivares (Prata-Anã e BRS Platina), cinco distâncias do pseudocaule e quatro profundidades em delineamento de parcela sub-subdividida no espaço (Anexo).

Procederam-se também análise multivariada dos dados utilizando-se as técnicas de análises de fatores (AF) e de componentes principais (ACP). Para seleção do número de componentes principais realizou-se a combinação dos critérios de 70% da variância acumulada e autovalores com valor maior que 1.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Características fitotécnicas**

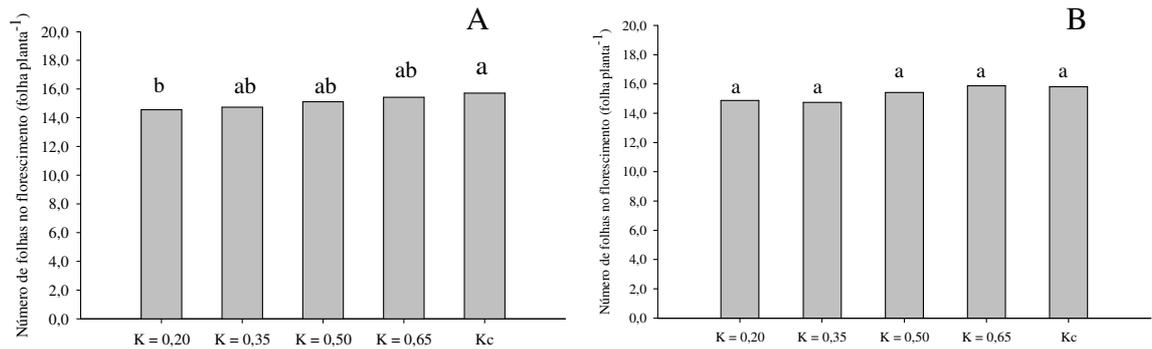
#### **4.1.1. Características vegetativas**

A utilização de coeficientes de transpiração  $K$  quando comparado ao coeficiente de cultura ( $K_c$ ) influenciou pouco as características de crescimento vegetativo das cultivares de bananeira avaliadas, tanto no primeiro quanto no segundo ciclo de produção. No primeiro ciclo de produção, das características vegetativas, apenas os parâmetros à área associados foliar como número de folhas no florescimento ( $p = 0,0292$ ), comprimento da terceira folha ( $p = 0,0501$ ) e área foliar total ( $p = 0,0115$ ) foram sensíveis aos coeficientes de transpiração foliar utilizado para determinação da demanda hídrica das cultivares. O perímetro do pseudocaule ( $p = 0,1931$ ) e a altura de planta no florescimento ( $p = 0,2339$ ) não foram influenciados pelos coeficientes utilizados no manejo da irrigação.

No segundo ciclo de produção, o perímetro do pseudocaule ( $p = 0,0504$ ), número de folhas no florescimento ( $p = 0,0467$ ) e área foliar total ( $p = 0,0253$ ) foram influenciados pelas estratégias de irrigação. A altura de planta no florescimento ( $p = 0,6072$ ), comprimento da terceira folha ( $p = 0,0992$ ) e largura da terceira folha ( $p = 0,2670$ ) não expressaram variância significativa em função das estratégias de irrigação.

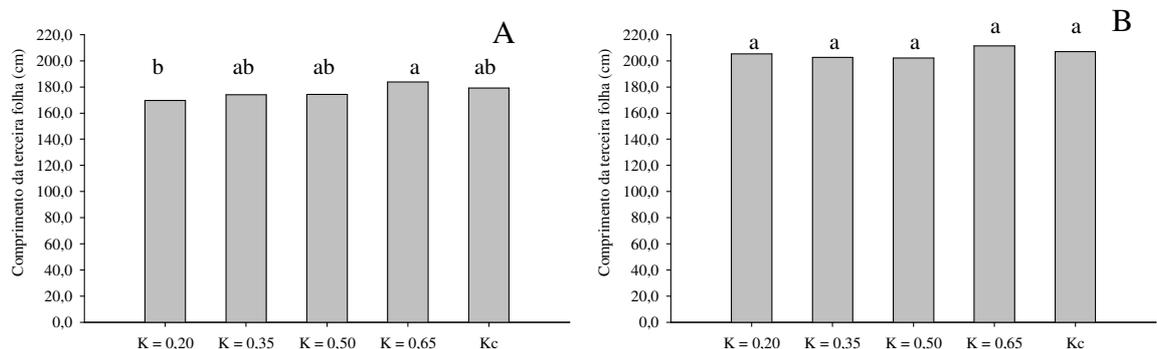
Observa-se na Figura 5A que apenas as plantas submetidas à estratégia de manejo de irrigação com o coeficiente de transpiração  $K = 0,20$  apresentaram menor quantidade de folhas à época do florescimento, quando comparadas às plantas sob estratégia de irrigação baseada no coeficiente de cultivo  $K_c$ , independentemente da cultivar. Entretanto, no segundo ciclo de produção (Figura 5B), apesar dos maiores valores médios de número de folhas nos coeficientes de transpiração  $K = 0,50$  e  $K = 0,65$  e o coeficiente da cultura  $K_c$ , mesmo com teste F significativo ( $p = 0,0467$ ), não foi observada diferença significativa pelo teste de Tukey, o que pode estar associado ao erro tipo II que pode ocorrer devido ao rigor excessivo do teste (PIMENTEL GOMES, 2009).

A quantidade de folhas reflete bem o vigor da bananeira, uma vez que a emissão de folhas cessa após a emergência da inflorescência. A quantidade de folhas presente nesta fase determina o potencial fotossintético da planta, cuja assimilação de carbono está associada às relações fonte-dreno que controlam o crescimento e o desenvolvimento de frutos e, conseqüentemente, o rendimento da cultura.



**Figura 5.** Número de folhas na fase de florescimento (NFF) no primeiro ciclo (A) e segundo (B) ciclo de produção de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013. \* Colunas com barra de médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

O aumento da área foliar no primeiro ciclo de produção, além do número de folhas presentes na planta (Figura 5A), foi resultante do aumento do comprimento da folha (Figura 6A). As estratégias de irrigação com coeficientes de transpiração foliar  $K = 0,20$  e  $K = 0,65$  proporcionaram, respectivamente, menor e maior comprimento de folha nas bananeiras. As plantas submetidas aos demais coeficientes apresentaram comprimento intermediário de folha. No segundo ciclo de produção (Figura 6B) não houve diferença significativa pelo teste de Tukey, apesar do maior valor médio ( $211,25 \text{ m}^2$ ) observado na estratégia com coeficiente de transpiração foliar  $K = 0,65$ .

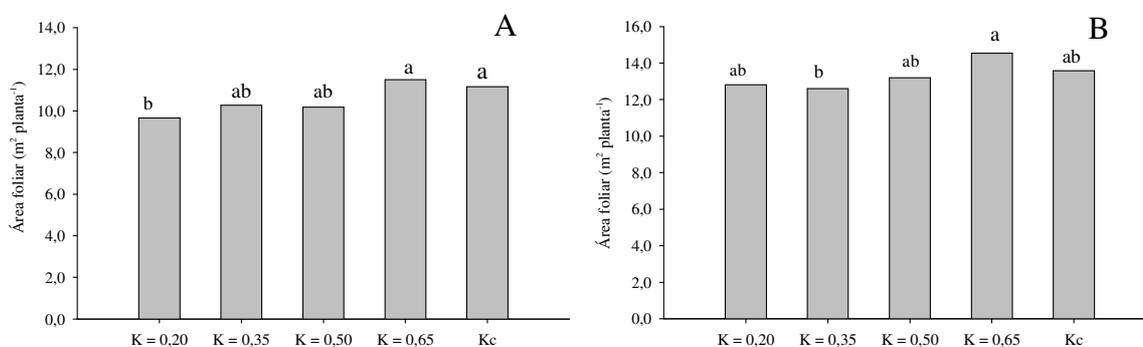


**Figura 6.** Comprimento da terceira folha (CTF) no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) de produção de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013. \* Colunas com barra de médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

A bananeira apresenta em torno de 87% de água na constituição de seus tecidos. A pressão de turgor exercida pela água é um dos principais mecanismos de expansão celular e, conseqüentemente, do crescimento vegetativo da bananeira. Observa-se que apenas o menor valor de K reduziu a expansão máxima da terceira folha.

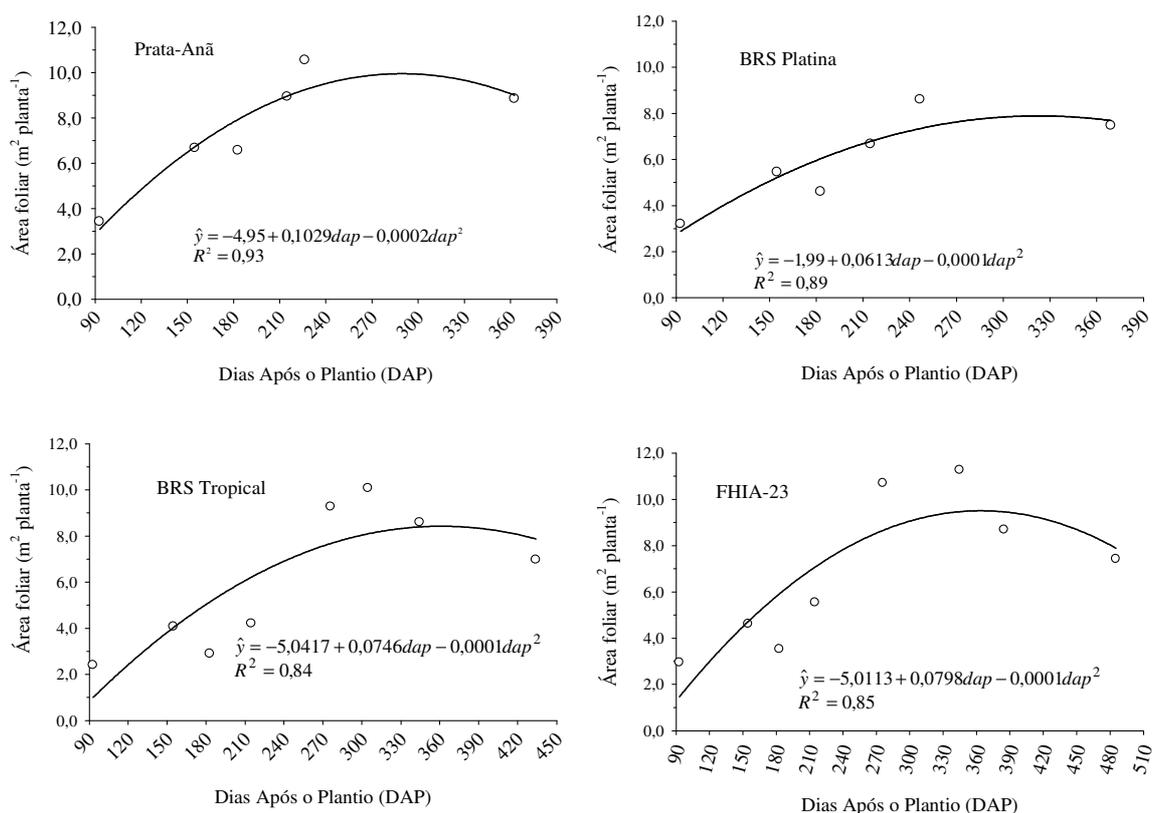
A área foliar total da bananeira ( $m^2 planta^{-1}$ ) no primeiro (Figura 7A) e segundo (Figura 7B) ciclo de produção, estimada por modelo que inclui comprimento e largura da terceira folha e número de folhas na planta foi maior no valor de  $K = 0,65$ , independentemente da cultivar utilizada. Isto indica que o maior valor de coeficiente empírico de transpiração foliar em determinadas fases fenológicas determinou maior tempo de irrigação e, conseqüentemente, maiores quantidades de água aplicadas do que o  $K_c$  da cultura.

No primeiro ciclo de produção (Figura 7A), área foliar foi reduzida em relação ao  $K_c$  apenas com a utilização do menor coeficiente de transpiração foliar ( $K = 0,20$ ), enquanto que no segundo ciclo de produção (Figura 7B), as diferenças na área foliar foram menos expressivas entre as estratégias de irrigação adotada. Isto indica a possibilidade de utilização do coeficiente de transpiração foliar para estimar a demanda hídrica com maior economia de água e maior eficiência de uso de água.



**Figura 7.** Área foliar total (AFT) de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura ( $K_c$ ). Guanambi, BA, 2012-2013. \* Colunas com barra de médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Os modelos de crescimento da área foliar das cultivares ao longo dos dias após o plantio (DAP) no primeiro ciclo de produção estão apresentados na Figura 8.



**Figura 8.** Crescimento da área foliar total (AFT) de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ em função de dias após o plantio (DAP) com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

As cultivares avaliadas no presente trabalho são tipo Prata (‘Prata-Anã’ - AAB, e ‘BRS Platina’ - AAAB), Maçã (‘BRS Tropical’ - AAAB) e Gros Michel (‘FHIA-23’ - AAAA). A exceção de ‘Prata-Anã’, todas são tetraploides. Comparando o crescimento entre as cultivares (Tabela 7), observa-se que independentemente da estratégia de manejo de irrigação adotada, a ‘Prata-Anã’ apresentou-se mais vigorosa que a ‘BRS Platina’ apenas quanto ao número de folhas no florescimento e na colheita (NFF e NFC) e a área foliar total (AFT) corroborando Donato et al. (2006) e Marques et al. (2011). A ‘FHIA-23’ expressou maior perímetro de pseudocaule e maior altura de planta, porém menor área foliar devido ao menor número de folhas na fase de florescimento. A ‘BRS Tropical’ expôs maior vigor das características de crescimento avaliadas, apesar da menor quantidade de folhas no florescimento, a área

foliar foi similar à obtida nas cultivares tipo Prata, evidenciado pela maior área individual da folha de ‘BRS Tropical’.

**Tabela 7.** Características vegetativas de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, no primeiro e segundo ciclo de produção, com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Cultivar	PPS (cm)	APF (cm)	NFF (un)	NFC (un)	AFT (m <sup>2</sup> )
Primeiro Ciclo					
Prata-Anã	82,27 ab	203,01 b	19,92 a	14,0 a	12,15 a
BRS Platina	79,30 b	215,61 b	16,62 b	10,9 b	10,53 b
BRS Tropical	84,46 a	269,68 a	13,60 c	8,7 c	11,05 ab
FHIA-23	85,64 a	275,95 a	9,89 d	7,8 c	8,58 c
Segundo Ciclo					
Prata-Anã	106,60 a	301,30 b	18,53 a	13,84 a	16,00 a
BRS Platina	101,57 ab	296,90 b	18,18 a	11,01 b	14,49 ab
BRS Tropical	97,44 b	325,29 a	14,00 b	7,72 c	12,76 b
FHIA-23	90,66 c	321,43 a	10,18 c	-	9,87 c

PPS: perímetro do pseudocaule; APF: altura de planta no florescimento; NFF: número de folhas no florescimento; NFC: número de folhas na colheita; e AFT: área foliar total no florescimento. – Dado não publicado.

\* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, dentro de ciclo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As características vegetativas avaliadas constituem descritores utilizados para avaliação e caracterização de genótipos de bananeira (IPGR, 1996). Embora sejam de natureza genética, altura de planta, perímetro de pseudocaule, número de folhas no florescimento e colheita, área foliar e índice de área foliar apresentam relação direta e indireta com a produção e sofrem influência das condições de cultivo.

Os resultados das características vegetativas obtidos no presente estudo situam-se na faixa de valores observados em diversos trabalhos conduzidos com a cultura da bananeira em região semiárida (PEREIRA et al., 2000; FIGUEIREDO et al., 2006; DONATO et al., 2006; 2009; MARQUES et al., 2011).

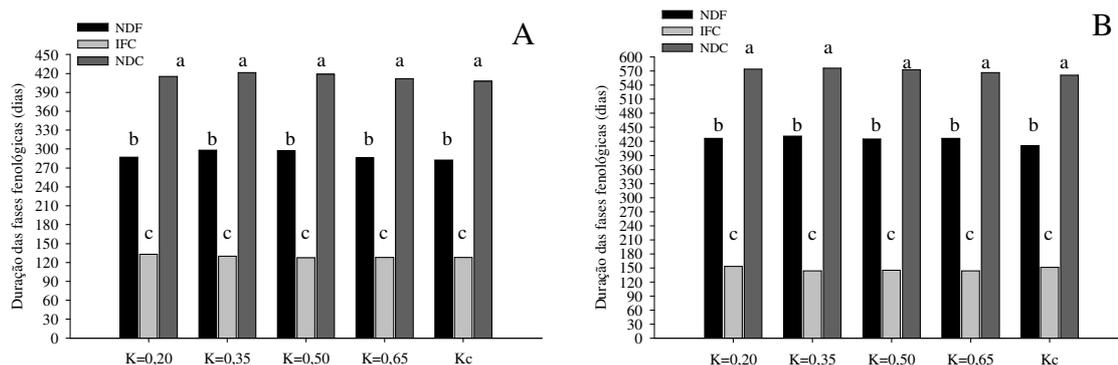
Apesar de alguns trabalhos reportarem o aumento das características vegetativas em resposta a irrigação (CRUZ, 2012, OLIVEIRA et al., 2013), os resultados do presente trabalho mostram que a partir do coeficiente  $K = 0,35$ , equivalente a 46,6% da lâmina aplicada em função do Kc ( $1.420 \text{ mm ciclo}^{-1}$ ), o vigor vegetativo das cultivares foi semelhante ao obtido pelo Kc.

A importância do estudo das características de crescimento vegetativo reside em sua forte associação com o fator produção. LESSA et al. (2012) ao estudar a complexidade do caráter produtividade em bananeira por meio de análises de trilha e correlações fenotípicas em 13 cultivares, entre as quais ‘BRS Platina’, ‘Prata-Anã’ e ‘Grande Naine’ observaram que o caráter produção é bastante influenciado pelo ambiente no primeiro ciclo, e, pelas características vegetativas, principalmente número de folhas na colheita, a partir do segundo ciclo de produção.

#### 4.1.2. Duração do ciclo

A duração das fases fenológicas no primeiro (Figura 9A) e segundo (Figura 9B) ciclo de produção caracterizada pelo intervalo de tempo entre o plantio e a emergência da inflorescência, entre o florescimento e a colheita do cacho e entre o plantio e a colheita do cacho, não foi afetada pelas estratégias de irrigação estimada com base no coeficiente empírico de transpiração foliar. Isto indica que o manejo de irrigação com estratégia baseada no coeficiente de transpiração foliar e área foliar pode ser utilizado sem comprometer a duração do ciclo da cultura da bananeira.

Resultados semelhantes foram reportados por Oliveira et al. (2013) avaliando o uso do coeficiente empírico de transpiração foliar no manejo de irrigação da bananeira ‘Grande Naine’, em clima subúmido.



**Figura 9.** Número de dias para emergência da inflorescência (NDF), período em dias entre florescimento e a colheita do cacho (IFC), e período em dias entre o plantio e a colheita (NDC) no primeiro (A) e segundo (B) ciclo de produção de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente de cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013. \* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, para cada ciclo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados apresentados na Figura B não incluem a cultivar FHIA-23.

As diferenças de duração do ciclo entre as cultivares podem ser atribuídas às características genéticas da cultivar e estão associadas à variação no tempo decorrido para emergência da inflorescência (NDF), tendo consequência na duração total do ciclo de produção (NDC). A fase de desenvolvimento do cacho (IFC) foi semelhante para todas as cultivares, exceto para 'FHIA-23' que reduziu em cerca de 15 dias o ponto de maturação fisiológica do cacho (Tabela 8).

**Tabela 8.** Duração do ciclo de bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23', com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Cultivar	NDF	IFC	NDC
Primeiro Ciclo			
Prata-Anã	226,91 c	136,2 a	362,6 c
BRS Platina	246,79 c	131,6 a	377,3 c
BRS Tropical	301,64 b	133,8 a	434,1 b
FHIA-23	384,90 a	115,5 b	485,5 a
Segundo Ciclo			
Prata-Anã	391,66 c	175,17 a	564,73 b
BRS Platina	411,90 c	146,04 b	554,87 b
BRS Tropical	468,62 b	121,48 c	590,57 a
FHIA-23	569,28 a	-	-

NDF: número de dias entre o plantio e a emissão da inflorescência; IFC: intervalo entre florescimento e colheita; NDC: número de dias entre o plantio e a colheita (NDC). – Dado não publicado.

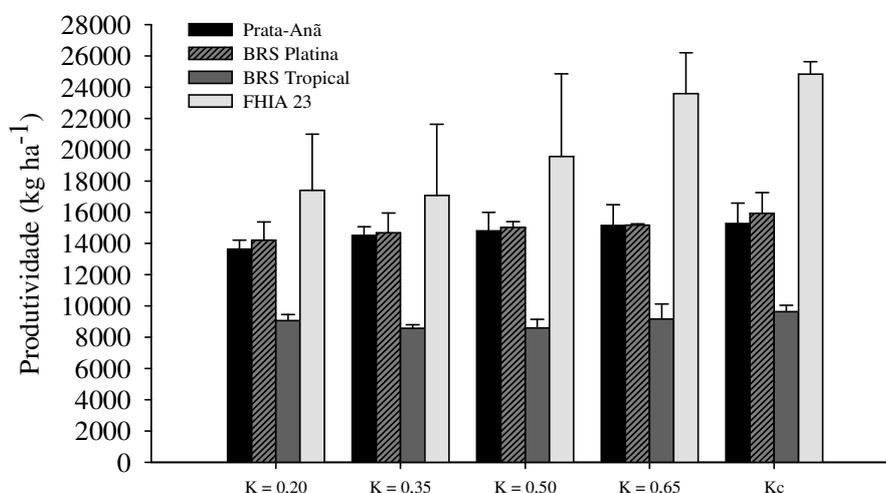
\* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, para cada ciclo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos para as cultivares 'Prata-Anã' e 'BRS Platina' estão de acordo com os reportados por Donato et al. (2006), que observaram, em condições semiáridas, sob irrigação, os valores médios de 225,5 e 224,7 dias, respectivamente, para 'Prata-Anã' e 'BRS Platina'. A duração das fases fenológicas de 'FHIA-23' estão dentro das faixas reportadas por Nowakunda et al. (2000), Gaidashova et al. (2008) e Njuguna et al. (2008), que observaram ciclos de 334 a 436 dias do plantio ao florescimento, 128 a 149 dias do florescimento a colheita e 483 e 572 dias do plantio a colheita. SILVA et al. (2013a), no mesmo local do presente trabalho constataram duração do período do plantio à colheita de 557 dias para 'FHIA-23'. Os resultados obtidos neste experimento sugerem que os coeficientes K quando comparados ao Kc não interferem na duração do ciclo de produção das cultivares avaliadas.

#### 4.1.3. Produtividade e EUA no primeiro ciclo de produção

No primeiro ciclo de produção, a produtividade das cultivares não foi influenciada pelo manejo da irrigação ( $p = 0,1651$ ). A ‘FHIA-23’ apresentou pequeno acréscimo nos valores médios de produtividade em resposta às lâminas de irrigação, porém não significativos (Figura 10).

Em geral, as cultivares pertencentes aos grupos genômicos AAA e AAAA, tipo Cavendish e Gros Michel, são responsivas ao aumento da disponibilidade água no solo (COELHO et al., 2006a, 2006b; COSTA et al., 2012, CRUZ, 2012). No entanto, os resultados de fases fenológicas mostram que a ‘FHIA-23’ apresentou maior número de dias para emergência da inflorescência, mostrando-se tardia em relação aos tipo Prata (ALVAREZ; ROSALES, 2008; SILVA et al., 2013a). Além da influência ambiental na expressão da característica, pois a diferenciação floral desta cultivar aconteceu após o período de ocorrência das precipitações registradas no período, esta é uma característica varietal.



**Figura 10.** Produtividade de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ no primeiro ciclo de produção, com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013. \* Barra vertical em cada coluna representa o desvio padrão da média.  $n = 3$ .

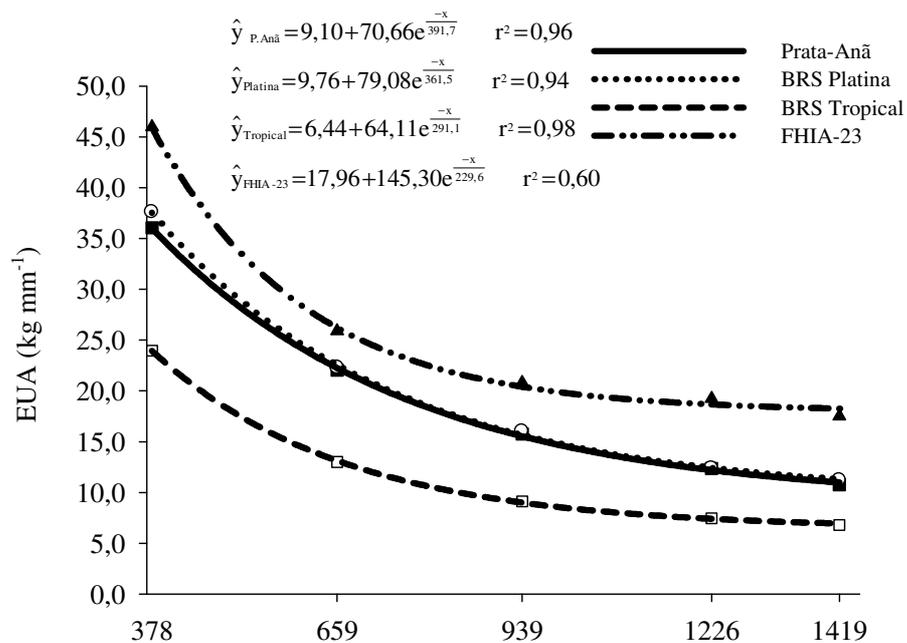
Em relação à ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’, que são consideradas moderadamente responsivas ao aumento da lâmina de irrigação (AZEVEDO;

BEZERRA, 2008, SANTOS et al., 2013a), a ausência de resposta no primeiro ciclo de produção pode está associada à ocorrência de precipitação de 242,5 mm no período coincidente com a fase de diferenciação floral, aos 230 a 240 dias após o plantio (Figura 1C). A diferenciação floral é um dos principais períodos críticos da cultura da bananeira, pois as condições de umidade do solo influenciam a formação do número de pencas por cacho. A ocorrência de precipitação possivelmente igualou as condições de umidade do solo, repercutindo na ausência de resposta da bananeira às estratégias de irrigação.

No entanto, a ausência de resposta à irrigação da ‘BRS Tropical’ (AAAB, YB42-21), derivada de Yangambi, com frutos tipo Maçã, foi observada em outros trabalhos em regiões de clima subúmido e clima semiárido, assim como a ‘Princesa’ (AAAB), YB42-07 (COELHO et al., 2006c, 2009; COELHO et al., 2010; CRUZ, 2012). Essas cultivares apresentam-se como menos responsivas ao aumento da lâmina de irrigação e, conseqüentemente, alto grau de eficiência de uso da água. Esses resultados sugerem que as cultivares derivadas de Yangambi nº 02 são mais tolerantes ao déficit hídrico do solo e, portanto promissoras para uso em estratégias de irrigação com déficit, o que seria mais aceitável do ponto de vista ambiental e parece ser factível de aplicação (DONATO et al., 2013).

A eficiência de uso de água (EUA) variou com as estratégias de irrigação ( $p < 0,0001$ ) e cultivares ( $p < 0,0001$ ), de forma independente, sem efeito significativo para interação dos fatores ( $p = 0,7430$ ). As cultivares expressaram padrão semelhante de EUA em função das estratégias de irrigação (Figura 11). A maior EUA foi obtida na lâmina de irrigação de 378,17 mm equivalente ao coeficiente de transpiração de  $K = 0,20$  para todas as cultivares avaliadas. ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’ e ‘BRS Tropical’ apresentaram uma redução de 38 - 45% e de 69 - 71% da EUA nas lâminas de 658,66 ( $K = 0,35$ ) e 1.419,43 ( $K = 0,65$ ), respectivamente.

A ‘FHIA-23’ expressou maiores valores de EUA em todas as estratégias de irrigação, com redução de 60% de EUA na estratégia  $K = 0,65$ . Os maiores valores de EUA e as menores reduções de EUA em função do aumento da quantidade de irrigação na ‘FHIA-23’ podem estar associados ao aumento de produção em resposta à irrigação, ainda que sem significância estatística.



**Figura 11.** Eficiência de uso de água (EUA) de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ no primeiro ciclo de produção, com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Embora não tenha sido observado efeito de interação entre cultivares e estratégias de irrigação, ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’ apresentaram valores intermediários de eficiência de uso de água em todas as estratégias de irrigação, enquanto que maior EUA foi observada em ‘FHIA-23’ e menor EUA em ‘BRS Tropical’ (Tabela 9). Contudo, para esta cultivar, os aumentos da quantidade de irrigação (aumento de K) não correspondem a incrementos relevantes de produtividades, além de possuir potencial produtivo bem menor que a ‘FHIA-23’.

Assim, a interpretação de EUA deve estar sempre associada à observação dos potenciais de produtividade das cultivares, isto é, quando se comparam cultivares de potenciais produtivos bem distintos, alto e baixo, como ‘FHIA-23’ e ‘BRS Tropical’ ou ‘Grande Naine’ e ‘Princesa’ (CRUZ, 2012) a EUA vai ser maior em todas as lâminas para as cultivares de potenciais produtivos maiores, devido ao incremento de produtividade em resposta ao aumento da disponibilidade de água no solo, o que atesta a maior sensibilidade da cultivar ao déficit hídrico. Por outro lado, para as cultivares mais tolerantes ao déficit hídrico do solo, os aumentos das lâminas de irrigação não

correspondem a incrementos relevantes de produtividades, caso da ‘Princesa’ e ‘BRS Tropical’.

Os modelos atuais de estimativa de EUA mostram maiores valores variando com o potencial produtivo da cultivar, porém a definição da eficiência de uso da água deve considerar o incremento da produtividade como função do aumento da disponibilidade de água no solo. O ponto de maior EUA corresponde ao ponto que os incrementos em produtividades começam a decrescer com o aumento da lâmina de irrigação (DONATO et al., 2013).

Este fato demanda maior atenção na interpretação das diferenças entre cultivares. A amplitude desproporcional nas taxas de variação de lâminas ( $\text{mm ciclo}^{-1}$ ) e produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), associadas à diferença de grandezas entre estas características pode levar a uma interpretação equivocada na avaliação de qual cultivar é mais eficiente no uso de água (SANTOS et al., 2013a), particularmente, quando estas apresentam diferenças no potencial genético de produção, como observado no grupo genômico AAAA, subgrupo Gros Michel (‘FHIA-23’), média de  $22,0 \text{ t ha}^{-1}$  e no AAB, tipo Maçã (‘BRS Tropical’),  $8,0 \text{ t ha}^{-1}$ .

**Tabela 9.** Eficiência de uso da água ( $\text{kg mm}^{-1}$ ) de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ no primeiro ciclo de produção, com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Cultivar	378,1 mm	658,6 mm	938,9 mm	1225,9 mm	1419,4 mm	Média
Prata-Anã	36,06 a	22,04 ab	15,76 ab	12,36 ab	10,77 a	19,40 b
BRS Platina	37,60 a	22,30 ab	16,01 ab	12,38 ab	11,21 a	19,90 b
BRS Tropical	23,96 b	13,01 b	9,14 b	7,48 b	6,80 a	12,08 c
FHIA-23	45,98 a	25,91 a	20,82 a	19,25 a	17,50 a	25,89 a

\* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. dms = 10,19; dms = 5,24 para a média.

Neste caso, deve-se buscar a maior EUA correspondente a menor perda de produtividade, a partir do ponto em que os incrementos em produtividades sejam decrescentes com o aumento da lâmina. Os resultados obtidos sugerem que o manejo de irrigação utilizando o coeficiente empírico K pode aumentar a EUA em bananeira.

A literatura reporta resultados com a mesma tendência dos obtidos no presente trabalho. Coelho et al. (2006a), em condições climáticas semelhantes, na região Norte

de Minas Gerais, obtiveram para a ‘Prata-Anã’ uma produtividade de 33,5 t ha<sup>-1</sup> e eficiência de uso de água de 49,3 kg mm<sup>-1</sup> de água aplicada. CRUZ (2012) observou maiores valores de EUA na lâmina de 25% da ETc (289,4 mm) e menores EUA na lâmina correspondente a 125% da ETc (1447,1 mm) nas cultivares Prata-Anã, Grande Naine e BRS Platina. A lâmina de 100% da ETc, considerada a mais adequada pelas produtividades para as cultivares Grande Naine, FHIA-18, BRS Platina e Prata-Anã resultou em EUA de 83,1; 59,32; 54,42 e 45,94 kg mm<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto, a EUA considerada mais adequada para a cultivar Princesa foi 50,4 kg mm<sup>-1</sup>, correspondente a lâmina de 75% da ETc, pois a partir deste ponto os incrementos em produtividade foram decrescentes. Silva et al. (2002), Coelho et al. (2006a), Donato et al. (2006) e Azevedo e Bezerra (2008) também observaram maior EUA em cultivar do subgrupo Cavendish ‘Grande Naine’ quando comparada à EUA obtida no tipo Prata, ‘Prata-Anã’.

As estratégias de manejo que resultem no aumento da eficiência de uso de água devem sempre está associada, além da manutenção da produtividade, à qualidade da produção. Este fato torna-se ainda mais notório, quando se almeja a produção de frutos. Observa-se na Tabela 10 que os componentes de produção e as características físicas que expressam a classificação dos frutos para fins comerciais não foram afetadas pelo manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração e na área foliar.

**Tabela 10.** Componentes de produção de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, no primeiro e segundo ciclo de produção, com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Cultivar	PCA (kg)	PMP (kg)	NPE (un)	NFR (un)	NFP (un)	PFR (g)	CFR (cm)	DFR (mm)
Primeiro Ciclo								
Prata-Anã	10,85 b	1,09 bc	8,62 b	122,25 b	14,29 b	82,66 bc	14,43 b	32,10 ab
BRS Platina	10,73 b	1,36 a	6,77 c	83,57 c	12,37 c	114,39 a	17,22 a	33,83 a
BRS Tropical	6,50 c	0,98 c	5,29 d	76,86 c	14,53 b	66,97 c	13,23 b	30,36 bc
FHIA-23	15,34 a	1,28 ab	10,11 a	155,55 a	15,43 a	94,06 b	16,44 a	29,72 c
Segundo Ciclo								
Prata-Anã	19,33 a	1,68 a	10,04 a	169,58 a	16,06 a	111,86 b	15,12 b	33,63 a
BRS Platina	17,55 b	1,81 a	8,55 b	127,88 b	14,37 b	124,53 a	17,02 a	33,75 a
BRS Tropical	9,75 c	1,39 b	5,79 c	96,64 c	15,66 b	86,80 c	14,20 c	32,46 b
FHIA-23**	-	-	-	-	-	-	-	-

PCA: peso de cacho; PMP: peso médio de pencas; NPE: número de pencas; NFR: número total de frutos; NFP: número de frutos por penca; PFR: peso médio de frutos; CFR: comprimento de frutos; e DFR: diâmetro de frutos. \*\* Dados não publicados.

\* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, para cada ciclo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em Guanambi, BA, em área próxima à do presente trabalho, na mesma classe de solo, Latossolo Vermelho-Amarelo, porém irrigadas por microaspersão, foram registrados no primeiro ciclo de produção pesos médios de cachos e número de pencas, da ordem de: 18,00 kg e 9 pencas, para 'Prata-Anã', 24,64 kg e 9 pencas, para 'BRS Platina' (SILVA, T et al., 2012); 12,17 kg e 6 pencas, para 'BRS Tropical' (SILVA et al., 2013b); e 48,89 kg e 13 pencas, para 'FHIA-23' (SILVA et al., 2013a).

O melhor desempenho produtivo expresso pelas mesmas cultivares quando comparado aos resultados do presente trabalho podem ser atribuídos em parte às melhores condições de fertilidade do solo e de manejo da cultura (SILVA et al., 2012a), ou mesmo por diferenças nos sistemas de irrigação (DONATO et al., 2010; MARQUES et al., 2011), por desequilíbrios nutricionais (FERNANDES et al., 2008), entre outras.

A ausência de resposta ao aumento da disponibilidade de água, com o aumento dos coeficientes empíricos de transpiração foliar  $K$ , pode decorrer em parte da baixa produtividade obtida no presente trabalho quando comparada à SILVA et al. (2012, 2013a,b). Contudo, são comuns baixas produtividades no primeiro ciclo de produção, particularmente para bananeiras tipo Prata e tipo Maçã.

Adicionalmente, a aplicação das estratégias de irrigação iniciou-se aos 140 dias após o transplântio. Aos 240 dias após o transplântio, realizou-se a troca dos emissores (gotejadores) de 2 para 8 L h<sup>-1</sup>. Durante o período em que se utilizaram os gotejadores com menor vazão, por questão de entupimento pode em algum momento não ter aplicado a quantidade de água requerida para as respectivas estratégias de irrigação adotadas, o que pode ter comprometido os resultados no primeiro ciclo.

Silva et al. (2007) consideram para 'Prata-Anã' com idade entre três e quatro anos, plantas de terceiro para quarto ciclo, para as condições do Norte de Minas Gerais as seguintes classes de produtividade: baixa produtividade (< 25 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), produtividade média (25 a 32 t ha<sup>-1</sup>) e alta produtividade (> 32 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

Donato et al. (2010) encontraram produtividades de 13,84 t ha<sup>-1</sup>, em 'BRS Platina' sob gotejamento a 17,53 Mg ha<sup>-1</sup> em 'Prata-Anã' sob aspersão. As médias de produtividade das cultivares foram de 14,92 Mg ha<sup>-1</sup> para 'BRS Platina' e de 16,01 Mg ha<sup>-1</sup> para 'Prata-Anã', estatisticamente iguais. Os autores justificaram as produtividades baixas devido ao déficit hídrico experimentado pela cultura na fase de florescimento, por problemas operacionais de abastecimento de água.

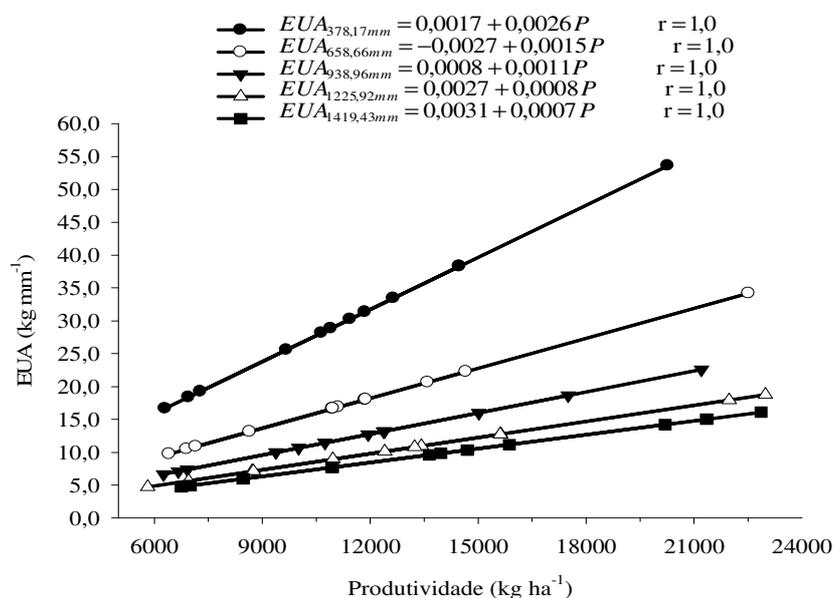
A análise de correlação entre estratégias de irrigação, produção e eficiência de uso de água indica que a EUA apresenta maior correlação ( $r = -0,72$ ;  $p = 0,000$ ) com a

estratégia de irrigação do que com a produção ( $r = 0,39$ ,  $p = 0,002$ ), evidenciando que a EUA está mais fortemente associada ao manejo da irrigação do que as respostas de produtividade (Tabela 10A).

**Tabela 10A.** Matriz de correlação entre estratégias de irrigação, produção e eficiência do uso de água (EUA) em cultivares de bananeira no primeiro ciclo de produção em região semiárida, Guanambi – BA, 2012-2013.

	Estratégia de Irrigação	Produção	EUA
Estratégia de Irrigação	-	0,209 ( $p < 0,110$ )	-0,727 ( $p < 0,000$ )
Produção		-	0,394 ( $p < 0,002$ )

Em todas as classes de produtividades, as estratégias de irrigação que proporcionaram a menor quantidade de água aplicada apresentaram maiores EUA, que decresceram sucessivamente com o aumento da quantidade de água de irrigação. Observa-se que a estratégia de irrigação com  $K = 0,65$  (1419,43 mm) apresentou menor EUA em todas as classes de produtividades, enquanto a estratégia de irrigação com  $K = 0,20$  (378,17 mm) apresentou os maiores valores de EUA (Figura 12).

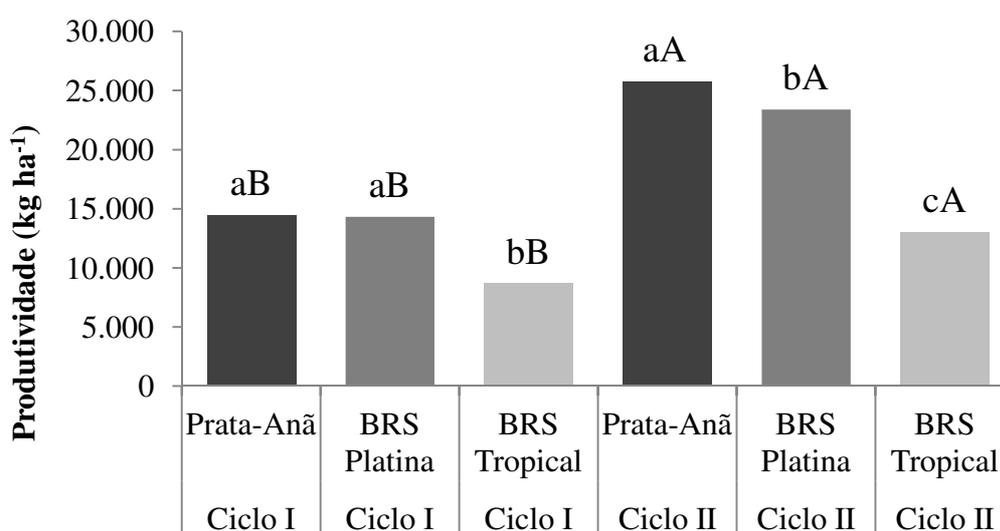


**Figura 12.** Correlação entre produtividade e eficiência de uso de água por classes de estratégias de irrigação em bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ no primeiro ciclo de produção, com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico de transpiração foliar ( $K$ ) e coeficiente da cultura ( $K_c$ ), Guanambi, BA, 2012-2013.

Os incrementos de EUA com o aumento de produtividade são drasticamente menores nas estratégias de irrigação com maior quantidade de água aplicada quando comparado aos incrementos obtidos com as estratégias de irrigação com menores quantidades de água, evidenciado pelo coeficiente angular associado ao parâmetro de produtividade (P), 0,0026 para a estratégia K = 0,20 (378,17 mm) e 0,0007 para K = 0,65 (1419,43 mm).

#### 4.1.4. Produtividade e EUA de bananeiras 'Prata-Anã' e 'BRS Platina' no segundo ciclo de produção

A análise de variância de produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das cultivares Prata-Anã, BRS Platina e BRS Tropical no primeiro e segundo ciclo de produção confirmou efeito de interação tanto para cultivar ( $p = 0,0001$ ) quanto para estratégia de irrigação ( $p = 0,0307$ ) com o ciclo de produção (Figuras 13 e 14). No primeiro ciclo de produção 'Prata-Anã' e 'BRS Platina' apresentaram produtividade média semelhante,  $14.375 \text{ kg ha}^{-1}$  diferindo da 'BRS Tropical' com produtividade em torno de  $8.666 \text{ kg ha}^{-1}$ . No segundo ciclo de produção todas as cultivares expressaram produtividade superior ao primeiro ciclo de produção. 'Prata-Anã' foi superior ( $25.770 \text{ kg ha}^{-1}$ ) à 'BRS Platina' ( $23.400 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e 'BRS Tropical' com  $13.000 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 13).



**Figura 13.** Produtividade de bananeiras 'Prata-Anã' e 'BRS Platina', no primeiro e segundo ciclo de produção, com estratégias de manejo de irrigação baseadas no coeficiente empírico de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

\* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas para cultivares e maiúsculas para ciclos de produção não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A produtividade observada no segundo ciclo, no presente trabalho está dentro da faixa considerada de média produtividade (SILVA et al., 2007), para uma densidade de plantio de 1333 plantas ha<sup>-1</sup>. Pereira et al. (2000) reportam que a produtividade é função também do espaçamento adotado, e observaram que a 'Prata-Anã' foi mais produtiva numa densidade de 1.666 plantas ha<sup>-1</sup>, alcançando no primeiro ciclo de produção, 29,1 tonelada ha<sup>-1</sup>. Donato et al. (2006) na mesma região, com 1666 plantas ha<sup>-1</sup> e irrigação por microaspersão obtiveram produtividades de 31,45 e 46,66 t ha<sup>-1</sup> para 'Prata-Anã' e de 30,22 e 43,54 t ha<sup>-1</sup> para 'BRS Platina' no primeiro e segundo ciclo, respectivamente, enquanto Donato et al. (2009) em região com características similares, irrigação por microaspersão e com a mesma densidade de plantio do presente trabalho, 1333 plantas ha<sup>-1</sup> obtiveram produtividades de 21,30 e 34,20 t ha<sup>-1</sup> para 'Prata-Anã' e de 25,40 e 43,1 t ha<sup>-1</sup> para 'BRS Platina' no primeiro e segundo ciclo, respectivamente.

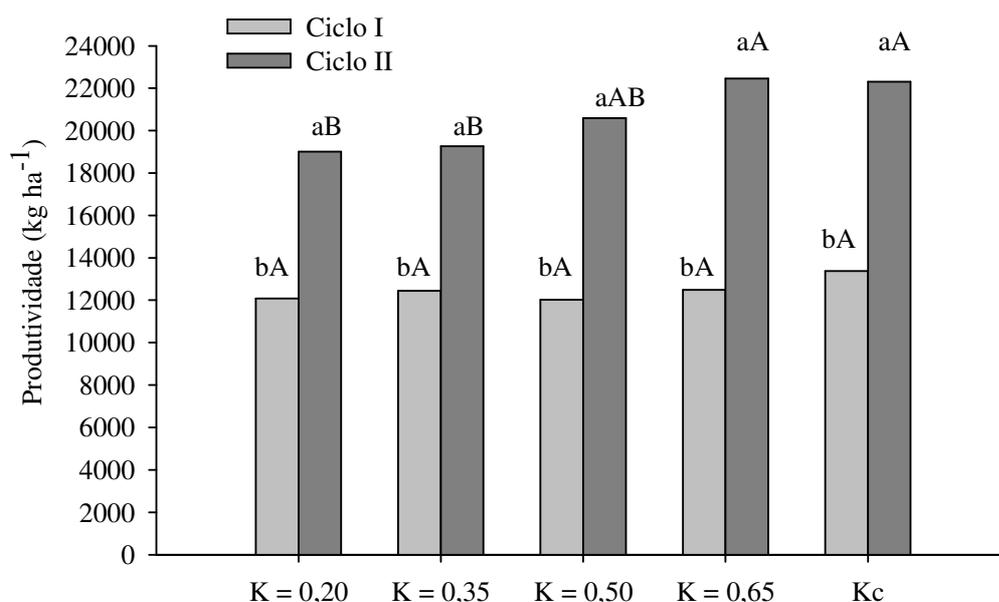
O aumento de produtividade observado no segundo ciclo de produção em relação ao primeiro é uma característica inerente à cultura da bananeira. A produtividade média entre as duas cultivares não é um caráter de diferenciação entre elas, cujos valores são muito próximos e variam ao longo de ciclos de produção e na mesma área de plantio (DONATO et al., 2006, 2009; MARQUES et al., 2011; SILVA, T et al., 2012). No entanto, a massa de frutos de 'BRS Platina' é sempre superior a dos frutos de 'Prata-Anã', provavelmente devido ao nível de ploidia. SILVA, T et al. (2012) atribuíram ao fato da expressão diferenciada de 'BRS Platina' às melhores condições de fertilidade do solo e de manejo da cultura.

A resposta de produtividade das cultivares às diferentes estratégias de manejo de irrigação foi significativa apenas no segundo ciclo de produção (Figura 14). Plantas irrigadas utilizando os coeficientes de transpiração foliar de  $K = 0,20$  e  $K = 0,35$  expressaram produtividades inferiores às produtividades obtidas com as plantas irrigadas com coeficiente de transpiração foliar  $K = 0,65$  e o coeficiente da cultura ( $K_c$ ). As plantas irrigadas com a estratégia de irrigação com coeficiente de transpiração foliar  $K = 0,50$  apresentou produtividade semelhante ao obtido com o  $K = 0,65$  e o  $K_c$ , o que indica ser o coeficiente  $K = 0,50$  o valor de  $K$  mais adequado para manter a produtividade associada à maior eficiência de uso de água (Figura 14).

A ausência de respostas das cultivares ao manejo da irrigação no primeiro ciclo de produção pode estar associada à ocorrência de precipitação considerável na época de diferenciação floral suprimindo a demanda hídrica das cultivares. A área foliar, um dos

parâmetros utilizados na determinação da lâmina de irrigação, apresenta maior variação durante o primeiro ciclo da cultura, ao passo que no segundo ciclo, a família está formada, e em geral contribui para a estabilização desta característica.

Deve-se considerar também que nos primeiros dias após o plantio a demanda hídrica foi plenamente suprida e os tratamentos de irrigação aplicados somente aos 140 dias após o plantio. Este fato pode estar associado a ausência de resposta das cultivares à irrigação no primeiro ciclo de produção, uma vez que a fase compreendida entre 90 e 180 dias após o plantio, fase juvenil (SOTO BALLESTERO, 2008; DONATO et al., 2013), denominada fase de crescimento rápido, cuja taxa de crescimento máximo das características vegetativas, principalmente da quantidade de folhas emitidas (ritmo de emissão foliar), ocorre aos 150 dias (PEREIRA, et al., 2000) é determinante do número de pencas, definida na diferenciação floral, final da fase juvenil.



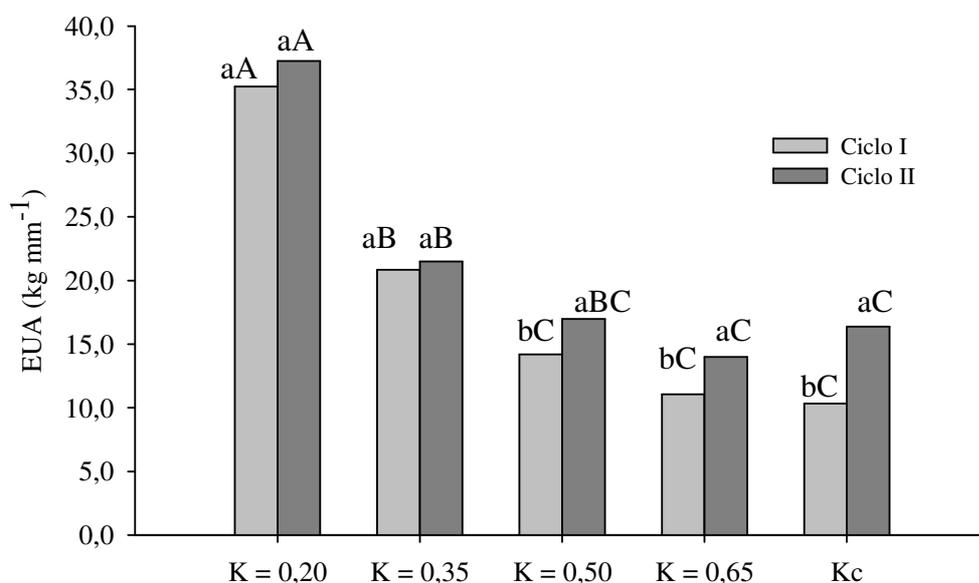
**Figura 14.** Produtividade de bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’, no primeiro e segundo ciclo de produção, em resposta à variação de estratégias de irrigação baseadas em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

\* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas para ciclos e maiúsculas para as estratégias de irrigação, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A eficiência de uso de água (EUA) foi influenciada pelas estratégias de irrigação no primeiro e segundo ciclo de produção ( $p < 0,0001$ ). Os maiores valores de

EUA foram obtidos utilizando-se os coeficientes  $K = 0,20$  e  $K = 0,35$  em relação ao coeficiente da cultura ( $K_c$ ). As plantas submetidas ao manejo com coeficientes de transpiração foliar  $K = 0,50$  e  $K = 0,65$  e  $K_c$  expressaram menores EUA, tanto no primeiro quanto no segundo ciclo de produção (Figura 15).

Os resultados de produtividade nos ciclos de produção indicam ausência de diferenças após o  $K = 0,50$ . A EUA, embora maior em  $K = 0,20$  e  $K = 0,35$ , as produtividades foram reduzidas no segundo ciclo de produção (Figura 14). Isto indica que o  $K = 0,50$  nos dois ciclos de produção contribui para a EUA de equilíbrio, ou mais adequada do ponto de vista prático de manejo, de economia de água e manutenção da produtividade, para as produtividades expressas no presente trabalho.



**Figura 15.** Eficiência de uso de água de bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’, no primeiro e segundo ciclo de produção, em resposta à variação de estratégias de irrigação baseadas em coeficientes empíricos de transpiração foliar ( $K$ ) e coeficiente da cultura ( $K_c$ ). Guanambi, BA, 2012-2013.

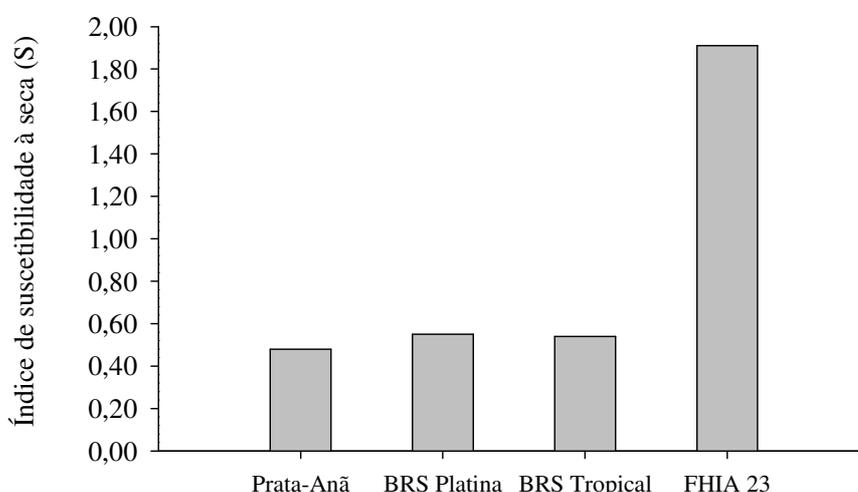
\* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas para ciclos e maiúsculas para as estratégias de irrigação, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Coelho et al. (2013) avaliaram diferentes estratégias de disponibilidade de água em três épocas do ano na ‘BRS Platina’ e observaram que redução de até 40% da lâmina de irrigação durante quatro meses seguidos, independente da estação do ano, não ocasionou reduções significativas nas variáveis de crescimento das plantas nem perdas

significativas de produtividade ou das variáveis de produção. Estes autores afirmam que a estratégia de irrigação com regulação do déficit de água pode ser usado na bananeira ‘BRS Platina’ como forma de aumento da eficiência de uso de água.

#### 4.1.5. Índice de suscetibilidade à seca

As estratégias de manejo de irrigação influenciaram os índices de suscetibilidade à seca das cultivares para o primeiro ciclo de produção. Observa-se que ‘FHIA-23’ expressou maior suscetibilidade à redução de disponibilidade de água de irrigação, quando comparada à ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’ e ‘BRS Tropical’.



**Figura 15A.** Índice de suscetibilidade à seca de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ no primeiro ciclo de produção em resposta a variação de coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Em geral, este índice é recomendado quando se avalia um grande número de cultivares, normalmente acima de 25 genótipos. No entanto, para efeito de demonstração do grau de tolerância das cultivares avaliada, observa-se que ‘FHIA-23’ tolera menos a redução de disponibilidade de água no solo. Estes resultados corroboram com Stover e Simmonds (1987), Thomas et al. (1998), UMA e Sathiamoorthy (2002) e UMA et al. (2002). Estes autores reportam que a presença do genoma B (*Musa balbisiana*) confere maior tolerância à seca em bananas do que o genoma A (*Musa acuminata*). Apesar destas evidências, genótipos diplóides selvagens do grupo genômico AA, considerados altamente suscetível à seca, são amplamente utilizados em

programas de melhoramento genético como doadores de genes para tolerância à estresses bióticos. Por outro lado, os genótipos resultantes tetraploides parecem possuir maior tolerância à seca, quando comparado aos genótipos triploides (AAA e AAB), como observado em alguns trabalhos com ‘BRS Tropical’, ‘BRS Princesa’ e ‘BRS Platina’ (AAAB).

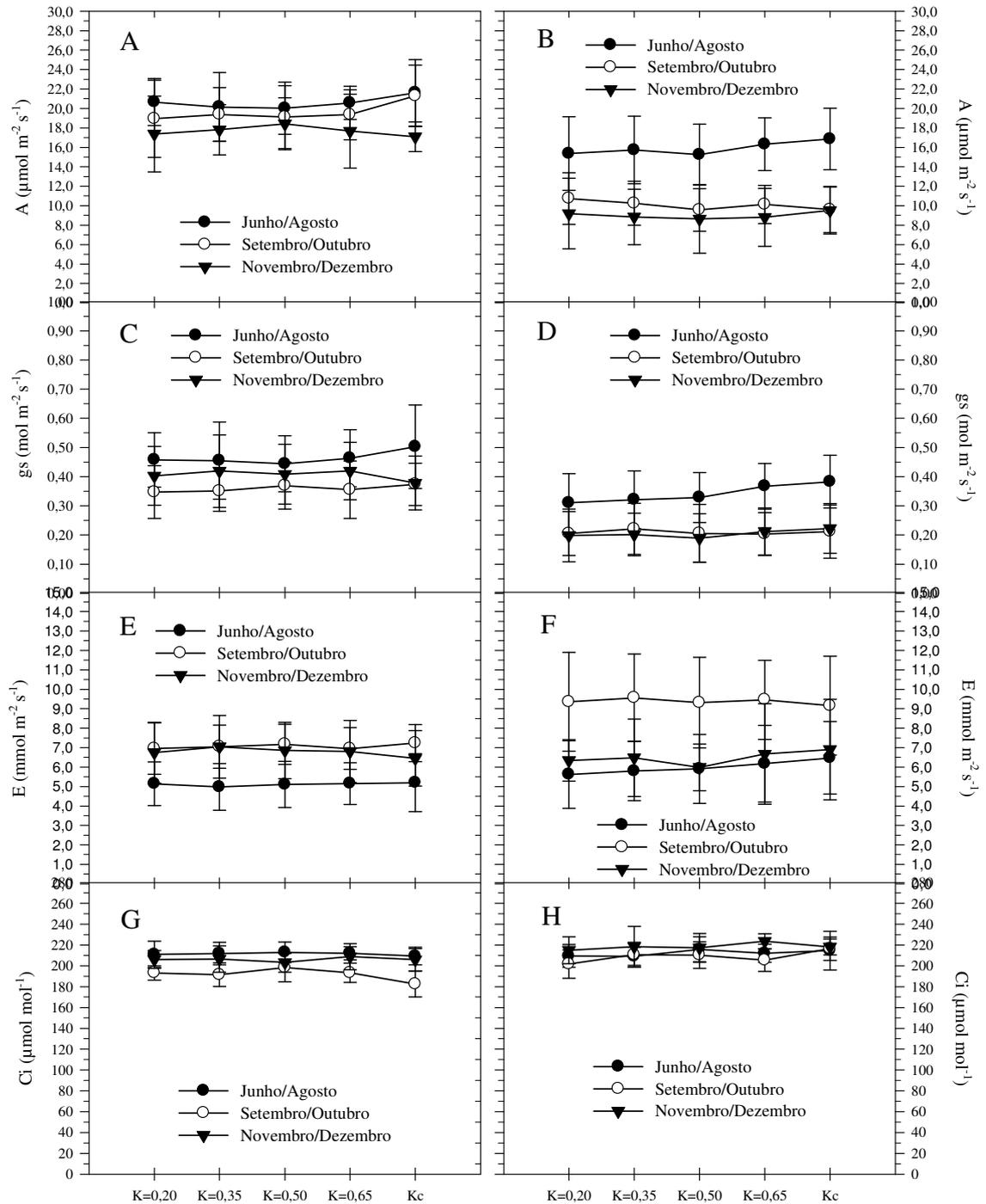
## **4.2. Características fisiológicas**

### **4.2.1. Trocas gasosas**

Os parâmetros de trocas gasosas mensurados nos meses de inverno, primavera e verão, correspondente às faixas de 90 – 150 DAP, 180 – 210 DAP, 240 – 270 DAP (dias após o plantio), respectivamente, não foram influenciados pelo manejo de irrigação utilizando os coeficientes empíricos  $K$  e o coeficiente da cultura ( $K_c$ ). As diferenças de valores médios observadas nestes parâmetros em relação às épocas de avaliação podem ser atribuídas às condições climáticas no período e mesmo no momento da mensuração, uma vez que não apresentaram um padrão de resposta em função de DAP (Figura 16).

As respostas fisiológicas em função da variação no curso diário das condições climáticas às quais as plantas estão submetidas são parâmetros importantes a serem observados em estudos de relações hídricas. Em geral, no período da manhã, o status hídrico das plantas se beneficia do estado de equilíbrio alcançado no período noturno. No período da tarde, as plantas estão sujeitas às condições climáticas mais adversas ao seu ótimo fisiológico e o seu estado de equilíbrio inexpressivo. Esta capacidade de recuperação do status hídrico no período noturno e o potencial de tolerância às condições adversas no período vespertino tornam-se cada vez menos expressiva com intensificação do estresse hídrico.

As respostas de trocas gasosas em função de período do dia (manhã e tarde) e nas diferentes épocas do ano (DAP) estão apresentadas na Figura 16. Observa-se que, independentemente dos coeficientes empíricos  $K$  ou  $K_c$ , a taxa de fotossíntese líquida ( $A$ ) e condutância estomática ( $g_s$ ) em todas as épocas (DAP) foram maiores no período da manhã, enquanto a taxa de transpiração ( $E$ ) e a concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) foram maiores nos períodos da tarde.

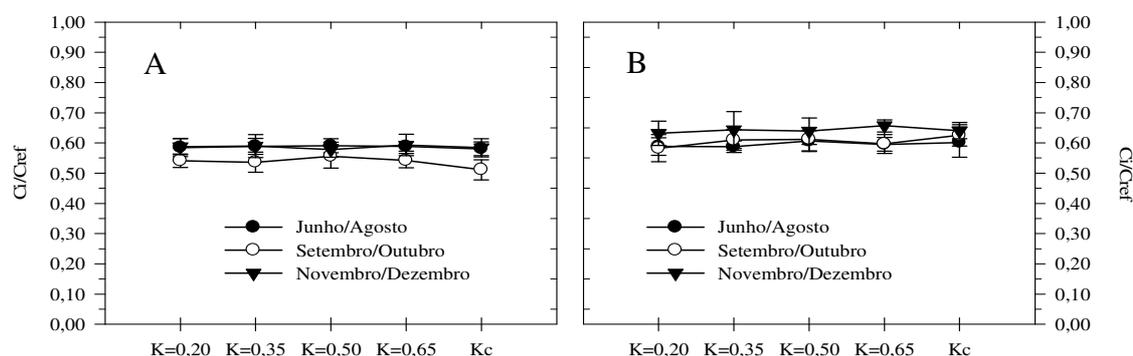


**Figura 16.** Trocas gasosas nos períodos de manhã (A, C, E e G) e tarde (B, D, F e H), de bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013. \* Barra vertical em cada ponto representa o desvio padrão da média. n = 120.

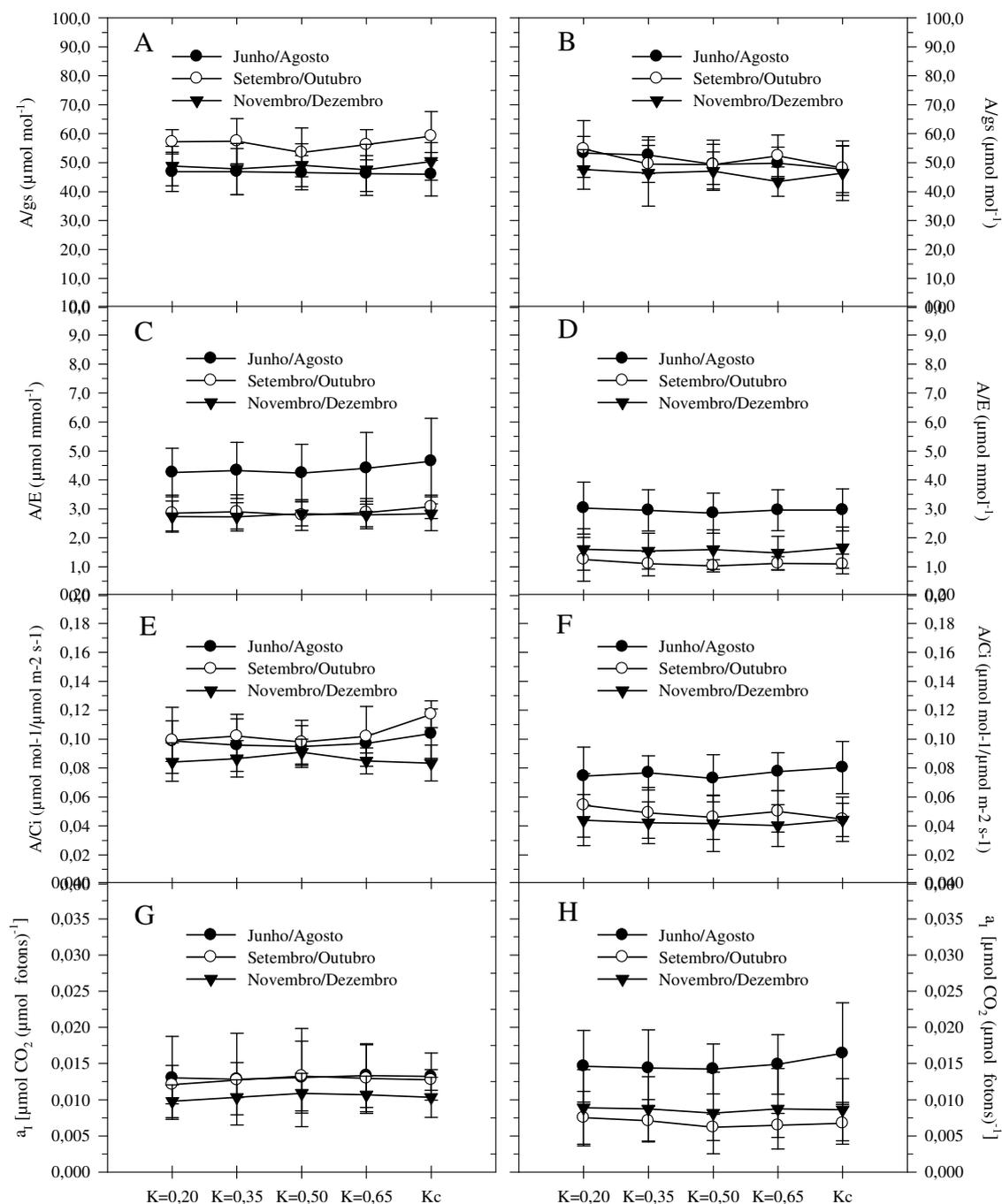
Turner e Thomas (1998) afirmam que existe uma forte associação entre potencial de água no solo e trocas gasosas de folhas em bananeiras. Também asseveram que as trocas gasosas aliadas à taxa de emissão foliar constitui um dos métodos mais sensíveis para avaliar a resposta de bananeira ao estresse hídrico.

Com base nessa discussão da literatura, se faz necessário ressaltar que, embora não tenha sido detectada significância estatística, tanto no período da manhã quanto da tarde, em praticamente todas as épocas avaliadas (DAP), houve um leve aumento das taxas de  $A$ ,  $g_s$  e  $E$  e decréscimo na  $C_i$  em plantas irrigadas utilizando o método do  $K_c$ , que aporta maior quantidade de água de irrigação. No entanto, para fins práticos de manejo da irrigação em bananeira, a magnitude das respostas de trocas gasosas às variações dos coeficientes  $K$  quando comparado à disponibilidade de água pelo método do  $K_c$  não apresentam grandes restrições fisiológicas para o desenvolvimento da planta.

Isto indica certa sensibilidade das trocas gasosas às variações de umidade do solo. Ocorre que as taxas de trocas gasosas mensuradas pelo IRGA são pontuais, variam com as condições atmosféricas e umidade do solo no momento da mensuração, e podem não refletir o histórico de estresse ao qual a planta está submetida (SANTOS et al., 2013b). As relações entre as taxas de trocas gasosas que expressam a eficiência intrínseca de uso de água ( $A/g_s$ ), eficiência instantânea de uso de água ( $A/E$ ), eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ), eficiência quântica da fotossíntese ( $A/Q_{leaf}$ ) e a razão de concentração de  $CO_2$  ( $C_i/C_e$ ) seguiram tendência semelhante aos parâmetros isolados ( $A$ ,  $E$ ,  $g_s$  e  $C_i$ ). Não foram observados efeitos isolados nem interação com as variações dos coeficientes  $K$  e  $K_c$  (Figuras 17 e 18).



**Figura 17.** Razão entre concentração interna e externa ( $C_i/C_{ref}$ ) de  $CO_2$  nos períodos de manhã (A) e tarde (B) em bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar ( $K$ ) e coeficiente da cultura ( $K_c$ ). Guanambi, BA, 2012-2013. \* Barra vertical em cada ponto representa o desvio padrão da média.  $n = 120$ .

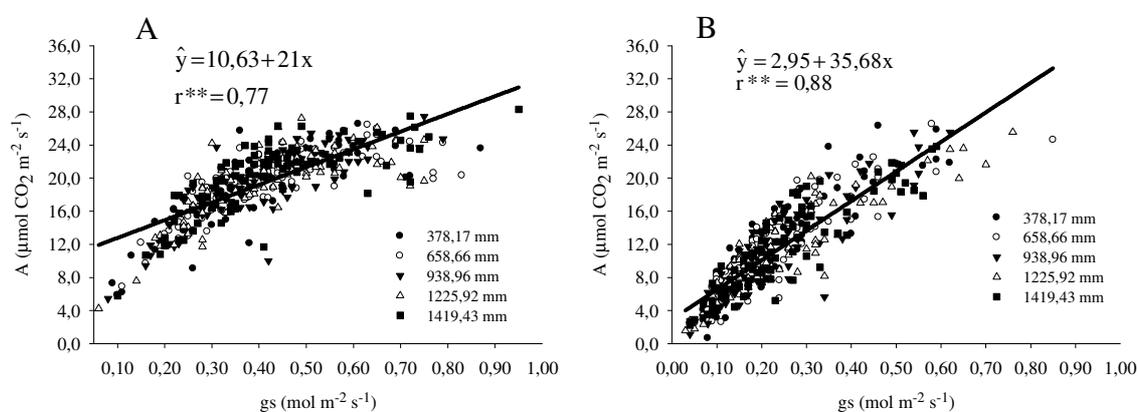


**Figura 18.** Eficiência intrínseca de uso da água ( $A/gs$ ), eficiência instantânea de uso da água ( $A/E$ ), eficiência de carboxilação ( $A/Ci$ ) e eficiência quântica da fotossíntese ( $A/Q_{\text{leaf}}$ ) nos períodos de manhã (A, C, E e G) e tarde (B, D, F e H) em bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura ( $K_c$ ). Guanambi, BA, 2012-2013. \* Barra vertical em cada ponto representa o desvio padrão da média.  $n = 120$ .

As trocas gasosas são estritamente dependentes da abertura dos estômatos, cujo mecanismo de abertura é dependente das condições ambientais, principalmente o gradiente de déficit de pressão de vapor (DPV), e o grau de dependência ao DPV é fortemente associado às condições de umidade do solo. Entretanto, na literatura há controvérsias quanto ao mecanismo de abertura dos estômatos, sendo o conhecimento deste mecanismo fisiológico ainda um grande desafio para os fisiologistas.

A assimilação de carbono pelas plantas é dependente da difusão de CO<sub>2</sub> do ar para o interior do mesofilo foliar onde este é fixado no ciclo de Calvin-Benson pela enzima rubisco para a produção de glicose. No entanto, este mecanismo vital para a sobrevivência das plantas é associado à perda de água dos espaços intercelulares para o ambiente também por difusão.

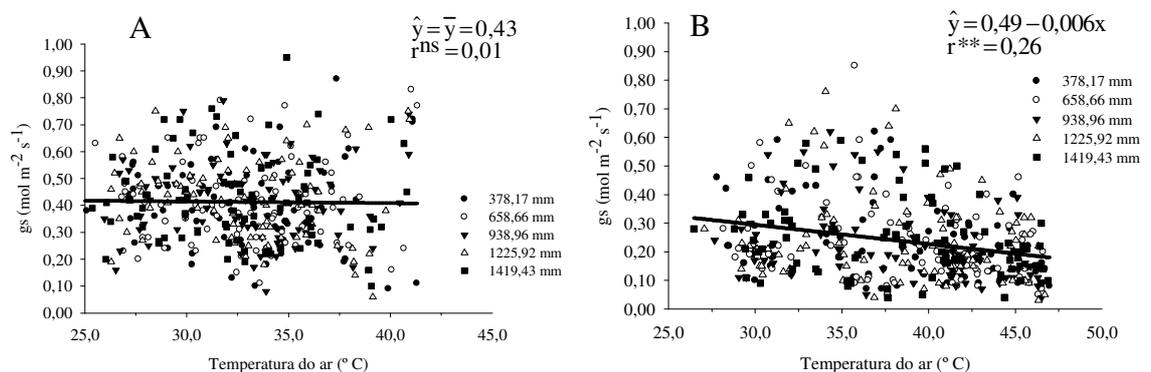
Não houve influência dos coeficientes empíricos K, sobre as taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> e condutância estomática nos períodos de manhã e tarde, embora a fotossíntese apresentou-se dependente da gs, sendo a redução das taxas de fotossíntese mais pronunciada no período da tarde, em que geralmente predomina a ocorrência de maiores valores de DPV (Figura 19).



**Figura 19.** Correlação entre taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A) e condutância estomática (gs) nos períodos da (A) manhã e (B) tarde em bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

As pesquisas com trocas gasosas, em sua maioria, sugerem que trocas gasosas em folhas de bananeiras ocorrem de maneira similar a outras plantas em que o estômato responde ao déficit de pressão de vapor (DPV) e a temperatura foliar (Tl) (SHMUELI,

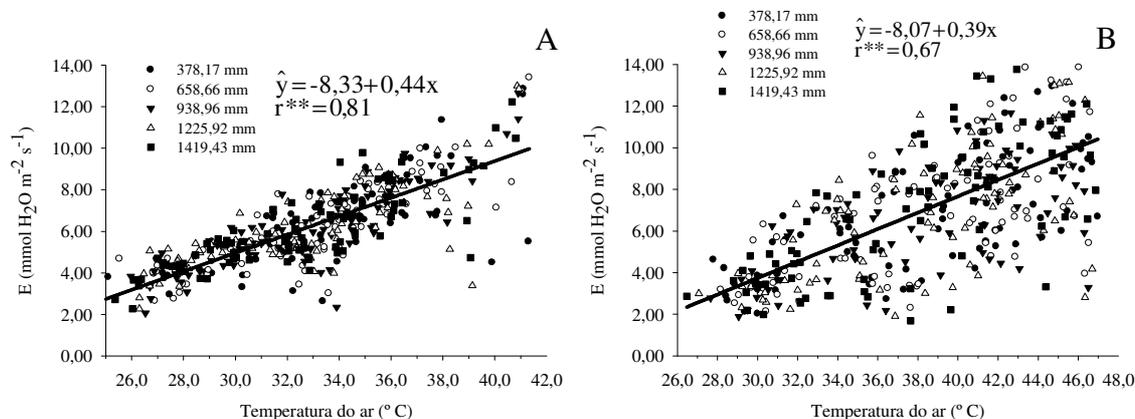
1953; CHEN, 1971; ECKSTEIN; ROBINSON, 1995; THOMAS; TURNER, 1998). Ambas,  $g_s$  e  $A$  responde também a densidade de fluxo de fóton fotossintético ( $DFFF$ ) (BRUN, 1961; TURNER; LAHAV, 1983; THOMAS; TURNER, 1998). Embora existam alguns dados de campo procedentes de várias condições ambientais (ROBINSON; BOWER, 1988; ECKSTEIN; ROBINSON, 1995; THOMAS; TURNER, 1998, DONATO et al., 2013), estes dados não possibilitam separar os efeitos de  $T_l$ ,  $DPV$  ou  $DFFF$  sobre a condutância estomática ( $g_s$ ) e fotossíntese ( $A$ ). Contudo, dados apresentados por Donato et al. (2013) ilustram de maneira contundente a diferenciação entre os efeitos da  $T_l$  e do  $DFFF$  na fotossíntese ( $A$ ), por exemplo, às 08:00 da manhã, na bananeira 'Prata Anã', a radiação solar incidente na folha três foi  $1.480 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , a temperatura foliar  $30,2 \text{ }^\circ\text{C}$  e a fotossíntese  $20,39 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$ . Nas mensurações realizadas às 14:00 horas, os valores foram, respectivamente,  $1.496 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ,  $40,4 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $13,93 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$ . Os resultados exibem redução de 31,70% na fotossíntese das 8:00 para as 14:00 horas, diante de um aumento de temperatura de 33,77% ( $30,2 \text{ }^\circ\text{C}$  para  $40,4 \text{ }^\circ\text{C}$ ), e praticamente sob a mesma quantidade de radiação, embora com mudanças na sua qualidade devido à predominância de certos comprimentos de ondas entre manhã e tarde. O aumento da temperatura e o decréscimo da umidade relativa do ar estão diretamente associados ao aumento de  $DPV$ . Os resultados deste trabalho apontam ausência de correlação da condutância estomática,  $g_s$ , com a temperatura do ar no período da manhã ( $r = -0,01$ ) e baixa correlação no período da tarde,  $r = -0,26$  (Figuras 20A e B).



**Figura 20.** Correlação entre condutância estomática ( $g_s$ ) e temperatura do ar ( $^\circ\text{C}$ ) nos períodos da (A) manhã e (B) tarde em bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura ( $K_c$ ). Guanambi, BA, 2012-2013.

Streck (2003) em revisão sobre o tema aponta duas hipóteses defendidas na literatura. A hipótese “*feedforward*” em que a condutância estomática decresce diretamente com o aumento de DPV, com ácido abscísico nas folhas provavelmente desencadeando a resposta; e a hipótese “*feedback*” em que o decréscimo da condutância estomática com o incremento do DPV ocorre por causa de um incremento na taxa de transpiração o que leva a menores potenciais de água na folha.

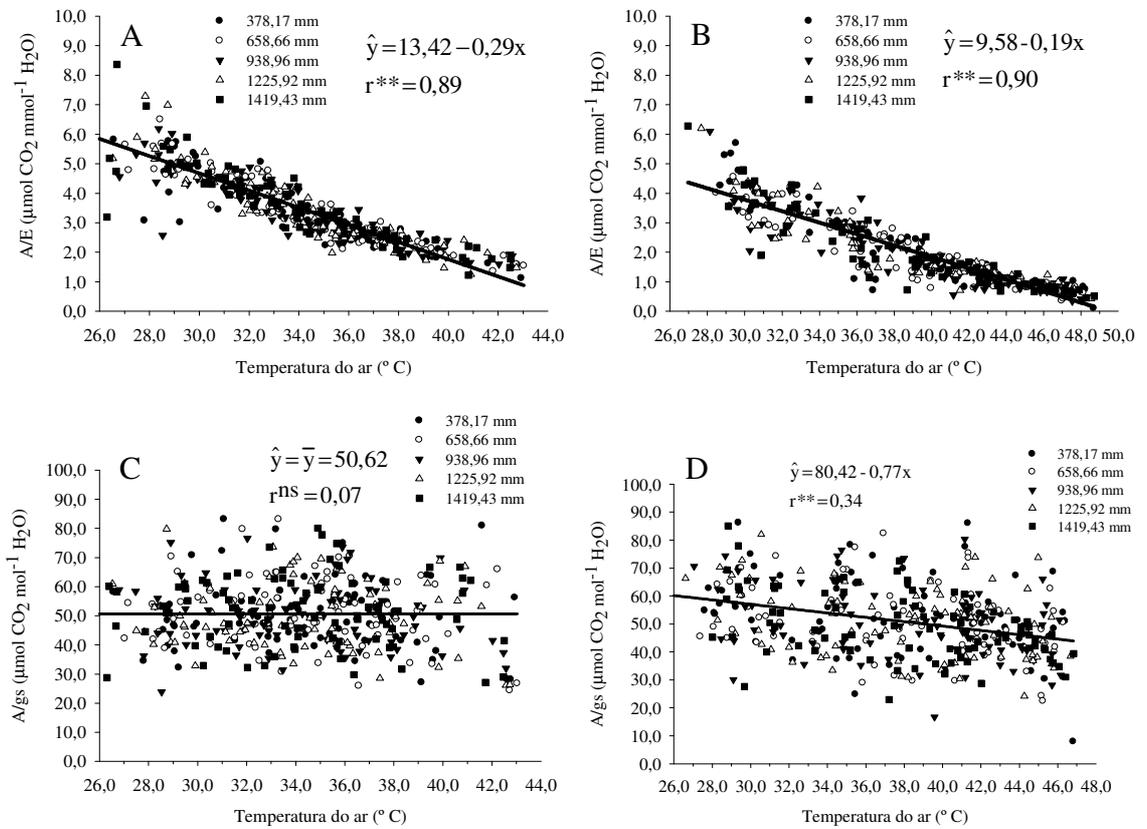
Observa-se nas Figuras 21A e 21B que a transpiração das plantas aumenta com o aumento da temperatura ( $r = 0,81$ ), ocorrendo maior variação nesta relação no período da tarde ( $r = 0,67$ ), provavelmente devido ao fechamento dos estômatos em resposta ao aumento do déficit de pressão de vapor (DPV).



**Figura 21.** Correlação entre taxa transpiratória ( $E$ ) e temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) nos períodos da (A) manhã e (B) tarde em bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar ( $K$ ) e coeficiente da cultura ( $K_c$ ). Guanambi, BA, 2012-2013.

A maior taxa de transpiração com o aumento da temperatura do ar levou a uma drástica redução da eficiência instantânea de uso de água ( $A/E$ ). Já a eficiência intrínseca de uso de água ( $A/g_s$ ) assim como a  $g_s$  foi pouco afetada pela temperatura do ar, ocorrendo uma tendência de decréscimo no período da tarde (Figura 22). Embora não tenha sido detectadas diferenças de eficiência de uso de água da folha, refletida pelas trocas gasosas em relação aos coeficientes empíricos  $K$ , a eficiência de uso de água econômica, que considera a produtividade (Figuras 11 e 15) indica que o manejo de irrigação com base neste coeficiente e na área foliar pode contribuir para a redução

de lâminas de irrigação sem grandes restrições aos mecanismos fisiológicos da bananeira.



**Figura 22.** Correlação da eficiência instantânea de uso de água (A/E) e da eficiência intrínseca de uso de água (A/gs) com a temperatura do ar (°C) nos períodos de (A, C) manhã e (B, D) tarde em bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Apesar de algumas diferenças de médias entre as cultivares detectadas para os parâmetros de trocas gasosas e relações de eficiência de uso de água e eficiência de carboxilação, estas apresentaram tendências variadas do ponto de vista fisiológico (Tabelas 11 e 12). De modo geral 'BRS Tropical', exceto no último período avaliado, apresentou maiores taxas de  $E$ ,  $gs$  e  $A$  e menores taxas de  $C_i$  e taxas semelhantes às demais cultivares em relação à  $A/gs$  e  $A/E$ . 'Prata-Anã' e 'BRS Platina' expressaram semelhança, tendo a última, em algumas épocas, menores taxas de trocas gasosas e menor eficiência ( $A/gs$  e  $A/E$ ) em relação à 'Prata-Anã'. 'FHIA-23' expressou maior ocorrência de menores taxas de trocas gasosas entre as cultivares avaliadas. As taxas de trocas gasosas obtidas no presente estudo situam-se próximos aos valores observados

em outros trabalhos desenvolvidos com bananeira (TURNER e THOMAS, 1998; MAHOUACHI, 2009; MELO et al., 2009; DONATO et al., 2012; ANDRADE FILHO et al., 2012; DONATO et al., 2013).

**Tabela 11.** Valores médios de concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) e fotossíntese líquida (*A*) de bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (*K*) e coeficiente da cultura (*K<sub>c</sub>*). Guanambi, BA, 2012-2013.

Época	Cultivar	<i>C<sub>i</sub></i> μmol mol <sup>-1</sup>	<i>E</i> μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>g<sub>s</sub></i> umol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>A</i> μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
----- 09h:00 -----					
Junho - Agosto	Prata-Anã	220,1 a	4,20 c	0,47 ab	20,0 ab
	BRS Platina	214,1 a	4,60 bc	0,46 ab	20,6 ab
	BRS Tropical	207,1 b	6,58 a	0,55 a	22,4 a
	FHIA-23	204,4 b	5,08 b	0,38 b	19,2 b
----- 14h:00 -----					
Junho - Agosto	Prata-Anã	212,9 ab	5,42 b	0,37 ab	16,9 a
	BRS Platina	219,3 a	5,25 b	0,29 c	12,9 b
	BRS Tropical	210,0 ab	7,62 a	0,40 a	17,8 a
	FHIA-23	206,4 b	5,69 b	0,31 bc	15,8 a
----- 09h:00 -----					
Setembro - Outubro	Prata-Anã	191,7 a	7,53 a	0,44 a	22,2 a
	BRS Platina	192,6 a	6,89 a	0,36 b	19,6 b
	BRS Tropical	187,9 a	7,28 a	0,34 b	19,2 b
	FHIA-23	194,5 a	6,59 a	0,30 b	17,3 b
----- 14h:00 -----					
Setembro - Outubro	Prata-Anã	205,6 a	8,92 b	0,24 a	11,5 a
	BRS Platina	207,9 a	8,42 b	0,18 a	8,9 a
	BRS Tropical	207,5 a	11,29 a	0,24 a	10,7 a
	FHIA-23	214,6 a	8,86 b	0,19 a	9,0 a
----- 09h:00 -----					
Novembro - Dezembro	Prata-Anã	210,1 a	7,57 a	0,48 a	19,5 a
	BRS Platina	207,0 a	7,02 a	0,42 ab	18,3 ab
	BRS Tropical	199,2 b	6,69 ab	0,37 bc	17,0 bc
	FHIA-23	208,1 a	5,84 b	0,35 c	15,7 c
----- 14h:00 -----					
Novembro - Dezembro	Prata-Anã	222,8 a	6,98 a	0,23 a	9,7 a
	BRS Platina	221,4 a	6,59 a	0,19 a	8,5 a
	BRS Tropical	215,0 a	6,21 a	0,19 a	8,5 a
	FHIA-23	214,8 a	6,12 a	0,21 a	9,0 a

\* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, dentro de horário, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

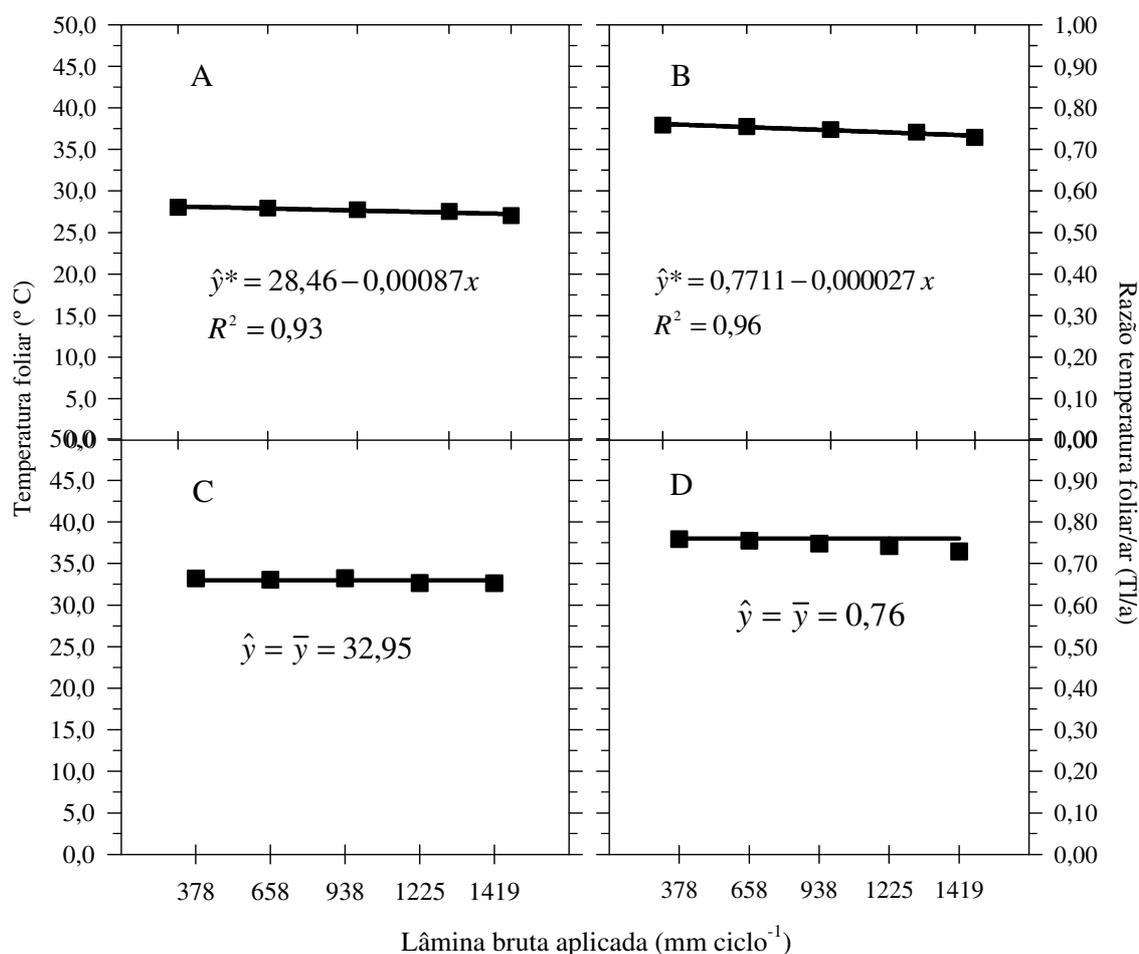
**Tabela 12.** Eficiência intrínseca de uso da água ( $A/g_s$ ), eficiência instantânea de uso de água ( $A/E$ ), eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ) e eficiência quântica da fotossíntese ( $A/Q_{leaf}$ ) em bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar ( $K$ ) e coeficiente da cultura ( $K_c$ ). Guanambi, BA, 2012-2013.

Época	Cultivar	$A/g_s$	$A/E$	$A/C_i$	$A/Q$	
----- 09h:00 -----						
Junho - Agosto	Prata-Anã	45,2 b	5,4 a	0,092 b	0,020 a	
	BRS Platina	46,3 b	4,6 b	0,097 ab	0,015 ab	
	BRS Tropical	42,0 b	3,5 c	0,108 a	0,014 ab	
	FHIA-23	52,3 a	3,8 c	0,093 b	0,013 b	
	----- 14h:00 -----					
	Prata-Anã	50,7 ab	3,5 a	0,080 a	0,020 a	
	BRS Platina	49,8 ab	2,6 b	0,061 b	0,015 b	
	BRS Tropical	47,0 b	2,6 b	0,086 a	0,017 ab	
FHIA-23	54,7 a	2,9 b	0,077 a	0,018 ab		
----- 09h:00 -----						
Setembro - Outubro	Prata-Anã	52,5 a	3,1 a	0,117 a	0,016 a	
	BRS Platina	56,5 a	3,0 a	0,103 ab	0,016 a	
	BRS Tropical	58,6 a	2,7 a	0,104 ab	0,013 a	
	FHIA-23	59,0 a	2,7 a	0,091 b	0,014 a	
	----- 14h:00 -----					
	Prata-Anã	51,6 a	1,3 a	0,057 a	0,009 a	
	BRS Platina	53,8 a	1,0 a	0,044 a	0,006 b	
	BRS Tropical	49,1 a	0,9 a	0,052 a	0,009 a	
FHIA-23	48,7 a	1,0 a	0,043 a	0,008 ab		
----- 09h:00 -----						
Novembro - Dezembro	Prata-Anã	43,4 c	2,8 a	0,094 a	0,013 a	
	BRS Platina	47,4 bc	2,9 a	0,089 a	0,013 a	
	BRS Tropical	52,9 a	2,6 a	0,085 a	0,011 ab	
	FHIA-23	51,1 ab	2,7 a	0,076 b	0,010 b	
	----- 14h:00 -----					
	Prata-Anã	44,8 a	1,6 a	0,045 a	0,011 a	
	BRS Platina	46,0 a	1,6 a	0,040 a	0,011 a	
	BRS Tropical	46,8 a	1,3 a	0,041 a	0,010 a	
FHIA-23	47,0 a	1,5 a	0,044 a	0,007 a		

\* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, dentro de horário, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

#### 4.2.2. Temperatura foliar

A temperatura foliar foi sensível à variação de umidade do solo. Embora em pequena magnitude, as maiores níveis de irrigação proporcionaram redução da temperatura foliar e da razão temperatura folha/ar no período da manhã. No período da tarde foi observado aumento médio de 5 °C em relação ao período da manhã e apesar de os valores médios terem apresentado comportamento similar ao ocorrido na manhã, as reduções com o aumento dos níveis de irrigação não foram significativas (Figura 23).



**Figura 23.** Temperatura foliar ( $T_l$ ) e razão entre temperatura de folha/ar ( $T_l/a$ ) nos períodos de manhã (A, B) e tarde (C, D) em bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar ( $K$ ) e coeficiente da cultura ( $K_c$ ). Guanambi, BA, 2012-2013.

A temperatura foliar está estreitamente relacionada ao processo de transpiração foliar, sendo esta um componente importante da regulação térmica das plantas. Com os estômatos fechados, sem transpirar, sob temperatura e radiação excessiva, a planta atinge temperaturas 5°C a mais que o ambiente, superaquece e pode alcançar a temperatura do ponto de dano termal, com queimadura das folhas (ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010).

A 'FHIA-23' apresentou maiores valores de temperatura da folha (*Tl*) que a 'Prata-Anã' em ambos os períodos do dia, que a 'BRS Tropical' no período da tarde e maior razão temperatura foliar e temperatura do ar (*Tl/a*) que a 'Prata-Anã' e a 'BRS Tropical' no período da manhã (Tabela 13).

Sob condições de ausência de estresse, seja ele biótico ou abiótico, a temperatura na superfície da folha tende a ser menor que a observada no ambiente. Isto implica que menores valores de *Tl* e *Tl/a* indicam maior eficiência na regulação térmica e pode ser um indicador de ausência ou tolerância ao estresse (LARCHER, 2003).

**Tabela 13.** Temperatura foliar (*Tl*) e razão entre temperatura foliar e temperatura do ar (*Tl/a*) em bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (*K*) e coeficiente da cultura (*Kc*). Guanambi, BA, 2012-2013.

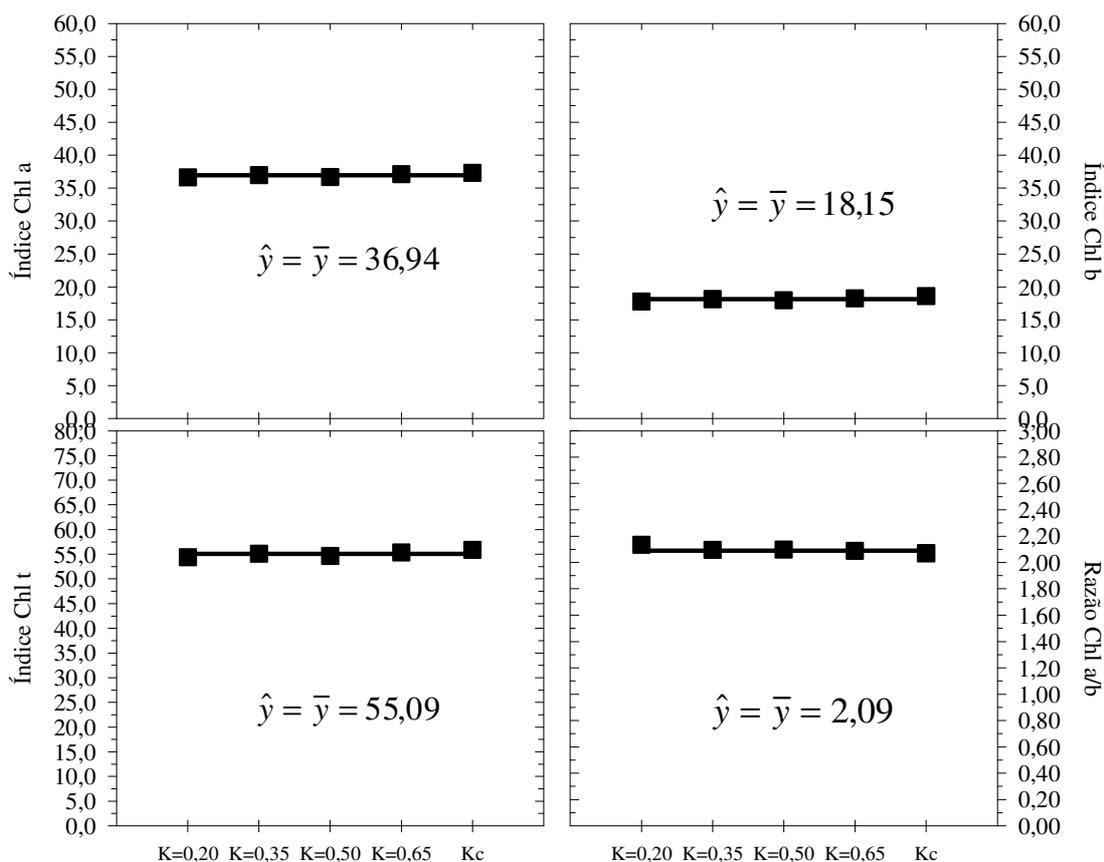
Cultivar	<i>Tl</i> (°C)		<i>Tl/a</i>	
	09h:00	14h:00	09h:00	14h:00
Prata-Anã	27,3 b	32,7 ab	0,7473 a	0,7638 b
BRS Platina	27,5 ab	32,7 ab	0,7405 a	0,7661 ab
BRS Tropical	27,4 ab	32,3 b	0,7393 a	0,7548 b
FHIA-23	28,1 a	33,9 a	0,7581 a	0,7855 a

\* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, dentro de horário, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

#### 4.2.3. Índice de clorofila

Os índices de clorofilas não foram influenciados pelas estratégias de manejo de irrigação, embora os valores médios apresentem leve aumento com o aumento da quantidade de água aplicada na irrigação, como consequência do aumento do coeficiente de transpiração (Figura 24). A clorofila é um pigmento fotossintético altamente relacionado com o teor de nitrogênio na planta. A absorção de nitrogênio por sua vez é mais eficiente sob condições de adequada umidade do solo.

Resultados de quantificação de pigmentos fotossintéticos em plantas sob estresse hídrico mostram que o fotossistema II (PSII) é mais afetado que o fotossistema I (PSI). O estresse hídrico provoca o desacoplamento destes fotossistemas resultando em elétrons livres (radicais livres) na folha. O desacoplamento do transporte de elétrons leva a fotoxidação de clorofila e perda de capacidade fotossintética (TAIZ; ZEIGER, 2009).



**Figura 24.** Índice de clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b), clorofila total (Chl t) e razão clorofila a/b (Chl a/b) em bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Na Tabela 14 estão apresentados os índices de clorofilas observados nas cultivares. Maiores índices foram observados em 'Prata-Anã' e 'BRS Platina', intermediário em 'BRS Tropical' e menor em 'FHIA-23'. Menores teores de clorofila na 'FHIA-23' pode ser uma característica associada a menor adaptação desta cultivar às

condições edafoclimáticas da região. A perda de pigmentos fotossintéticos é um indicador visível de estresse na planta causados por eventos como doenças, poluição ambiental, deficiência e fitotoxidez causada por nutrientes, deficiência hídrica e extremos de temperatura (HENDRY; PRICE, 1993).

Adicionalmente, a diferença em pigmentação das cultivares pode influenciar os resultados. A presença do genoma B aumenta normalmente a intensidade do verde do pseudocaule e folhas, enquanto a presença do genoma A está associado a maior quantidade de antocianina, cores mais escuras como roxo e vermelho (STOVER; SIMMONDS, 1987). Assim, 'Prata-Anã' (AAB) é mais verde que 'BRS Platina' e 'BRS Tropical' AAAB. 'FHIA-23' (AAAA) apresenta-se com cores mais escuras devido à maior presença de antocianina.

**Tabela 14.** Índice de clorofila a (*Chl a*), clorofila b (*Chl b*), clorofila total (*Chl t*) e razão clorofila a/b (*Chl a/b*) em bananeiras 'Prata-Anã', 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'FHIA-23' no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Cultivar	Chl a	Chl b	Chl t	Chl a/b
Prata-Anã	37,9 a	19,8 a	57,8 a	1,96 c
BRS Platina	37,6 a	19,3 a	57,0 a	2,00 c
BRS Tropical	36,7 b	17,6 b	54,3 b	2,11 b
FHIA-23	35,5 c	15,6 c	51,1 c	2,30 a

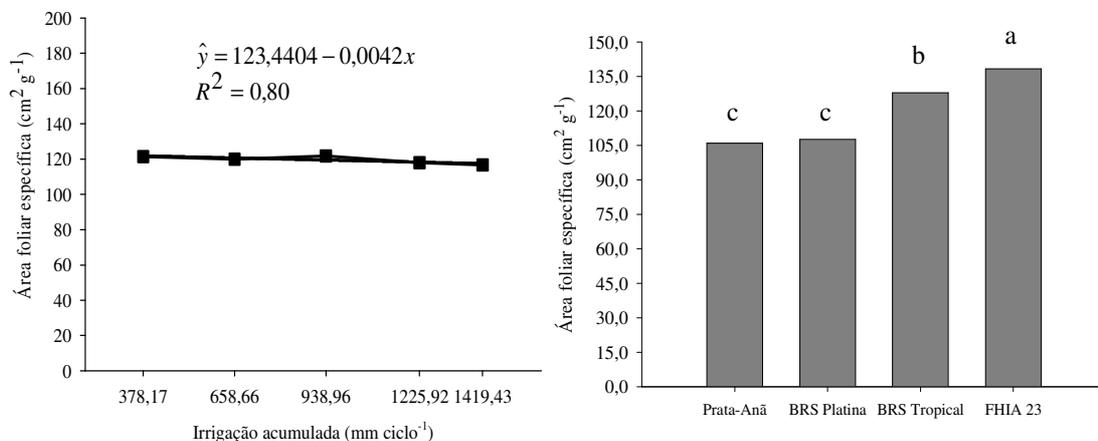
\* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

#### 4.2.4. Área foliar específica

O aumento da quantidade de água aplicada em função do aumento do coeficiente de transpiração reduziu a área foliar específica (Figura 25). Isto indica que maior disponibilidade de água para a planta promoveu um maior acúmulo de massa seca de folhas por unidade de área foliar.

A área foliar específica, AFE, foi menor em 'Prata-Anã' e 'BRS Platina', maior em 'FHIA-23' e intermediária em 'BRS Tropical'. Em termos práticos a AFE expressa também a espessura de folha, evidenciando que as cultivares tipo Prata possui uma lâmina foliar mais espessa (maior teor de massa seca por unidade de área), ou seja, uma lâmina foliar mais densa (105,9 a 107,6 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>), enquanto que a 'FHIA-23' possui

uma lâmina foliar menos espessa ( $138,3 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) e ‘BRS Tropical’, valor intermediário,  $127,8 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ .



**Figura 25.** Área foliar específica em bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013. \* Colunas com barra de médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

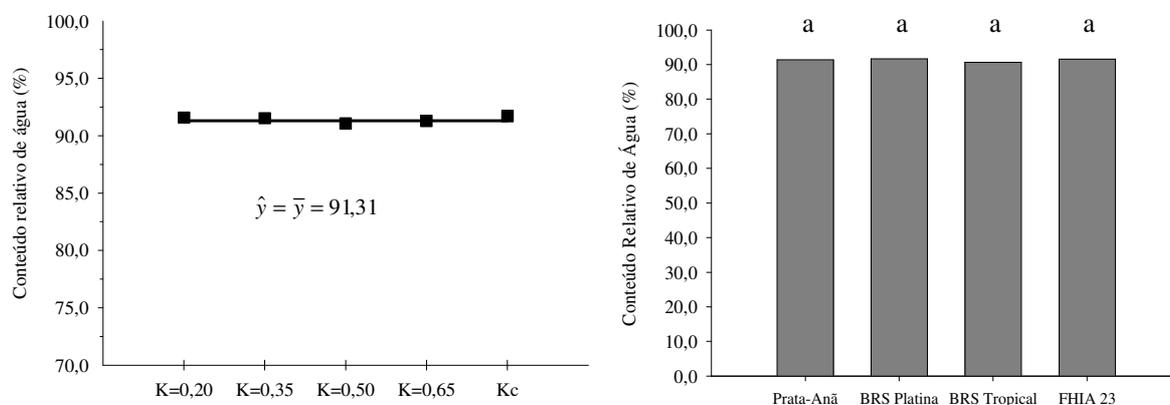
#### 4.2.5. Conteúdo relativo de água

O conteúdo relativo de água na folha (CRA) das cultivares não foi influenciado pelas estratégias de irrigação. Todas as cultivares apresentaram valores semelhantes de CRA com valores médios em torno de 90% (Figura 26).

Turner e Thomas (1998) reportam que a bananeira representa um desafio para os fisiologistas em relação à mensuração de indicadores de déficit hídrico, devido à presença de grandes bolsões de ar no interior das folhas e a presença de glândulas laticíferas contendo látex nos tecidos de folhas, rizomas e frutos que impedem o uso de métodos padrão de mensuração do status hídrico de bananeira.

Milburn et al. (1990), Kallarackal et al. (1990), Turner e Thomas (1998) demonstraram, em bananeiras, diferentes métodos para medir uma série de indicadores fisiológicos em relação à tolerância à seca tais como potencial hídrico, conteúdo relativo de água (volumétrico), potencial osmótico e potencial de pressão (termodinâmico). O método descrito por Milburn et al. (1990) baseado em medidas do índice de refração do

exsudado de látex foi o mais sensível e sua confiabilidade foi posteriormente confirmada por Thomas e Turner (2001).



**Figura 26.** Conteúdo relativo de água (CRA) em bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013. \* Colunas com barra de médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

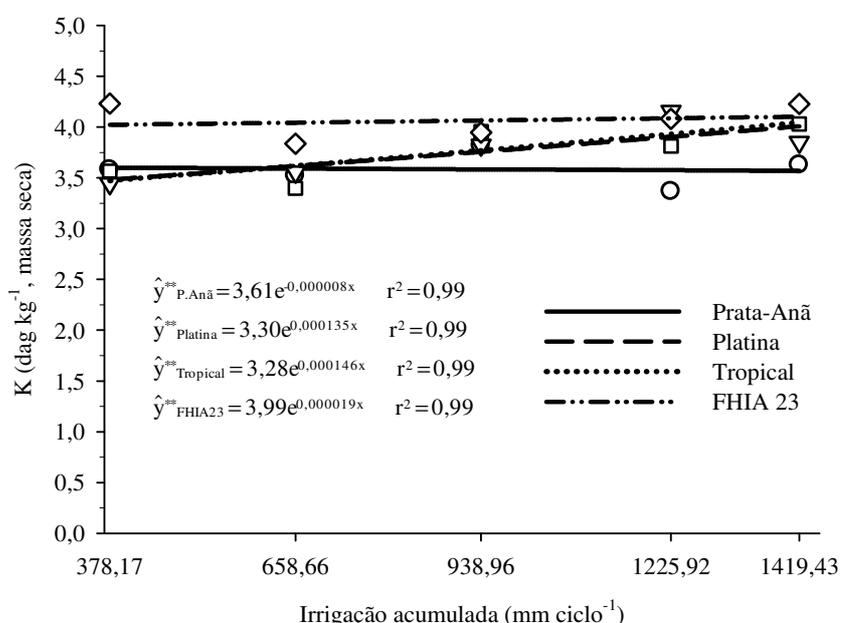
Shmueli (1953) e Turner e Thomas (1998) reportam que folhas de bananeiras permanecem altamente hidratadas mesmo sob estresse hídrico indicando baixa sensibilidade do método volumétrico para determinar a sensibilidade à seca. O fechamento dos estômatos causado pelo déficit de água no solo parece está associado a um sinal desencadeado nas raízes do que um déficit hídrico nas folhas (THOMAS; TURNER, 2001).

#### 4.2.6. Diagnose do estado nutricional

Os teores de nutrientes nas folhas de bananeira em todas as três fases fenológicas avaliadas (crescimento, florescimento e colheita) apresentaram pouca variação em função das estratégias de irrigação adotadas. Exceto os teores de potássio na fase de colheita (Figura 27) e os teores de zinco na fase de crescimento (Figura 28), os demais foram pouco influenciados pelos diferentes manejos de irrigação com base na área foliar e coeficiente empírico de transpiração.

Observa-se que mesmo tendo sido significativo e havendo ajuste, para fins práticos de avaliação de diagnose nutricional, as cultivares apresentaram pouca variação nos teores de K (Figura 27). O maior acúmulo de potássio na planta ocorre normalmente nas fases de floração e frutificação, 49,00 e 43,00%, respectivamente (SOTO BALLESTERO, 2008). Como consequência, o menor teor de potássio no solo cultivado com bananeira coincide com a fase de colheita (DONATO et al., 2013).

Contudo, a dinâmica de ciclagem bioquímica e biogeoquímica rápida e elevada do potássio, a depender das condições ambientais e do genótipo retornam 70% do potássio absorvido ao solo. Resultados semelhantes foram obtidos por COSTA et al. (2012) que observaram aumento do teores de potássio nas folhas de bananeira ‘Galil 18’ (FHIA-18) com o aumento da lâmina de irrigação.

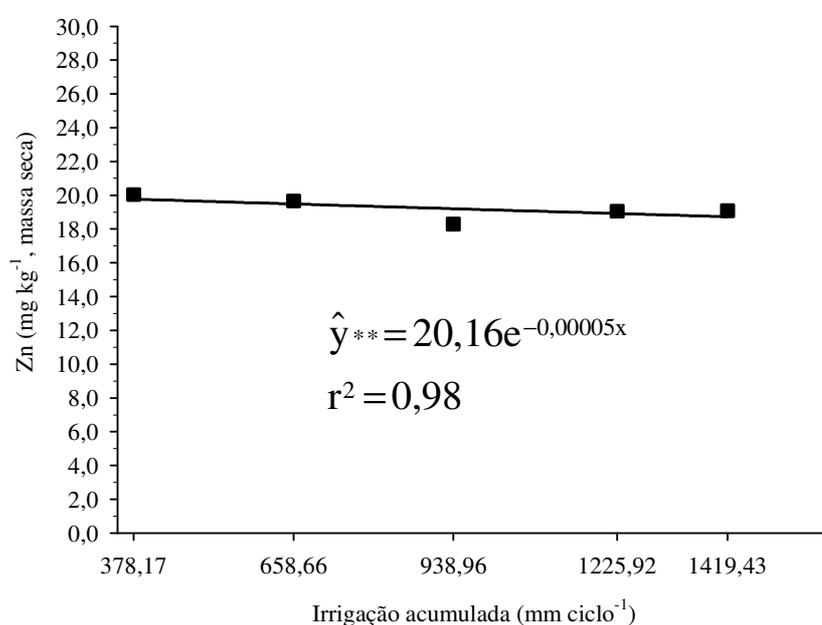


**Figura 27.** Teores de potássio (K) em folhas de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ em fase de colheita, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

O potássio tem inúmeras funções na planta, destacando-se, principalmente, a ativação de vários sistemas enzimáticos, muitos deles participantes dos processos de fotossíntese e respiração. O potássio atua não somente na síntese de proteínas, de carboidratos e da adenosina trifosfato (ATP), mas também na regulação osmótica, na manutenção de água na planta por meio do controle de abertura e fechamento dos

estômatos (ERNANI et al., 2007), por isso considerado como um nutriente antifatores de estresses abióticos.

A redução dos teores de zinco com o aumento da quantidade de água na irrigação na fase de crescimento pode está associada a um efeito de diluição do nutriente nos tecidos das plantas que estavam sob condições de maior umidade do solo (Figura 28). A despeito disso, a redução no teor de zinco na folha ficou dentro da faixa de suficiência do elemento. As faixas de suficiência de zinco, expressos em  $\text{mg kg}^{-1}$  são: 14 – 25 (subgrupo Prata), 20–50 (subgrupo Cavendish) e 12–14 (Pacovan), (BORGES; OLIVEIRA, 2006).



**Figura 28.** Teores de zinco (Zn) em folhas de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ em fase de crescimento, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

O zinco é absorvido e transportado predominantemente como cátion divalente ( $\text{Zn}^{2+}$ ), já que os quelatos que forma com ácidos orgânicos são pouco estáveis (RAIJ, 1991; MARSCHNER, 2012). MENGUEL e KIRKBY (1987) consideram que o zinco apresenta pouca mobilidade, e está dentre outros mecanismos fisiológicos, associado à atividade de auxinas responsáveis pelo alongamento e crescimento celular (RÖMHELD; MARSCHNER, 2012). A deficiência de zinco é responsável por grande

impacto no crescimento e produção da bananeira, fazendo com que os termos “folha pequena” e “formação de roseta” sejam aplicados para caracterizar a sua deficiência (RODRIGUES, 2006).

Silva et al. (2007) obtiveram um valor crítico de  $15,8 \text{ mg kg}^{-1}$ , avaliando os teores foliares de Zn na cultivar Prata-Anã cultivada sob irrigação nas condições edafoclimáticas do Norte de Minas Gerais, cujas condições são semelhantes à do presente trabalho.

Na Tabela 15 estão apresentados os teores de nutrientes em função da variação dos coeficientes empíricos K e coeficiente de cultura (Kc) em três fases fenológicas da cultura (crescimento, florescimento e colheita). BORGES e OLIVEIRA (2006) reportam que os teores foliares de nutrientes considerados adequados variam de acordo com a cultivar, sendo a maior exigência nas cultivares do subgrupo Cavendish (Nanica, Nanicão, Grande Naine) em relação às cultivares do subgrupo Prata (Prata-Anã).

Análises de diagnose nutricional da bananeira indicam que para o bom desenvolvimento da cultura, as faixas dos teores de macronutrientes consideradas adequadas, expressos em  $\text{dag kg}^{-1}$  são: 2,2 – 3,6 (nitrogênio); 0,15 – 0,27 (fósforo); 2,5 – 5,4 (potássio); 0,45 – 1,2 (cálcio); 0,24 – 0,60 (magnésio); 0,16 – 0,30 (enxofre). Para os micronutrientes, expresso em  $\text{mg kg}^{-1}$ , as faixas consideradas adequadas são: 10 – 25 (boro); 2,6 – 8,8 (cobre); 71 – 300 (ferro); e 14 – 50 (zinco), sendo os menores e maiores valores das faixas, recomendados para o subgrupo Prata e Cavendish, respectivamente (BORGES e OLIVEIRA, 2006).

Observa-se nas Tabelas 15 e 16 que os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio, magnésio, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e sódio em folha de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ estão dentro da faixa considerada adequada para a cultura de acordo com Borges e Oliveira (2006). Os resultados obtidos no presente trabalho situam-se próximos aos reportados por Donato et al. (2010) avaliando sistemas de irrigação por aspersão, microaspersão e gotejamento; Borges et al. (2006) avaliando teores de nutrientes em 25 genótipos de bananeira; Damatto Júnior et al. (2006) avaliando a resposta de adubação orgânica em bananeira; e Rodrigues et al. (2007) avaliando a aplicação de Zn no rizoma da bananeira ‘Prata-Anã’, sob irrigação, em três ciclos produtivos. Estes autores concluíram que os tratamentos resultaram em alterações nos teores foliares de nutrientes, porém sem alterar a condição nutricional quando se consideram as faixas de suficiência estabelecidas para a cultura da bananeira.

**Tabela 15.** Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e sódio (Na) em folhas de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ nas fases de crescimento, florescimento e colheita, em resposta aos coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Fase Fenológica	Coefficiente empírico K	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
Crescimento	0,20	3,61a	0,25a	3,92a	0,27a	0,60a	0,40a	21,1a	8,2a	126,7a	62,8a	20,0a	49,3a
	0,35	3,67a	0,25a	4,01a	0,28a	0,65a	0,42a	20,4a	7,9a	133,6a	60,1a	19,6ab	47,5a
	0,50	3,59a	0,24a	3,68a	0,26a	0,59a	0,39a	20,2a	7,8a	126,1a	62,1a	18,2b	41,0a
	0,65	3,59a	0,25a	3,89a	0,28a	0,60a	0,39a	22,0a	8,2a	125,5a	62,4a	19,0ab	46,3a
	Kc	3,57a	0,25a	3,96a	0,26a	0,62a	0,40a	18,7a	8,5a	129,4a	70,7a	19,0ab	47,8a
Florescimento	0,20	3,57a	0,22a	3,92a	0,28ab	0,78a	0,40a	34,1a	6,8a	78,3b	61,2a	23,1a	39,6a
	0,35	3,55a	0,23a	3,98a	0,29a	0,76a	0,42a	32,4a	7,0a	92,8ab	61,8a	23,7a	48,0a
	0,50	3,54a	0,22a	3,90a	0,28ab	0,77a	0,44a	35,6a	7,2a	93,2ab	65,6a	26,6a	44,7a
	0,65	3,56a	0,23a	3,95a	0,29a	0,74a	0,42a	36,3a	7,3a	95,3a	64,9a	27,7a	51,2a
	Kc	3,44a	0,21a	3,86a	0,26b	0,75a	0,40a	32,5a	6,6a	97,7a	66,6a	21,6a	52,4a
Colheita	0,20	3,09a	0,22a	3,71ab	0,26a	0,51a	0,34a	22,0a	6,1a	89,9a	60,7a	18,1a	29,7a
	0,35	3,01a	0,22a	3,58b	0,26a	0,57a	0,35a	20,4a	6,5a	85,5a	60,0a	17,4a	25,8a
	0,50	3,14a	0,21a	3,89a	0,25a	0,53a	0,34a	21,7a	6,3a	80,7a	55,7a	17,0a	29,2a
	0,65	3,08a	0,21a	3,85a	0,26a	0,58a	0,35a	19,6a	6,7a	84,7a	56,9a	16,8a	31,6a
	Kc	3,12a	0,21a	3,93a	0,25a	0,55a	0,35a	18,6a	5,9a	83,4a	58,6a	17,4a	28,3a

Macronutrientes com teores expressos em  $\text{dag kg}^{-1}$  de massa seca, equivalente a %. Micronutrientes com teores expressos em  $\text{mg kg}^{-1}$  de massa seca, equivalente a ppm.

\* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 16.** Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e sódio (Na) em folhas de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ nas fases de crescimento, florescimento e colheita, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Fase Fenológica	Cultivar	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
Crescimento	Prata-Anã	3,56 a	0,22 c	3,78 b	0,25 b	0,72 a	0,45 a	17,2 b	7,8 b	126,0 b	64,1 b	20,0 a	45,0 b
	BRS Platina	3,59 a	0,24 bc	3,62 b	0,24 b	0,54 b	0,38 b	18,9 b	7,6 b	137,0 a	75,7 a	19,9 a	35,1 c
	BRS Tropical	3,67 a	0,25 b	3,68 b	0,25 b	0,59 b	0,38 b	24,6 a	7,6 b	127,4 b	72,9 ab	16,7 b	46,7 b
	FHIA-23	3,60 a	0,29 a	4,48 a	0,30 a	0,58 b	0,38 b	21,0 ab	9,4 a	122,8 b	41,8 c	20,0 a	58,8 a
Florescimento	Prata-Anã	3,42 a	0,19 c	3,41 c	0,25 c	0,97 a	0,43 a	27,8 b	6,7 a	100,7 a	77,8 a	27,7 a	56,7 a
	BRS Platina	3,47 a	0,22 b	3,77 b	0,27 b	0,82 b	0,45 a	32,5 b	6,8 a	83,0 b	61,6 bc	27,0 ab	47,9 ab
	BRS Tropical	3,61 a	0,22 b	3,94 b	0,27 b	0,64 c	0,36 b	31,1 b	6,8 a	86,2 b	68,3 ab	21,4 b	45,5 ab
	FHIA-23	3,62 a	0,26 a	4,55 a	0,32 a	0,60 c	0,42 a	45,4 a	7,6 a	95,9 ab	48,3 c	22,2 ab	38,5 b
Colheita	Prata-Anã	3,05 a	0,21 b	3,58 b	0,21 b	0,59 a	0,40 a	16,1 b	4,9 b	68,9 b	59,3 ab	16,2 b	26,9 ab
	BRS Platina	3,11 a	0,21 b	3,75 a	0,26 a	0,50 b	0,36 b	16,2 b	6,6 a	80,0 b	65,4 a	18,1 a	26,3 b
	BRS Tropical	3,19 a	0,20 b	3,76 a	0,27 a	0,62 a	0,34 b	22,8 a	7,0 a	109,4 a	59,8 ab	17,2 ab	32,2 a
	FHIA-23	3,01 a	0,23 a	4,06 a	0,26 a	0,46 b	0,28 c	26,7 a	6,6 a	81,1 b	48,9 b	17,7 ab	30,3 ab

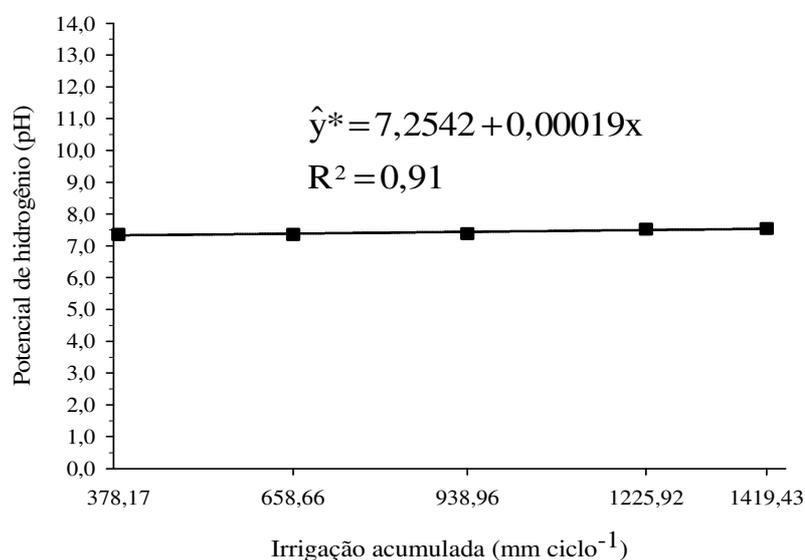
Macronutrientes com teores expressos em  $\text{dag kg}^{-1}$  de massa seca, equivalente a %. Micronutrientes com teores expressos em  $\text{mg kg}^{-1}$  de massa seca, equivalente a ppm.

\* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

#### 4.2.7. Teores de nutrientes no solo

O aumento do volume de água aplicado com o aumento de Kt proporcionou o aumento do pH do solo na camada de 0,0 – 0,20 m, não sendo observado variações significativas de pH na camada de 0,20 – 0,40 m de profundidade (Figura 29).

Este efeito do aumento do pH pode está associado ao teores de carbonato e bicarbonato presentes na água de irrigação. Comportamento semelhante foram obtidos por MAIA et al. (2001), nas condições edafoclimáticas da Chapada do Apodi e Baixo Açu no Rio Grande do Norte e por FERNANDES et al. (2008) na região Norte de Minas Gerais, em cultivo de bananeira irrigada.



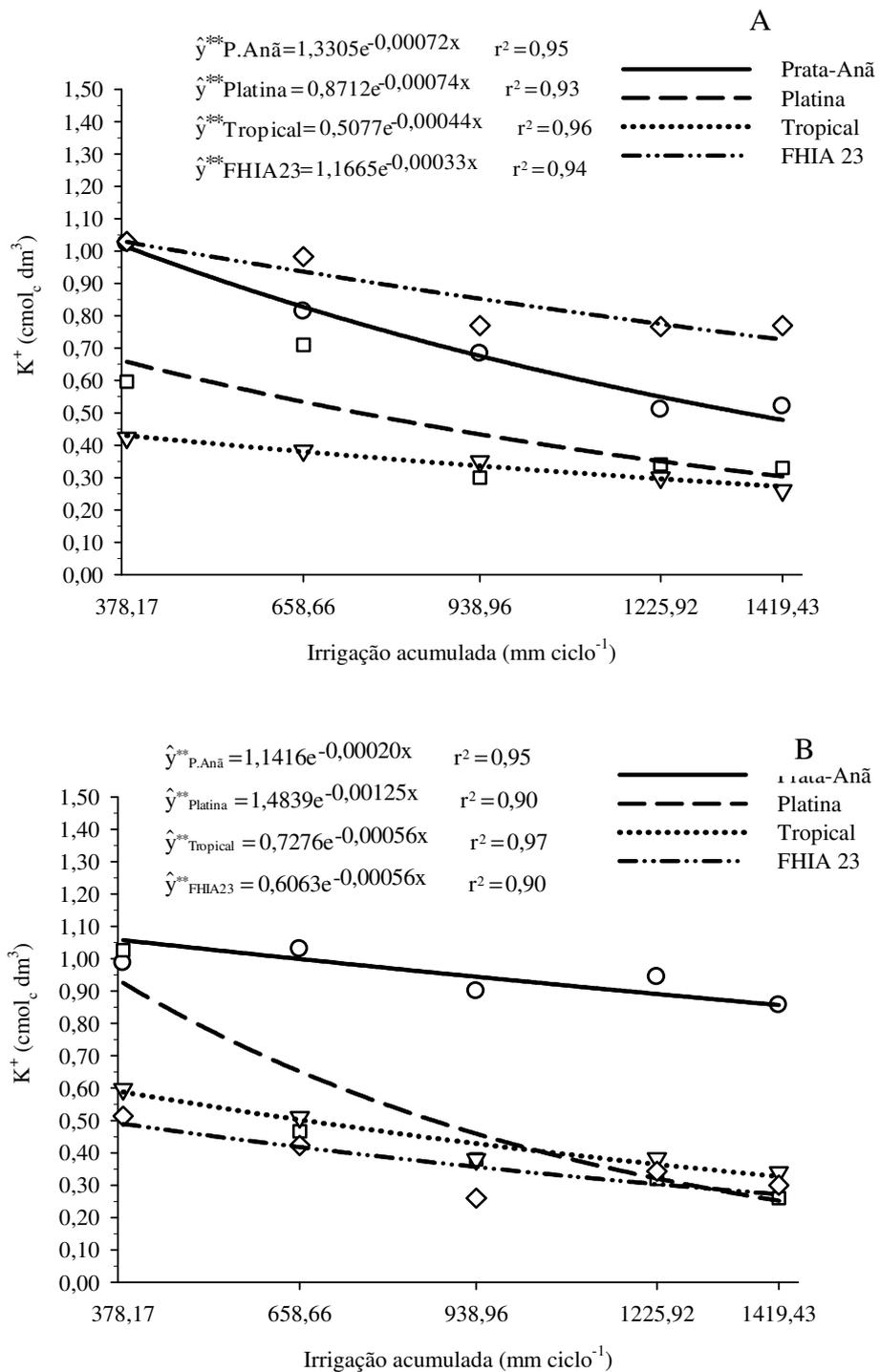
**Figura 29.** Potencial de hidrogênio (pH) no perfil de solo na profundidade de 0,0 – 0,20 m, na fase de colheita das bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Whipker et al. (1996) reportam que os teores de bicarbonatos e carbonatos são as principais formas químicas que contribuem para a alcalinidade do solo. No entanto, hidróxidos dissolvidos, amônia, borato, bases orgânicas, fosfatos e silicatos também podem contribuir para a alcalinidade. Outro efeito adverso da utilização de água com elevados teores de carbonatos é a redução da disponibilidade de micronutrientes para as plantas pelo aumento do pH da solução do solo.

O aumento do pH (Figura 29) pode ter contribuído para redução da disponibilidade de zinco, reduzindo a absorção deste nutriente (Figura 28). Silva, J et al. (2012) constataram que a elevação do pH afetou negativamente a disponibilidade de micronutrientes. Em solos com pH entre 6 e 8 observa-se decréscimos na solubilidade desses cátions metálicos cerca de 100 vezes, com o acréscimo de uma unidade no pH (MORTVEDT, 1991). Adicionalmente, a compactação decorrente do deslocamento contínuo de trabalhadores dentro do bananal para realização das práticas culturais e de colheita, pode diminuir a porosidade e aumentar a tortuosidade do solo. Consequentemente, pela maior proximidade com as cargas da fase sólida do solo, devido à diminuição do tamanho do poro, em solos mais eletronegativos, a adsorção do zinco com a formação de complexos de esfera interna com alta energia de ligação, é favorecida em detrimento do fluxo difusivo do nutriente no solo e sua absorção pela planta (DONATO, no prelo).

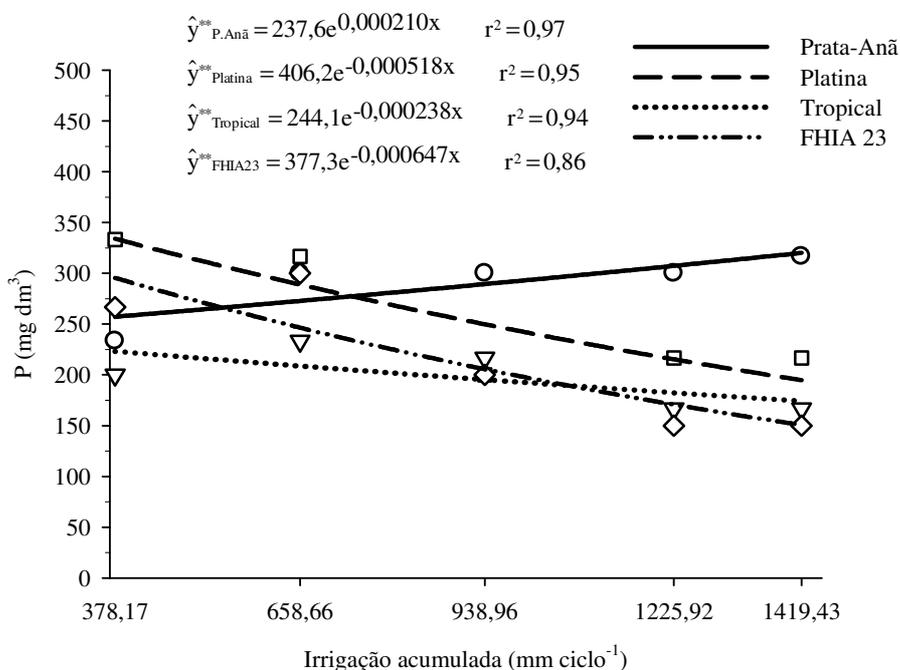
Em relação aos teores de nutrientes no solo, as diferentes estratégias de irrigação proporcionaram redução apenas dos teores de potássio na fase de colheita (Figura 30A e 30 B) e teores de fósforo na camada 0,20 – 0,40 m do perfil do solo (Figura 31). Nas fases de crescimento e florescimento não foi observado efeito das estratégias de irrigação nos teores de nutrientes. A redução dos teores de potássio pode estar associada a maior absorção das plantas em condições de maior disponibilidade de água.

O potássio está relacionado à regulação hídrica e osmótica da planta e, conseqüentemente, à proteção antifatores de estresses abióticos. Donato et al. (2013) reportam decréscimos nos teores de potássio em cultivares tipo Prata, Pacovan, Cavendish, Gros Michel e Maçã na época da colheita, cujos teores reduziram de 567,50 e 512,50 mg dm<sup>-3</sup>, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente, na época do transplântio para 140,13 e 214,83 mg dm<sup>-3</sup> aos 400 dias após o plantio, por ocasião da colheita. Os teores de potássio no solo do presente trabalho indicam que o aumento da quantidade de água na irrigação, associado a maior difusão e maior requerimento de potássio nas fases de florescimento e frutificação da bananeira, promoveu uma maior absorção deste nutriente pelas plantas (Figura 27) e, conseqüentemente, reduzindo a disponibilidade de potássio no solo.



**Figura 30.** Teores de potássio ( $K^+$ ) no perfil de solo nas profundidades de (A) 0,0 – 0,20 m e (B) 0,20 – 0,40 m na fase de colheita das bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura ( $K_c$ ). Guanambi, BA, 2012-2013.

Com exceção da cultivar Prata-Anã, na época da colheita, os teores de fósforo na camada de 0,20 - 0,40 m de profundidade do solo apresentou decréscimo com o aumento da quantidade de água de irrigação (Figura 31).



**Figura 31.** Teores de fósforo (P) no perfil de solo na profundidade de 0,20 – 0,40 m na cm fase de colheita das bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Na camada de 0,0 - 0,20 m não foram observadas influência do manejo da irrigação. Os teores de fósforo na área experimental no momento da implantação do experimento foram de 544,2 e 201,0 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, nas profundidades de 0,0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m (Tabela 1), sendo um solo com alto teor de fósforo, decorrente de adubações químicas e orgânicas em cultivos anteriores de hortaliças e bananeira.

Silva e Rodrigues (2013) avaliaram a resposta da bananeira 'Prata-Anã' irrigada à aplicação de fósforo no solo com baixo teor de fósforo disponível (4,6 mg dm<sup>-3</sup>, Mehlich) com doses variando de 0, 50; 100; 200; e 300 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por planta por ano em quatro ciclos de produção. Estes autores constataram resposta à aplicação de fósforo apenas no primeiro ciclo de produção.

Novais et al. (2007) reportam que o solo pode atuar como fonte ou dreno do fósforo aplicado ao solo, a depender do grau de intemperismo do solo. Em condições extremas de intemperismo, como em algumas classes de Latossolos, a adsorção de fósforo pode chegar a  $2 \text{ mg cm}^{-3}$  de P (KER, 1996), valor que equivale a  $9.200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , incorporado na camada de 0,0 - 0,20m de profundidade.

A eficiência das plantas em absorver fósforo está associada a sua capacidade de acidificar a sua rizosfera pela secreção de prótons pelas raízes e é expressa diferencialmente entre cultivares. Embora a adsorção seja um fenômeno favorável à utilização de fósforo pelas plantas, o “envelhecimento” dessa retenção com a formação de fósforo não-lábil pode tornar-se indisponível as plantas (NOVAIS et al., 2007).

O conhecimento da cinética de disponibilização de nutrientes é de extrema relevância no manejo nutricional. A bananeira, em especial, apresenta alta exigência de nutrientes, o que demanda uma cinética de disponibilização correspondente à cinética de exigência da planta (MARTIN-PRÉVEL, 1984), pois a bananeira apresenta baixa capacidade de troca de cátions do sistema radicular, equivalente a  $23 \pm 4 \text{ cmolc kg}^{-1}$  de raízes para os eixos radiculares principais e  $34 \pm 3 \text{ cmolc kg}^{-1}$  para as raízes laterais (RUFYIKIRI et al., 2002).

Nas Tabelas 17 e 18 estão apresentados, respectivamente, em função dos coeficientes empíricos e das cultivares, os teores de fósforo (P), potássio ( $\text{K}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), potencial de hidrogênio (pH) e capacidade de troca de cátions (CTC) em três fases fenológicas da cultura (crescimento, florescimento e colheita).

**Tabela 17.** Valores médios dos teores trocáveis de fósforo (P), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>+2</sup>), magnésio (Mg<sup>+2</sup>), potencial de hidrogênio (pH) e capacidade de troca de cátions (CTC) em solo cultivado com bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ nas fases de crescimento, florescimento e colheita, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Coeficiente empírico K	P		K <sup>+</sup>		Ca <sup>+2</sup>		Mg <sup>+2</sup>		pH		CTC	
	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40
Fase fenológica: Crescimento e Diferenciação floral												
0,20	556,0 a	191,3 a	0,87 a	0,57 a	5,53 a	3,27 a	3,28 a	1,97 a	7,30 a	7,48 a	10,08 a	6,01 a
0,35	510,8 a	220,4 a	0,88 a	0,58 a	5,16 a	3,29 a	3,04 a	1,97 a	7,40 a	7,43 a	9,45 a	6,05 a
0,50	607,0 a	202,3 a	0,88 a	0,58 a	5,22 a	3,21 a	3,16 a	1,89 a	7,38 a	7,48 a	9,65 a	5,89 a
0,65	541,3 a	212,5 a	0,78 a	0,53 a	5,42 a	3,21 a	3,15 a	1,99 a	7,45 a	7,52 a	9,70 a	5,93 a
Kc	505,7 a	178,3 a	0,71 a	0,54 a	5,07 a	3,23 a	3,04 a	1,93 a	7,39 a	7,50 a	9,16 a	5,90 a
Fase fenológica: Florescimento												
0,20	373,3 a	141,3 a	0,96 a	0,57 a	3,71 a	2,22 a	2,25 a	1,41 a	7,39 a	7,26 a	7,21 a	4,41 a
0,35	357,5 a	139,2 a	0,86 a	0,48 a	3,91 a	2,33 a	2,35 a	1,45 a	7,37 a	7,26 a	7,40 a	4,47 a
0,50	351,7 a	143,3 a	0,99 a	0,60 a	3,92 a	2,28 a	2,18 a	1,38 a	7,43 a	7,23 a	7,36 a	4,45 a
0,65	332,5 a	170,0 a	0,75 a	0,62 a	3,77 a	2,56 a	2,16 a	1,62 a	7,43 a	7,30 a	6,94 a	4,96 a
Kc	342,5 a	141,7 a	0,72 a	0,49 a	3,76 a	2,43 a	2,16 a	1,48 a	7,46 a	7,30 a	6,88 a	4,57 a
Fase fenológica: Colheita												
0,20	491,7 a	258,3ab	0,65 b	0,78 a	4,05 a	2,70 a	2,53 a	1,70 a	7,36 a	7,30 a	7,46a	5,33 a
0,35	550,0 a	300,0 a	0,75 a	0,65 b	4,22 a	2,70 a	2,55 a	1,63 a	7,36 a	7,33 a	7,77a	5,14 a
0,50	550,0 a	232,2 b	0,58 b	0,46 d	4,22 a	2,42 a	2,62 a	1,57 a	7,38 a	7,30 a	7,68a	4,61 b
0,65	537,5 a	208,3 c	0,48 c	0,55 c	4,03 a	2,45 a	2,49 a	1,61 a	7,53 b	7,34 a	7,21a	4,74 b
Kc	562,5 a	212,5 c	0,61 b	0,44 d	4,00 a	2,51 a	2,55 a	1,71 a	7,55 b	7,35 a	7,37a	4,80 b

P: mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> e CTC: cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. 0-20 e 20-40: faixa de profundidade (cm).

\* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, dentro de cada fase fenológica, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 18.** Teores trocáveis de fósforo (P), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>+2</sup>), magnésio (Mg<sup>+2</sup>), potencial de hidrogênio (pH) e capacidade de troca de cátions (CTC) em solo cultivado com bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ nas fases de crescimento, florescimento e colheita, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Cultivar	P		K <sup>+</sup>		Ca <sup>+2</sup>		Mg <sup>+2</sup>		pH		CTC	
	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40
Fase fenológica: Crescimento e Diferenciação floral												
Prata-Anã	483,8 a*	192,5 a	0,77 a	0,55 a	5,27 a	3,43 a	3,34 a	2,21 a	7,42 a	7,55 a	9,75 a	6,40 a
BRS Platina	547,1 a	190,9 a	0,90 a	0,56 a	5,38 a	3,23 ab	3,18 ab	1,89 bc	7,32 a	7,45 a	9,81 a	5,87 ab
BRS Tropical	523,4 a	194,0 a	0,79 a	0,54 a	4,94 a	2,85 b	2,78 b	1,67 c	7,35 a	7,45 a	8,87 a	5,27 b
FHIA-23	622,5 a	226,4 a	0,85 a	0,59 a	5,53 a	3,47 a	3,22 ab	2,04 ab	7,45 a	7,48 a	9,98 a	6,28 a
Fase fenológica: Florescimento												
Prata-Anã	356,6 a	133,0 b	0,84 a	0,51 a	3,86 a	2,23 a	2,17 a	1,36 a	7,51 a	7,29 a	7,14 a	4,30 a
BRS Platina	331,3 a	147,3 ab	0,82 a	0,55 a	3,69 a	2,34 a	2,11 a	1,44 a	7,39 ab	7,27 a	6,91 a	4,54 a
BRS Tropical	362,0 a	120,6 b	0,86 a	0,49 a	3,75 a	2,23 a	2,30 a	1,41 a	7,37 b	7,25 a	7,15 a	4,32 a
FHIA-23	356,0 a	187,3 a	0,89 a	0,64 a	3,94 a	2,65 a	2,29 a	1,64 a	7,39 ab	7,25 a	7,40 a	5,13 a
Fase fenológica: Colheita												
Prata-Anã	486,6 b	290,0 a	0,75 a	0,95 a	4,23 a	2,72 a	2,41 a	1,69 a	7,47 a	7,33 a	7,65 a	5,51 a
BRS Platina	516,6 ab	256,6 ab	0,49 b	0,52 b	4,21 a	2,40 a	2,56 a	1,57 a	7,50 a	7,31 a	7,52 a	4,65 b
BRS Tropical	483,3 a	196,6 b	0,38 b	0,44 bc	3,82 a	2,47 a	2,56 a	1,66 a	7,39 a	7,29 a	6,97 a	4,72 b
FHIA-23	666,6 b	226,9 ab	0,82 a	0,38 c	4,15 a	2,65 a	2,64 a	1,66 a	7,38 a	7,37 a	7,83 a	4,85 b

P: mg dm<sup>3</sup>; K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> e CTC: cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>. 0-20 e 20-40: faixa de profundidade (cm).

\* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, dentro de cada fase fenológica, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

#### 4.2.8. Distribuição do sistema radicular

Não foram observadas diferenças entre o sistema radicular das cultivares ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’, tanto no sentido longitudinal, quanto no sentido perpendicular às linhas de irrigação. Da mesma forma, quando analisado o efeito isolado, as estratégias de irrigação não interferiram na densidade de raízes (DCR, cm cm<sup>-3</sup>), (Tabelas 19 e 20). Esses resultados são justificados pelo fato de tratar de genitora e progênie.

No entanto, foi observada interação da DCR a partir das classes de diâmetro de raízes pequenas (2,0 – 5,0 mm) e total entre estratégias de irrigação e cultivares com a distância do pseudocaule no sentido longitudinal (Tabela 19) e interação de estratégias de irrigação com a profundidade do perfil do solo no sentido perpendicular (Tabela 20), entre as classes de diâmetro de raízes finas (0,5 – 2,0 mm) e raízes médias (5,0 – 10 mm) e total (Tabela 20).

**Tabela 19.** Resumo da análise de variância para a densidade de raízes de bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’ em diferentes classes de diâmetro no sentido longitudinal às linhas de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Fonte de Variação	Classe de diâmetro (mm)						Total
	<0,5	0,5-2,0	2,0-5,0	5,0-10,0	10,0-20,0	>20,0	
EST	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
VAR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
EST*VAR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DIST	**	**	**	**	*	ns	**
DIST*EST	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DIST*VAR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DIST* EST *VAR	ns	ns	*	*	*	ns	*
PROF	**	**	**	**	**	ns	**
PROF* EST	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PROF*VAR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PROF*DIST	ns	ns	ns	**	*	ns	ns
PROF* EST *VAR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PROF* EST *DIST	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PROF*VAR*DIST	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PROF* EST *VAR*DIST	ns	ns	*	ns	**	ns	ns

\* Significativo pelo teste F (p<0,05); \*\* Significativo pelo teste F (p<0,01). ns: não significativo pelo teste F (p<0,05).

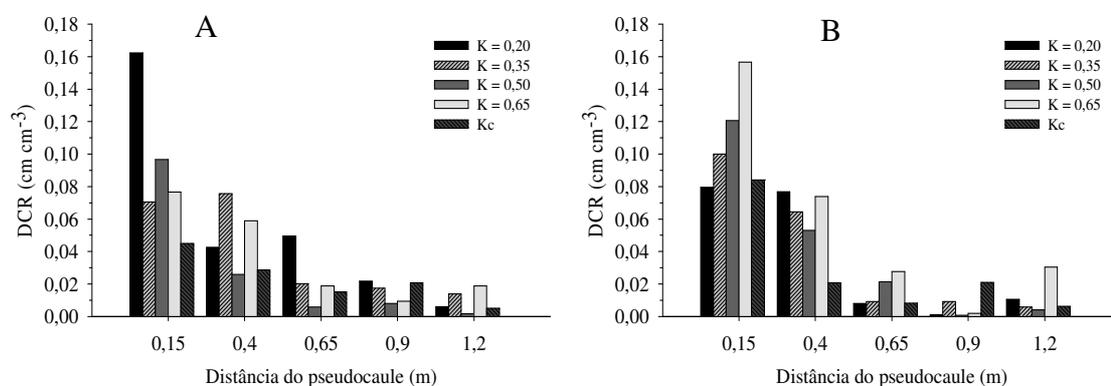
EST: estratégias de irrigação; VAR: cultivares; DIST: distância do pseudocaule; PROF: profundidade de amostragem.

Classes de diâmetro: < 0,5 Muito fina; 0,5 – 2,0 Fina; 2,0 – 5,0 Pequena; 5,0 – 10,0 Média; 10,0 – 20,0 Grande; >20,0 Muito grande.

Em ambas cultivares, Prata-Anã (Figura 32A) e BRS Platina (Figura 36B) observam-se redução da DCR total com o aumento da distância do pseudocaule, característica comum na arquitetura de sistema radicular, e principalmente, em

bananeiras que tem uma concentração das raízes em torno de 50 cm de distância do pseudocaule. Entretanto, a variação da DCR total entre estratégias de irrigação entre e dentro das cultivares apresentaram comportamentos diferenciados. Para ‘Prata-Anã’ predominou a redução da DCR com o aumento do coeficiente empírico (K) em todas as distâncias do pseudocaule (Figura 32A). Já para ‘BRS Platina’ há uma tendência de aumento da DCR com aumento de K nos 0,15 m e 0,65 m de distância do pseudocaule e redução de DCR com aumento de K na distância de 0,45 m do pseudocaule (Figura 32B).

Essas variações entre as cultivares podem não está associada às diferenças de sistema radicular entre elas, uma vez que são genitora e progênie. Certamente, este comportamento pode ser atribuído a um caráter errático, inerente a grande variação de distribuição de sistemas radiculares, quando avaliado em pontos específicos. No entanto, observa-se independente da estratégia de irrigação e da cultivar, uma maior concentração de raízes até 0,4 m de distância do pseudocaule, o que condiz com o sistema de irrigação por gotejamento.



**Figura 32.** Densidade de comprimento total de raízes das bananeiras (A) ‘Prata-Anã’ e (B) ‘BRS Platina’ no primeiro ciclo de produção em função da distância do pseudocaule e do manejo de irrigação com coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

O conhecimento da distribuição das raízes de bananeira subsidia informações para orientar a melhor localização de água e fertilizantes, resultando em incremento da produtividade do pomar (BORGES et al., 2008) e, conseqüentemente, aumento da eficiência de uso da água. A distribuição de raízes pode ser um forte indicador do potencial de extração de água pela planta (SILVA, A et al., 2013) e pode indicar a

localização de sensores para monitoramento da umidade ou da tensão com que a água está retida no solo para manejo mais racional da água (SANT'ANA et al., 2012).

A análise de variância no sentido perpendicular às fileiras de plantas, a DCR para as diferentes estratégias de irrigação seguiu a mesma tendência observada no sentido longitudinal. Exceção ocorreu para a interação de estratégia de irrigação com a profundidade do perfil do solo, em que foi detectada significância da DCR a partir das classes de diâmetros de raízes finas (0,5 - 2,0 mm) e total (Tabela 20).

**Tabela 20.** Resumo da análise de variância para a densidade de raízes de bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’ em diferentes classes de diâmetro no sentido perpendicular às linhas de irrigação com coeficientes de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Fonte de Variação	Classe de diâmetro (mm)						Total
	<0,5	0,5-2,0	2,0-5,0	5,0-10,0	10,0-20,0	>20,0	
EST	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
VAR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
EST *VAR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DIST	**	**	**	**	**	ns	**
DIST* EST	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DIST*VAR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DIST* EST *VAR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PROF	**	**	**	**	*	ns	**
PROF* EST	ns	*	*	*	ns	ns	*
PROF*VAR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PROF*DIST	ns	**	**	**	*	ns	**
PROF* EST *VAR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PROF*LAM*DIST	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
PROF*VAR*DIST	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PROF* EST *VAR*DIST	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

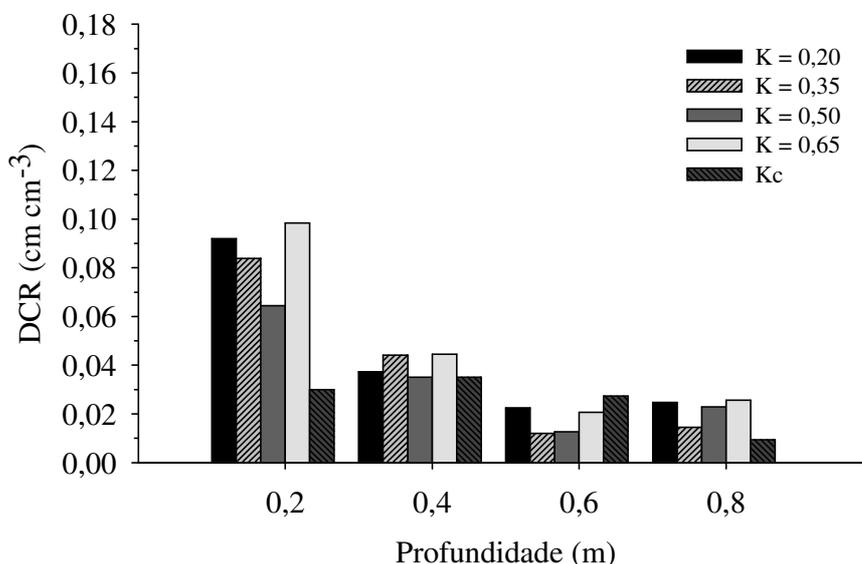
\* Significativo pelo teste F (p<0,05); \*\* Significativo pelo teste F (p<0,01). ns: não significativo pelo teste F (p<0,05).

EST: estratégias de irrigação; VAR: cultivares; DIST: distância do pseudocaule; PROF: profundidade de amostragem.

Classes de diâmetro: < 0,5 Muito fina; 0,5 – 2,0 Fina; 2,0 – 5,0 Pequena; 5,0 – 10,0 Média; 10,0 – 20,0 Grande; >20,0 Muito grande.

A interação de estratégia de irrigação com profundidade do perfil do solo no sentido perpendicular às linhas de irrigação está apresentada na Figura 33. Foi observada redução de DCR entre as estratégias apenas na profundidade de 0,20 m, em que a estratégia referente ao Kc apresentou menor DCR comparada aos coeficientes empíricos de transpiração foliar Kt. Nas demais profundidades, independentemente da estratégia de irrigação adotada, a DCR foi semelhante (Figura 33). Isto indica haver maior variabilidade da DCR entre as estratégias de irrigação nas camadas superficiais do perfil do solo (0,0-0,20 m), onde está concentrada maior parte do sistema radicular da bananeira. À medida que aumenta a profundidade do perfil do solo, essas variações

expressam maior caráter errático, característico da arquitetura do sistema radicular da bananeira.



**Figura 33.** Densidade total de raízes das bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’ no sentido perpendicular às linhas de irrigação, no primeiro ciclo de produção, em função da profundidade do perfil do solo e do manejo de irrigação com coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

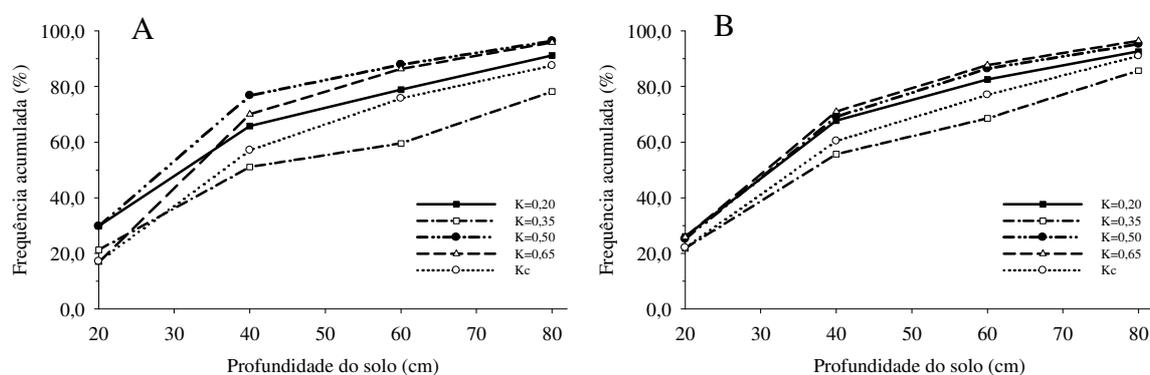
O padrão de evaporação na direção vertical inicia no sentido da camada superficial para as camadas mais subsuperficiais do perfil do solo. Menores lâminas favorecem maiores ocorrências e intensidade de evaporação para uma dada condição de ambiente. Isto indica que maiores valores de DCR nos menores volumes de água aplicado (menores coeficientes de transpiração K) em todas as profundidades do perfil do solo pode ser atribuído a mecanismos fisiológicos de adaptação do sistema radicular a menor disponibilidade de água, levando ao crescimento de raízes em direção a camadas mais profundas, onde há relativamente maior disponibilidade de água. Sob condições de decréscimo na disponibilidade hídrica há maior aprofundamento das raízes e mudanças na relação parte aérea-raiz, alteração nos drenos preferenciais, dependente do grau de intensidade desse decréscimo (Taiz & Zeiger, 2009).

Esta hipótese é reforçada na medida em que esta interação não foi observada no sentido longitudinal (Tabela 19), onde há relativamente maior disponibilidade de água em relação ao sentido perpendicular, pelo fato de a amostragem daquela

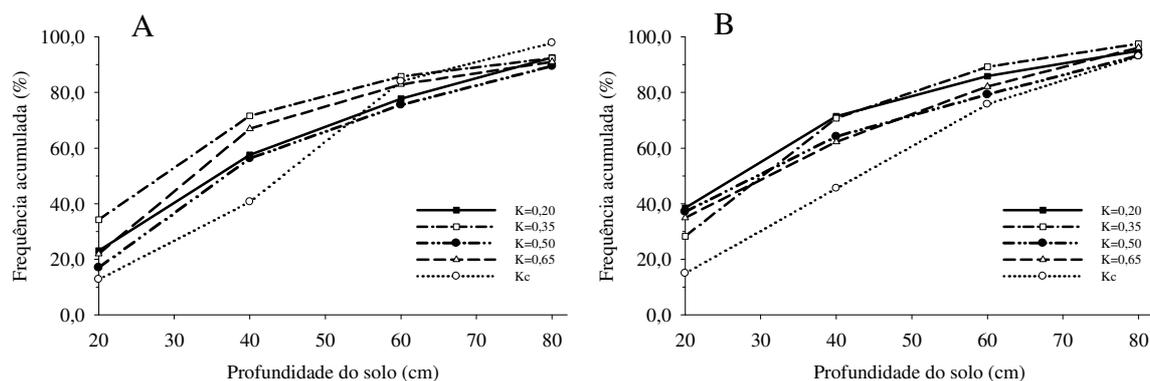
posicionar-se paralelas as linhas (gotejadores) de irrigação, ou seja, no centro da faixa molhada.

O sistema de irrigação por gotejamento apresenta maior eficiência de aplicação e proporciona maior profundidade da zona de molhamento. Estes dados seguiram a tendência dos observados por SANT'ANA et al. (2012) que observaram maior profundidade efetiva (0,74 m) no sistema de irrigação por gotejamento, quando comparado aos sistemas de irrigação por microaspersão (0,62 m) e aspersão convencional (0,61 m).

No presente trabalho, a profundidade efetiva do sistema radicular da bananeira 'Prata-Anã' no sentido longitudinal às linhas de irrigação (entre plantas) expressou maior variabilidade em relação aos diferentes manejos de irrigação, quando comparada a 'BRS Platina' (Figuras 34A e B). No sentido perpendicular às linhas de irrigação, a profundidade efetiva expressou maior variabilidade, de 0,50 m a 0,70 m, predominando maior profundidade efetiva nos menores volumes de água aplicados na irrigação, menores coeficientes de transpiração K (Figuras 35A e B).



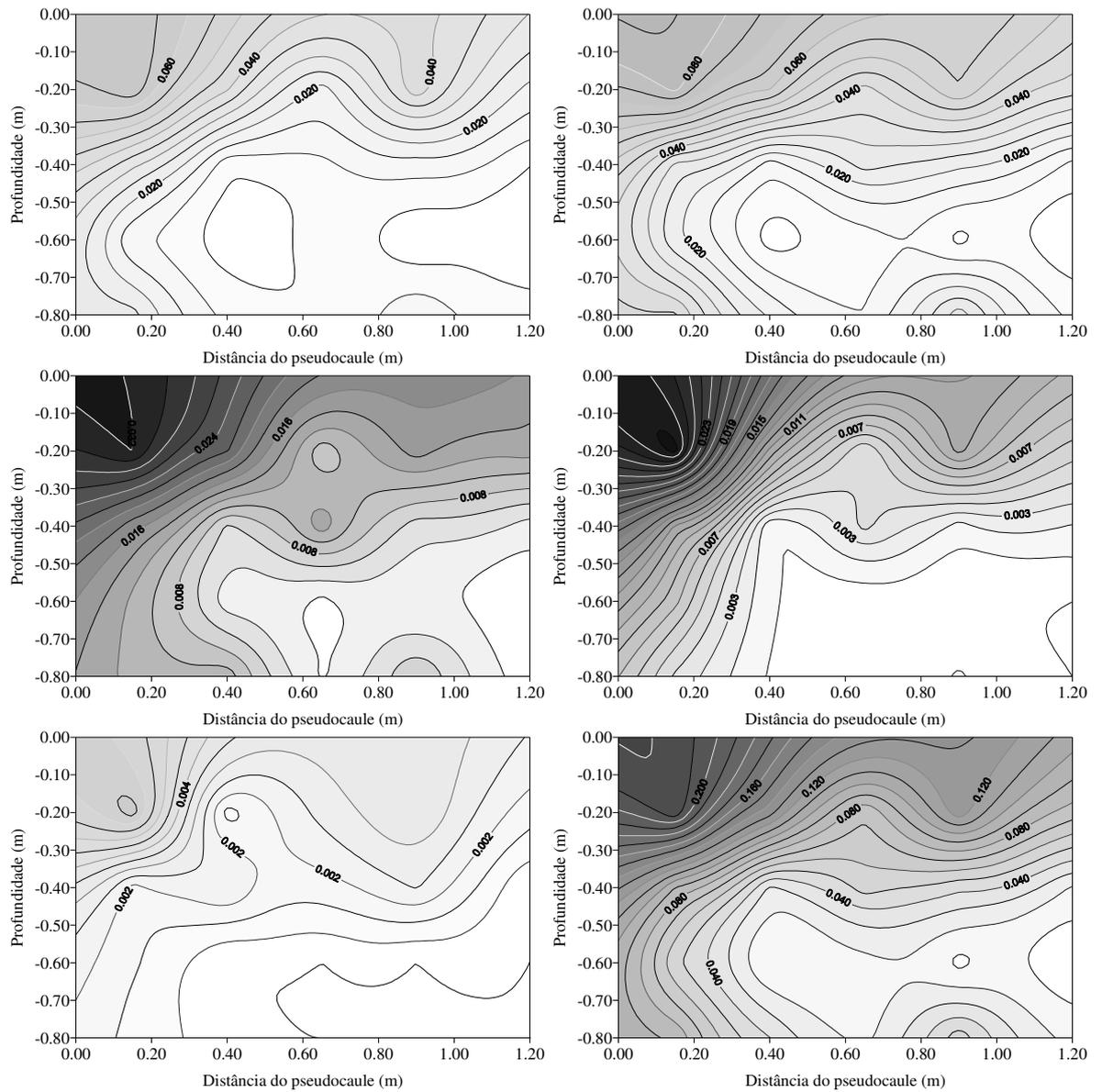
**Figura 34.** Frequência acumulada de raízes de bananeiras (A) 'Prata-Anã' e (B) 'BRS Platina' no sentido longitudinal às linhas de irrigação (entre plantas), no primeiro ciclo de produção, em função da profundidade do perfil do solo e do manejo de irrigação com coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.



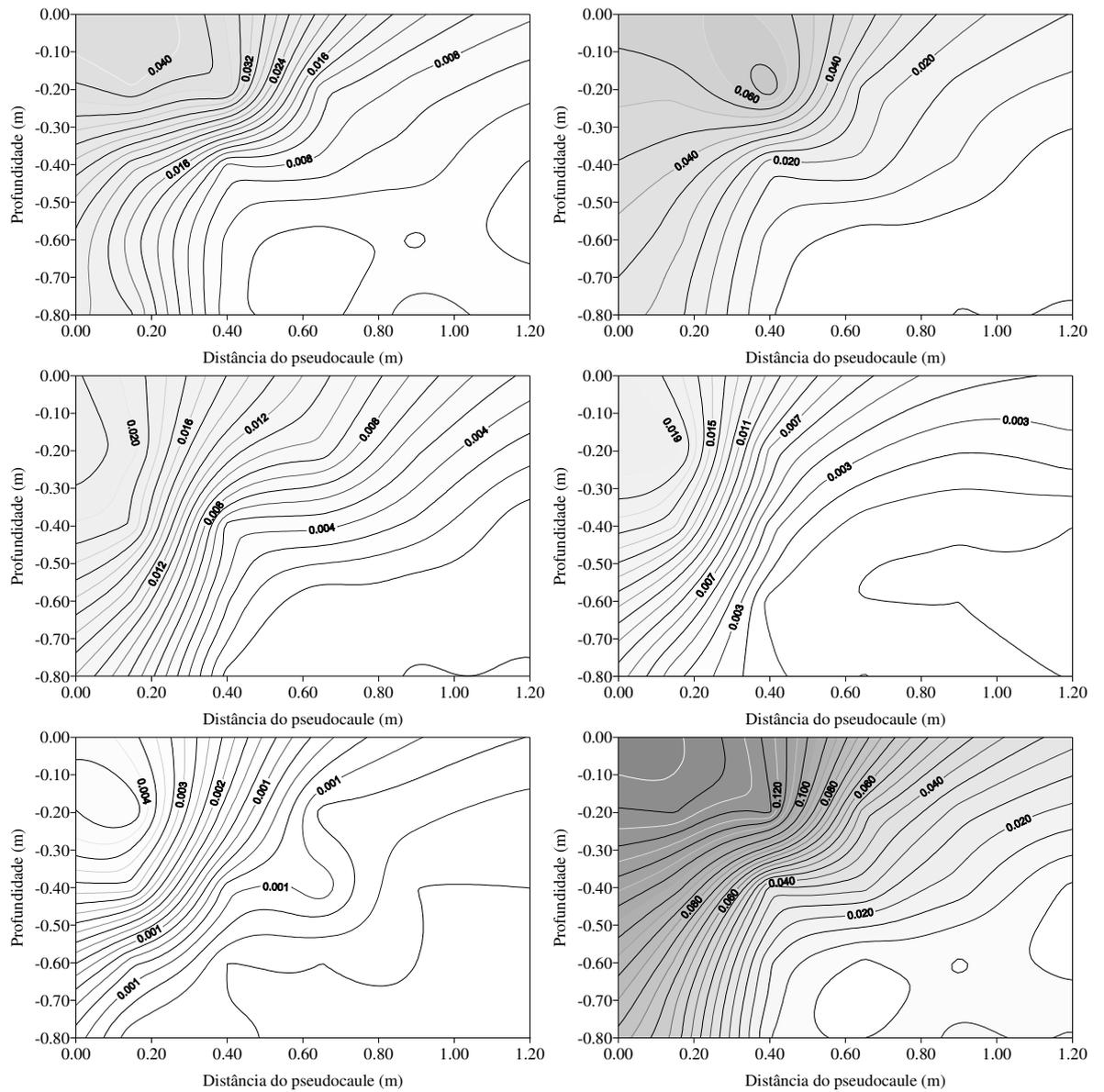
**Figura 35.** Frequência acumulada de raízes de bananeiras (A) ‘Prata-Anã’ e (B) ‘BRS Platina’ no sentido perpendicular às linhas de irrigação (entre plantas), no primeiro ciclo de produção, em função da profundidade do perfil do solo e do manejo de irrigação com coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Sant’ana et al. (2012) observaram maior DCR em todas as profundidades do perfil do solo e distância do pseudocaule no sistema de gotejamento em comparação ao sistemas de microaspersão e aspersão convencional na cultivar Prata-Anã. Em contraste, BORGES et al. (2008) observaram maior DCR em função do aumento da frequência de fertirrigação em ‘Prata-Anã’. Isto indica que o aumento da DCR pode está associado ao nitrogênio disponibilizado às plantas via fertirrigação, uma vez que o nitrogênio proporciona maior desenvolvimento da planta e conseqüentemente maior crescimento do sistema radicular.

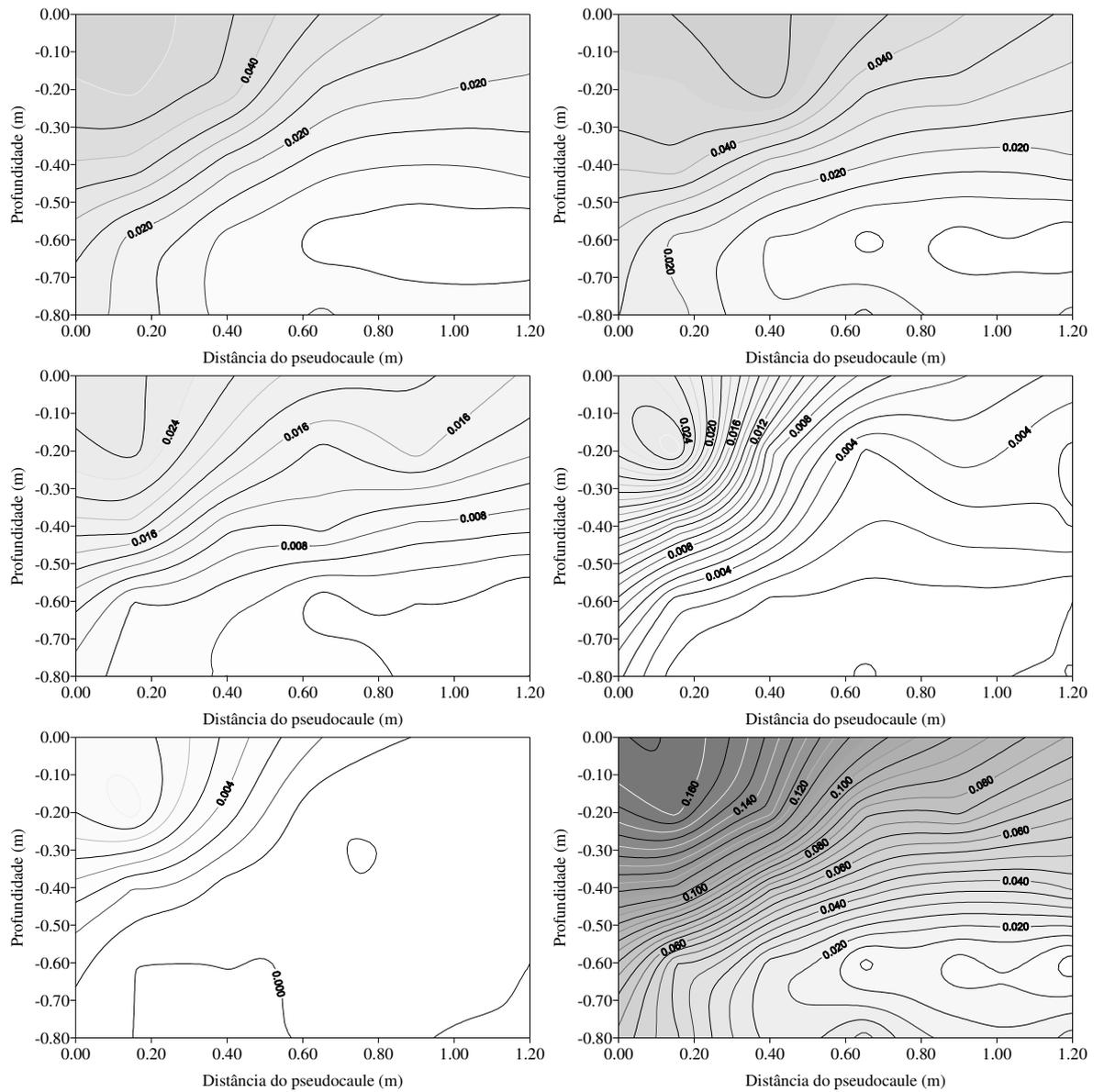
A distribuição espacial da densidade de raízes da bananeira ‘Prata-Anã’ em classes de diâmetros e total está apresentada na Figura 36 (sentido longitudinal) e Figura 37 (sentido perpendicular). Para a cultivar BRS Platina a distribuição espacial da DCR está apresentada nas Figuras 38 e 39. A densidade de comprimento de raízes nos diferentes coeficientes empíricos  $K = 0,20$  (A);  $K = 0,35$  (B);  $K = 0,50$  (C);  $K = 0,65$  (D); e Kc (E) nos sentidos longitudinal (entre plantas) e perpendicular (entre linhas) estão apresentados nas Figuras 40 e 41, respectivamente.



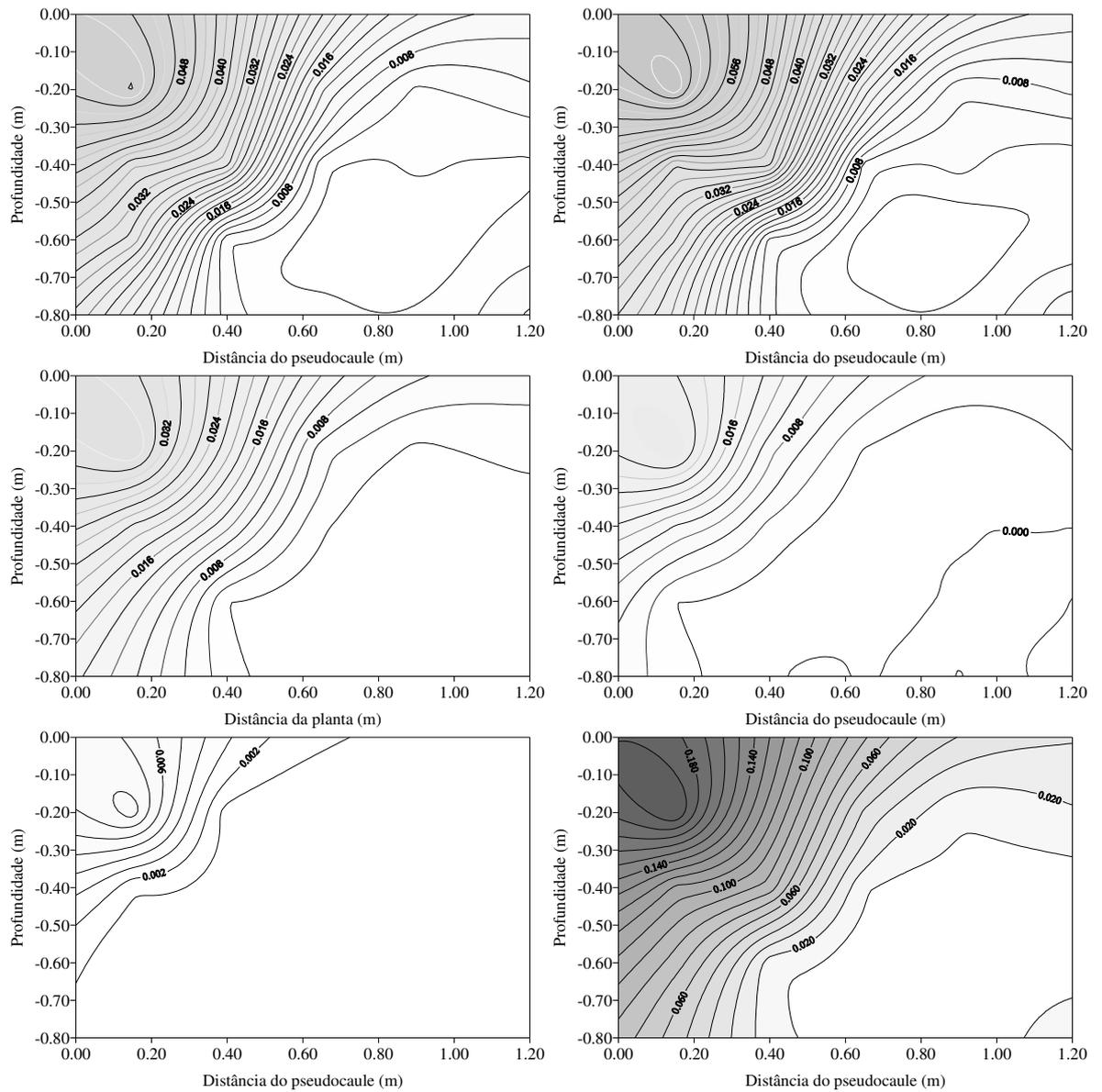
**Figura 36.** Isolinhas de densidade de comprimento de raízes da bananeira ‘Prata-Anã’, primeiro ciclo de produção, nas classes de diâmetros <math><0,5\text{mm}</math> (A); 0,5 – 2,0 mm (B); 2,0 – 5,0 mm (C); 5,0 – 10,0 mm (D), 10,0 – 20,0 mm (E) e densidade total (F) no sentido longitudinal às linhas de irrigação (entre plantas) com manejo de irrigação baseado em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.



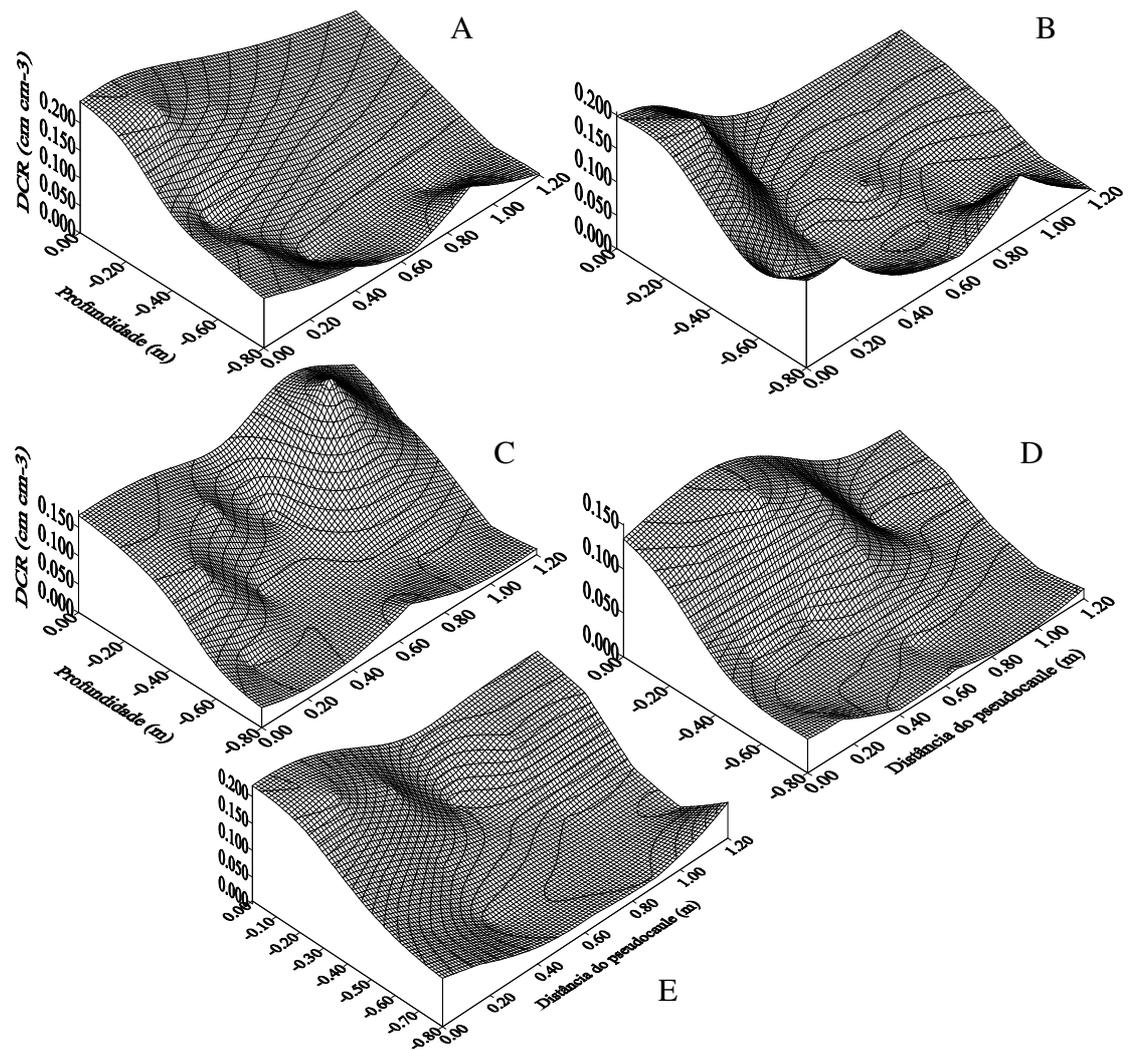
**Figura 37.** Isolinhas de densidade de comprimento de raízes da bananeira ‘Prata-Anã’, primeiro ciclo de produção, nas classes de diâmetros <0,5mm (A); 0,5 – 2,0 mm (B); 2,0 – 5,0 mm (C); 5,0 – 10,0 mm (D), 10,0 – 20,0 mm (E) e densidade total (F) no sentido perpendicular às linhas de irrigação (entre plantas) com manejo de irrigação baseado em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.



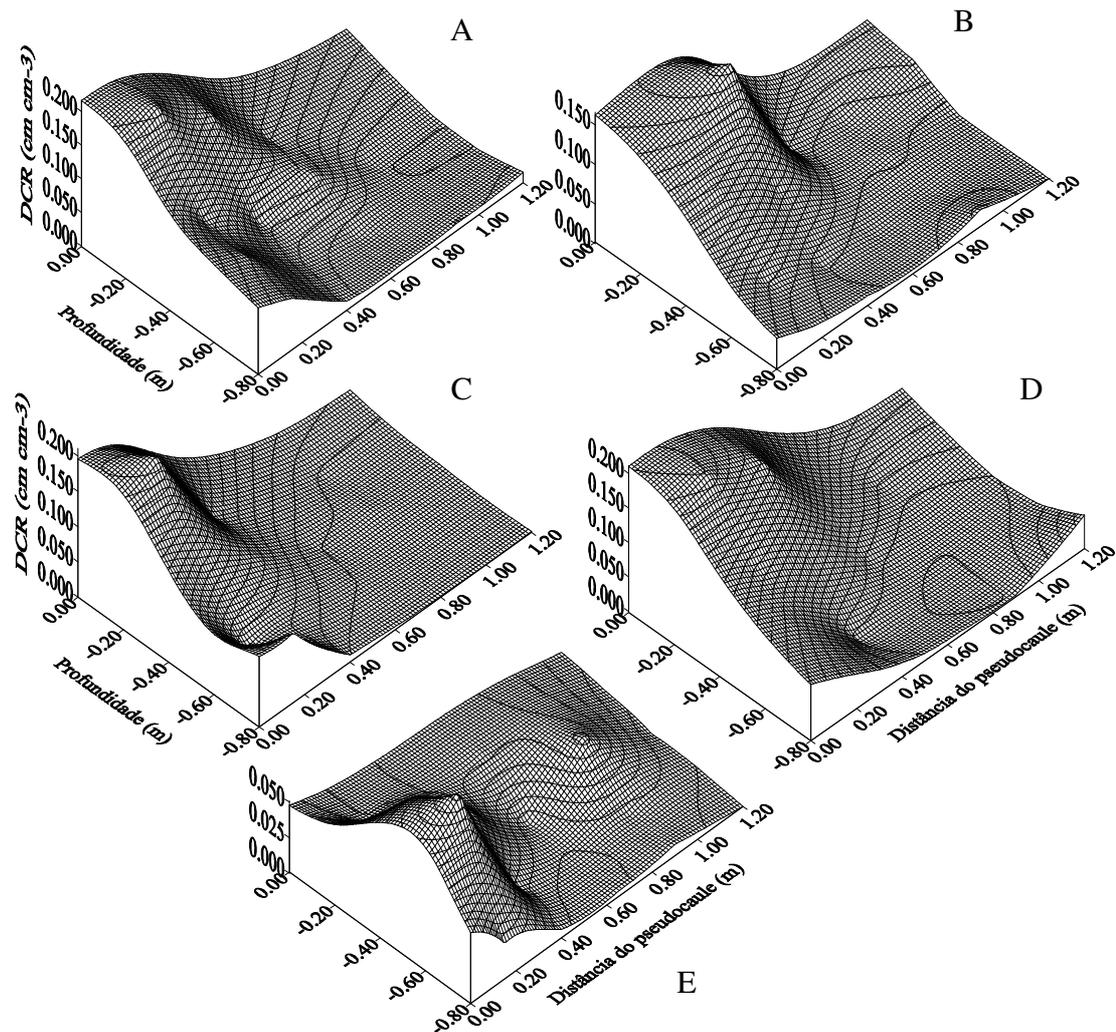
**Figura 38.** Isolinhas de densidade de comprimento de raízes da bananeira ‘BRS Platina’, primeiro ciclo de produção, nas classes de diâmetros <0,5 mm (A); 0,5 – 2,0 mm (B); 2,0 – 5,0 mm (C); 5,0 – 10,0 mm (D), 10,0 – 20,0 mm (E) e densidade total (F) no sentido longitudinal às linhas de irrigação (entre plantas) com manejo de irrigação baseado em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.



**Figura 39.** Isolinhas de densidade de comprimento de raízes da bananeira ‘BRS Platina’, primeiro ciclo de produção, nas classes de diâmetros <0,5 mm (A); 0,5 – 2,0 mm (B); 2,0 – 5,0 mm (C); 5,0 – 10,0 mm (D), 10,0 – 20,0 mm (E) e densidade total (F) no sentido perpendicular às linhas de irrigação (entre plantas) com manejo de irrigação baseado em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

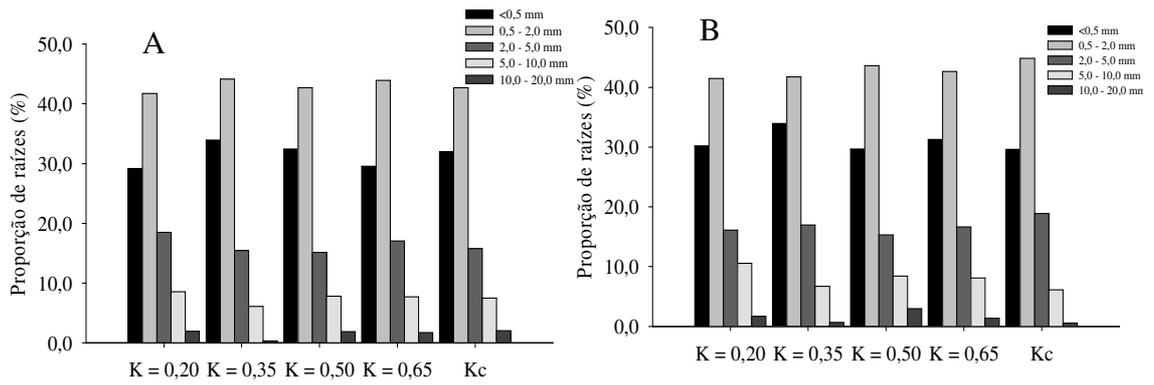


**Figura 40.** Densidade de comprimento de raízes das bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’, primeiro ciclo de produção, em função dos coeficientes empíricos de transpiração foliar  $K = 0,20$  (A);  $K = 0,35$  (B);  $K = 0,50$  (C);  $K = 0,65$  (D); e coeficiente da cultura ( $K_c$ ) (E) no sentido longitudinal às linhas de irrigação (entre plantas). Guanambi, BA, 2012-2013.



**Figura 41.** Densidade de comprimento de raízes das bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’, primeiro ciclo de produção, em função dos coeficientes empíricos de transpiração foliar  $K = 0,20$  (A);  $K = 0,35$  (B);  $K = 0,50$  (C);  $K = 0,65$  (D); e coeficiente da cultura ( $K_c$ ) (E) no sentido perpendicular às linhas de irrigação (entrelinhas). Guanambi, BA, 2012-2013.

Os coeficientes empíricos ( $K$ ) quando comparado ao  $K_c$  não interferiram na uniformidade de ocorrência de classes de diâmetros de raízes. Independentemente da estratégia de irrigação, a proporção de raízes em relação ao total foi de aproximadamente 30%; 40%; 15%; 7,5%; e 1,5% nas classes de diâmetros muito fina (<0,5 mm), fina (0,5 – 2,0 mm), pequena (2,0 – 5,0 mm), média (5 – 10 mm) e grande (10 – 20 mm), respectivamente (Figuras 42A e B).



**Figura 42.** Frequência das classes de diâmetros de raízes das bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’, primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc) nos sentidos (A) longitudinal e (B) perpendicular às linhas de irrigação. Guanambi, BA, 2012-2013.

### 4.3. Análise Fatorial e Análise de Componente Principal

#### 4.3.1. Características de crescimento e produção

A análise fatorial (AF) combinada com a análise de componente principal (ACP) foi eficiente na expressão das variâncias de características de crescimento vegetativo e de componentes de produção. Observa-se que os três primeiros autovalores correspondentes aos seus respectivos componentes principais explicam 81,6% da variância total contida nos dados de características vegetativas e de produção (Tabela 21).

**Tabela 21.** Autovalores e variância explicada na extração de componentes principais pela análise de Fator (AF) das características vegetativas e de produção das bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, no primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

CP	Autovalor	Variância explicada (%)	Variância acumulada (%)
1	11,85	45,58	45,58
2	7,27	27,99	73,58
3	2,09	8,06	81,64
4	1,58	6,11	87,75
5	0,81	3,13	90,89
6	0,61	2,37	93,26
7	0,39	1,51	94,78
8	0,31	1,21	95,99
9	0,20	0,79	96,79
10	0,18	0,72	97,51
11	0,12	0,48	98,00
12	0,11	0,42	98,43
13	0,09	0,34	98,78
14	0,08	0,32	99,10
15	0,06	0,23	99,33
16	0,04	0,18	99,51
17	0,03	0,13	99,65
18	0,03	0,13	99,78
19	0,02	0,09	99,87
20	0,01	0,07	99,94
21	0,00	0,02	99,97
22	0,00	0,01	99,98
23	0,00	0,00	99,99
24	0,00	0,00	99,99

As contribuições de cada variável aos componentes principais constam na Tabela 22.

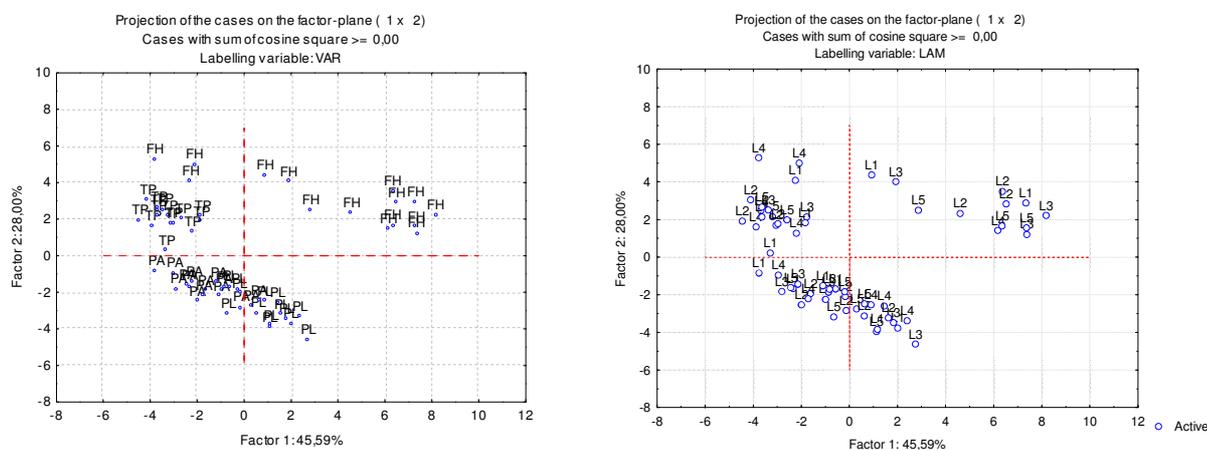
**Tabela 22.** Extração de componentes principais utilizando análises de fatores (AF) nas características vegetativas e de produção das bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, em primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
NDC	0,35	0,86	-0,14	0,11	0,07
IFC	-0,39	-0,41	0,08	0,02	0,70
NDF	0,39	0,86	-0,14	0,10	-0,07
APF	0,24	0,83	-0,27	-0,35	0,00
PPS	0,26	0,40	0,17	-0,76	-0,00
NFF	-0,39	-0,80	0,32	-0,18	0,01
AFT	-0,35	-0,42	0,22	-0,68	-0,06
PCA	0,95	-0,05	0,27	-0,00	0,01
PPE	0,94	-0,09	0,28	0,01	0,01
PRA	0,90	0,25	0,12	-0,13	0,03
PPP	0,90	-0,09	-0,09	-0,12	0,00
PSP	0,96	-0,05	-0,05	-0,13	0,05
REC	-0,48	0,63	-0,39	-0,27	0,06
PTP	0,95	-0,16	-0,11	-0,08	-0,01
PQP	0,91	-0,27	-0,16	0,01	0,07
PKP	0,89	-0,30	-0,08	0,00	0,08
CEN	0,64	0,66	-0,19	0,08	0,02
NPE	0,65	0,12	0,65	0,26	-0,08
NFR	0,65	0,32	0,66	0,13	0,01
NFP	0,23	0,66	0,42	-0,25	0,23
PMP	0,82	-0,43	-0,23	-0,16	0,04
PMF	0,71	-0,58	-0,31	-0,00	-0,01
CEF	0,84	-0,43	-0,23	0,01	-0,09
CIF	0,55	-0,74	-0,13	-0,06	-0,22
DLF	0,25	-0,76	-0,20	0,01	0,30
ICF	0,50	0,61	-0,19	0,15	0,24
Expl.Var	11,85	7,27	2,09	1,58	0,81
Prp.Totl	0,45	0,27	0,08	0,06	0,03

\* As cargas de variáveis em cada fator (factor loadings) estão representadas na forma não rotacionada (unrotated). Legenda: número de dias para a colheita (NDC); intervalo entre florescimento e colheita (IFC); perímetro do pseudocaule (PPS); altura de planta no florescimento (APF); perímetro do pseudocaule (PPS); Número de folha no florescimento (NFF); área foliar total (AFF); peso do cacho (PCA); peso de pencas (PPE); peso da ráquis (PRA); peso da primeira penca (PPP); peso da segunda penca (PSP); razão entre peso de ráquis/peso de cacho (REC); peso da terceira penca (PTP); peso da quarta penca (PQP); peso da quinta penca (PKP); comprimento do engasso (CEN); número de pencas (NPE); número de frutos (NFR); número de fruto por penca (NFP); peso médio de pencas (PMP); peso médio de frutos (PMF); comprimento externo de frutos (CEF); comprimento interno do fruto (CIF); diâmetro de frutos (DLF); índice de curvatura do fruto (ICF).

O primeiro componente principal (CP1) é uma combinação linear das variáveis de produção, e assim pode ser designado “componente de produção”, enquanto o segundo componente principal (CP2) é uma combinação linear com maiores cargas (loadings) das variáveis de crescimento vegetativo e de fases fenológicas da cultura da bananeira, assumindo a designação de “componente crescimento”. Os demais componentes principais apresentam pouca variância, podendo ser considerado desprezível para a interpretação das características avaliadas.

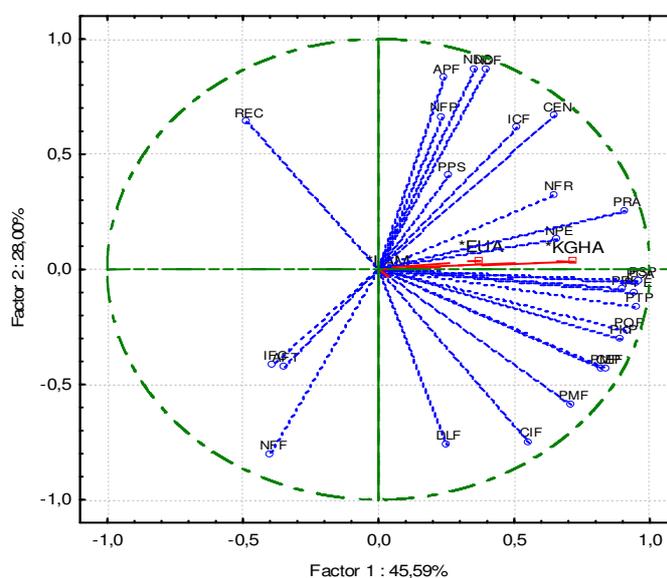
Na Figura 43 está apresentada a projeção das variáveis no plano do primeiro e segundo componente principal. Amostras similares entre si ocupam regiões próximas. Observa-se que as características morfológicas de crescimento e produção foram eficientes no agrupamento das cultivares nos três tipos aos quais as cultivares pertencem (Prata, Maçã e Gros Michel). Destes grupos é possível observar maior variabilidade na ‘FHIA-23’, sendo um indicativo de menor tolerância desta cultivar à variação nos níveis de umidade no solo. Por outro lado, as estratégias de irrigação não apresentaram um padrão de agrupamento. Isso indica que o crescimento vegetativo e os componentes de produção foram pouco influenciados pelos níveis de irrigação no primeiro ciclo de produção.



**Figura 43.** Projeção, no plano do primeiro e segundo componente principal, das características vegetativas e de produção das bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, em primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013. PA = Prata-Anã; PL = Platina; TP = Tropical; e FH = FHIA-23. L1 = K<sub>0,20</sub>; L2 = K<sub>0,35</sub>; L3 = K<sub>0,50</sub>; L4 = K<sub>0,65</sub>; L5 = Kc.

Na Figura 44 os vetores representam a direção para onde há aumento no valor do atributo. Quanto maior a decomposição do vetor nos eixos das componentes, ou seja, quanto mais próximo do círculo unitário, maior sua importância para caracterizar as diferenças entre as variáveis. Vetores situados em ângulos próximos a 0° apresentam elevada correlação positiva entre si, e o inverso para ângulos próximos a 180°.

Observa-se na Figura 44 que há uma grande quantidade de variáveis que apresentaram alta correlação positiva entre si, o que poderia ser substituída por apenas um menor número de variáveis. O segundo componente principal (CP2) separou as variáveis de grandeza unitária como (número de pencas, número de frutos, número de frutos por penca) das variáveis de massa (peso de cacho, peso de frutos, peso da terceira penca, e assim sucessivamente).



**Figura 44.** Projeção, no círculo unitário, das características vegetativas e de produção em relação às variáveis suplementares produtividade (KGHA) e eficiência de uso de água (EUA) de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Legenda: número de dias para a colheita (NDC); intervalo entre florescimento e colheita (IFC); perímetro do pseudocaule (PPS); altura de planta no florescimento (APF); perímetro do pseudocaule (PPS); Número de folha no florescimento (NFF); área foliar total (AFF); peso do cacho (PCA); peso de pencas (PPE); peso da ráquis (PRA); peso da primeira penca (PPP); peso da segunda penca (PSP); razão entre peso de ráquis/peso de cacho (REC); peso da terceira penca (PTP); peso da quarta penca (PQP); peso da quinta penca (PKP); comprimento do engasso (CEN); número de pencas (NPE); número de frutos (NFR); número de fruto por penca (NFP); peso médio de pencas (PMP); peso médio de frutos (PMF); comprimento externo de frutos (CEF); comprimento interno do fruto (CIF); diâmetro de frutos (DLF); índice de curvatura do fruto (ICF).

Destaca-se a complexidade da análise multivariada, quando se observa que os parâmetros de área foliar (AFT e NFF) e o intervalo entre florescimento e colheita (IFC) apresentam pouca associação com a produtividade. A projeção dos vetores da Figura 44 indica apenas que há uma forte associação entre os componentes de produção (massa de cacho, massa média de frutos, número de frutos por penca, etc), quando comparado às variáveis de crescimento como altura de planta no florescimento (APF) e perímetro do pseudocaule (PPS), como esperado, pois esses componentes de produção integram o próprio cacho, são altamente correlacionadas, apresentam associação genética e elevada herdabilidade (DONATO et al., 2008). No entanto, isso não significa que as características de crescimento não possuam importância para a produtividade em outro nível de análise, ecofisiológica, por exemplo. O conhecimento preliminar das relações entre as características em estudo é fundamental para uma correta interpretação dos resultados obtidos.

#### **4.3.2. Características fisiológicas**

A tolerância das plantas ao estresse hídrico é avaliada por características vegetativas, de rendimento, fisiológicas e moleculares que expressam o status hídrico da planta. No entanto, para efeito de mensuração, estas características apresentam diferentes graus de sensibilidade ao real status hídrico da planta. A utilização da técnica de análise de componentes principais pode ajudar a explicar as inter-relações entre as variáveis (ativas) e o comportamento das variáveis suplementares em relação aquelas. Observa-se na Tabela 23 que 72,9% da variância das características fisiológicas podem ser explicadas utilizando-se os três primeiros componentes principais.

**Tabela 23.** Autovalores e variância explicada na extração de componentes principais pela análise de Fator (AF) das características fisiológicas mensuradas em bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, em primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

CP	Autovalor	Variância explicada (%)	Variância acumulada (%)
1	8,46	35,25	35,25
2	5,81	24,21	59,46
3	3,22	13,45	72,92
4	2,11	8,82	81,74
5	1,33	5,55	87,29
6	0,94	3,95	91,25
7	0,82	3,44	94,69
8	0,53	2,23	96,93
9	0,25	1,07	98,00
10	0,20	0,87	98,87
11	0,06	0,28	99,16
12	0,06	0,26	99,42
13	0,03	0,14	99,57
14	0,03	0,14	99,71
15	0,02	0,08	99,80
16	0,01	0,06	99,87
17	0,01	0,04	99,91
18	0,00	0,02	99,94
19	0,00	0,02	99,97
20	0,00	0,01	99,98
21	0,00	0,00	99,99
22	0,00	0,00	99,99

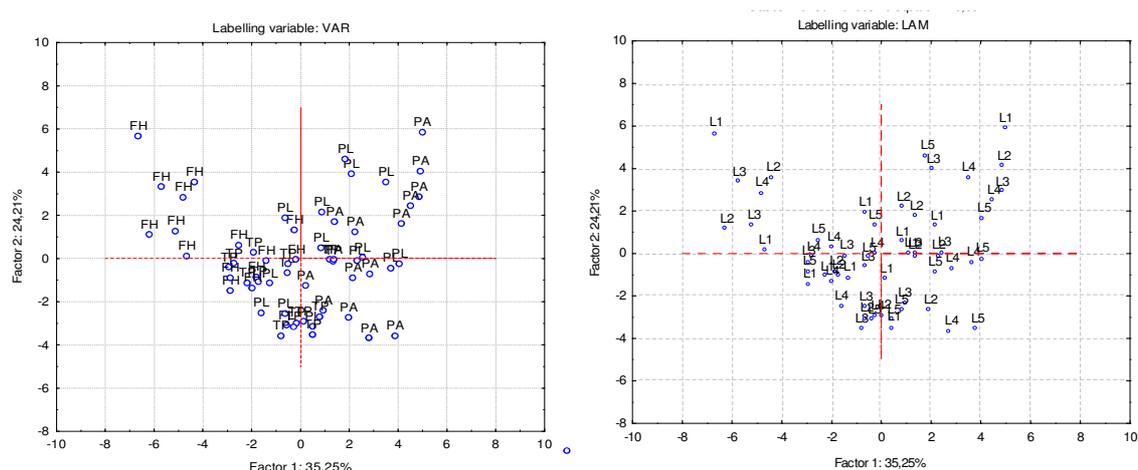
Na Tabela 24 estão apresentadas as contribuições de cada variável fisiológica para a formação dos componentes principais. Observa-se que as variáveis relacionadas a trocas gasosas, pigmentos fotossintéticos e área foliar específica estão fortemente correlacionadas com o primeiro componente principal (Fator 1). Enquanto as variáveis temperatura foliar, transpiração e densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos estão correlacionadas com o segundo componente principal (Fator 2). Isto indica que a fotossíntese apresenta maior dependência da condutância estomática, enquanto que a transpiração está mais relacionada aos mecanismos de radiação solar incidente e, conseqüentemente, da temperatura.

**Tabela 24.** Extração de componentes principais utilizando análises de fatores (AF) nas características fisiológicas mensuradas nas bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, em primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Tch	-0,54	-0,71	-0,02	0,31	0,27
AFE	-0,87	-0,04	0,32	-0,14	-0,07
MFE	0,87	0,07	-0,31	0,12	0,09
CRA	-0,14	0,11	-0,14	0,01	0,52
Chla	0,93	-0,13	-0,01	0,16	0,12
Chlb	0,92	-0,12	-0,19	0,20	0,10
Chlt	0,93	-0,12	-0,12	0,19	0,11
Chlab	-0,86	0,15	0,27	-0,21	-0,07
Qleaf	-0,18	-0,81	0,17	-0,40	0,02
Tl	-0,53	-0,74	-0,01	0,27	0,25
Ci	0,25	0,24	-0,73	-0,53	0,06
E	0,01	-0,89	0,23	0,08	0,26
Gs	0,72	-0,40	0,35	-0,28	0,07
A	0,73	-0,13	0,59	-0,24	-0,03
Ags	-0,45	0,57	0,20	0,44	-0,27
AE	0,69	0,62	0,26	-0,14	-0,09
ACi	0,66	-0,14	0,69	-0,13	-0,05
AQleaf	0,56	0,69	0,16	0,11	-0,02
TITch	0,04	-0,55	0,17	-0,65	-0,16
CiCe	0,02	-0,06	-0,84	-0,45	0,16
TFM	-0,49	0,59	-0,16	-0,13	0,09
RTFAM	-0,14	0,63	0,31	0,07	0,55
TFT	-0,06	0,48	0,50	-0,20	0,52
RTFAT	-0,30	0,65	0,15	-0,43	0,19
Expl.Var	8,46	5,81	3,22	2,11	1,33
Prp.Totl	0,35	0,24	0,13	0,08	0,05

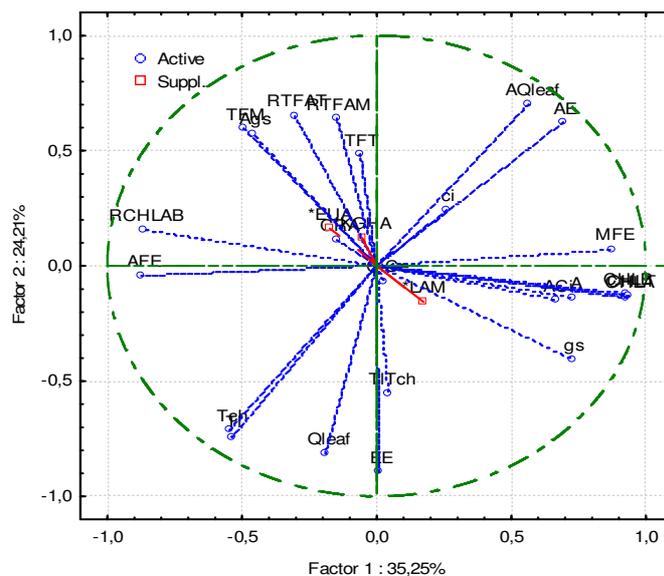
\* As cargas de variáveis em cada fator (factor loadings) estão representadas na forma não rotacionada (unrotated). Legenda: temperatura da câmara (Tch); área foliar específica (AFE); massa foliar específica (MFE); conteúdo relativo de água (CRA); índice de clorofila a (Chla); índice de clorofila b (Chlb); índice de clorofila total (Chlt); razão clorofila a/b (Chlab); densidade de fótons fotossinteticamente ativo (Qleaf); temperatura foliar (Tl); concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci); transpiração (E); condutância estomática (gs); fotossíntese líquida (A); eficiência intrínseca de uso de água (Ags); eficiência instantânea de uso de água (AE); eficiência de carboxilação (ACi); eficiência quântica da fotossíntese (AQleaf); razão de temperatura foliar (TITch); razão de concentração de CO<sub>2</sub> (CiCe); temperatura foliar manhã (TFM); temperatura foliar tarde (TFT); razão de temperatura foliar nos períodos de manhã (RTFAM) e tarde (RTFAT).

Na Figura 45 estão apresentadas as projeções das cultivares no plano do primeiro e segundo componentes principais. Observa-se que ao contrário das características morfológicas e de produção (Figura 43), as características fisiológicas apresentam pouco poder de discriminação das cultivares avaliadas, tanto no agrupamento das cultivares em si, como também nos tratamentos de estratégias de irrigação. Pode-se inferir que as características fisiológicas sofrem maior influência ambiental que genética, em comparação às características morfológicas.



**Figura 45.** Projeção, no plano do primeiro e segundo componente principal, das características fisiológicas das bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, em primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013. PA = Prata-Anã; PL= Platina; TP = Tropical; e FH = FHIA-23. L1 =  $K_{0,20}$ ; L2 =  $K_{0,35}$ ; L3 =  $K_{0,50}$ ; L4 =  $K_{0,65}$ ; L5 = Kc.

Na Figura 46 está apresentada a projeção das variáveis no círculo unitário. Observa-se que a eficiência de uso de água (EUA) está inversamente correlacionada com a lâmina de irrigação (LAM). Observa-se também que os índices de clorofila a (chl a), fotossíntese (A), eficiência de carboxilação (A/Ci) e condutância estomática (gs) são fortemente dependentes da lâmina de irrigação, enquanto que as variáveis relacionadas à temperatura foliar estão fortemente correlacionadas com a EUA.



**Figura 46.** Projeção, no círculo unitário, das características fisiológicas em relação às variáveis suplementares produtividade (KGHA) e eficiência de uso de água (EUA), de bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Legenda: temperatura da câmara (Tch); área foliar específica (AFE); massa foliar específica (MFE); conteúdo relativo de água (CRA); índice de clorofila a (Chla); índice de clorofila b (Chlb); índice de clorofila total (Chlt); razão clorofila a/b (Chlab); densidade de fótons fotossinteticamente ativo (Qleaf); temperatura foliar (TI); concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci); transpiração (E); condutância estomática (gs); fotossíntese líquida (A); eficiência intrínseca de uso de água (Ags); eficiência instantânea de uso de água (AE); eficiência de carboxilação (ACi); eficiência quântica da fotossíntese (AQleaf); razão de temperatura foliar (TITch); razão de concentração de CO<sub>2</sub> (CiCe); temperatura foliar manhã (TFM); temperatura foliar tarde (TFT); razão de temperatura foliar nos períodos de manhã (RTFAM) e tarde (RTFAT).

### 4.3.3. Densidade de comprimento de raízes

Uma investigação mais completa do sistema radicular de plantas, além de ser um trabalho laborioso, demanda uma interpretação muitas das vezes um tanto quanto complexa devido a grande variabilidade espacial da distribuição de raízes ao longo do perfil do solo. No entanto, o seu conhecimento é essencial para adoção de estratégias de manejo de irrigação e de fertilização, uma vez que o potencial de extração de água e absorção de nutrientes pelas plantas está associado a sua maior capacidade de penetração e exploração vertical e horizontal do solo pelas raízes.

A aplicação da análise multivariada usando a técnica de análise de fatores (AF) combinada com a técnica de análise de componentes principais (ACP) aos dados de densidade de comprimento de raízes ( $\text{cm cm}^{-3}$ ) evidenciou que a interpretação da DCR pode ser realizada utilizando dois componentes principais com explicação de 76% da variância total da DCR de raízes de bananeira (Tabela 25).

**Tabela 25.** Autovalores e variância explicada na extração de componentes principais pela análise de fator (AF) da densidade de comprimento de raízes das bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’, em primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

CP	Autovalor	Variância explicada (%)	Variância acumulada (%)
1	5,91	49,31	49,31
2	3,20	26,68	76,00
3	0,84	7,02	83,02
4	0,71	5,95	88,97
5	0,36	3,00	91,98
6	0,30	2,50	94,48
7	0,26	2,20	96,69
8	0,21	1,77	98,47
9	0,09	0,77	99,25
10	0,08	0,74	99,99

As contribuições de cada variável aos componentes principais permitem inferir que (CP1) e (CP2) pode ser interpretado como a DCR das raízes localizadas na posição perpendicular e paralela às linhas de irrigação, respectivamente (Tabela 26). É possível inferir também que as raízes classificadas como muito fina (<0,5 mm), fina (0,5 – 2,0 mm) e pequena (2,0 – 5,0 mm) são as classes de diâmetros de raízes de bananeira

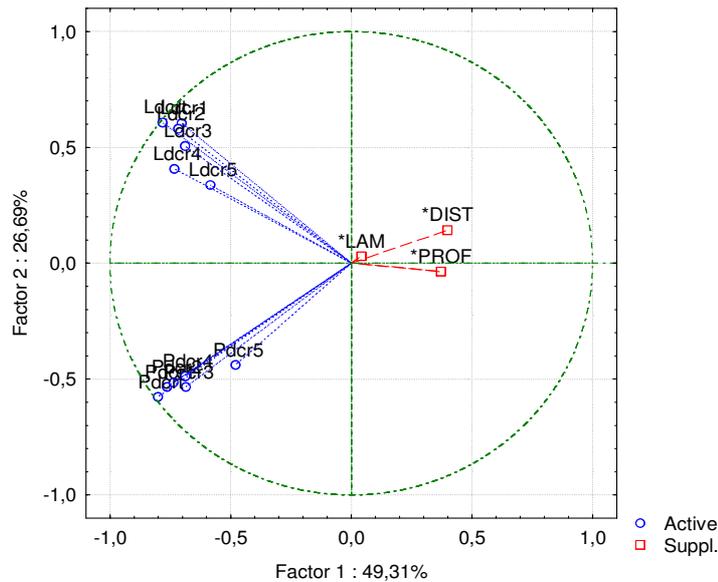
responsáveis por maior variância da DCR de raízes de bananeira, caracterizado pelos maiores cargas (loadings) destas variáveis para o componente principal.

**Tabela 26.** Extração de componentes principais utilizando análises de fatores (AF) na densidade de comprimento de raízes (DCR) das bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’, em primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Ldcr1	0,08	0,94	0,02	0,15	0,12
Ldcr2	0,11	0,96	0,03	0,12	-0,00
Ldcr3	0,11	0,75	0,04	0,08	0,15
Ldcr4	0,19	0,57	0,04	0,32	0,71
Ldcr5	0,11	0,37	0,03	0,90	0,15
Ldcr6	0,12	0,94	0,03	0,20	0,17
Pdcr1	0,93	0,12	0,16	0,06	0,05
Pdcr2	0,96	0,12	0,08	0,06	0,06
Pdcr3	0,77	0,08	0,15	0,04	0,04
Pdcr4	0,56	0,08	0,46	0,11	0,06
Pdcr5	0,31	0,03	0,94	0,02	0,01
Pdcr6	0,94	0,12	0,22	0,07	0,06
Expl.Var	3,81	3,80	1,21	1,04	0,62
Prp.Totl	0,3108	0,3167	0,1014	0,0866	0,0524

\* As cargas de variáveis em cada fator (factor loadings) estão representadas na rotação varimax normalizada. Legenda: L = amostragem no sentido longitudinal (entre plantas); P = amostragem no sentido perpendicular (entrelinhas); classes de diâmetros de raízes: r1 (< 0,5 mm); r2 (0,5 – 2,0 mm), r3 (2,0 – 5,0 mm), r4 (5,0 – 10,0 mm), r5 (10,0 -20,0 mm) rt (total de raízes) nas camadas de 20 e 40 cm de profundidade.

Observa-se na Figura 47 que há clara formação de dois grupos, sendo um formado pelas DCR das raízes no sentido longitudinal e outro formado pelas DCR das raízes perpendiculares às linhas laterais de irrigação. Naturalmente, a projeção evidencia a importância da amostragem ser realizada nos dois sentidos, quando se relaciona com a variável lâmina de irrigação, que apesar de pouco poder inferir, a mesma está levemente direcionada para a DCR das raízes longitudinais.



**Figura 47.** Projeção, no círculo unitário, da densidade de comprimento de raízes em relação às variáveis suplementares lâminas de irrigação (LAM), distância do pseudocaule (DIST) e profundidade do perfil do solo (PROF), de bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’ submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Legenda: L = amostragem no sentido longitudinal (entre plantas); P = amostragem no sentido perpendicular (entrelinhas); classes de diâmetros de raízes: r1 (< 0,5 mm); r2 (0,5 – 2,0 mm); r3 (2,0 – 5,0 mm); r4 (5,0 – 10,0 mm); r5 (10,0 -20,0 mm) rt (total de raízes) nas camadas de 20 e 40 cm de profundidade.

Embora a DCR tenha sido praticamente similar entre as estratégias de irrigação e as cultivares, as projeções das observações nos planos de coordenadas entre CP1 e CP2 em função de irrigação (LAM), cultivares (VAR), distância do pseudocaule (DIST) e profundidade do perfil do solo (PROF) evidencia que a maior variabilidade foi observada nas distâncias de 0,15 m do pseudocaule e 0,20 m de profundidade, respectivamente, nos sentidos longitudinal e perpendicular às linhas de irrigação (Figura 48). Isto indica que uma malha de maior densidade de pontos de amostragem próximos à planta pode aumentar a precisão dos resultados de DCR de raízes de bananeira.



uma mesma condição de umidade do solo. Adicionalmente, a água é o principal veículo de difusão de nutrientes na solução do solo, por fluxo de massa, apesar de cada nutriente apresentar uma especificidade de difusão ou mobilidade, em função da sua maior ou menor adsorção às cargas negativas do solo.

**Tabela 27.** Autovalores e variância explicada na extração de componentes principais pela análise de fator (AF) dos teores de nutrientes no solo cultivado com as bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, em primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

CP	Autovalor	Variância explicada (%)	Variância acumulada (%)
1	4,96	35,45	35,45
2	2,66	19,05	54,51
3	1,51	10,79	65,30
4	1,20	8,61	73,91
5	0,92	6,59	80,51
6	0,77	5,50	86,02
7	0,58	4,19	90,22
8	0,44	3,16	93,38
9	0,36	2,59	95,97
10	0,24	1,73	97,70
11	0,17	1,23	98,94
12	0,11	0,83	99,78
13	0,018	0,13	99,91
14	0,011	0,08	100,00

Apesar da essencialidade de cada nutriente às plantas, o conhecimento de nutrientes mais sensíveis à variação de umidade do solo e principalmente a distribuição destes ao longo do perfil do solo é fundamental para avaliar a adoção de estratégias de manejo de irrigação que visa o aumento de eficiência de uso de água.

Analisando as contribuições de cada nutriente aos componentes principais, observa-se que os componentes principais 1 (CP1) e 2 (CP2) podem ser designados de nutrientes na camada de 0,0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m do perfil do solo, respectivamente (Tabela 28).

**Tabela 28.** Extração de componentes principais utilizando análises de fatores (AF) nos teores de nutrientes no solo cultivado com as bananeiras ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’, em primeiro ciclo de produção, submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
pH20	-0,11	0,03	0,27	-0,01	-0,19
P20	0,50	0,03	0,03	-0,10	0,13
K20	0,17	0,05	0,08	0,12	<b>0,92</b>
Ca20	0,97	0,02	-0,03	0,08	0,03
Mg20	0,69	0,08	0,09	-0,14	-0,01
Na20	0,79	-0,01	0,05	0,17	0,04
CTC20	0,90	0,05	0,01	0,04	0,22
pH40	0,03	-0,01	0,96	-0,07	0,07
P40	0,15	0,07	0,01	0,25	0,08
K40	0,08	0,11	-0,09	0,92	0,11
Ca40	0,12	0,28	0,12	0,14	0,13
Mg40	0,03	0,93	-0,01	0,12	0,04
Na40	0,10	0,11	-0,04	0,01	0,13
CTC40	0,11	0,41	0,02	0,49	0,13
Expl.Var	3,24	1,17	1,05	1,30	1,04
Prp.Totl	0,23	0,08	0,07	0,09	0,07

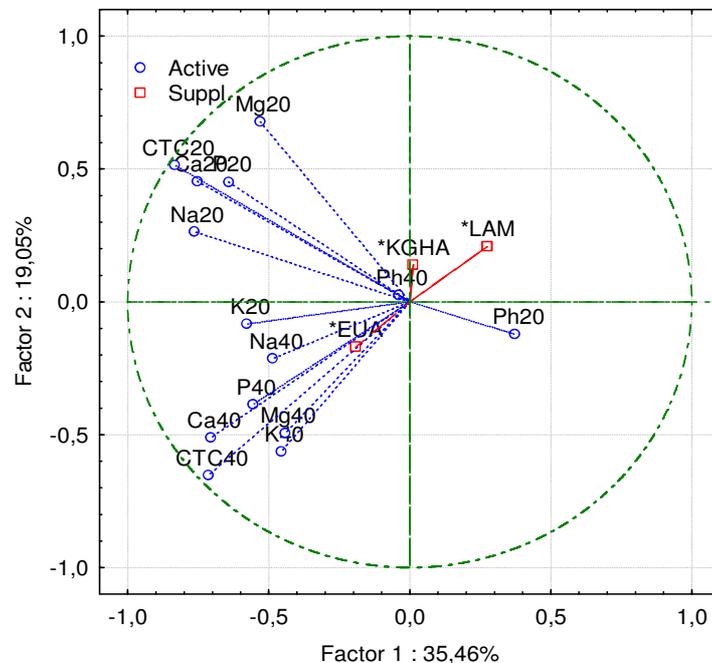
\* As cargas de variáveis em cada fator (factor loadings) estão representadas na rotação varimax normalizada. Legenda: potencial de hidrogênio (pH), teores de nutrientes no solo (P, K, Ca, Mg), sódio(Na) e capacidade de troca de cátions (CTC) nas camadas de 20 e 40 cm de profundidade.

Observa-se na Figura 49 que os nutrientes na camada de 0,0 – 0,20 m do perfil do solo estão associados à produtividade (KGHA), enquanto que os nutrientes na camada de 0,20 – 0,40 m estão associados à eficiência de uso da água (EUA).

As plantas irrigadas com menor quantidade água aprofundaram o sistema radicular provavelmente em busca de água e nutrientes. Por outro lado, o aumento da lâmina de irrigação proporcionou menores teores de nutrientes do solo na camada de 0,20 – 0,40 m. Adicionalmente a fertilidade natural ou disponibilizada via fertilizante é maior na camada de 0,0 – 0,20 m, posição onde se concentra maior densidade de comprimento de raízes finas e muito finas, mais relacionadas à absorção de nutrientes. A Figura 49 indica ainda que considerando as relações entre produtividade, eficiência de uso de água e lâmina de irrigação, há uma moderada associação entre produtividade e lâmina de irrigação e esta última sendo oposta a EUA.

Diante destes resultados, os menores teores de nutrientes nas camadas mais profunda do perfil do solo com o aumento da lâmina de irrigação pode ser resultante de

perdas por lixiviação, ao invés de absorção pelas raízes, uma vez que estas apresentaram menores densidades de raízes em camadas mais profundas com o aumento da umidade do solo. Outra hipótese é um substancial aumento da eficiência de absorção das raízes de bananeira em condições de elevada umidade do solo.



**Figura 49.** Projeção, no círculo unitário, dos teores de nutrientes em relação às variáveis suplementares produtividade (KGHA), eficiência de uso de água (EUA) e lâminas de irrigação (LAM), no solo cultivado com as bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’ submetidas a diferentes estratégias de manejo de irrigação com base em coeficientes empíricos de transpiração foliar (K) e coeficiente da cultura (Kc). Guanambi, BA, 2012-2013. Legenda: potencial de hidrogênio (pH), teores de nutrientes no solo (P, K, Ca, Mg), sódio(Na) e capacidade de troca de cátions (CTC) nas camadas de 20 e 40 cm de profundidade.

## 5. CONCLUSÕES

1. As características vegetativas e fisiológicas apresentaram ausência ou pouca sensibilidade à variação nos níveis de irrigação com base no coeficiente empírico K.
2. Área foliar, temperatura foliar e a distribuição do sistema radicular expressaram maior sensibilidade à variação nos níveis de irrigação.
3. Umidade do solo e eficiência de uso de água (EUA) estão inversamente correlacionadas.
4. Nutrientes na camada de 0,0 – 0,20 m do perfil do solo estão associados à produtividade, enquanto que os nutrientes na camada de 0,20 – 0,40 m estão associados à eficiência de uso da água (EUA).
5. O coeficiente  $K = 0,50$  no segundo ciclo de produção proporcionou produtividade semelhante à obtida com o  $K_c$ , indicando que o coeficiente  $K = 0,50$  possibilita equacionar a relação entre produção e EUA.
6. Para cenários de escassez de água é possível alcançar maior EUA usando o menor valor de K (0,20) com um impacto de 15% sobre a produtividade do segundo ciclo das cultivares ‘Prata-Anã’ e ‘BRS Platina’ e redução de 62% da lâmina de irrigação, o que equivale a uma economia de 986 mm ciclo<sup>-1</sup>.
7. A utilização do modelo  $L = K \times AF \times ETo$ , com coeficiente empírico  $K = 0,50$ , é uma alternativa viável para o manejo da irrigação da bananeira.
8. A utilização da técnica de componentes principais mostrou-se adequada para avaliar as correlações múltiplas entre as características avaliadas, apresentando maior expressão da variância entre as variáveis morfológicas quando comparada as variáveis fisiológicas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALJIBURY, F. K.; GERDTS, M.; LANGE, A.; HUNTAMER, J.; LEAVITT, G. Performance of plants with drip irrigation. In: INT. DRIP IRRIGATION CONG.; 2<sup>nd</sup>. 1974. **Proc...** San Diego: p. 497-502. 1974.

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

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; MORSE, A.; TREZZA, R.; WRIGHT, J. L.; BASTIAANSEN, W.; KRAMBER, W.; LORITE, I.; ROBINSON, C. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Applications. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 133, n. 4, p. 395 - 406, 2007.

ALVAREZ, J. M.; ROSALES, F. E. Identification and characterization guide for FHIA banana and plantain hybrids. **Bioversity International**, Montpellier, France. 2008.

ALVES, A. A. C.; SILVA JÚNIOR, J. F. S.; COELHO, E. F. Estimation of banana leaf area by simple and non-destructive methods. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 7, 2001, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2001, v.1, CD Rom.

ALVES, E. J.; OLIVEIRA, M. A. Práticas culturais. In: ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da Banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2.ed. rev. Brasília: Embrapa – SPI/ Embrapa-CNPMPF, 1999. p. 335 – 352.

ALVES, E. J.; OLIVEIRA, M. A.; DANTAS, J. L. L.; OLIVEIRA, S. L. Exigências climáticas. In: ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2.ed. rev. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPMPF, 1999. p. 35-46.

ANDRADE FILHO, F. L.; BARBOSA, F. E. L.; FERREIRA, F. J.; LACERDA, C. F.; AMORIM, A. V.; SILVA F. L. B. Trocas gasosas e eficiências do uso da água da bananeira cv ‘Prata-anã’ consorciada com leguminosas. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO. **Anais...**Fortaleza, CE, 2012.

ANGELOCCI, L. R. **Estimativa da transpiração máxima de macieiras (*Malus spp*) em pomares pelo modelo de Penman-Monteith**. Piracicaba: USP, 1996. 103 f. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 1996.

ANGELOCCI, L. R.; VALANCOGNE, C. Leaf area and water flux in apple trees. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 67, n. 2, p. 299-307, 1993.

ANON. **Annual Report**. Trichy, India: National Research Centre for Banana (ICAR). 2008.

ASTEN, P. J. A. V; FERMONT, A. M.; TAULYA, G. Drought is a major yield loss factor for rainfed East African highland banana. **Agricultural Water Management**, v. 98, p. 541–552, 2011.

AZEVEDO, J. H. O.; BEZERRA, F. M. L. Resposta de dois cultivares de bananeira a diferentes lâminas de irrigação. **Ciência Agrônômica**, v.39, p.28-33, 2008.

BARROSO, A. A. F.; VIANA, T. V. A.; MARINHO, B. A.; FILHO, R. R. G.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, S. C. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da bananeira cv ‘Pacovan Apodi’ no terceiro ciclo de produção. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.4, n.1, p.23–30, 2010.

BASSOI, L. H.; SILVA, J. A. M. e; SILVA, E. E. G. da; RAMOS, C. M. C.; TARGINO, E. de L.; MAIA, J. L. T.; FERREIRA, M. de N. L. **Informações sobre a distribuição das raízes da bananeira para o manejo de irrigação**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 4 p. il. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado Técnico, 105).

BELALCÁZAR, C. S.; BAENA, A. H.; GARNICA, A. M. Effect on production of cutting back and the number of leaves and plants per production unit, in *Generación de Tecnología para el Cultivo y Producción Rentable de Plátano en la Zona Cafetera Central Colombiana*. Creced Quindío, eds BELALCAZAR, C.; BAENA, A. H.; TORO, M. J. C., editors. (Bogotá: ICA Informe técnico), 86–92. 1990

BERNARDO, S.; CARVALHO, J. A.; SOUSA, E. F. **Irrigação do mamoeiro**. Campos dos Goytacazes: UENF, 1996. 20 p. (Boletim Técnico, 5).

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625 p.

BLACKMAN, P. G.; DAVIES, W. J. Root to shoot communication in maize plants of the effects of soil drying. **Journal of Experimental Botany**. v. 36, p. 39 - 48. 1985.

BLOMME, G.; TEUGELS, K.; BLANCKAERT, I.; SEBUWUFU, G.; SWENNEN, R.; TENKOUANO, A. Methodologies for root system assessment in bananas and plantains (*Musa* spp.), , In: TURNER, D.W.; ROSALES, F. E. (eds), *Banana root system: towards a better understanding for its productive management*. In: International symposium, INIBAP, Montpellier, France; 2005. **Proceedings...** 2005, p. 43 – 57.

BOHM, W. **Methods of studying root systems** Springer-Verlag Berlin, 1979. 188 p. (Ecological studies v. 33).

BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; TEIXEIRA, A. H. C. Irrigação e fertirrigação na cultura da banana. In: SOUZA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO,

- E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 771p.
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. **Avaliação do estado nutricional da bananeira – diagnose visual**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 7p. 2006. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado Técnico, 117).
- BORGES, A. L.; RAIJ, B. VAN; MAGALHÃES, A. F.; BERNARDI, A. C. **Nutrição e adubação da bananeira irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 8p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 48).
- BORGES, A. L.; SILVA, S. 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, 2006.
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Editora Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004.p. 245- 255.
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. S.; PEIXOTO, C. A. B.; SANTOS JUNIOR, J. L. C. Distribuição do sistema radicular da bananeira 'Prata-Anã' em duas frequências de fertirrigação com uréia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 259-262, 2008.
- BRAUN, P.; MAURER, B.; HEINEMANN, G. Scaling transpiration in apple orchards: meteorological versus plant based physiological measurements. **Acta Horticultural**, The Hague, v. 537, p. 45-51, 2000.
- BRUN, W. A. Photosynthesis & transpiration of banana leaves as affected by severing the vascular system. **Plant Physiology**. v. 36, n. 5, p. 577–580. 1961.
- BRUTSAERT, W. **Evaporation in the atmosphere. Theory, history, and applications**. D. Reidel, Higham, MT, USA. 1982.
- CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of banana (*Musa* spp.). **Experimental Agriculture**, v. 45, n. 3, p. 333 – 371,2009.
- CHAMPION, J. **El platano**. Barcelona: Editorial Blume, 1975. 247p.
- CHEN, C. Y. Study on the water relations in banana. **J. Agric. Assoc. China**, v. 76, p. 24-38. 1971.
- COELHO, E. F.; BORGES, A. L. Necessidades hídricas e produtividade da bananeira Prata-Anã e Grande Naine sob irrigação suplementar. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM., 12., 2002, Uberlândia. **A inserção da agricultura irrigada no ciclo hidrológico com: segurança alimentar, revitalização hídrica e sustentabilidade ambiental: anais...** Uberlândia, 2002.
- COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; CARVALHO, G. C.; RIBEIRO, R. N. S.;

AZEVEDO, N. F.; OLIVEIRA, P. M. Manejo de irrigação com déficit em bananeira BRS Tropical no norte de Minas Gerais. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 21., 2010, **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010.

COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; LEDO, C A S.; SILVA, S. O. Produtividade e eficiência do uso de água das bananeiras ‘Prata Anã’ e ‘Grand Nine’ no terceiro ciclo no Norte de Minas. **Irriga**, Botucatu, v. 11, p. 460-468, 2006a.

COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; TEIXEIRA, A. H. C.; OLIVEIRA, S. L. **Irrigação da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2003.8 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 53).

COELHO, E. F.; DONATO, S. L. R.; OLIVEIRA, P. M.; CRUZ, A. J. S.; Relações hídricas II: evapotranspiração e coeficientes de cultura. In: Coelho, E. F. (ed.). **Irrigação da bananeira**. Brasília, DF: Embrapa, 2012a. 280 p.

COELHO, E. F.; LEDO, C. A. S.; SILVA, S. O. Produtividade da bananeira ‘Prata Anã’ e ‘Grande Naine’ no terceiro ciclo sob irrigação por microaspersão em tabuleiros costeiros da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, p. 435-438, 2006c.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, S. L.; COSTA, E. L. Irrigação da bananeira. In: SIMPOSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 1., 2001, Nova Porteirinha. **Anais...** Nova Porteirinha: Epamig: Unimontes, 2001. p. 91-101.

COELHO, E. F.; OR, D. Modelo de distribuição de água e de potencial matricial no solo sob gotejamento com extração de água por raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n. 2, p. 225-234, 1999.

COELHO, E. F.; PAMPONET, A. J. M.; NASCIMENTO JUNIOR, A. L.; COELHO FILHO, M. A.; SANTANA JUNIOR, E. B. Redução da irrigação e efeito na produtividade de bananeira BRS Tropical nos Tabuleiros Costeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 38.; 2009, Juazeiro (BA) Anais.... Petrolina (PE), 2009.

COELHO, E. F.; PAMPONET, A. J.; COELHO FILHO, M. A.; SALINAS JUNIOR, A.; SANTANA, J. A. V. Redução da irrigação e efeitos na produtividade da bananeira BRS Tropical em Tabuleiros Costeiros. In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. **Anais...** João Pessoa – PB, 2006b.

COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; SILVA, A. J. P.; PINHO, R. E. C.; SANTANA, J. A. V. Sistema radicular da bananeira sob diferentes configurações de sistemas de irrigação localizada. In: **Anais...** CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16; 2006. Goiânia. Agricultura irrigada no Cerrado, 2006d.

COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P.; MAROUELLI, W. A.; COSTA, F. S. Manejo da

água de irrigação. In: Coelho, E. F. (editor). **Irrigação da bananeira**. Brasília, DF: Embrapa, 2012b. 280 p.

COELHO, E. F.; SILVA, A. R. S.; SANTOS, M. G.; SILVA, T. S. M.; OLIVEIRA, P. M. Regulação de déficit de irrigação na bananeira 'Platina' nas condições do Norte de Minas. XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos). **Anais... ACORBAT BRASIL 2013 40 anos compartilhando ciência e tecnologia**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 180, 2013.

COELHO FILHO, M. A. **Determinação da transpiração máxima em pomar jovem de lima-ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) e sua relação com a evapotranspiração de referência**. 2002. 91 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

COELHO FILHO, M. A.; ANGELOCCI, L. R.; CAMPECHE, L. F. S. M.; FOLEGATTI, M. V.; BERNARDES, M. S. Field determination of young acid lime plants transpiration by the stem heat balance method. **Scientia Agricola**, v. 62, n.3, p. 240-247, 2005.

COELHO FILHO, M. A.; ANGELOCCI, L. R.; CAMPECHE, L. F. S. M.; ROJAS, J. S. D.; FOLEGATTI, M. V. Relações entre transpiração máxima, área foliar e evapotranspiração de referência em pomar jovem de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, p.265-274, 2004.

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; CRUZ, L. L. **Uso da Transpiração Máxima de Mamoeiro para o Manejo de Irrigação por Gotejamento em Regiões Úmidas e Sub-úmidas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documento, 162).

CORDEIRO, Z. J. M. C. **Cultivo da banana para o Projeto Formoso**. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de Produção, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaFormoso/cultivares.htm>> Acesso em 02 dez. 2013.

COSTA, E. L.; COELHO, E. F. Necessidade hídrica e produtividade das bananeiras 'Prata-Anã' e 'Grande Naine' sob irrigação nas condições do norte de Minas. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro-BA. **Anais...** Juazeiro-BA: ABID, 2003.

COSTA, F. S.; COELHO, E. F.; BORGES, A. L.; PAMPONET, A. J. M.; SILVA, A. A. S. M.; AZEVEDO, N. F. Crescimento, produção e acúmulo de potássio em bananeira 'Galil 18' sob irrigação e fertilização potássica. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 3, 2012.

COSTA, S. C. Níveis de irrigação e doses de potássio aplicados por gotejamento na cultura da bananeira para a região da Chapada do Apodi-CE. 132 f, 2009. **Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)** - Universidade Federal de Viçosa, 2009.

CRUZ, A. J. S. Crescimento e produção de genótipos de bananeira sob diferentes lâminas de irrigação. **Dissertação (Mestrado em produção vegetal no semiárido)** - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 82p. 2012.

DAMATTO JUNIOR, E. F.; VILLAS BÔAS, R. L.; LEONEL, S.; FERNANDES, D. M. Avaliação nutricional em folhas de bananeira 'Prata-anã' adubadas com composto orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28 n.1, 2006.

DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M.; SILVA, S. O.; CORDEIRO, Z. J. M. Comportamento fitotécnico da 'Prata-Anã' e de seus híbridos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 1608-1615, 2009.

DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; ARANTES, A. M.; COTRIM, C. E.; MARQUES, P. R. R.; Relações hídricas I: considerações fisiológicas e ecológicas. In: Coelho, E. F. (editor). **Irrigação da bananeira**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 280 p.

DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; MARQUES, P. R. R.; ARANTES, A. M.; SANTOS, M. R.; OLIVEIRA, P. M. Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos). **Anais... ACORBAT BRASIL 2013 40 anos compartilhando ciência e tecnologia**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 58-72, 2013.

DONATO, S. L. R.; LEDO, A. A.; PEREIRA, M. C. T.; COELHO, E. F.; COTRIM, C. E.; COELHO FILHO, M. A. Estado nutricional de bananeiras tipo Prata sob diferentes sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, p. 980-988, 2010.

DONATO, S. L. R.; SILVA, S. O.; LUCCA FILHO, O. A.; LIMA, M. B.; DOMINGUES, H.; ALVES, J. S. Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa* spp.), em dois ciclos de produção no sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, p.139-144, 2006.

DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L.; SILVA, S. O.; CECON, P. R.; SILVA, J. A.; SALOMÃO, L. C. C. Estimativas de tamanho de parcelas para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.957-969, 2008.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. **Estudos FAO: Irrigação e Drenagem**, 33.

ECKSTEIN, K.; ROBINSON, J. Physiological response of banana (*Musa* AAA Cavendish sub group) in the subtropics. Seasonal response of leaf gas exchange to short

term water stress. **J. Hortic. Sci.** 71, 679–692. 1995

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/UFV. p. 551-594. 2007.

FALKER, Automação agrícola. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030)**. Porto Alegre, 2008. 33p. Disponível em: <[http://www.falker.com.br/produto\\_download.php?id=4](http://www.falker.com.br/produto_download.php?id=4)>. Acesso em: 28 out. 2013.

FAO. **Food and Agricultural Organization**. FAOSTAT. 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 05 nov. 2013.

FERERES, E.; SORIANO, M. A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 2, p. 147–159, 2007.

FERERES, E. (Ed). **Drip irrigation management**. Berkeley, University of California, 1981. 39p.

FERNANDES, L. A.; RAMOS, S. J.; VALADARES, S. V.; LOPES, P. S. N.; FAQUIN, V. Fertilidade do solo, nutrição mineral e produtividade da bananeira irrigada por dez anos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1575-1581, 2008.

FIGUEIREDO, F. P.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; COSTA, L. C.; RAMOS, M. M.; OLIVEIRA, F. G. Produtividade e qualidade da banana Prata-Anã, influenciada por lâminas de água, cultivada no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 798-803, 2006.

FIGUEIREDO, F. P.; OLIVEIRA, F. G.; PEREIRA, M. C. T. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da bananeira Prata-Anã cultivada no Norte de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 53, n. 301, p. 429-433. 2005.

FISCHER, R. A.; MAURER, R. Drought resistance in spring wheat cultivars, I. grain yield response. **Aust. J. Agric. Res.** 29, 897–912. 1978.

FREITAS, W. S.; RAMOS, M. M.; COSTA, S. L. Demanda de irrigação da cultura da banana na bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.4, p.343–349, 2008.

GAIDASHOVA, S. V.; KAREMERA, F.; KARAMURA, E. B. Agronomic performance of introduced banana varieties in lowlands of Rwanda. **African Crop Science Journal**, v. 16, p. 9-16. 2008.

GOENAGA, R.; IRIZARRY, H. Irrigated banana yield and quality of banana irrigated with fractions of class A pan evaporation on an oxisol. **Agronomy Journal**, v.92, p.1008–1012. 2000.

GOLLAN, T.; TURNER, N. C.; SCHULZE, E. D. The responses of stomata and leaf gas ex-change to vapour pressure deficits and soil water content. III. In: the scierophyllous species *Nerium oleander*. **Oecologia**, Berlin, v. 65, p. 356-362, 1985.

GOODWIN, I.; BOLAND, A. M. Scheduling deficit irrigation of fruit trees for optimizing water use efficiency. In: **Deficit Irrigation Practices**, Water Reports, n. 22, p. 67-78, 2000. Roma, FAO, 2000.

GREGORY, P. J. Development and growth of root systems in plant communities. In: GREGORY, P. J.; LAKE, J. V.; ROSE, D. A. **Root development and function**. New York: Cambridge University Press. 1987. p.146-166.

GUDDANTI, S.; CHAMBERS, J. L. **Groot automated root length measurement program, version 5.00: user's manual**. Louisiana: Louisiana State University, 1993. 40 p.

HENDRY, G. A. F.; PRICE, A. H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: HENDRY, G. A. F.; GRIME, J. P. (eds), **Methods in Comparative Plant Ecology**, p. 148-152. London, Chapman & Hall, 1993.

HOARE, E. T.; GARZOLI, K. V.; BLACKWELL, J. Performance of plants with drip irrigation. **Proc...** of the 2<sup>nd</sup> Int. Drip Irrigation Cong. 1974. San Diego: p. 323-328. 1974.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Produção Agrícola Municipal**. 2012. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 07 nov. 2013.

INTERNATIONAL NETWORK FOR THE IMPROVEMENT OF BANANA AND PLANTAIN. Banana and plantain – food for thought, in **Annual Report 1992** (Montpellier, France: INIBAP; 7–11. 1992.

INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE (IPGRI); International Network for Improvement of Banana and Plantain (INIBAP); French Agricultural Research Centre for International Development (CIRAD). **Descriptors for Banana (*Musa spp.*)**, 1996, 55 p.

IRIZARRY, H.; VICENTE-CHANDLER, J, SILVA, S. Root distribution of plantains growing on soil types. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, v. 65, p. 29-34, 1981.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. **ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70**, Am. Soc. Civil Engr., New York, NY. 332 p. 1990.

JONES, H. G. **Plants and Microclimate, a Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology**. Cambridge University Press, Cambridge. 1992.

KALLARACKAL, J.; MILBURN, J. A.; BAKER, D. A. Water relations of the banana 3. Effects of controlled water stress on water potential, transpiration, photosynthesis and leaf growth. **Aust. J. Plant Physiol.** 17:79-90. 1990.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinold, 1990. 652 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora, California: Rain Bird Sprinkler., 1975. 133p.

KER, J. C.; FONTES, M. P. F.; SOUZA, A. R.; RESENDE, M. Adsorção de fósforo em alguns solos latossólicos: relação entre mineralogia e efeito da calagem. **Revista Ceres**, Viçosa, 43: p. 216-226, 1996.

KRAMER, P. J. Measurement of plant water status: Historical perspectives and current concerns. **Irrigation Science**, v. 9, n. 4, p. 275-287, 1988.

LARCHER, W. **Physiological Plant Ecology**. Springer: 4th edition, 2003, 513 p.

LESSA, L. S.; OLIVEIRA, T. K.; AMORIM, E. P.; ASSIS, G. M. L.; SILVA, S. O. Características vegetativas e seus efeitos sobre a produção de bananeira em três ciclos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1098-1104, 2012.

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**, v.29, p.515-520, 2005.

LU, P.; WOO, K. C.; LIU, Z. T. Estimation of whole-plant transpiration of bananas using sap flow measurements. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 1771-1779, 2002.

MAHOUACHI, J. Changes in nutrient concentrations and leaf gas exchange parameters in banana plantlets under gradual oil moisture depletion. **Scientia Horticulturae**, v. 120, p. 466-469. 2009.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; OLIVEIRA, M. Estimativa de carbonato de cálcio aplicado via água de irrigação nas regiões da Chapada do Apodi e Baixo Açu, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5 n. 1 2001.

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

MANSFIELD, T.A.; HETHERINGTON, A. M.; ATKINSON, C. J. Some current aspects of stomatal physiology. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 41, p. 55-75, 1990.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; ABDALLA, R. P.; MADEIRA, N. R.; OLIVEIRA, V. R. Water use of onion under no-tillage planting system for different rates of cover crop residue as compared to conventional system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 2008, Iguassu Falls. **Proceedings**. Iguassu Falls: CIGR: SBEA: ASABE, 2008.

MARQUES, P. R. R.; DONATO, S. L. R.; PEREIRA, M. C. T.; COELHO, E. F.; ARANTES, A. M. Características agronômicas de bananeiras tipo Prata sob diferentes sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, p. 852-859, 2011.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Third Edition.

MARTIN-PRÉVEL, P. Exigências nutricionais da bananicultura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1., 1984, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, UNESP: FCAV, 1984. p. 118-134. 1984.

MELO, A. S.; SILVA JÚNIOR, C. D.; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. C.; DANTAS, J. D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.733-741, 2009.

MENGUEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 387 p.

MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271.

MILBURN, J. A.; KALLARACKAL, J.; BAKER, D. A. Water relations of the banana. I. Predicting the water relations of the field grown banana using the exuding latex. **Aust. J. Plant Physiol.** 17, 57-68. 1990.

MORELLO, J. Transpiração e balanço da água da bananeira nas condições do Estado de São Paulo. Univ. de Sao Paolo. **Botânica** 10, 27-97. 1954.

MORTVEDT, J. J. Micronutrients fertilizer technology. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M., eds. **Micronutrients in agriculture**. 2. ed. Madison, Soil Science Society of America, 1991. p. 523-548.

NJUGUNA, J.; NGUTHI, F.; WEPUKHULU, S.; WAMBUGU, F.; GITAU, D.; KARUOYA, M.; KARAMURA, D. Introduction and evaluation on improved banana cultivars for agronomic and yield characteristics in Kenya. **African Crop Science Journal**, v. 16, p. 35 - 40. 2008.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2007, p.471-550.

NOWAKUNDA, K.; RUBAIHAYO, P. R.; AMENY, M. A.; TUSHEMEREIRWE, W. Consumer acceptability of introduced bananas in Uganda. **Infomusa**, v. 9, n. 2, p. 21-27. 2000.

OLIVEIRA, G. X. S.; COELHO FILHO, M. A.; PEREIRA, F. A. C.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. S.; CASTRO NETO, M. T. Relações entre transpiração máxima, evapotranspiração de referência e área foliar em quatro variedades de mangaueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, 2009.

OLIVEIRA, J. M.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F. Crescimento da bananeira Grande Naine submetida a diferentes lâminas de irrigação em tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.10, p.1038–1046, 2013.

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.16, n.4, p.118-43, 1997.

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

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Editora FEALQ. Piracicaba, 2009. 451 p.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación**. 2. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1990. 471p.

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

RAVI, I.; UMA, S.; VAGANAN, M. M.; MUSTAFFA, M. M. Phenotyping bananas for drought resistance. **Frontiers in Physiology**, v. 4: p. 1 - 15, 2013.

ROBINSON, J. C., GALÁN SAÚCO, V. **Bananas and plantains**. 2nd ed. Oxford: CAB International. 311p. (Crop production science in horticulturae series, 19). 2010.

ROBINSON, J. C.; ALBERTS, A. J. Growth and yield responses of banana (cultivar 'Williams') to drip irrigation under drought and normal rainfall conditions in the subtropics. **Scientia Horticulturae**, 30:187-202. 1986.

ROBINSON, J. C.; ALBERTS, A. J. Seasonal variations in the crop water-use coefficient of banana (cultivar 'Williams') in the subtropics. **Scientia Horticulturae**, v. 40, n. 3, p. 215-225, 1989.

ROBINSON, J. C.; BOWER, J. P. Transpiration characteristics of banana leaves (cultivar 'Williams') in response to progressive depletion of available soil moisture. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 30, n. 4, p. 289-300, 1987.

ROBINSON, J. C.; BOWER, J. P. Transpiration from banana leaves in the subtropics in response to diurnal and seasonal factors and high evaporative demand. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.37, n.1/2, p.129-143, 1988.

RODRIGUES, M. G. V. Resposta da bananeira 'Prata-Anã' à aplicação de zinco e boro no rizoma. **Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal)**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, *Campus* de Jaboticabal, Jaboticabal, 2006.

RODRIGUES, M. G. V.; DIAS, M. S. C.; RUGGIERO, C.; LICHTENBERG, L. A. Planejamento, implantação e manejo do bananal. **Informe Agropecuário**, v.29, p.14-24, 2008.

RODRIGUES, M. G. V.; RUGGIERO, C.; NATALE, W.; PACHECO, D. D. Nutrição e produção da bananeira 'Prata-Anã' adubada com zinco e boro diretamente no rizoma, via muda desbastada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.645-651, 2007.

RÖMHELD, V.; MARSCHNER, H. Function of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Ed.). **Micronutrients in Agriculture**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 297-328.

RUFYIKIRI, G.; DUFEY, J.E.; ACHARD, R.; DELVAUX, B. Cation exchange capacity and aluminum-calcium-magnesium binding in roots of bananas (*Musa* spp.) cultivated in soils and in nutrient solutions. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, p.991-1009, 2002.

RUIZ-SANCHEZ, M. C.; PLANA, V.; ORTUÑO, M. F.; TAPIA, L. M.; ABRISQUETA J. M. Spatial root distribution of apricot trees in different soil tillage practices. **Plant and Soil**, v. 272, n. 1-2, p. 211-221, 2005.

SANT'ANA, J. A. V. Distribuição de raízes de bananeira no solo irrigado por diferentes sistemas de irrigação em condições semiáridas. 2011. 79 p. **Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos)** - Universidade Federal de Lavras, 2010.

SANT'ANA, J. A. V.; COELHO, E. F.; CONCEIÇÃO, B. S.; SANTOS, C. C.; FARIA, M. A.; COTRIM, C. E. Sistema radicular de bananeira irrigada por aspersão convencional em duas fases fenológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA., 21.,2010, Natal, RN. **Anais...**, 2010.

SANT'ANA, J. A. V.; COELHO, E. F.; FARIA, M. A.; SILVA, E. L.; DONATO, S. L. R. Distribuição de raízes de bananeira 'Prata-Anã' no segundo ciclo de produção sob três sistemas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 124-133, 2012.

SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; LUCENA, C. C.; COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. Eficiência de uso da água em bananeiras tipo prata sob diferentes regimes de irrigação. In: XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos), **Anais...**, 2013. v. único, p. 191. 2013a.

SANTOS, M. R; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R. Gas exchanges of Tommy Atkins mango trees under different irrigation treatments. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 1141-1153, 2013b.

SAS Institute Inc., SAS/STAT® User's Guide, Version 9.0, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1999.

SEKI, K. SWRC fit - a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore structure. **Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.**, 4: 407-437. 2007.

SHMUELI, E. Irrigation studies in the Jordan valley. Physiological activity of the banana in relation to soil moisture. **Bull. Res. Council. Isr.** 3, 228-247. 1953.

SHONGWE, V. D.; TUMBER, R.; MASARIRAMBI, M. T.; MUTUKUMIRA, A. N. Soil water requirements of tissue-cultured Dwarf Cavendish banana (*Musa* spp. L). **Physics and Chemistry of the Earth**. v. 33, p. 768-774. 2008.

SILVA, A. J. P.; COELHO, E. F.; MIRANDA, J. H. Efficiency of water application of irrigation systems based on microsprinkling in banana plantations. **Scientia Agricola**, Piracicaba, vol.70, n.3, pp. 139-146, 2013.

SILVA, A. J. P.; COTRIM, C. E.; COELHO, E. F.; SANTANA, J. A. V.; DONATO, S. L. R.; Métodos e sistema de irrigação. In: Coelho, E. F. (editor). **Irrigação da bananeira**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 280 p.

SILVA, E. B.; FARNEZI, M. M. M.; PINHO, P. J.; RODRIGUES, M. G. V.; CARVALHO, J. G. Aplicação de doses de zinco, via solo, na bananeira "Prata Anã" (AAB) irrigada, no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, 2007.

SILVA, E. N.; BEZERRA, F. M. L. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da

bananeira no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 203-210, 2009.

SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R.; PIRES, A. J. V.; ROSA, R. C. C.; DONATO, P. E. R. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, p. 866-875, 2012.

SILVA, J. T. A.; PACHECO, D. D.; COSTA, E. L. Atributos químicos e físicos de solos cultivados com bananeira 'Prata-Anã' (AAB), em três níveis de produtividade, no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 102-106, 2007.

SILVA, J. T. A.; RODRIGUES, M. G. V. Produção da bananeira 'Prata Anã' em função da aplicação de adubo fosfatado, em quatro ciclos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 6, 2013.

SILVA, S. O.; FLORES, J. C. O.; LIMA NETO, F. P. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira em quatro ciclos de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.11, p. 1567-1574, 2002.

SILVA, S. O.; PEREIRA, L. V.; RODRIGUES, M. G. V. Variedades. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, p. 78-83, 2008.

SILVA, T. S.; DONATO, S. L. R.; RODRIGUES FILHO, V. A.; AMORIM, E. P. Características agronômicas de bananeiras tipo Cavendish e Gros Michel. XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos). **Anais... ACORBAT BRASIL 2013 40 anos compartilhando ciência e tecnologia**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 231, 2013a.

SILVA, T. S.; DONATO, S. L. R.; RODRIGUES FILHO, V. A.; AMORIM, E. P. Características fitotécnicas de bananeiras com frutos tipo Maçã. XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos). **Anais... ACORBAT BRASIL 2013 40 anos compartilhando ciência e tecnologia**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 232, 2013b.

SILVA, T. S.; RODRIGUES FILHO, V. A.; DONATO, S. L. R.; ALMEIDA, W. L.; AMORIM, E. P.; TEXEIRA, J. R. R. Características de rendimento de seis cultivares de bananeiras tipo prata em primeiro ciclo de produção. In: XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2012, Bento Gonçalves, **Anais...2012**. p. 2888-2892. 2012.

SIMÃO, A. H.; MANTOVANI, E. C.; SIMÃO, F. R. Irrigação e Fertirrigação na cultura da mangueira. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A. A.; ZAMBOLIM, L.. (Org.). **Manga: Produção integrada**,

**industrialização e comercialização.** 1 ed. Viçosa: Editora UFV, 2004, v. único, p. 233-302.

SMITH, M.; SEGEREN, A.; PEREIRA, L. S.; PERRIER, A.; ALLEN, R. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements.** Land and Water Development Division, United Nations Food and Agriculture Service, Rome, 1991. 45p.

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: técnicas de producción, poscosecha y comercialización.** In: Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. Guácimo, Costa Rica, 2008. [CD-ROM].

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos; cultivo e comercialización.** 2. ed. San José, Costa Rica: Litografia e Imprensa LIL, 1992. 674 p.

STOVER, R. H.; SIMMONDS, N. W. **Bananas.** 3rd ed. Longman, London, 1987. 468p.

STRECK, N. A. Stomatal response to water vapor pressure deficit: an unsolved issue. **Revista Brasileira Agrociência,** Pelotas, v.9, n.4, p.317-322, 2003.

TAI, E. A. Banana. In: ALVIM, P. T.; KOZLOWSKY, T. T. **Ecophysiology of Tropical Crops.** Nova York: Academic Press, cap.16, p. 441-460. 1977.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TEIXEIRA, A. H. C.; BASSOI, L. H.; COSTA, W. P. L. B.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G. Consumo hídrico da bananeira no Vale do São Francisco estimado pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Agrometeorologia,** v.10, n.1, p.45-50, 2002.

THOMAS, D. S.; TURNER, D. W. Banana (*Musa* sp.) leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence in response to soil drought, shading and lamina folding. **Sci. Hort.** 90:93-108. 2001.

THOMAS, D. S.; TURNER, D. W. Leaf gas exchange of droughted and irrigated banana cv. Williams (*Musa* spp.) growing in hot, arid conditions. **J. Hort. Sci. Biotechnol.** 73:419-429. 1998.

THOMAS, D. S.; TURNER, D. W.; EAMUS, D. Independent effects of the environment on the leaf gas exchange of three banana (*Musa* spp.) cultivars of different genomic constitution. **Scientia Horticulturae,** v. 75, n. 1-2, p. 41-57, 1998.

TURNER, D. W. Factors affecting the physiology of the banana root system. In: TURNER D. W.; ROSALES, F. E. (eds), **Banana Root System: Towards a Better Understanding for its Productive Management,** pp.107-113. INIBAP, Montpellier. 2005.

- TURNER, D. W., FORTESCUE, J. A., THOMAS, D. S. Environmental physiology of the bananas (*Musa* spp.). **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.19, n.4, p.463-484. 2007.
- TURNER, D. W.; Crop physiology and cultural practices - a synergy in banana and plantain (*Musa* spp.). **Acta Horticulturae**, v. 986, p. 41-50. 2013.
- TURNER, D. W.; FORTESCUE, J. A. The physiology of banana (*Musa* spp.) fruit growth – factors that affect bunch initiation. In: REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN PARA LA COOPERACIÓN EM INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO INTEGRAL DE LAS MUSÁCEAS (BANANO Y PLÁTANO), 19 ACORBAT, 2010, Medellín, Colômbia. Memoires - **Proceedings**.... 2010. p. 291-296.
- TURNER, D. W.; LAHAV, E. The growth of banana plants in relation to temperature. **Aust. J. Plant Physiol.** 10, 43–53. 1983.
- TURNER, D. W.; THOMAS, D. S. Measurement of plant and soil water status and their association with leaf gas exchange in banana (*Musa* spp): a laticiferous plant. **Scientia Hortic.** v. 77, 177–193. 1998.
- TURNER, N. C.; SCHULZE, E. D.; GOLLAN, T. The responses of stomata and leaf gas exchange to vapour pressure deficits and soil water content. 2. In the mesophylic herbaceous species *Helianthus annuus*. **Oecologia**, 65:348-355. 1985.
- UMA, S.; SATHIAMOORTHY, S. Names and Synonyms of Bananas and Plantains in India. Trichy, India: **National Research Centre for Banana**, ICAR. 2002
- UMA, S.; SATHIAMOORTHY, S.; SINGH, H. P.; DAYARANI, M. Crop improvement in *Musa*-Evaluation of germplasm for male and female fertility. **Indian J. Plant Genet. Resour.** 15, 137–139. 2002.
- VALANCOGNE, C. et al. Influence of orchard and vineyard characteristics on maximal plant transpiration. **Acta Horticultural**, The Hagne, v. 537, p. 61-68, 2000.
- van GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.
- VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, J. L.; ANGELOCCI, L. R.; DOUTORADO NETO, D. Estimativa do coeficiente de cultura do cafeeiro em função de variáveis climatológicas e fitotécnicas. **Bragantia**, Campinas, 61, 81-88. 2002.
- WHIPKER, B. E.; BAILEY, D.; NELSON, P. V.; FONTENO, W. C.; HAMMER, P. A. A novel approach to calculate acid additions for alkalinity control in greenhouse irrigation water. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 27, p. 959-976, 1996.

ZHANG, J.; DAVIES, W. J. Abscisic acid produced in dehydrating roots may enable the plant to measure the water status of the soil. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.12, n.1, p.73-81, 1989.

ZHENGBIN, Z.; PING, X.; HONGBO, S.; MENGJUN, L.; ZHENYAN, F.; LIYE, C. (2011). Advances and prospects: biotechnologically improving crop water use efficiency, **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 3, n. 2, p. 81 -93, 2011.

## ANEXOS

**Quadro 1A** – Resumo das análises de variância de altura de planta (APF), perímetro do pseudocaule no (PPS), número de filhos emitidos (NFE), número de folhas (NFF), comprimento da terceira folha (CTF), largura da terceira folha (LTF), área foliar total (AFT) e intervalo entre plantio e florescimento (TAF) na fase de florescimento das cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico (K) de transpiração foliar e coeficiente de cultura (Kc).

Fonte de Variação	Grau de liberdade	APF	PPS	NFE	NFF	CTF	LTF3	AFT	NDF
Bloco	2	648,53*	4,26	0,5382	6,95*	443,60	204,22*	22,80**	1212,51
Cultivar	3	20662,95**	116,64*	5,6362**	282,16**	7343,92**	91,64*	33,26**	74942,31**
Lâmina	4	252,33	32,74	0,8508	2,70*	359,58	49,27	5,54*	600,62
Cultivar * Lâmina	12	71,46	10,64	0,2712	1,52	128,81	23,68	2,25	261,31
Resíduo	38	172,99	20,40	0,3671	0,85	138,25	19,88	1,48	542,47
Média geral	-	241,06	82,92	3,73	15,11	176,21	71,44	10,58	290,06
CV (%)	-	5,45	5,44	16,20	6,11	6,67	6,24	11,50	8,02

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 1B** – Resumo das análises de variância de peso de cacho (PCA), peso total de pencas (PPE), peso de ráquis (PRA), peso de primeira penca (PPP), peso de segunda penca (PSP), peso de terceira penca (PTP), peso de quarta penca (PQP) e peso de quinta penca (PKP) na fase de colheita das cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico (K) de transpiração foliar e coeficiente de cultura (Kc).

Fonte de Variação	Grau de liberdade	PCA	PPE	PRA	PPP	PSP	PTP	PQP	PKP
Bloco	2	11,05	5,27	0,2144	0,1480	0,0597	0,0200	0,0103	0,0216
Cultivar	3	185,71**	153,56**	2,9227**	1,8997**	1,6112**	1,3574**	0,9714**	0,7264**
Lâmina	4	10,74	8,51	0,1131	0,2279	0,1413	0,1335*	0,0687	0,0805
Cultivar * Lâmina	12	4,15	3,64	0,0733	0,0687	0,0765	0,0477	0,0370	0,0348
Resíduo	38	6,64	4,94	0,0724	0,1283	0,0882	0,0503	0,0479	0,0421
Média geral	-	11,10	9,458	1,642	1,425	1,425	1,294	1,236	1,202
CV (%)	-	23,21	24,12	16,39	25,13	20,84	17,32	17,71	17,08

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 1C** – Resumo das análises de variância de número de pencas (NPE), número total de frutos (NFR), número de frutos por penca (NFP), peso médio de pencas (PMP), peso médio de frutos (PMF), comprimento externo de frutos (CEF), comprimento interno de frutos (CIF), diâmetro de frutos (DLF) e índice de curvatura de frutos (ICF) na fase de colheita das cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico (K) de transpiração foliar e coeficiente de cultura (Kc).

Fonte de Variação	Grau de liberdade	NPE	NFR	NFP	PMP	PMF	CEF	CIF	DLF	ICF
Bloco	2	0,3240	68,25	0,80	0,0518	25,02	2,6077	0,8192	0,6303	0,0096
Cultivar	3	66,7107**	20101,28**	24,80**	0,4544**	5974,01**	50,1923**	28,5897**	51,1443**	0,1402**
Lâmina	4	0,1359	27,76	0,40	0,0849	250,86	3,1392	1,8775	2,9175	0,0018
Cultivar * Lâmina	12	0,3381	30,19	0,79	0,0294	129,01	2,2319	1,0621	3,3318	0,0058
Resíduo	38	0,2477	111,49	0,78	0,0482	258,10	1,8115	0,8220	5,0372	0,0042
Média geral	-	7,70	109,56	14,16	1,183	89,527	15,33	10,91	31,50	1,41
CV (%)	-	6,46	9,63	6,25	18,55	17,94	8,77	8,30	7,12	4,61

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 1D** – Resumo das análises de variância de duração do ciclo de produção (NDC), intervalo entre florescimento e colheita (IFC), número de folhas na colheita (NFC), produtividade (KGHA) e eficiência de uso de água (EUA) de cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ com manejo de irrigação baseado no coeficiente empírico (K) de transpiração foliar e coeficiente de cultura (Kc).

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	NDC	IFC	NFC	KGHA	EUA
Bloco	2	1675,88*	79,07	2,19	9384440	25,79
Cultivar	3	47452,14**	1324,06*	115,16**	272935101**	403,92**
Lâmina	4	371,46	66,33	1,04	15140003	847,04**
Cultivar * Lâmina	12	129,17	117,29	0,43	6476796	15,25
Resíduo	38	323,29	233,92	1,28	8788034	21,84
Média geral	-	414,90	129,30	10,39	12283,93	16,06
CV (%)	-	4,33	11,82	10,89	24,13	29,08

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 2A** – Resumo das análises de variância dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e sódio (Na) nos tecidos foliares na fase de crescimento das cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar.

Fonte de variação	Grau de liberdade	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
Bloco	2	0,050	0,0009	0,679*	0,002	0,025*	0,001	43,80	6,56*	114,66	92,13	23,43*	21,30
Cultivar (A)	3	0,031	0,0110**	2,390**	0,010**	0,092**	0,018**	153,78*	11,85**	557,32*	3535,61**	41,10**	1415,79**
Lâmina (B)	4	0,019	0,00009	0,192	0,001	0,007	0,001	17,81	0,79	132,95	201,56	5,34*	122,38
A * B	12	0,020	0,0008	0,320	0,001	0,003	0,001	25,09	0,88	454,74**	64,23	1,45	102,54
Resíduo	38	0,024	0,0004	0,166	0,001	0,006	0,001	18,87	1,20	87,85	123,64	2,01	86,54
Média geral	-	3,60	0,25	3,89	0,26	0,61	0,40	20,5	8,1	128,3	63,6	19,2	46,4
C.V (%)	-	4,35	8,44	10,47	10,54	13,02	8,27	21,18	13,41	7,30	17,46	7,39	20,03

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 2B** – Resumo das análises de variância dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e sódio (Na) nos tecidos foliares na fase de florescimento das cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar.

Fonte de variação	Grau de liberdade	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
Bloco	2	0,0374	0,0004	0,311*	0,00001	0,0003	0,005	69,63	13,83*	332,77	416,23	114,61	47,64
Cultivar (A)	3	0,1498	0,0102**	3,420**	0,014**	0,449**	0,021**	895,60**	2,95	1018,20*	2304,08**	156,77*	841,83*
Lâmina (B)	4	0,0356	0,0004	0,026	0,001*	0,003	0,002	37,51	1,12	699,15*	67,52	78,13	322,05
A * B	12	0,0623	0,0002	0,081	0,001*	0,009	0,003*	21,96	0,99	503,14*	136,04	67,61	212,80
Resíduo	38	0,0553	0,0003	0,047	0,0004	0,011	0,001	78,72	2,54	176,33	208,15	38,49	195,85
Média geral	-	3,53	0,22	3,92	0,27	0,76	0,41	34,2	7,0	91,5	64,0	24,5	47,2
C.V (%)	-	6,65	7,66	5,58	7,71	13,91	8,96	25,92	22,69	14,50	22,51	25,23	29,64

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 2C** – Resumos das análises de variância dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e sódio (Na) nos tecidos foliares na fase de colheita das cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar.

Fonte de variação	Grau de Liberdade	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
Bloco	2	0,198*	0,0005	0,265*	0,00009	0,002	0,0022*	25,54	6,32*	77,85	94,31	2,47	32,98
Cultivar (A)	3	0,090	0,0036**	0,601**	0,0094**	0,086**	0,0373**	401,97**	13,12**	4485,48**	714,16*	10,41*	121,32*
Lâmina (B)	4	0,029	0,0002	0,258*	0,0004	0,009	0,00006	24,71	1,01	136,17	52,28	2,72	54,21
A * B	12	0,033	0,0002	0,118*	0,0015*	0,007	0,0006	23,51	1,14*	636,95*	77,76	3,54	31,40
Resíduo	38	0,037	0,0002	0,054	0,0003	0,005	0,0004	23,73	0,55	209,72	216,64	2,65	36,36
Média geral	-	3,09	0,21	3,79	0,25	0,54	0,34	20,5	6,3	84,8	58,4	17,3	28,9
C.V (%)	-	6,28	8,06	6,14	7,70	14,17	6,07	23,75	11,71	17,05	25,19	9,37	20,82

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 3A** – Resumo das análises de variância de nível de pH (pH), teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC) de solo na fase fenológica de crescimento das cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar. Profundidade: 0 – 20 cm.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	pH	P	K	Ca	Mg	Na	SB	CTC
Bloco	2	0,2165*	1417537**	0,0057	4,7376**	1,1161*	0,0671*	10,0754*	10,0754*
Lâmina	4	0,0351	20086	0,0662	0,4349	0,1202	0,0071	1,5488	1,5488
Cultivar	3	0,0512	51127	0,0485	0,9323	0,8818*	0,0028	3,8178	3,8178
Cultivar * Lâmina	12	0,0196	12198	0,0267	0,7258	0,1750	0,0040	1,8110	1,8110
Resíduo	38	0,0366	21109	0,0652	0,3837	0,2237	0,0082	1,4404	1,4404
Média geral	-	7,38	544,21	0,8301	5,2786	3,132	0,3643	9,6165	9,6165
CV (%)	-	2,59	26,69	30,77	11,73	15,10	24,90	12,48	12,48

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 3B** – Resumo das análises de variância de nível de pH (pH), teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC) de solo na fase fenológica de crescimento das cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar. Profundidade: 20 – 40 cm.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	pH	P	K	Ca	Mg	Na	SB	CTC
Bloco	2	0,4415**	282040,30**	0,0304	4,8044**	0,1932	0,0053	4,4263*	4,4263*
Lâmina	4	0,011917	3354,10	0,0058	0,0159	0,0207	0,0010	0,0619	0,0619
Cultivar	3	0,033333	4335,88	0,0059	1,2057*	0,7865**	0,0017	3,9181*	3,9181*
Cultivar * Lâmina	12	0,030694	4439,04	0,0058	0,3893	0,0659	0,0032	0,7244	0,7244
Resíduo	38	0,024132	5796,02	0,0198	0,2906	0,0847	0,0024	0,7191	0,7191
Média geral	-	7,48	200,96	0,5598	3,2441	1,9526	0,1956	5,9525	5,9525
CV (%)	-	2,07	37,88	25,15	16,61	14,90	25,47	14,24	14,24

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 3C** – Resumo das análises de variância de nível de pH (pH), teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC) de solo na fase fenológica de florescimento das cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar. Profundidade: 0 – 20 cm.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	pH	P	K	Ca	Mg	Na	SB	CTC
Bloco	2	0,1005*	71460,00**	0,0787	1,5769**	0,3368	0,0080	4,5793*	4,5793*
Lâmina	4	0,0155	2864,16	0,1735	0,1059	0,0794	0,0062	0,6836	0,6836
Cultivar	3	0,0570*	2819,44	0,0136	0,1802	0,1244	0,0032	0,6072	0,6072
Cultivar * Lâmina	12	0,0108	4648,61	0,0195	0,3710	0,1619	0,0017	1,1175	1,1175
Resíduo	38	0,0171	3061,75	0,1271	0,2242	0,1109	0,0046	0,9765	0,9765
Média geral	-	7,41	351,5	0,8566	3,8143	2,221	0,263	7,15	7,15
CV (%)	-	1,76	15,74	41,61	12,41	14,99	25,95	13,80	13,80

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 3D** – Resumo das análises de variância de nível de pH (pH), teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC) de solo na fase fenológica de florescimento das cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar. Profundidade: 20 – 40 cm.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	pH	P	K	Ca	Mg	Na	SB	CTC
Bloco	2	0,0711*	61580,6*	0,0448	1,8118*	0,1254	0,0042	3,4708*	3,4708*
Lâmina	4	0,0122	1992,9	0,0469	0,2097	0,1024	0,0044	0,6134	0,6134
Cultivar	3	0,0055	12572,1**	0,0656	0,5901	0,2347	0,0007	2,2822	2,2822
Cultivar * Lâmina	12	0,0203	3484,9	0,0563	0,2670	0,1308	0,0017	1,2014	1,2014
Resíduo	38	0,0109	2796,3	0,0480	0,2245	0,0870	0,0037	0,8301	0,8301
Média geral	-	7,26	147,1	0,5515	2,3631	1,4675	0,1896	4,57	4,57
CV (%)	-	1,44	35,94	39,73	20,05	20,10	32,30	19,92	19,92

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 3E** – Resumo das análises de variância de nível de pH (pH), teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC) de solo na fase fenológica de colheita das cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar. Profundidade: 0 – 20 cm.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	pH	P	K	Ca	Mg	Na	SB	CTC
Bloco	2	0,1835*	592666,7**	0,3892*	1,0238*	0,2646	0,0062*	3,9749*	3,9749*
Lâmina	4	0,1072*	9104,1	0,1166*	0,1436	0,0290	0,0044*	0,6185	0,6185
Cultivar	3	0,0552	113166,7*	0,6389**	0,5410	0,1462	0,0134**	2,0811	2,0811
Cultivar * Lâmina	12	0,0440	12993,0	0,0902*	0,1765	0,1512	0,0019	0,7924	0,7924
Resíduo	38	0,0412	31043,8	0,0396	0,2112	0,1438	0,0013	0,7912	0,7912
Média geral	-	7,435	538,33	0,6126	4,1051	2,5465	0,2338	7,49	7,49
CV (%)	-	2,73	32,72	32,50	11,19	14,89	15,99	11,86	11,86

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 3F** – Resumo das análises de variância de nível de pH (pH), teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC) de solo na fase fenológica de colheita das cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar. Profundidade: 20 – 40 cm.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	pH	P	K	Ca	Mg	Na	SB	CTC
Bloco	2	0,0257	15041,6*	0,0944*	1,3959*	0,0118	0,0003	2,1973*	2,1973*
Lâmina	4	0,0060	13395,8*	0,2261**	0,2010	0,0379	0,0003	1,1006*	1,1006*
Cultivar	3	0,0144	26819,0*	0,9322**	0,2985	0,0386	0,0005	2,4942*	2,4942*
Cultivar * Lâmina	12	0,0215	6090,2	0,0513*	0,0454	0,0060	0,0002	0,1292	0,1292
Resíduo	38	0,0269	4559,2	0,0204	0,1375	0,0207	0,0006	0,2713	0,2713
Média geral	-	7,32	239,10	0,5831	2,5601	1,6489	0,1441	4,90	4,90
CV (%)	-	2,23	28,2	24,51	14,48	8,73	17,62	10,63	10,63

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 4** – Resumo das análises de variância de temperatura do ar, temperatura foliar e razão entre temperatura foliar e do ar, respectivamente, nos períodos de manhã e tarde, em cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Temperatura ar		Temperatura foliar		Razão Tf/ar	
		-----Manhã-----		-----Tarde-----			
Bloco	2	177,3812**	36,52351**	0,05019**	168,148**	109,5894**	0,003307*
Lâmina	4	0,479632	7,448432*	0,006554*	0,235131	4,002909	0,002093
Cultivar	3	2,841225*	8,336429*	0,004481*	1,222686	27,46261*	0,009993**
Lâmina * Cultivar	12	0,330788	0,753989	0,000317	0,586957	1,7655	0,000804
Resíduo (a)	38	0,496923	1,738147	0,001179	1,824461	3,157083	0,000981
Época	4	2588,388**	1030,07**	0,232668**	776,6094**	687,916**	0,119845**
Época * Lâmina	15	0,38133	1,257769	0,000602	0,737697	2,867198	0,001367
Época * Cultivar	11	4,113428*	6,079744*	0,002559	3,443372	14,85496	0,007811*
Época * Lâmina * Cultivar	39	0,396458	1,113892	0,000485	0,658674	1,535962	0,001034
Resíduo (b)	140	1,655779	2,640997	0,001867	7,898672	7,761285	0,001884
Média geral	-	37,33	27,65	0,74	42,92	32,95	0,76
C.V (%)	-	3,44	5,87	5,78	6,54	8,45	5,65

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 5** – Resumo das análises de variância de índice de clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b), clorofila total (Chl t) e razão clorofila a/b (Chl a/b) de cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Chl a	Chl b	Chl t	Chl a/b
Bloco	2	34,86*	29,65*	129,14*	0,0791
Lâmina	4	8,00	9,25	34,12	0,0522
Cultivar	3	143,72**	434,86**	1074,75**	2,8629**
Lâmina * Cultivar	12	2,67	4,35	12,43	0,0485
Resíduo (a)	38	3,42	5,23	15,93	0,0494
Época	7	341,90**	517,66**	1582,81**	2,9894**
Época * Lâmina	28	1,42	2,48	6,67	0,0244
Época * Cultivar	21	10,27**	29,50**	70,50**	0,1251**
Época * Lâmina * Cultivar	84	2,24	2,69	8,70	0,0349
Resíduo (b)	280	2,74	3,02	9,88	0,0392
Média geral	-	36,94	18,15	55,09	2,09
C.V (%)	-	4,48	9,58	5,70	9,44

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 6** – Resumo das análises de variância de conteúdo relativo de água (CRA), área foliar específica (AFE) e massa foliar específica (MFE) de cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	CRA	AFE	MFE
Bloco	2	5,1873	402,15	291,49
Lâmina	4	6,2463	661,17*	289,84*
Cultivar	3	18,0412	26161,08**	13662,86**
Lâmina * Cultivar	12	12,9024	176,02	54,88
Resíduo (a)	38	11,8445	191,11	100,75
Época	5 (6)	124,8188**	35394,93**	15998,33**
Época * Lâmina	20 (24)	5,4102	89,57	47,82
Época * Cultivar	15 (18)	23,0272*	346,36**	222,14**
Época * Lâmina * Cultivar	60 (72)	9,2565	73,22	40,45
Resíduo (b)	200 (240)	11,1596	84,94	48,45
Média geral	-	91,31	119,96	87,80
C.V (%)	-	3,65	7,68	7,92

Número de graus de liberdade entre parênteses refere-se às características de área foliar específica (AFE) e de massa foliar específica (MFE).

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 7** – Resumo das análises de variância de densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativo (QLeaf), temperatura foliar (Tleaf), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs) e taxa de fotossíntese líquida (A) de cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	QLeaf	Tleaf	Ci	E	gs	A
Bloco	2	1529448**	167,3473*	554,2951*	60,83448**	0,043098*	38,1395
Variedade	3	135362,8	106,1537*	760,3025**	28,92302*	0,109238**	100,8958*
Lâmina	4	7092,739	0,76361	142,3535	0,588046	0,007335	6,882773
Variedade * Lâmina	12	49874,07	6,283892	144,1111	2,445346	0,006744	7,166609
Erro a	38	74040,02	19,71289	80,63151	3,720587	0,011773	19,77561
Época	2	500936,9*	1554,587**	5534,923**	216,0884**	0,485122**	762,0115**
Variedade * Época	6	402744,6**	14,95699*	486,2803*	15,40698**	0,032549*	32,70001*
Lâmina * Época	8	11044,75	0,456184	106,603	0,443755	0,00525	3,235285
Variedade * Lâmina * Época	24	27355,42	0,428248	147,5188	0,819403	0,00366	4,21256
Erro b	80	80604,85	3,153799	160,1916	1,962002	0,008995	6,506258
Turno	1	3278538**	2641,915**	9221,902**	82,60029**	2,238189**	5260,208**
Turno * Variedade	3	112237,8	6,345171	171,0046	4,130264	0,034418*	44,10664**
Turno * Lâmina	4	12417,6	0,17608	335,0718*	0,849105	0,001332	2,283453
Turno * Época	2	647803,8*	172,6449**	2163,218**	50,88718**	0,047373*	201,8444**
Turno * Variedade * Lâmina	12	50386,14	1,293122	78,34282	2,471596	0,003761	4,030207
Turno * Variedade * Época	6	119514,7	10,34706*	122,1067	4,281973*	0,009219	10,46641*
Turno * Lâmina * Época	8	14141,15	0,127994	189,4512	0,793903	0,003079	6,407317
Turno * Var * Lâmina * Época	24	16849,93	0,260759	108,2528	0,913354	0,003926	3,105522
Erro c	120	90283,95	2,871545	100,0483	1,968973	0,005718	4,6744
CV (%)		21,86	4,52	4,80	20,63	22,84	13,97
Média geral		1373,94	37,42	208,16	6,80	0,33	15,47

\*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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

**Quadro 8** – Resumo das análises de variância de eficiência intrínseca de uso da água (A/gs), eficiência instantânea de uso da água (A/E), eficiência de carboxilação (A/Ci) e eficiência quântica da fotossíntese (A/Qleaf), razão de temperatura foliar/ temperatura da câmara (TI/Tch) e razão entre a concentração interna e externa de CO<sub>2</sub> (Ci/Cref) de cultivares de bananeira ‘Prata-Anã’, ‘BRS Platina’, ‘BRS Tropical’ e ‘FHIA-23’ utilizando manejo de irrigação baseado no coeficiente de transpiração foliar.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	A/gs	A/E	A/Ci	A/QLeaf	TI/Tch	Ci/Cref
Bloco	2	247,6809*	11,45176*	0,00134*	0,00052263**	0,00063097*	0,00591198*
Variedade	3	262,1613*	7,727791*	0,002363*	0,00016833*	0,0000216	0,0029855*
Lâmina	4	60,46862	0,247114	0,000242	0,0000025	0,00001733	0,00133105
Variedade * Lâmina	12	37,63366	0,386469	0,000186	0,00001431	0,00003427	0,00089565
Erro a	38	38,73888	1,157005	0,00046	0,00003045	0,00005598	0,00065617
Época	2	1358,925**	99,25674**	0,015851**	0,00107521**	0,00071637**	0,05611627**
Variedade * Época	6	201,1521*	2,480369**	0,001013*	0,00005708*	0,00016658*	0,0036146*
Lâmina * Época	8	40,47544	0,068852	0,000131	0,00000322	0,00001188	0,00095124
Variedade * Lâmina * Época	24	38,88461	0,158557	0,000163	0,00001181	0,00002668	0,00131037
Erro b	80	73,1607	0,200131	0,000196	0,00002031	0,00006149	0,0014688
Turno	1	189,535*	194,3133**	0,143756**	0,00049844**	0,01279374**	0,1782581**
Turno * Variedade	3	183,8009*	1,317566*	0,001007**	0,00004916	0,00003968	0,00138548
Turno * Lâmina	4	68,24968	0,198224	0,000193	0,00001033	0,00000407	0,0027065*
Turno * Época	2	773,3226**	2,468134**	0,008537**	0,00064306**	0,00031193*	0,02898304**
Turno * Variedade * Lâmina	12	23,20622	0,101666	0,000125	0,00000741	0,00002601	0,00059098
Turno * Variedade * Época	6	41,38436	1,089841**	0,000311*	0,00002267	0,00007911	0,00097192
Turno * Lâmina * Época	8	21,17309	0,056015	0,000291*	0,00000318	0,00001232	0,00141083
Turno * Var * Lâmina * Época	24	37,59012	0,067399	0,0001	0,00000392	0,00001247	0,00091197
Erro c	120	45,15136	0,185949	0,000127	0,00002312	0,0000625	0,00083349
CV (%)		13,45	16,49	14,86	36,38	0,76	4,87
Média geral		49,93	2,61	0,07	0,01	1,03	0,59

\*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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