

ANTÔNIO HUMBERTO SIMÃO

**INFLUÊNCIA DA PERCENTAGEM DE ÁREA MOLHADA NO
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA BANANEIRA
IRRIGADA POR MICROASPERSÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, MG, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2002

ANTÔNIO HUMBERTO SIMÃO

**INFLUÊNCIA DA PERCENTAGEM DE ÁREA MOLHADA NO
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA BANANEIRA
IRRIGADA POR MICROASPERSÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, MG, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Aprovada: 24 de abril de 2002.

Prof. Luiz Carlos Chamhum Salomão
(Conselheiro)

Prof. Márcio Mota Ramos

Eng. Maurício Bernardes Coelho

Eng. Lineu Neiva Rodrigues

Prof. Everardo Chartuni Mantovani
(Orientador)

Aos meus pais,
Geraldo Simão (in memoriam) e
Servita Vardiero, dedico.

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por cada dia vivido e força para superar as dificuldades e encontrar nossos caminhos.

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização desse curso.

Ao Prof. Everardo Chartuni Mantovani, pela amizade, orientação, ensinamentos acadêmicos e atitude profissional durante a realização do trabalho.

À FAHMA Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda, na pessoa do seu sócio-diretor, Dr. Guilherme Emílio, por ter custeado o trabalho de campo e acreditado nos possíveis resultados que este poderia gerar.

Aos Professores conselheiros Luiz Carlos Chamhum Salomão e Antônio Alves Soares, pelas valiosas sugestões no decurso do trabalho.

Aos funcionários da FAHMA, Clênio Euerton (in memoriam), Joventino e Alex, pela amizade, dedicação e contribuição indispensável na condução e avaliação do experimento de campo.

À desenhista da FAHMA, Sônia, pela dedicação e paciência na elaboração dos desenhos que compõem o corpo da tese.

Às amigas Ana Paula Loures e Andressa Bachetti, pelo companheirismo e apoio acadêmico durante a realização do curso.

Ao meu primo Fúlvio Simão, pela amizade, auxílio nas avaliações de campo e empenho em solucionar as pendências durante o período em que estive fora de Viçosa.

Aos amigos Newton, Lucas, Márcio, Daniel e Hannuar, pela estadia nas inúmeras idas à Viçosa.

À minha namorada Fabrícia, pelo carinho, compreensão e auxílio na tabulação dos dados da tese.

À todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desse trabalho.

BIOGRAFIA

ANTÔNIO HUMBERTO SIMÃO, filho de Geraldo José Simão e Servita Vardiero Simão, nasceu em Muriaé - MG, em 02 de fevereiro de 1971.

Em 1989, iniciou o Curso de Agronomia, na Universidade Federal de Viçosa, MG, onde foi monitor da disciplina BVE 230 - Sistemática das Espermatófitas, diplomando-se em janeiro de 1994.

Em março de 1994, foi contratado pela FAHMA Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda para atuar como membro da equipe de assistência técnica e extensão rural nos Perímetros de Irrigação Estreito, BA (março/1994 à novembro/1996) e Gorutuba, MG (novembro/1996 à março/1999), mediante Contrato FAHMA/CODEVASF.

Em abril de 1999, iniciou o Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, com concentração em Irrigação e Drenagem, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, MG, defendendo tese em abril de 2002.

Em janeiro de 2000, foi recontratado pela FAHMA Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda para ocupar o cargo de Gerente Geral da Fazenda FAHMA, localizada nos lotes 29M, 89P, 91P, 93P, 95P e 97P na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Cultura da bananeira.....	3
2.1.1. Aspectos gerais.....	3
2.1.2. Ecofisiologia da bananeira.....	4
2.1.3. Irrigação e necessidades hídricas.....	7
2.2. Irrigação localizada.....	12
2.2.1. Aspectos gerais.....	12
2.2.2. Coeficiente de localização (KI) e percentagem de área molhada (Pw).....	13
2.2.3. Avaliação e uniformidade.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Localização do experimento.....	20
3.2. Caracterização pedológica.....	20
3.3. Caracterização climática.....	23
3.4. Água de irrigação.....	25

	Página
3.5. Sistema de irrigação.....	25
3.6. Definição dos tratamentos.....	27
3.7. Delineamento experimental.....	28
3.8. Avaliação do sistema de irrigação.....	29
3.9. Manejo da irrigação.....	37
3.10. Implantação e condução do experimento.....	40
3.11. Características vegetativas avaliadas.....	42
3.12. Análise estatística.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Características vegetativas avaliadas.....	45
4.2. Manejo da irrigação.....	52
4.3. Parâmetros de desempenho.....	58
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
APÊNDICE.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Resultados das análises química do solo.....	21
2	Resultados da análise física do solo.....	21
3	Resultados da análise físico-hídrica do solo.....	21
4	Temperaturas máxima (Tx), média (Tmédia) e mínima (Tn), insolação (Inso), velocidade do vento (Vv), umidade relativa (Ur), radiação (Rad - média de 24 h) e evapotranspiração de referência (Penman-Monteith - ETo-PM), observadas durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	23
5	Resultado da análise da água de irrigação utilizada no Lote 29M.....	25
6	Diâmetro molhado, pressão de serviço média do microaspersor (PS) e percentagem de área molhada (Pw) fornecidos por cada combinação de bocal e bailarina/difusor selecionada.....	28
7	Caracterização dos tratamentos do experimento de tese....	28
8	Valores da pressão de serviço média (PS), vazão nominal e média dos microaspersores, coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de todos os tratamentos.....	32
9	Valores de Kc para a bananeira em regiões de clima tropical.....	39

Quadro		Página
10	Data, quantidade e fertilizantes utilizados nas adubações de cobertura.....	41
11	Resumo das análises de variância referente ao número de folhas funcionais de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	49
12	Médias, em cm, do número de folhas funcionais, nos respectivos tratamentos, de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	49
13	Resumo das análises de variância referente à altura de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	49
14	Médias, em cm, da altura, nos respectivos tratamentos, de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	50
15	Resumo das análises de variância referente ao comprimento da última folha emitida de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	50
16	Médias, em cm, do comprimento da última folha emitida, nos respectivos tratamentos, de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	50
17	Resumo das análises de variância referente à largura da última folha emitida de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	51
18	Médias, em cm, da largura da última folha emitida, nos respectivos tratamentos, de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	51
19	Resumo das análises de variância referente ao perímetro do pseudocaule de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	51
20	Médias, em cm, do perímetro do pseudocaule, nos respectivos tratamentos, de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	52
21	Resumo das análises de variância referente à altura e ao perímetro do pseudocaule da “planta-filha” de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG...	54

Quadro		Página
22	Médias, em cm, da altura e do perímetro do pseudocaulé da “planta-filha”, nos respectivos tratamentos, de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	54
23	Capacidade total (CTA) e real (CRA) de armazenamento de água no solo e eficiência de irrigação (Ei) para todos os tratamentos.....	58
24	Resultados dos parâmetros de avaliação de desempenho da irrigação para todos os tratamentos do experimento com bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	59
25	Comparação dos valores da ED_{90} e Eip_{90} medidos diretamente no campo, estimados utilizando os valores de CUCc e CUCaj e obtidos através da média aritmética entre os valores encontrados quando se utilizaram o CUCc e o CUCaj.....	65
26	Lâmina de irrigação real necessária (IRN), lâmina de água aplicada (ITN) e lâminas de irrigação totais necessárias (ITN) determinadas usando os valores da Eip_{90} estimada com base nos valores do CUCc (Eip_{90} -CUCc) e CUCaj (Eip_{90} -CUCaj), medida diretamente no campo (Eip_{90} -medido) e através da média aritmética entre os valores da Eip_{90} estimada usando o CUCc e o CUCaj....	67
1A	Evapotranspiração de referência calculada pelo método de Penman-Monteith (ET_{o-PM}) e evapotranspiração da cultura (ET_c) em todos os tratamentos durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	79
2A	Lâmina de água aplicada em todos os tratamentos durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	79
3A	Temperatura máxima (T_x), média ($T_{média}$) e mínima (T_n), insolação (Inso), velocidade do vento (V_v), umidade relativa (U_r), precipitação total (Prec) e evapotranspiração de referência (Penman-Monteith - ET_{o-PM}), simuladas no <i>software SISDA 3.5 executivo</i> , para a região do Projeto Jaíba, MG.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Valores diários da evapotranspiração de referência (Penman-Monteith – ETo-PM) (A) e das temperaturas máxima (Tx), média (Tmédia) e mínima (Tn) (B) e ocorrência de precipitações (C), durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	24
2	Croqui das parcelas experimentais.....	30
3	Representação do diâmetro molhado (W) e da percentagem de área molhada (Pw) nas parcelas experimentais.....	31
4	Representação do arranjo dos coletores para o cálculo do coeficiente de uniformidade ajustado.....	33
5	Número de folhas funcionais (A) e altura (B) de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG, sob irrigação por microaspersão com diferentes percentagens de área molhada.....	46
6	Comprimento (A) e largura (B) da última folha emitida de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG, sob irrigação por microaspersão com diferentes percentagens de área molhada.....	47
7	Perímetro do pseudocaule de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG, sob irrigação por microaspersão com diferentes percentagens de área molhada.....	48

Figura		Página
8	Altura (A) e perímetro do pseudocaule (B) da “planta-filha” de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG, sob irrigação por microaspersão com diferentes percentagens de área molhada.....	53
9	Evapotranspiração de referência (Penman-Monteith – ETo-PM) e da cultura (A) e lâmina de água aplicada (B) em todos os tratamentos durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	55
10	Valores do coeficiente de localização (KI) para todos os tratamentos durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.....	57
11	Perfil de distribuição de água, irrigação real necessária (IRN) e lâmina média coletada em função da percentagem de área irrigada para os tratamentos Pw25K (A) e Pw45K (B).....	61
12	Perfil de distribuição de água, irrigação real necessária (IRN) e lâmina média coletada em função da percentagem de área irrigada para os tratamentos Pw68K (A) e Pw68F (B).....	62
13	Perfil de distribuição de água, irrigação real necessária (IRN) e lâmina média coletada em função da percentagem de área irrigada para os tratamentos 1,25Pw68F (A) e Pw100K (B).....	63

RESUMO

SIMÃO, Antônio Humberto, M.S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2002. **Influência da percentagem de área molhada no desenvolvimento da cultura da bananeira irrigada por microaspersão.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Conselheiros: Antônio Alves Soares e Luiz Carlos Chamhum Salomão.

O presente trabalho foi desenvolvido no Lote 29M, Gleba C2 do Projeto Jaíba, no norte de Minas Gerais, tendo como objetivo a avaliação da influência da percentagem de área molhada no desenvolvimento da cultura da bananeira irrigada por microaspersão, durante o período vegetativo. Foi utilizado o cultivar *Prata Anã*, cujo manejo e condução foi realizado com uma família (mãe, filha e neta) por cova. As mudas utilizadas foram provenientes de micropropagação *in vitro* e plantadas no sistema de espaçamento em fileiras duplas, espaçadas de 4x3x2 m. O sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão, na proporção de um microaspersor para cada quatro plantas. O manejo da irrigação foi realizado através do *software SISDA 3.5 executivo*, com base nos dados meteorológicos da região em estudo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, contendo 6 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos T1, T2, T3 e T4, constituíram-se, respectivamente, de 25, 45, 68 e 100% de área molhada, sendo os mesmos manejados com coeficiente de localização (KI) proposto por KELLER (1978). Já os tratamentos T5 e T6, foram implantados com 68% de área molhada e manejados com KI proposto por

FERERES (1981), porém no tratamento T6 a lâmina de água aplicada foi majorada em 25%. As avaliações das características vegetativas da bananeira foram realizadas nas seguintes datas: 25/05/01 (pré-plantio), 11/07/01 (aplicação dos tratamentos), 10/08/01, 12/09/01, 10/10/01, 08/11/01 e 14/12/01, totalizando sete avaliações. Da primeira à sexta avaliaram-se: o número de folhas funcionais, a altura da planta, o comprimento e a largura da última folha emitida e o perímetro do pseudocaule. Todas estas avaliações foram concentradas na "planta-mãe". Na última avaliação, mediu-se, também, a altura e o perímetro do pseudocaule da "planta-filha". Em todas as características vegetativas avaliadas houve diferença significativa pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade a partir da terceira avaliação. A partir da quarta avaliação os tratamentos T4 (Pw 100% - Keller) e T6 (Pw 68% - Fereres x 1,25) destacaram-se em relação aos demais. A superioridade dos tratamentos T4 e T6 em relação aos demais foi mantida quando avaliou-se a altura e o perímetro do pseudocaule das "plantas-filhas".

ABSTRACT

SIMÃO, Antônio Humberto, M.S., Universidade Federal de Viçosa, April 2002.
Influence of the wetted area percentage on the development of the banana plant crop irrigated by microsprinkler system. Adviser: Everardo Chartuni Mantovani. Committee members: Antônio Alves Soares and Luiz Carlos Chamhum Salomão.

This study was carried out in the Lot 29M, Site C2 of the Jaíba Project on northern Minas Gerais, aiming to evaluate the influence of the wetted area percentage on the development of the banana plant crop irrigated by microsprinkler over the vegetative period. The 'Prata Anã' cv. was used, and its management and conduction was accomplished with one family (mother, daughter and granddaughter) per planting hole. The seedlings proceeded from the *in vitro* micropropagation and were planted in double-row system with a spacing of 4x3x2 m. The microsprinkler system was used at a proportion of one microsprinkler for each four plants. The irrigation was managed through the software SISDA 3.5 executive, based on the meteorological data of the area under study. The randomized block experimental design was used with 6 treatments and 5 replicates. The treatments T1, T2, T3 and T4 consisted of 25, 45, 68 and 100% of wetted area, respectively, and were managed with location coefficient (KI) proposed by Keller, in 1978. The treatments T5 and T6 were implanted with 68% wetted area and managed with the KI proposed by Fereres, in 1981, although in treatment T6 the applied water depth was given an

increase of 25%. The vegetative characteristics of the banana plant were evaluated at the following dates: 25/05/01 (pre-planting), 11/07/01 (treatment applications), 10/08/01, 12/09/01, 10/10/01, 08/11/01 and 14/12/01, so totalizing seven evaluations. From the first evaluation to the sixth one, the following characteristics were considered: functional leaf numbers; plant height; length and width of the last emitted leaf; and the perimeter of the pseudo-stem. These evaluations were all concentrated in the " mother-plant ". At the last evaluation, the height and perimeter of the "daughter-plant" were also measured. In all appraised vegetative characteristics a significant difference was found by the F test at 5% probability level, from the third evaluation on. From the fourth evaluation on, the treatments T4 (Pw 100% - Keller) and T6 (Pw 68% - Fereres x 1.25) were distinguished in relation to the other ones. The superiority of the treatments T4 and T6 in relation to the other ones were maintained, when the height and perimeter of the "daughter-plants" pseudo- stems were evaluated.

1. INTRODUÇÃO

A irrigação visa, sobretudo, suprir as necessidades hídricas das plantas. Não funciona em separado, mas integrada a outras práticas agrícolas de forma a beneficiar a cultura e o produtor em particular. É necessária em regiões onde o regime pluvial não atende às necessidades das plantas durante todo o seu ciclo ou em parte dele, permitindo ampliar o tempo de exploração, o número de colheitas ou ainda melhorar a produção já existente.

Com referência à cultura da bananeira, sabe-se que em grande parte das regiões onde ela é cultivada, como é o caso do norte de Minas Gerais, a precipitação pluvial é insuficiente para seu pleno desenvolvimento, causando reduções na quantidade e qualidade dos frutos.

A região norte mineira apresenta condições térmicas favoráveis para o desenvolvimento e a produção da cultura da bananeira, podendo produzir frutos durante todo o ano sem o perigo de ocorrência de danos ocasionados por baixas temperaturas. Porém, devido a precipitação insuficiente e mal distribuída ao longo do ano, há necessidade de recorrer-se à irrigação para suprir a planta de quantidades adequadas de água.

No Brasil, de modo geral, e, principalmente, na região norte mineira, poucos são os estudos envolvendo a irrigação da bananeira. Daí a necessidade do uso de dados aproximados, adaptando-os de forma criteriosa às condições locais.

Observa-se, que a maioria dos usuários da fruticultura irrigada no norte de Minas Gerais, principalmente os bananicultores, não utilizam estratégias

adequadas de uso e de manejo de água na irrigação. A região apresenta alta demanda evapotranspirométrica que aliada ao regime pluvial insuficiente, faz com que a irrigação seja uma prática indispensável para a obtenção de produção em quantidade e qualidade satisfatórias. Soma-se a isto, a importância sócio-econômica da bananicultura irrigada na região. Segundo o cadastro frutícola da COMPANHIA... (1999), a região norte de Minas Gerais apresenta uma área de 16.355 ha implantados com fruticultura irrigada, destes 73% (11.950 ha) são explorados com a cultura da banana. O mesmo cadastro levantou que 71% (11.307 ha) dos sistemas de irrigação utilizados na fruticultura norte mineira são do tipo localizados, com destaque para a irrigação por microaspersão, amplamente utilizada na cultura da banana.

Na irrigação localizada a água é aplicada diretamente sobre a região radicular, com pequena intensidade e alta frequência, de forma a fornecer quantidades necessárias de água às plantas. Caracteriza-se por não molhar a totalidade da superfície do solo, reduzindo, assim, a evaporação direta da água do solo (PIZARRO, 1990; BERNARDO, 1996). Neste sistema, a frequência de irrigação é definida levando-se em consideração a evapotranspiração da cultura, a capacidade de retenção de água do solo e o volume de solo a ser molhado. Deve ser ajustada para permitir um desenvolvimento radicular profundo, que irá promover a exploração de maior área do solo e, conseqüentemente, de nutrientes, evitando, assim, os freqüentes tombamentos de plantas em áreas de ventos fortes (HERNANDEZ ABREU et al., 1987).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da percentagem de área molhada no desenvolvimento da cultura da bananeira, irrigada por microaspersão, durante o período vegetativo, na região norte de Minas Gerais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultura da bananeira

2.1.1. Aspectos gerais

A bananeira (*Musa spp.*) é uma planta herbácea, caracterizada pela exuberância de suas formas e dimensões das folhas. Possui tronco curto e subterrâneo, denominado rizoma, que constitui um órgão de reserva, onde se inserem as raízes adventícias e fibrosas. O pseudocaule, resultante da união das bainhas foliares, termina com uma copa de folhas longas e largas, com nervura central desenvolvida. Do centro da copa emerge a inflorescência com brácteas ovaladas de coloração normalmente roxo-avermelhada, em cujas axilas nascem as flores. Cada grupo de flores reunidas forma uma penca com um número variável de frutos, desenvolvidos partenocarpicamente. Os frutos inicialmente são verdes, tornando-se amarelos com a maturação, posteriormente começam a escurecer e nesse estágio diz-se que a planta morreu. Entretanto, durante o desenvolvimento há formação de rebentos, que surgem na base da planta, possibilitando a constante renovação e a vida permanente dos bananais (DANTAS et al., 1997).

A cultivar 'Prata Anã' (AAB), objeto do presente estudo, pertence ao subgrupo 'Prata'. Apresenta pseudocaule vigoroso de cor verde-clara, brilhante, com poucas manchas escuras próximo à roseta foliar. O porte varia de 2,0 a 3,5 m e o diâmetro da base do pseudocule é de aproximadamente 50 cm. A

coloração do pecíolo e das nervuras principais é também verde-claro brilhante. Apresenta bom potencial de produtividade sob condições de irrigação, podendo atingir 30-35 t ha⁻¹ por ciclo (SILVA et al., 1997).

Segundo PADOVANI (1986), a bananeira se destaca como uma das fruteiras mais tipicamente tropicais que existem, apresentando desenvolvimento e produção contínuos nestas condições. O seu comportamento é afetado pelas condições edafoclimáticas da área de produção, podendo ocorrer, variações marcantes relacionadas aos aspectos vegetativos e produtivos, assim como na qualidade dos frutos.

Dentre as características de desenvolvimento vegetativo da bananeira, o diâmetro do pseudocaule é, provavelmente, o que mais pode se correlacionar positivamente com as características de produção (PEREZ, 1972 e SIQUEIRA, 1984). IUCHI et al. (1979) encontraram correlações positivas entre diâmetro do pseudocaule e peso do cacho na cultivar 'Prata', aos 12 meses após o plantio.

O aumento da massa vegetal da planta durante a fase de desenvolvimento vegetativo leva ao aumento do diâmetro do pseudocaule, o que possivelmente explica a correlação entre diâmetro do pseudocaule e rendimento da bananeira, como foi verificado por IUCHI et al. (1979) e SIQUEIRA (1984).

A bananeira tem sistema radicular esparsa e superficial. A maioria das raízes de absorção estende-se lateralmente próximo à superfície. SIMÃO (1971), afirma, que, em geral, 70% das raízes da bananeira são encontradas a 20 cm de profundidade e a 150 cm do pseudocaule. LIMA e MEIRELES (1986), apresentam resultados em que as raízes da bananeira podem passar de 150 cm de profundidade, tendo a maioria das raízes ativas nos primeiros 40 cm e a mais de 150 cm de distância do pseudocaule.

2.1.2. Ecofisiologia da bananeira

A bananeira, planta tipicamente tropical, necessita de calor constante, precipitações bem distribuídas e elevada umidade relativa para o seu bom desenvolvimento e produção.

Os fatores climáticos delimitam direta ou indiretamente as zonas produtoras, enquadrando-as em aptas, marginais ou inaptas. Seus principais

componentes – temperatura, precipitação pluvial, umidade relativa e luminosidade – permitem o estabelecimento e desenvolvimento do cultivo, bem como favorecem a incidência ou severidade do ataque de uma determinada doença ou praga.

Economicamente a cultura da bananeira apresenta uma distribuição geográfica compreendida entre as latitudes de 25° Norte e 25° Sul, embora sejam encontrados ainda bananais até 34° Norte em Israel e 30° Sul em Natal, na África. Nem todas as regiões dentro dessa faixa, contudo, apresentam condições favoráveis ao plantio comercial da bananeira, quer por questão de temperatura em função da altitude, quer por escassez ou má distribuição da precipitação pluvial (INSTITUTO..., 1990).

O Brasil apresenta condições favoráveis ao cultivo da bananeira em quase toda a sua extensão territorial, destacando-se as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, grande parte da região Sudeste e alguns microclimas da região Sul.

As exigências ecológicas da bananeira precisam ser estudadas antes de se instalar um plantio em escala comercial. Se as condições ecológicas não forem favoráveis à cultura, dificilmente o produtor obterá bons lucros, pois os fatores clima e solo são os grandes responsáveis pelo desenvolvimento da planta.

A bananeira não apresenta dormência e, sob condições favoráveis, desenvolve-se e produz continuamente.

A temperatura é de suma importância no cultivo da bananeira, porque influi diretamente nos processos respiratório e fotossintético da planta, estando relacionada com a altitude, luminosidade e ventos.

Para obtenção de altos rendimentos, são necessárias temperaturas altas e uniformes. Segundo AUBERT (1971) e GANRY (1973) a temperatura ótima para o desenvolvimento das bananeiras comerciais gira em torno dos 28°C, com mínimas não inferiores a 18°C e máximas não superiores a 34°C. Para CHAMPION (1963), pode-se considerar como favorável ao desenvolvimento da bananeira, uma média mensal de 25°C, sendo o limite geográfico mais propriamente função da frequência das noites frias. GANRY e MEYER (1975), verificaram que a temperatura de 26°C promove o máximo crescimento dos frutos. Segundo MOREIRA (1987) e INSTITUTO... (1990), os limites mais

favoráveis para o bom desenvolvimento da bananeira estão entre 20 e 24°C, registrados ao redor do pseudocaule e a 100 cm do solo. Os mesmos autores consideraram as temperaturas de 15°C e 35°C como os limites extremos para a exploração racional da bananeira. Abaixo de 15°C a atividade da planta é paralisada e acima de 35°C o desenvolvimento é inibido, principalmente devido à desidratação dos tecidos, especialmente das folhas (SOTO BALLESTERO, 1992). O efeito de temperaturas extremas é tanto mais deletério quanto maior for a sua duração.

Observa-se que a maioria das microrregiões produtoras de banana no Brasil apresentam déficit hídrico. Conseqüentemente, áreas preferenciais para implantação da bananicultura no Brasil são consideravelmente reduzidas quando se analisa a disponibilidade hídrica. Somente algumas zonas das regiões Norte e Sul não apresentam restrições a esse fator. Todavia, as áreas da região Sul estão geralmente associadas a baixas temperaturas no inverno.

Segundo SIMMONDS (1970), a precipitação efetiva ideal é de 100 mm mês⁻¹. Com base nesse raciocínio, a precipitação efetiva anual seria de 1.200 mm. Isto implica necessidade de irrigação suplementar nos meses em que a precipitação for inferior a 100 mm. Para obtenção de colheitas economicamente rentáveis, COSTA et al. (1999), consideram suficiente uma precipitação de 100 a 180 mm mês⁻¹, bem distribuída.

O excesso de chuvas é prejudicial à bananeira, pois reduz a aeração do solo, com conseqüente inibição do crescimento radicular. Tal situação promove a lixiviação de nutrientes e requer a instalação de sistemas de drenagem para o bom desenvolvimento do bananal.

A bananeira requer alta luminosidade, se bem que o fotoperíodo parece não influir no seu crescimento e na sua frutificação. O Nordeste brasileiro, possui de 2.300 a 2.800 horas de luz por ano, o que acelera o desenvolvimento e reduz o ciclo da bananeira.

O vento é um fator climático importante, podendo causar desde pequenos danos até a destruição do bananal. Segundo MOREIRA (1987), os prejuízos são proporcionais à sua intensidade, a saber: a) "chilling" no caso de ventos frios; b) desidratação da planta devido à grande transpiração; c) fendilhamento das nervuras secundárias; d) diminuição da área foliar pela

dilaceração da folha fendilhada; e) rompimento de raízes; f) quebra e tombamento da planta.

O efeito da altitude está relacionado com vários fatores climáticos (precipitação pluvial, temperatura, umidade relativa, luminosidade, dentre outros), os quais influem no desenvolvimento e na produção da bananeira. Com as variações da altitude, a duração do ciclo biológico da bananeira altera-se de forma substancial (SOTO BALLESTERO, 1992).

As regiões onde a umidade relativa média anual situa-se acima de 80% são as mais favoráveis à bananicultura. Esta alta umidade acelera a emissão de folhas, prolonga a sua longevidade, favorece o lançamento da inflorescência e uniformiza a coloração da fruta. Contudo, quando associada a chuvas e a variações de temperatura provoca a ocorrência de doenças fúngicas (MOREIRA, 1987 e INSTITUTO..., 1990).

2.1.3. Irrigação e necessidades hídricas

A bananeira requer uma grande e permanente disponibilidade de umidade no solo. Em regiões ou zonas produtoras com estação seca prolongada, faz-se necessário o uso de irrigação suplementar.

É fundamental que o solo assegure uma disponibilidade de água não inferior à 75% de sua capacidade de retenção, sem contudo provocar saturação o que prejudicaria a aeração. Em condições naturais de distribuição de chuvas esta disponibilidade raramente ocorre, porém, pode-se obtê-la com o uso da irrigação.

A quantidade de água exigida pela bananeira é grande e constante, variando o consumo de 3 a 8 mm dia⁻¹, segundo as condições de clima reinantes. Experiências em vários locais que correspondem aproximadamente as condições médias do Vale do Ribeira, em São Paulo, indicam que 50 mm de chuvas nos meses de inverno e 120 mm no verão, seriam os níveis mínimos suportáveis pelas bananeiras para vegetarem, mas não o suficiente para uma ótima produção (MOREIRA, 1987). Deve-se lembrar que estes índices variam com a densidade populacional do bananal. Outro aspecto a considerar, é o sistema de condução praticado pelo produtor: se ele conduz o bananal com uma, duas ou mais famílias por cova, o consumo de água será diferente,

devido a maior ou menor quantidade de raízes e massa foliar que explora uma mesma área.

Segundo CAMPOS (1982), a bananeira, em regiões de menor taxa de evaporação diária, vegeta bem com uma precipitação mensal média da ordem de 100 a 150 mm. O mesmo autor relata que em São Gonçalo, alto sertão paraibano, o índice de evaporação média diária, medida no tanque Classe A é de 9,0 mm, elevando-se essa média para 10,6 mm/dia nos meses de agosto a novembro. A evaporação total por ano atinge cifras superiores a 3.200 mm, com precipitação anual média que oscila em torno de 800 mm. Nessas condições, as exigências em irrigação são das mais elevadas, necessitando-se empregar lâminas d'água em torno de 220 a 240 mm mês^{-1} , nos meses de maior demanda hídrica da cultura.

A resistência da bananeira à seca não é muito grande. Para defender-se do déficit de umidade no solo, a planta fecha os estômatos, diminuindo assim a transpiração. Todavia, esta defesa da planta não é perfeita. Além do mais, o fechamento dos estômatos durante o dia concorre para a diminuição da atividade fotossintética que se traduz em uma diminuição do crescimento das folhas e da inflorescência. Sem o recurso da irrigação, a seca provoca a dessecação das folhas, culminando com a murcha total destas e posterior morte da planta (CHAMPION, 1963).

O consumo de água pela planta é elevado e contínuo, em função de sua morfologia e da hidratação dos seus tecidos. A bananeira adulta produz uma folha a cada sete dias, cujo limbo tem uma superfície de 3 m² no caso da cultivar 'Gros Michel' e de 1 m² para a 'Nanica'. Em boas condições, uma bananeira possui uma quinzena de folhas funcionais, ou seja, 45 m² para a primeira cultivar e 15 m² para a segunda. Na densidade usual de 900 plantas por hectare para a 'Gros Michel' e 2.500 para a 'Nanica' a superfície de transpiração será de 40.500 m² e 37.500 m² respectivamente (CHAMPION, 1963), o que permite compreender que suas necessidades de água sejam elevadas e constantes. Por estas interferências, é atribuído à bananeira um consumo anual de água variável de 1.000 a 3.100 mm (MARINATO, 1980; LIMA e MEIRELLES, 1986).

AUBERT (1968), afirma que, dependendo das condições climáticas, a cultura da bananeira pode consumir facilmente 900 a 1800 mm de água em 9 a

10 meses. Assim, o seu cultivo exige grandes quantidades de água, visto que as perdas por evapotranspiração podem variar de 30 a 60 m³ ha⁻¹ dia⁻¹.

No Brasil, para o bom desenvolvimento da bananeira, são citados um consumo de 1.200 a 1.800 mm/ano. Para o vale do Jordão (Israel) são empregados valores de 2.600 a 3.100 mm ano⁻¹. Para a região costeira de Israel, os bananais consomem entre 1.000 e 1.300 mm ano⁻¹. Na Guiné conseguem-se melhores resultados, aplicando-se 30 mm de água a cada cinco dias, somando 180 mm mês⁻¹, ou 2.160 mm ano⁻¹. De modo geral, assume-se o valor de 1.800 mm, bem distribuídos ao longo do ano, como sendo o ideal para suprir as necessidades hídricas da bananeira (MARINATO, 1980).

DOORENBOS e KASSAN (1979), citam que as necessidades hídricas anuais para, o bom desenvolvimento da bananeira, variam de 1.200 mm nos trópicos úmidos a 2.200 mm nos trópicos secos. Para a produção em condições de sequeiro, os mesmos autores citam, que são desejáveis precipitações médias de 2.000 a 2.500 mm ano⁻¹, bem distribuídas, embora a bananeira se desenvolva freqüentemente com menores precipitações.

O consumo de água da bananeira aumenta durante o período de floração, devido ao aumento da atividade fisiológica. Quando há déficit de água, ocorre o fechamento dos estômatos durante o dia, diminuindo a atividade fotossintética e, em consequência, há um retardamento na emissão das folhas e no desenvolvimento da inflorescência e um dessecamento das folhas mais velhas (CAMPOS, 1982).

O déficit de água é mais grave nas fases de diferenciação floral e de início da frutificação. Com severo déficit de umidade no solo, a roseta foliar se comprime, dificultando ou até mesmo impedindo o lançamento da inflorescência. Consequentemente, o cacho perderá o seu valor comercial (CHAMPION, 1963).

Segundo DOORENBOS e KASSAM (1979), o período de estabelecimento e a fase inicial de desenvolvimento vegetativo determinam o potencial de crescimento e frutificação, sendo essenciais suprimentos adequados de água e nutrientes. O déficit hídrico nessas fases poderá afetar o desenvolvimento das folhas e, com isto, influir no número de flores, pencas e produção de cachos. Estes mesmos autores afirmam que o suprimento regular de água, em condições irrigadas, durante toda a temporada de crescimento,

produz plantas mais altas e com maior área foliar, o que resulta em brotos mais precoces e rendimentos maiores. Afirmam ainda, que o intervalo entre irrigações tem influência marcante sobre os rendimentos, que são mais elevados quando os intervalos são mais curtos.

As bananeiras são sensíveis à salinidade, assim, para seu ótimo desenvolvimento vegetativo e obtenção de bons níveis de produtividade, a bananeira requer valores de condutividade elétrica (CE) da água de irrigação não superiores a $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ (ISRAELI e NAMERI, 1982). Desta forma, o manejo da irrigação é um fator de grande importância para se obter sucesso na bananicultura. Pois só assim pode-se maximizar a eficiência do uso da água, não se esquecendo da sintonia com as outras etapas do processo produtivo, tais como, variedades, densidade de plantio, fertilização, tratos culturais, colheita e pós-colheita.

Segundo DOORENBOS e KASSAN (1979), quase 100% da água extraída pela bananeira dá-se na profundidade de até 80 cm, sendo 60% nos primeiros 30 cm. COELHO et al. (2001), apresentam resultados em que a extração de água pela cultivar 'Prata Anã' nas condições do norte de Minas Gerais, sob irrigação por microaspersão, com uma frequência de irrigação de dois dias, ocorreu com maior intensidade na profundidade de até 50 cm e a 70 cm de distância do pseudocaule.

Trabalhos conduzidos na Fazenda Experimental da EPAMIG, no Projeto Gorutuba, na região norte de Minas Gerais, estudaram níveis de reposição de água quando o solo perdia 20, 40, 60 e 80% da sua capacidade total de armazenamento de água (CTA). Tais trabalhos, mostraram que o solo não deve perder mais de 60% da CTA, sendo ideal que a reaplicação ocorra com a perda entre 40 e 50% da CTA. Observou-se ainda que a partir da "planta-filha" (2º ciclo), com a incorporação dos restos culturais entre as fileiras de plantas e o aumento da área sombreada pela cultura, a retenção de água no solo aumentou e a evaporação direta diminuiu, aumentando assim, o intervalo entre irrigações. Nessas condições a produtividade da bananeira, cv. 'Nanica', foi de 58 e 82 t ha^{-1} , respectivamente para o 1º e 2º ciclos, no tratamento com perda de 40% da CTA (MARCIANI-BENDEZÚ et al., 1985).

Segundo MOREIRA (1987), uma forma prática de avaliar a necessidade da irrigação na cultura da bananeira é observando a posição dos lóbulos

foliares em relação à nervura central. Sempre que eles estiverem caídos verticalmente, é sintoma de que a planta está precisando de água. Quando a bananeira está com seu sistema radicular bem desenvolvido, admite-se ser de duas horas por dia o tempo máximo que as folhas podem ficar com os lóbulos pendentes, sem causar prejuízos à produção. Se este tempo aumentar para três horas, é recomendável o início das irrigações.

Há estudos da avaliação dos efeitos da irrigação na cultura da bananeira em vários países produtores, levando-se em consideração a evapotranspiração e a umidade do solo, e em todos eles ficou evidente que a irrigação sempre proporcionou aumento de produção. Se ela for feita de modo a suprir efetivamente as necessidades hídricas e houver um bom sistema de drenagem, estando o bananal com bom aspecto fitossanitário, tem-se conhecimento de que a produtividade apresentou, em muitos casos, aumento de até 100% (MOREIRA, 1987).

MEYER e SCHOCH (1986), confrontando os principais trabalhos sobre as necessidades hídricas da bananeira, concluíram que os dados são bastantes divergentes e que não é aconselhável generalizações sobre o assunto. Fazem ainda as seguintes observações: i. muitos dados são difíceis de se comparar entre si ou extrapolar para outras regiões, pois são pobres de informações climáticas, sendo que os trabalhos mais recentes apresentam referências à evaporação do tanque classe “A” ou estimativas da evapotranspiração potencial; ii. entre os resultados disponíveis, os valores apresentam diferenças, mesmo quando as referências climáticas são comparáveis; iii. as indicações que dizem respeito à planta são freqüentemente insuficientes e imprecisas.

SANTOS (1996), trabalhando com bananeira cv. ‘Prata Anã’, sob irrigação por gotejamento, na região de Lavras-MG, testando lâminas de irrigação e percentagens de área molhada, constatou que para as variáveis altura da planta, medida do solo até a roseta foliar, e perímetro do pseudocaule, medido a 20 cm do solo, o melhor tratamento foi aquele que utilizou 100% da evaporação do tanque classe “A”. Já para a variável número de folhas emitidas, as lâminas não determinaram efeitos significativos. Para as percentagens de área molhada, verificou-se que duas linhas de gotejadores por

fileira de plantas demonstraram superioridade em comparação com a utilização de uma linha de gotejadores.

FIGUEIREDO (1998), em trabalho semelhante, também na região de Lavras-MG com a cv. 'Prata Anã', sob irrigação por gotejamento, verificou que não houve diferença de comportamento entre as duas percentagens de área molhada utilizadas (16,6 e 33,2%) e nem entre as parcelas irrigadas e não irrigadas quanto ao desenvolvimento vegetativo e produção da bananeira. O autor relata, ainda, que as precipitações ocorridas no período de realização do experimento (1996 e 1997) foram suficientes para suprir as demanda hídrica da cultura da bananeira tanto no período de desenvolvimento vegetativo, quanto na fase de produção, uniformizando, assim, os tratamentos.

2.2. Irrigação localizada

2.2.1. Aspectos gerais

Dentre as muitas vantagens citadas por BERNARDO (1996) para a irrigação localizada, uma das mais importantes é a eficiência no uso da água. Isso porque os sistemas de irrigação localizada permitem um melhor controle da lâmina de água aplicada, diminuem as perdas por evaporação e arrastamento pelo vento, minimizam as perdas por percolação e normalmente não há perdas por escoamento superficial. Entretanto, se o manejo e a operação desses sistemas não forem executados com um controle eficiente e racional, eles podem vir a apresentar baixas eficiências de irrigação, situação observada em muitos projetos em operação no Brasil.

Ao utilizar a irrigação localizada na cultura da bananeira, a área do solo molhada, medida entre 40 e 60 cm de profundidade, não deve ser inferior a 40% da área ocupada pela planta. Com isto garante-se que acima de 90% do sistema radicular esteja sendo irrigado, beneficiando, assim o processo de transpiração da cultura (RODRIGO LOPEZ et al., 1981).

Segundo OLIVEIRA (1997), ao utilizar o sistema de irrigação por microaspersão na cultura da bananeira, o plantio deverá ser em fileiras duplas, sendo as linhas laterais posicionadas no centro das fileiras mais estreitas. Com isto se economiza em 50% o número de linhas laterais do projeto, sem

qualquer prejuízo à cultura. A microaspersão está menos sujeita a entupimentos e molha maior volume de solo, sem no entanto onerar o custo por hectare. Por tudo isso, OLIVEIRA (1997), considera, tecnicamente, o sistema de irrigação por microaspersão, como o mais indicado para o cultivo da bananeira. Esta mesma opinião é compartilhada por ALMEIDA (1997), que avaliando os sistemas de irrigação pressurizados e o manejo da água na cultura da bananeira no Projeto Gortuba, no norte de Minas Gerais, verificou que os sistemas de irrigação por microaspersão apresentaram os melhores resultados dentre todos os sistemas avaliados.

2.2.2. Coeficiente de localização (KI) e percentagem de área molhada (Pw)

Em irrigação localizada somente uma parte da superfície do solo é molhada, em consequência, reduz-se a evaporação direta da água do solo e o efeito da alta frequência de aplicação de água, mantendo o solo sempre próximo à capacidade de campo, favorece o aumento da transpiração. No balanço supõe-se uma diminuição na evapotranspiração da cultura (ET_c), cuja magnitude depende de várias características das partes transpirantes das plantas, como: massa foliar, superfície total das folhas, volume da copa, entre outras (HERNANDEZ ABREU et al., 1987; PIZARRO, 1990). Assim, em irrigação localizada, é necessário fazer uma correção na evapotranspiração da cultura (ET_c) determinada para os demais sistemas de irrigação (SOARES, 1998).

Tem-se proposto numerosos procedimentos para corrigir a ET_c devido ao efeito da localização. Entre eles, tem-se selecionado como mais práticos aqueles que se baseiam na percentagem de área sombreada, que é definida como “a fração da superfície do solo sombreada pela cobertura vegetal ao meio-dia no solstício de verão, em relação a superfície total” (PIZARRO, 1990). Assim, a correção devido a localização, consiste em multiplicar a ET_c por um coeficiente de localização (KI), cujo valor depende da percentagem de área sombreada definida anteriormente.

Um dos fatores importantes a considerar no cálculo de um projeto de irrigação localizada, é a proporção da superfície ou volume de solo que deve ser umedecido em relação à superfície total. Essa proporção designa-se

percentagem de área molhada (Pw) (KELLER e KARMELI, 1975; VERMEIREN e JOBLING, 1980).

Diversos autores tem estudado a relação entre KI e a percentagem de área sombreada e/ou molhada, obtendo as mais variadas equações. A seguir são apresentadas algumas equações propostas por diversos autores para a determinação de KI:

1. KELLER (1978)

$$KI = P + 0,15(1 - P) \quad (1)$$

2. KELLER e BLIESNER (1990)

$$KI = \sqrt{P} \quad (2)$$

3. KELLER e KARMELI (1975)

$$KI = \frac{P}{0,85} \quad (3)$$

4. FERERES (1981)

$$\text{Se, } P \geq 65\% \rightarrow KI = 1,0 \quad (4)$$

$$\text{Se, } 20\% < P < 65\% \rightarrow KI = 1,09P + 0,30 \quad (5)$$

$$\text{Se, } P \leq 20\% \rightarrow KI = 1,94P + 0,1 \quad (6)$$

5. Aljibury et al. (1974), citados por HERNANDEZ ABREU et al. (1987)

$$KI = 1,34P \quad (7)$$

6. Decroix (CTGREF - comunicação pessoal), citado por VERMEIREN e JOBLING (1980)

$$KI = 0,1 + P \quad (8)$$

7. Hoare et al. (1974), citados por HERNANDEZ ABREU et al. (1987)

$$KI = P + 0,5(1 - P) \quad (9)$$

Em todas as equações, P representa o valor da percentagem de área sombreada, em decimal.

Estes métodos supõem que a evapotranspiração na área sombreada se comporta quase igual a evapotranspiração da superfície de um solo sob irrigação convencional, enquanto que a área não sombreada elimina água com uma intensidade muito menor. As equações propostas por Hoare et al. (1974), citados por HERNANDEZ ABREU et al. (1987) e KELLER (1978), mostram a influência da parte sombreada (P) e da não sombreada ($1 - P$) pela cultura no valor de K_l .

Segundo PIZARRO (1990), uma crítica que se pode fazer a estas equações é que em todas elas, com exceção das propostas por FERERES (1981) e KELLER e BLIESNER (1990), a relação entre K_l e P é linear. Trabalhos conduzidos na Califórnia por FERERES (1981), com as culturas da amendoeira e do pessegueiro, mostram que tal relação não se cumpre, e que para pequenos valores de P , as necessidades calculadas podem ser menores que as reais.

Em alguns métodos, para maiores valores de P , tem-se valores de K_l maior que um. Nestes casos deve-se considerar o valor de K_l igual a um. E no caso de ausência de cultivo ($P = 0$), algumas equações fornecem valores não nulos de K_l . Por estas razões é recomendável, ao aplicar estas equações, não perder de vista o seu significado real.

Na determinação da percentagem de área molhada, têm-se dois casos a considerar: (i) quando se irriga uma faixa contínua do solo, o que é mais comum nos cultivos com menores espaçamentos entre plantas; (ii) quando se irriga por árvore, ou seja, não se formará uma faixa molhada contínua, mas sim áreas molhadas distintas por árvore, este processo é usado em cultivos com maiores espaçamentos entre covas, como pomares (BERNARDO, 1996).

A percentagem de área molhada depende do volume e da vazão em cada ponto de emissão, do espaçamento entre emissores e do tipo de solo que está sendo irrigado (KELLER e KARMELI, 1975; VERMEIREN e JOBLING, 1980; KELLER e BLIESNER, 1990; PIZARRO, 1990).

De acordo com PIZARRO (1990), valores elevados de P_w aumentam a segurança do sistema, sobretudo em caso de avaria na instalação ou situações de extrema evapotranspiração. Por outro lado, ao aumentar-se P_w , geralmente

aumenta-se também, o custo de implantação do sistema. Enfim, pode-se dizer que quanto maior é o intervalo entre irrigações, maior é o risco no caso de um valor de P_w muito próximo ao mínimo. Assim, para efeito de dimensionamento é necessário usar um valor mínimo pré-estabelecido para a percentagem de área molhada. Segundo PIZARRO (1990), valores de P_w na ordem de 30 a 40% podem ser suficientes.

KELLER (1978), aconselha, para árvores, valores de P_w superiores a 20%, em zonas com altas precipitações e solos de textura média a argilosa, onde a irrigação é aplicada durante os períodos de seca (geralmente curtos), e entre 33 e 50% em zonas com baixas precipitações. Já SAN JUAN (1988), afirma que é comprovado o aumento de produção quando irriga-se mais de 50% do volume ocupado pelas raízes.

Para plantios mais espaçados, KELLER e BLIESNER (1990), recomendam valores de P_w entre 33 e 67% e afirmam que em regiões com considerável suprimento de chuvas, valores menores que 33% são aceitáveis para solos de textura média a argilosa. Os mesmos autores consideram que valores de P_w superiores a 33% promovem um desenvolvimento satisfatório do sistema radicular das plantas.

MERRIAN e KELLER (1978), estabeleceram que a área molhada seja medida a 30 cm de profundidade e, posteriormente, HERNADEZ ABREU et al. (1987), sugeriram que essa medida fosse realizada na profundidade em que a densidade radicular seja máxima.

Um aspecto que deve ser observado no dimensionamento é que quanto maior o volume de solo molhado, e portanto, o explorado pelas raízes, menor será a possibilidade de se produzir um estresse hídrico, pelo aumento da reserva de água no solo (VERMEIREN e JOBLING, 1980).

QUARESMA FILHO (1999), avaliando quatro lotes implantados com a cultura da bananeira, sob irrigação por microaspersão, no Projeto Jaíba, na região norte de Minas Gerais, encontrou os seguintes valores para a percentagem de área molhada 60, 85, 75 e 85%.

2.2.3. Avaliação e uniformidade

De acordo com KELLER e BLIESNER (1990), a avaliação do desempenho de um sistema de irrigação é etapa fundamental antes de qualquer estratégia de manejo de irrigação, pois é com base nos seus resultados que será possível adequar o equipamento e a sua utilização em relação aos requerimentos de água das plantas cultivadas, considerando-se a eficiência e a uniformidade de aplicação de água do sistema.

Na avaliação de um sistema de irrigação localizada, as medições necessárias são: umidade do solo antes da irrigação, tempo de aplicação de água, vazão e pressão de serviço dos emissores, diâmetro molhado pelo emissor e uniformidade de distribuição de água (MERRIAN e KELLER, 1978).

Segundo BERNARDO (1996), o uso do coeficiente proposto por CHRISTIANSEN (1942), determinado por meio da equação 10, para o cálculo da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação localizada, permite a obtenção de resultados bastante confiáveis, porém ela requer a medição da vazão de todos os emissores do sistema, o que requer muito tempo e muita mão-de-obra. Um outro método, proposto por KELLER e KARMELI (1975), recomenda a medição de vazões em quatro pontos ao longo da linha lateral, ou seja, no primeiro emissor, no emissor situado a 1/3 do comprimento, no emissor situado a 2/3 do comprimento e do último emissor. Neste mesmo método, as linhas laterais selecionadas para a determinação das vazões, ao longo da linha de derivação, devem ser a primeira linha lateral, a linha lateral situada a 1/3 do comprimento, a situada a 2/3 do comprimento e a última linha lateral. Devido ao pequeno número de pontos determinados em cada linha lateral, principalmente em se tratando de linhas laterais de maior comprimento, DENÍCULI et al. (1980), sugere a coleta de dados em oito emissores por linha lateral, determinando-se a vazão do primeiro emissor da linha lateral, dos situados a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 do comprimento da linha lateral e do último emissor da linha, mantendo-se o mesmo critério proposto por KELLER e KARMELI (1975), para a seleção das linhas laterais a serem avaliadas.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_i^n |Q_i - Q|}{nQ} \right) \quad (10)$$

em que

CUC – coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

Q_i – vazão coletada em cada emissor, $L\ h^{-1}$;

Q – média das vazões coletadas em todos os emissores, $L\ h^{-1}$; e

n – número de emissores avaliados.

MERRIAM e KELLER (1978) apresentam o seguinte critério geral para interpretação dos valores de coeficiente de uniformidade para sistemas que estejam em operação por um ou mais anos: maior que 90%, excelente; entre 80 e 90%, bom; entre 70 e 80%, regular; e menor que 70%, ruim.

A uniformidade para sistemas de irrigação localizada está geralmente limitada à uniformidade de descarga dos emissores para suprir a água requerida pelas plantas individualmente. A baixa uniformidade de distribuição levará a um aumento da quantidade de água aplicada, uma vez que, para que as plantas que recebem menor lâmina d'água recebam a quantidade suficiente, a lâmina de irrigação deverá ser aumentada, com isso, a maior parte das demais plantas receberá um excesso de água que se perderá (RODRIGO LOPEZ et al., 1992). BONOMO (1999), salienta, ainda, que, além de maior produtividade, uma maior uniformidade é importante para homogeneizar a distribuição de fertilizantes na cultura, quando o sistema de irrigação é também usado para a fertirrigação.

Convencionalmente, avaliam-se sistemas de irrigação por microaspersão através da medição das vazões dos microaspersores, determinando-se o coeficiente de uniformidade por meio da equação 10, proposta por CHRISTIANSEN (1942). Visto que na maioria destes sistemas, geralmente, tem-se um ou dois microaspersores por planta. Todavia, a irrigação por microaspersão em bananeiras é realizada por meio de um microaspersor irrigando mais de uma planta, na maioria das vezes quatro, ocorrendo, inclusive, sobreposição de lâminas. Assim, torna-se importante, não só a determinação da uniformidade de emissão de água por meio da medição da vazão dos microaspersores, mas também a determinação da uniformidade de distribuição de água em torno de cada planta por meio de uma malha de coletores.

Visando suprir esta particularidade na determinação do coeficiente de uniformidade na cultura da bananeira irrigada por microaspersão, ALMEIDA (1997), propôs uma metodologia de avaliação denominada de coeficiente de uniformidade de Christiansen ajustado (equação 11). Este coeficiente considera não só a extensão do sistema radicular da bananeira, mas também a interceptação da água aplicada pelo pseudocaule, o que poderia influenciar negativamente no coeficiente de uniformidade de Christiansen calculado da forma tradicional, tendo como consequência a falta de representatividade do mesmo.

$$CUCaj = 100 \left(1 - \frac{\sum_i^n |Y_i - Y|}{nY} \right) \quad (11)$$

em que

CUCaj – coeficiente de uniformidade de Christiansen ajustado, %;

Y_i – precipitação média em torno de cada planta, mm;

Y – média das precipitações em todos os coletores, mm; e

n – número de plantas.

ALMEIDA (1997), avaliando sistemas de irrigação por microaspersão na cultura da bananeira no Projeto Gorutuba, na região norte de Minas Gerais, concluiu que o coeficiente de uniformidade de Christiansen ajustado foi efetivo para representar a uniformidade do sistema, apresentando valor médio de 87,9%, sendo superior ao valor médio de 50,7% do coeficiente de uniformidade de Christiansen obtido convencionalmente.

QUARESMA FILHO (1999), avaliando os sistemas de irrigação por microaspersão na fruticultura dos Projetos Gorutuba e Jaíba, na região norte de Minas Gerais, reforçou a tese de que o coeficiente de uniformidade de Christiansen ajustado, proposto por ALMEIDA (1997), representa melhor a uniformidade de distribuição de água quando um microaspersor irriga mais de uma planta, como ocorre na cultura da bananeira, encontrando valores médios de 89,1 e 79,4% para os Projetos Gorutuba e Jaíba, respectivamente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido no Lote 29M, Gleba C2 do Projeto Jaíba, no município de Matias Cardoso, norte de Minas Gerais, de coordenadas geográficas de 14° 50' de latitude sul, 43° 55' de longitude oeste e altitude de 472 m.

O Lote, de propriedade da FAHMA Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda, tem uma área total irrigável de 50 ha, estando atualmente cultivado com 6,0 ha de manga, 6,0 ha de goiaba, 6,0 ha de atemóia, 6,0 ha de pinha e 12,0 ha de banana, sendo todas as culturas irrigadas por microaspersão.

Destinou-se para o experimento uma área de 0,4 ha dentro dos 12,0 ha de banana cultivados.

3.2. Caracterização pedológica

Para a implementação do manejo da irrigação e da cultura, retirou-se amostras de solo para análises química, física e físico-hídrica, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Os resultados destas análises são apresentados nos Quadros 1, 2 e 3, respectivamente.

Com os resultados da análise química realizada em agosto de 2000 (Quadro 1), verificou-se a necessidade da correção do solo por meio da calagem.

Quadro 1 – Resultados das análises química do solo.

Parâmetro	Unidade	Data de amostragem		
		Agosto/2000 (0 – 20 cm)	Agosto/2000 (20 – 40 cm)	Abril/2001 (0 – 20 cm)
pH em água	-	4,5	4,5	5,6
Macronutrientes				
P	mg dm ⁻³	1,0	0,0	3,0
K	mg dm ⁻³	38,0	28,0	40,0
Ca	Cmol _c dm ⁻³	0,5	0,4	1,3
Mg	Cmol _c dm ⁻³	0,1	0,1	0,2
Al	Cmol _c dm ⁻³	0,3	0,3	0,1
H + Al	Cmol _c dm ⁻³	3,2	4,0	1,3
Soma de bases	Cmol _c dm ⁻³	0,6	0,5	1,6
CTC efetiva	Cmol _c dm ⁻³	0,9	0,8	1,7
CTC a pH 7	Cmol _c dm ⁻³	3,9	4,5	3,0
Saturação de Al	%	32,0	37,0	6,0
Saturação de bases	%	16,0	11,0	55,0
Micronutrientes				
Zn	mg dm ⁻³	0,08	0,06	2,95
Cu	mg dm ⁻³	0,46	0,42	0,20
Fe	mg dm ⁻³	47,20	50,40	37,80
Mn	mg dm ⁻³	8,94	6,12	28,90
B	mg dm ⁻³	0,39	0,32	0,27

Quadro 2 – Resultados da análise física do solo.

Profundidade (cm)	Matéria orgânica (dag kg ⁻¹)	Areia (dag kg ⁻¹)	Silte (dag kg ⁻¹)	Argila (dag kg ⁻¹)
0 - 20	0,7	85	7	8
20 - 40	0,5	84	8	8

Quadro 3 – Resultados da análise físico-hídrica do solo.

Profundidade (cm)	Unidade	Tensão (Kpa)						Massa específica (g cm ⁻³)
		0,1	0,3	1,0	3,0	10,0	15,0	
0 - 20	%	9,5	7,7	5,8	5,1	4,5	4,1	1,47
20 - 40	%	12,2	9,1	7,0	6,3	5,6	5,3	1,44

O cálculo da quantidade de calcário a ser aplicado foi realizado tendo como base a metodologia de recomendação de calagem proposta pela COMISSÃO DE FERTILIDADE... (1999), fornecendo uma quantidade de 2,5 t de calcário por hectare. Para a correção do solo utilizou-se calcário dolomítico, com as seguintes características químicas: 12 a 15% de MgO, 35 a 38% de CaO e PRNT de 90%.

A calagem foi realizada em novembro de 2000. Em abril de 2001, realizou-se uma nova amostragem do solo para o cálculo da adubação de fundação e verificação da ação da correção do solo através da aplicação do calcário, os resultados desta análise são, também, apresentados no Quadro 1. Observa-se que os níveis de P, K, Ca e Mg no solo estão muito baixos, não sendo suficientes para a adequada nutrição da bananeira.

As análises físico-hídricas realizadas no Laboratório de Água e Solos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa foram: curva de retenção de água e massa específica do solo, sendo os resultados apresentados no Quadro 3.

Retiraram-se amostras de solo indeformadas, extraídas com trado tipo *Uhland*, para determinação da massa específica do solo e deformadas, extraídas com trado *holandês*, para determinação da curva de retenção de água no solo. As amostras extraídas com trado tipo *Uhland* foram acondicionadas em recipientes de alumínio e levadas para o laboratório, onde foram secas em estufa a 105°C por 24 horas, sendo utilizados os valores do seu peso seco e do volume do anel da sonda de *Uhland* para a determinação da massa específica do solo em estudo. E as amostras deformadas foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas para o laboratório, onde foram homogeneizadas, peneiradas e saturadas, para então, serem levadas para a câmara de pressão, determinando-se, assim, a curva de retenção de água no solo.

Através dos resultados da análise física do solo, apresentada no Quadro 2, o mesmo foi classificado como areia franca, segundo a metodologia para determinação das classes texturais dos solos descrita pela COMISSÃO DE FERTILIDADE... (1999). Em função desta classificação, utilizou-se a tensão de 0,1 KPa para a determinação da umidade correspondente à capacidade de

campo do solo. Sendo o ponto de murcha a umidade correspondente a tensão de 1,5 MPa.

3.3. Caracterização climática

No Quadro 4 apresenta-se as médias mensais de temperatura máxima, média e mínima, insolação, velocidade do vento, umidade relativa, radiação (média de 24 h) e evapotranspiração de referência (Penman-Monteith), observadas durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

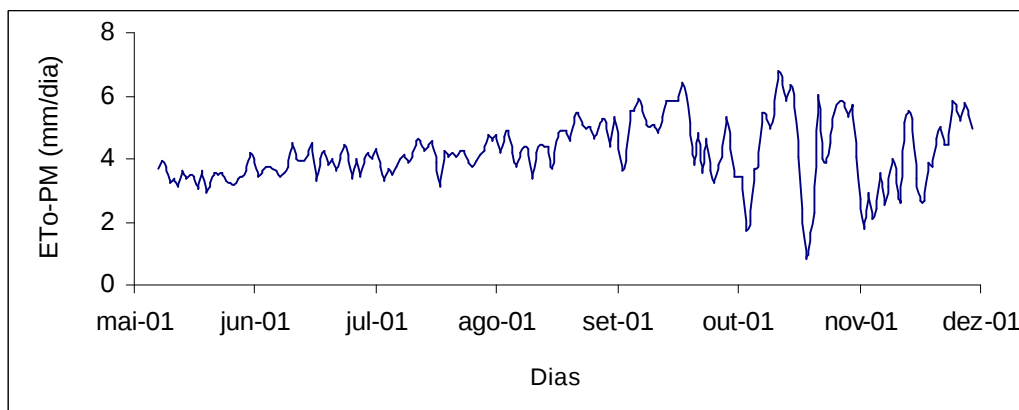
Quadro 4 - Temperaturas máxima (Tx), média (Tmédia) e mínima (Tn), insolação (Inso), velocidade do vento (Vv), umidade relativa (Ur), radiação (Rad - média de 24 h) e evapotranspiração de referência (Penman-Monteith - ETo-PM), observadas durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

Mês	Tx (°C)	Tmédia (°C)	Tn (°C)	Inso (h dia ⁻¹)	Vv (m s ⁻¹)	Ur (%)	Rad (w m ⁻²)	ETo-PM (mm dia ⁻¹)
Mai/01	31,7	25,4	17,8	8,2	1,8	74,0	-	3,53
Jun/01	30,4	24,4	15,8	8,6	2,1	69,9	-	3,58
Jul/01	30,6	24,7	14,5	9,1	2,3	66,9	-	3,98
Ago/01	30,2	23,1	14,8	-	1,2	57,5	223,6	4,19
Set/01	33,2	25,6	17,3	-	1,0	53,0	250,5	5,08
Out/01	32,4	26,2	20,9	-	1,0	64,4	226,6	4,62
Nov/01	30,4	24,8	20,7	-	0,5	85,2	200,8	3,70
Dez/01	31,4	25,1	19,3	-	0,7	79,1	265,3	4,75
Média	31,2	24,8	17,5	8,8	1,3	67,2	229,3	4,20

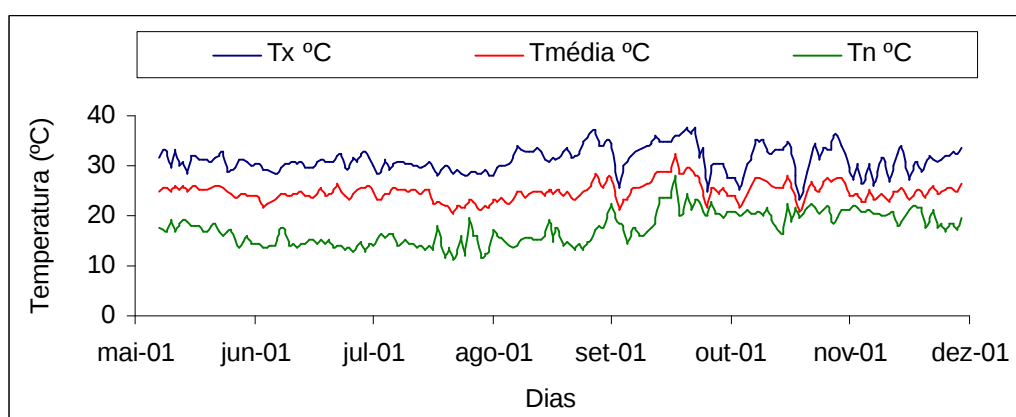
O experimento foi conduzido no período de 25 de maio à 14 de dezembro de 2001. Assim os dados relativos aos meses de maio e dezembro de 2001 correspondem, respectivamente, ao período de 25 à 31 de maio e 01 à 14 de dezembro.

A Figura 1 mostra a variação dos valores diários da evapotranspiração de referência (Penman-Monteith) e das temperaturas máxima, média e mínima e a distribuição das precipitações, durante o período de condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

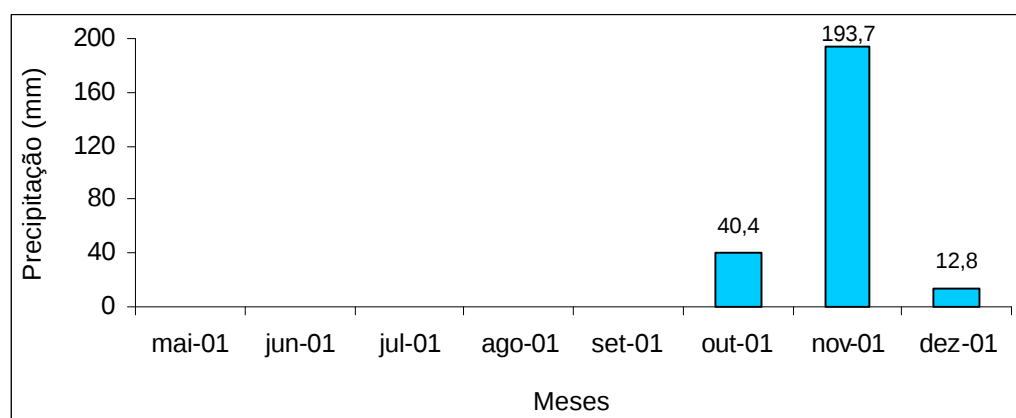
Observa-se, na Figura 1, que a região norte de Minas Gerais apresenta condições térmicas favoráveis para o desenvolvimento da bananeira. Porém, o



(A)



(B)



(C)

Figura 1 - Valores diários da evapotranspiração de referência (Penman-Monteith – ETo-PM) (A) e das temperaturas máxima (Tx), média (Tmédia) e mínima (Tn) (B) e ocorrência de precipitações (C), durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

regime pluvial, mal distribuído ao longo do ano, é insuficiente para suprir as necessidades hídricas da cultura, sendo necessário o uso da irrigação.

3.4. Água de irrigação

Coletou-se uma amostra da água de irrigação utilizada no Lote 29M para análise, sendo esta encaminhada para o laboratório de água e solos da EPAMIG, localizado no município de Nova Porteirinha-MG. O resultado desta análise é apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Resultado da análise da água de irrigação utilizada no Lote 29M.

Parâmetro	Unidade	Quantidade
pH	-	6,7
Condutividade Elétrica – CE	Micromhos cm^{-1} a 25°C	79
Ca	meq L^{-1}	0,65
Mg	meq L^{-1}	0,16
Na	meq L^{-1}	0,15
Carbonato	meq L^{-1}	0,00
Bicarbonato	meq L^{-1}	1,20
Cloreto	meq L^{-1}	0,40
Razão de Adsorção de Sódio - RAS	-	0,24
Classificação da água para irrigação ¹	C1S1	

¹ – Segundo o U.S. Salinity Laboratory Staff – U.S.D.A. Agriculture Handbook Nº 60.

3.5. Sistema de irrigação

Todas as culturas do Lote 29M são irrigadas por microaspersão. O projeto consta de seis setores, todos com uniformidade de distribuição de água acima de 90%.

A cultura da bananeira foi implantada no sistema de espaçamento em fileiras duplas, nas dimensões de 4x3x2 m. Desta forma, a irrigação foi realizada com a linha lateral posicionada no centro das fileiras mais estreitas, ou seja, de 3 m de largura. Utilizou-se a proporção de um microaspersor para cada quatro plantas.

As características do sistema de irrigação utilizado para a cultura da bananeira no Lote 29M são descritas a seguir:

1. Vazão nominal do emissor a 15 mca: 60 L h^{-1} ;
2. Pressão na saída do cavalete: 18 mca;
3. Pressão de serviço, medido no campo: 15 a 18 mca;
4. Vazão média do emissor, medida no campo: 64 L h^{-1} ;
5. Comprimento do microtubo: 0,5 m;
6. Altura da estaca: 0,3 m;
7. Espaçamento entre linhas laterais: 7,0 m;
8. Espaçamento entre emissores: 4,0 m;
9. Número de emissores por planta: 0,25;
10. Número de setores: 2;
11. Área por setor: 6,0 ha;
12. Número de blocos por setor: 4;
13. Número de cavaletes por bloco: 1;
14. Número de válvulas automáticas por cavalete: 2;
15. Número de microaspersores por setor: 2.112;
16. Vazão total por setor: $135,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$;
17. Diâmetro nominal da linha lateral: 16 mm;
18. Percentagem de área molhada: 68%.

A cultura da bananeira no Lote 29M ocupa os setores de irrigação um e dois, sendo o experimento montado em um dos quadrantes do primeiro bloco do setor um, ocupando uma área de aproximadamente 0,4 ha.

O sistema de irrigação é todo automatizado, incluindo o sistema de filtragem com retrolavagem automática, por meio de mecanismos hidráulicos. O funcionamento automático do sistema possibilita o controle do tempo de irrigação para cada um dos setores do projeto, controlando, também, através do quadro elétrico, a partida e o desligamento dos conjuntos motobombas. A abertura e fechamento dos setores dá-se mediante válvulas de acionamento hidráulico, instaladas nos cavaletes localizados em cada bloco dos seis setores de irrigação. As válvulas hidráulicas são conectadas por meio de microtubos aos solenóides, e estes conectados por meio de cabos elétricos de cobre ao programador, localizado no cabeçal de controle no interior da casa de bomba.

A unidade de bombeamento consta de 4 conjuntos motobombas instalados em paralelo, sendo cada conjunto constituído por motor de 3500 rpm e potência de 15 cv e bomba com vazão de $46 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e altura manométrica de 55 mca.

Para a aplicação de fertilizantes dispõe-se de um sistema de fertirrigação completo, composto de uma bomba injetora elétrica com capacidade de vazão para 532 L h^{-1} , um depósito de adubos com capacidade de 1.500 L e um agitador elétrico de hélice de 1,0 m.

3.6. Definição dos tratamentos

Para a obtenção das percentagens de área molhada, determinou-se o perfil de distribuição de água de sete combinações de bocal-bailarina/difusor previamente selecionadas com base nas informações contidas no catálogo do fabricante sobre os seus diâmetros molhados.

Tais perfis foram determinados em nível de campo, em um teste com duração de 3 horas, no período de 3 às 6 horas, visando minimizar as perdas por evaporação direta e arrastamento pelo vento. Para tal, formou-se uma malha de coletores, enterrados no solo, em torno de cada combinação testada, com espaçamento de 0,5 m, com exceção de uma combinação que fornecia diâmetro molhado elevado, onde usou-se um espaçamento entre coletores de 1,0 m.

Com os valores do volume de água medidos em cada coletor, determinou-se a lâmina de água aplicada por cada combinação de bocal-bailarina/difusor a cada 0,5 ou 1,0 m do microaspersor, definindo-se assim o diâmetro molhado para cada combinação.

A determinação da percentagem de área molhada para cada combinação foi realizada com base nos seus diâmetros molhados. Pois devido as características físicas do solo em estudo e do fato de a lâmina aplicada diminuir a medida que se afasta do microaspersor, a infiltração lateral da água no solo torna-se desprezível.

Após a realização dos testes selecionou-se quatro combinações de bocal-bailarina/difusor, que através dos valores de seus diâmetros molhados forneceram percentagens de área molhada de 25, 45, 68 e 100% (Quadro 6).

Para a aplicação dos tratamentos utilizou-se estas quatro percentagens de área molhada selecionadas e duas metodologias de correção de ETo, uma proposta por KELLER (1978), apresentada na equação 1, e outra proposta por FERERES (1981), apresentada nas equações 4, 5 e 6.

Quadro 6 - Diâmetro molhado, pressão de serviço média do microaspersor (PS) e percentagem de área molhada (Pw) fornecidos por cada combinação de bocal e bailarina/difusor selecionada.

Combinação			Diâmetro Molhado (m)		PS ²	Pw
Bocal	Bailarina	Difusor	Catálogo ¹	Medido no Campo ²	(mca)	(%)
Marron	-	Amarelo	2,0	3,0	17,0	25
Marron	Anti-inseto	-	4,0	4,0	17,7	45
Cinza	Negra	-	6,0	5,3	15,7	68
Verde	Cinza	-	8,5	8,0	13,7	100

¹ - Diâmetro molhado fornecido pelo fabricante para uma pressão de serviço do microaspersor de 15 mca.

² - Média de quatro repetições para cada combinação de bocal e bailarina/difusor.

Os tratamentos aplicados no experimento são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 - Caracterização dos tratamentos do experimento de tese.

Tratamento	Percentagem de área molhada (%)	Metodologia de correção da ETo	Código do tratamento
T1	25	KELLER (1978)	Pw 25 K
T2	45	KELLER (1978)	Pw 45 K
T3	68	KELLER (1978)	Pw 68 K
T4	100	KELLER (1978)	Pw 100 K
T5	68	FERERES (1981)	Pw 68 F
T6	68	FERERES (1981)	1,25 Pw 68 F

No tratamento T6, após o cálculo da lâmina de água a ser aplicada pela metodologia de correção de ETo proposta por FERERES (1981), esta ainda era majorada em 25%.

3.7. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi implantado em blocos casualizados, contendo 6 tratamentos e 5 repetições, constituindo-se assim, 30 parcelas experimentais. Cada parcela foi constituída por 4 fileiras com 4 plantas cada uma, totalizando 16 plantas por parcela. Sendo as duas fileiras localizadas na extremidade da parcela e as duas plantas localizadas em cada extremidade das fileiras centrais, consideradas como bordadura. Desta forma, foram consideradas como plantas úteis as 4 plantas centrais de cada parcela experimental.

Na Figura 2 apresenta-se o croqui das parcelas experimentais, evidenciando a disposição dos tratamentos dentro da área experimental e o espaçamento das plantas e dos microaspersores, assim como, a área útil de cada parcela experimental. Já a Figura 3 ilustra o diâmetro molhado (W) e a percentagem de área molhada (Pw) de cada tratamento nas parcelas experimentais, evidenciando também, a proporção de um microaspersor para quatro plantas e a sobreposição das lâminas de irrigação nos tratamentos com 68 e 100% de área molhada.

3.8. Avaliação do sistema de irrigação

Após a implantação dos tratamentos procedeu-se a avaliação do sistema de irrigação. Mediu-se a pressão e a vazão de todos os microaspersores de cada tratamento, com três repetições para cada microaspersor, determinando-se assim a pressão de serviço e a vazão média de cada tratamento. Com os valores das vazões dos microaspersores determinou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC – equação 10) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD – equação 12) de cada tratamento (Quadro 8).

$$CUD = 100 (Q_{1/4} Q^{-1}) \quad (12)$$

em que

CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição, %;

$Q_{1/4}$ – vazão média de 25% do total dos emissores com as menores vazões, $L h^{-1}$;

Q – média das vazões coletadas em todos os emissores, $L h^{-1}$.

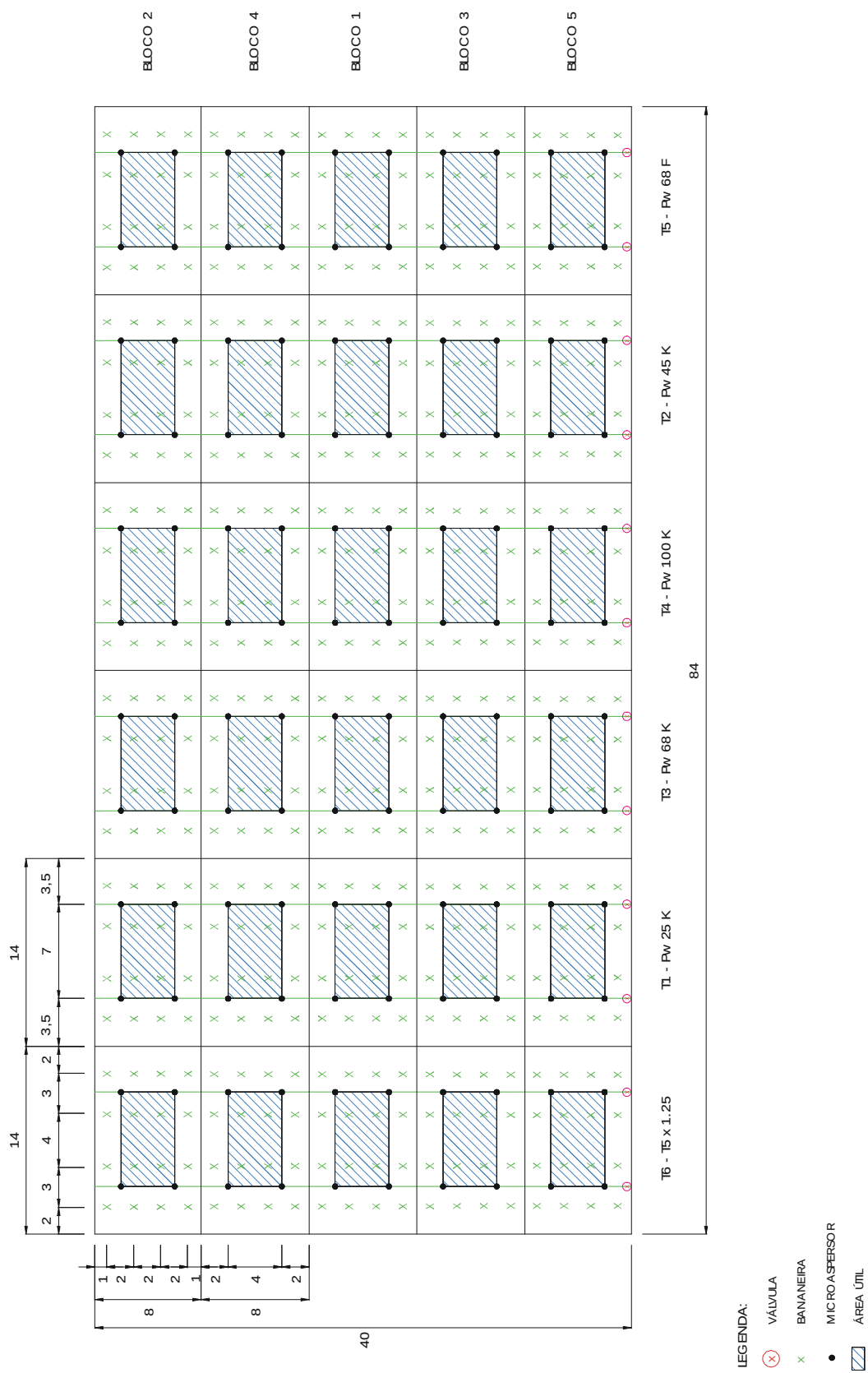


Figura 2 - Croqui das parcelas experimentais.

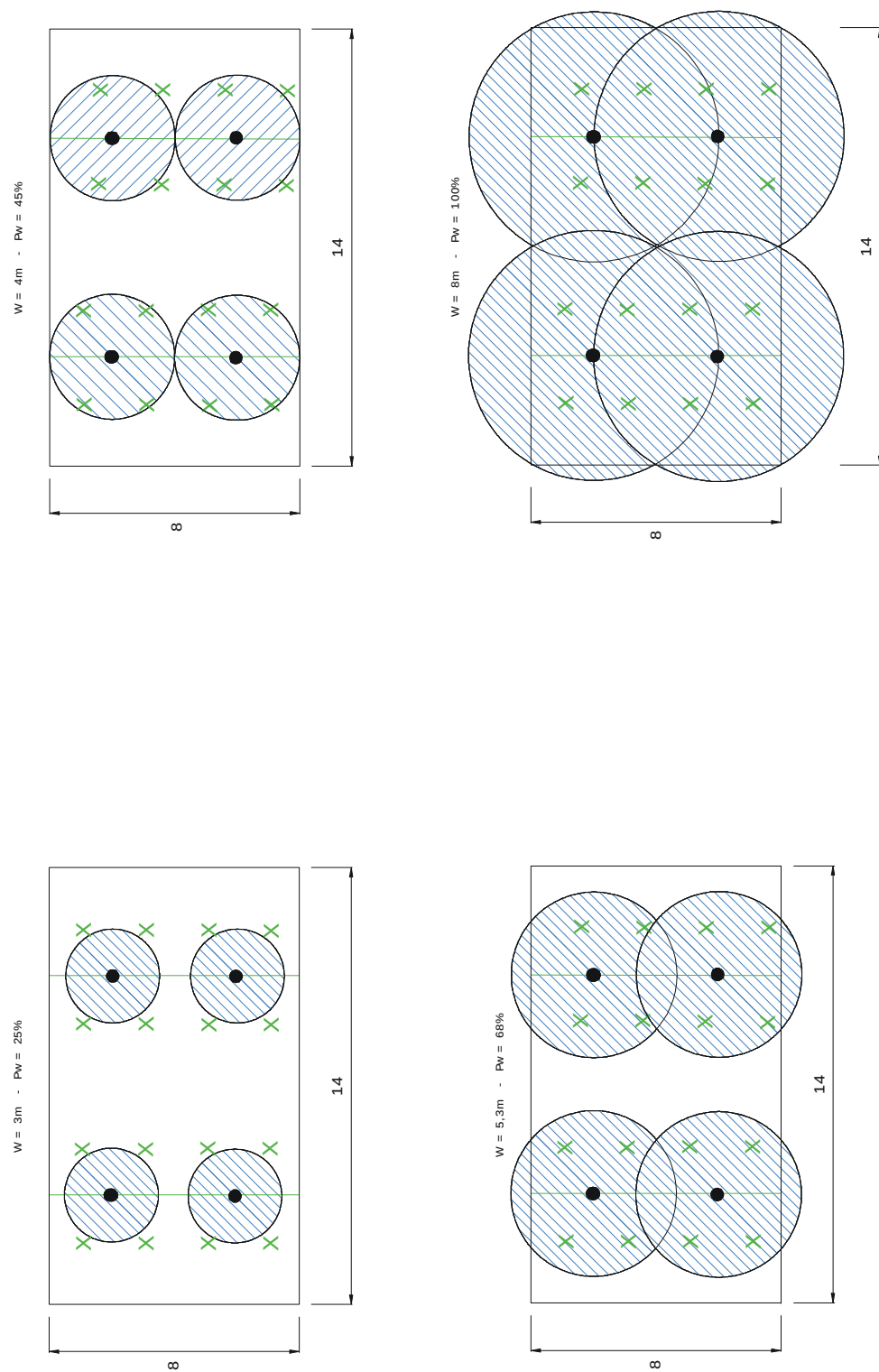


Figura 3 - Representação do diâmetro molhado (W) e da percentagem de área molhada (Pw) nas parcelas experimentais.

Quadro 8 - Valores da pressão de serviço média (PS), vazão nominal e média dos microaspersores, coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de todos os tratamentos.

Tratamento	PS ² (mca)	Vazão (L h ⁻¹)		CUC (%)	CUD (%)
		Nominal ¹	Média ²		
Pw 25 K	17,0	31	32	96,5	94,7
Pw 45 K	17,7	31	32	96,4	95,0
Pw 68 K	15,5	60	58	97,1	95,2
Pw 100 K	13,7	88	79	96,4	95,3
Pw 68 F	16,0	60	61	97,1	94,9
1,25 Pw 68 F	15,7	60	58	96,7	95,6

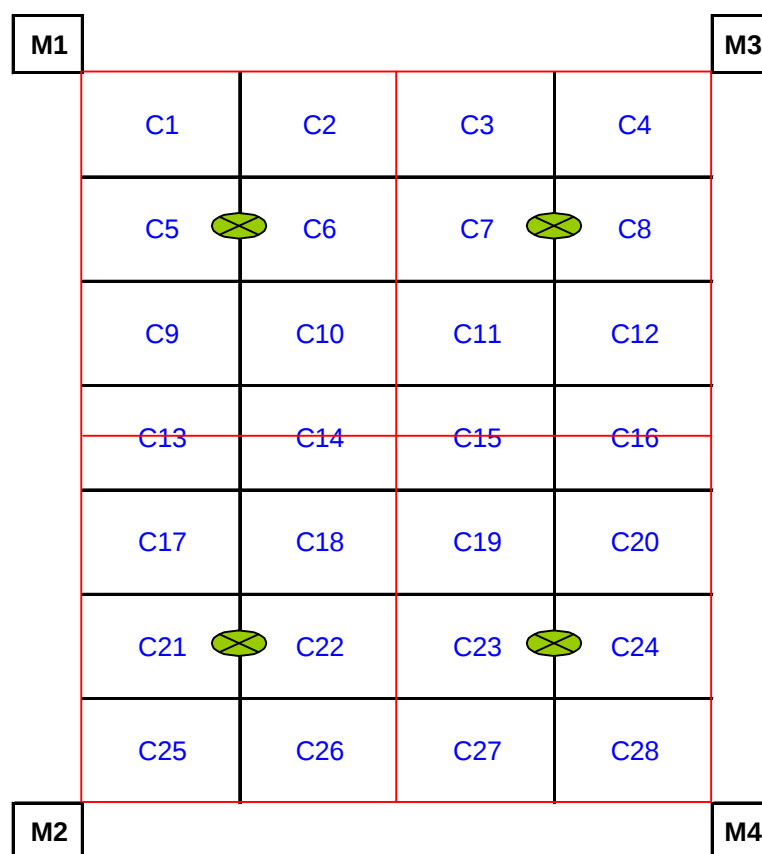
¹ - Vazão nominal do microaspersor fornecido pelo fabricante para uma pressão de serviço de 15 mca.

² - Média de todos os microaspersores de cada tratamento.

Observa-se, no Quadro 8, que a vazão média, obtida através da medição da vazão de todos os microaspersores de cada tratamento, manteve-se próxima da vazão nominal dos emissores fornecida pelo fabricante. Os coeficientes CUC e CUD, em geral, mantiveram-se acima de 95%, indicando boa uniformidade de emissão de água pelos microaspersores.

Realizou-se, também, uma avaliação considerando-se a distribuição da água de irrigação sobre o solo, na região de influência do sistema radicular de cada planta. Para tal, distribuiu-se coletores, espaçados de 1,0 metro, entre quatro microaspersores em todos os tratamentos. Para obter-se uma maior representatividade na coleta da lâmina de água aplicada, os coletores foram enterrados no solo, ficando os mesmos no nível do terreno.

Considerando-se que a interceptação dos jatos d'água pelo pseudocaule da planta poderia influenciar negativamente os coeficientes anteriormente citados, tendo como consequência a falta de representatividade da uniformidade assim calculada e, levando em consideração a extensão do sistema radicular da cultura, calculou-se a uniformidade de distribuição de água no solo através da metodologia proposta por ALMEIDA (1997), que foi denominada de coeficiente de uniformidade ajustado (CUCaj), calculado utilizando-se a equação 11. Esta nova metodologia pode ser visualizada com o auxílio da Figura 4.



Legenda:

- C4 - Área representativa de cada coletor;
- M - Microaspersor;
-  - Bananeira;
- Área representativa de cada planta.

Figura 4 - Representação do arranjo dos coletores para o cálculo do coeficiente de uniformidade ajustado.

Na determinação do CUCaj, os volumes coletados em cada coletor são somados por quadrante, sendo estes a área representativa de cada planta. Tal ajuste justifica-se pelo fato de que cada planta distribui seu sistema radicular espacialmente, e neste caso as possíveis diferenças entre as lâminas coletadas em cada coletor dentro de cada quadrante não afetam a resposta da planta à irrigação.

Através da avaliação da distribuição da água no solo, por meio dos coletores, utilizando-se a metodologia proposta por ALMEIDA (1997), pôde-se determinar todos os parâmetros de avaliação de desempenho envolvidos no manejo da irrigação.

A eficiência de aplicação de água (E_a) foi calculada utilizando a equação 13.

$$E_a = 100 (L_{arm} / L_{apl})^1 \quad (13)$$

em que

E_a - eficiência de aplicação de água, %;

L_{arm} - lâmina média armazenada, mm; e

L_{apl} - lâmina aplicada, mm.

A lâmina média armazenada foi calculada com base no perfil de distribuição de água obtido por meio da metodologia de avaliação proposta por ALMEIDA (1997).

A eficiência potencial de aplicação de água (EP_a) foi calculada segundo a equação apresentada por BERNARDO (1996):

$$EP_{aBernardo} = 100 (L_{col} / L_{apl})^1 \quad (14)$$

em que

$EP_{aBernardo}$ - eficiência potencial de aplicação de água, %; e

L_{col} - lâmina média coletada, mm.

A determinação da eficiência potencial de aplicação diretamente no campo, por meio dos valores das perdas por evaporação direta e arraste pelo vento, durante a realização dos testes de uniformidade, fornece um valor momentâneo para as condições em que o teste foi realizado. O método

descrito por KELLER e BLIESNER (1990), permite estimar a EPa para as condições médias do dia da avaliação, representando, assim, um valor mais abrangente das condições gerais.

$$EPa_{Keller} = 0,976 + 0,005ETo - 0,00017ETo^2 + 0,0012Vv - CI (0,00043ETo + 0,00018Vv + 0,000016ETo Vv) \quad (15)$$

$$CI = 0,032 p^{1,3} Db^{-1} \quad (16)$$

em que

ETo - evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

Vv - velocidade média do vento, km h⁻¹;

CI - coeficiente adimensional que caracteriza o potencial de evaporação e arraste;

Db - diâmetro do bocal do emissor, mm; e

p - Pressão de serviço do emissor, KPa.

Para os valores de CI, tem-se:

se $CI < 7$, considerar $CI = 7$;

se $7 \leq CI \leq 17$, substituir o valor diretamente na equação 15; e

se $CI > 17$, considerar $CI = 17$.

A eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada de projeto (EDad), foi estimada para aplicação de uma lâmina de irrigação que possibilitasse atingir uma percentagem de área adequadamente irrigada (Pad) pré-estabelecida. Adotou-se um valor de 90% para área adequadamente irrigada, por se tratar a bananeira de uma cultura de alto valor econômico e sistema radicular bem desenvolvido, sendo os valores da EDad obtidos por meio do método apresentado por KELLER e BLIESNER (1990).

$$EDad = 100 + (606 - 24,9Pad + 0,349Pad^2 - 0,00186Pad^3) \cdot (1 - CUC 100^{-1}) \quad (17)$$

em que

EDad - eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada, %;

Pad - percentagem de área adequadamente irrigada desejada, %; e

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, %.

A eficiência de irrigação de projeto para uma dada área adequadamente irrigada (E_{ipad}), valor este a ser utilizado na estimativa da lâmina a ser aplicada em uma condição de manejo adequado do sistema, com aplicação de uma lâmina de irrigação que possibilite atingir uma percentagem de área adequadamente irrigada pré-estabelecida, foi estimada, a partir dos valores da eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada de projeto (E_{Dad}) e da eficiência potencial de aplicação (E_{Pa}), obtidos pelos métodos apresentados por KELLER e BLIESNER (1990).

$$E_{ipad} = E_{Dad} E_{Pa_{Keller}} E_c \quad (18)$$

em que

E_{ipad} - eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada, decimal;

E_{Dad} - eficiência de distribuição para uma percentagem de área adequadamente irrigada, decimal;

$E_{Pa_{Keller}}$ - percentagem efetiva de água que alcança a superfície do solo, ou, eficiência potencial de aplicação, decimal; e

E_c - eficiência de condução, decimal.

O coeficiente de déficit (C_d) foi expresso pela razão entre a lâmina de água deficitária e a lâmina de irrigação real necessária, conforme apresentado na equação 19.

$$C_d = 100 (L_{def} / IRN^{-1}) \quad (19)$$

em que

C_d - coeficiente de déficit, %;

L_{def} - lâmina de déficit, mm; e

IRN - lâmina de irrigação real necessária, mm.

A lâmina de déficit foi determinada através da diferença entre a lâmina de irrigação real necessária e a lâmina média armazenada (equação 20).

$$L_{def} = IRN - L_{arm} \quad (20)$$

A perda por percolação (P_p) é a parte da água aplicada que se movimenta para a região abaixo da zona radicular, podendo ser expressa pela razão entre a lâmina percolada e lâmina média coletada (equação 21).

$$P_p = 100 (L_{per} L_{col}^{-1}) \quad (21)$$

em que

P_p - perdas por percolação, %; e

L_{per} - lâmina percolada, mm.

A lâmina percolada foi determinada através da diferença entre a lâmina média coletada e a lâmina média armazenada, conforme apresentado na equação 22.

$$L_{per} = L_{col} - L_{arm} \quad (22)$$

Através da avaliação com base na metodologia do coeficiente de uniformidade ajustado, determinaram-se os reais valores de ED_{90} e Eip_{90} medidos diretamente no campo, por meio das equações 23 e 24, respectivamente.

$$ED_{90 \text{ medido}} = L_{90} L_{col}^{-1} \quad (23)$$

$$Eip_{90 \text{ medido}} = ED_{90 \text{ medido}} E_{pa\text{Bernardo}} E_c \quad (24)$$

em que

$ED_{90 \text{ medido}}$ - eficiência de distribuição para uma área adequadamente irrigada de 90% medida no campo, decimal;

$Eip_{90 \text{ medido}}$ - eficiência de irrigação para uma área adequadamente irrigada de 90% medida no campo, decimal; e

L_{90} - Lâmina em 90% de área irrigada, mm.

3.9. Manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi conduzido com o *software SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola) versão 3.5 executivo*, com base nos dados

meteorológicos da região em estudo. Para tal, foi instalada na propriedade uma estação agrometeorológica automática, onde foram coletados diariamente os seguintes elementos climáticos: temperatura máxima, média e mínima, radiação solar, umidade relativa, velocidade do vento e precipitação pluvial.

Os dados fornecidos pela estação agrometeorológica automática alimentaram diariamente o *software SISDA 3.5 executivo* e através deste calculou-se a evapotranspiração de referência (ET_o) diária para a região em estudo.

No cálculo da lâmina de água a ser aplicada seguiu-se o método FAO, sendo a evapotranspiração da cultura (ET_c) calculada através da equação 25.

$$ET_c = ET_o K_c K_s K_l \quad (25)$$

em que

- ET_c – evapotranspiração da cultura, mm;
- ET_o – evapotranspiração de referência, mm;
- K_c – coeficiente de cultura, adimensional;
- K_s – coeficiente de umidade do solo, adimensional;
- K_l – coeficiente de localização, adimensional.

No cálculo da ET_o, para valores diários, tomou-se como referência a nova conceituação de ET_o padrão. Assim, a estimativa da ET_o diária foi feita utilizando-se a equação de Penman-Monteith, com base no conceito de uma cultura hipotética, que apresenta altura de 0,12 m, resistência aerodinâmica do dossel de 70 s m⁻¹ e albedo de 0,23 (SMITH et al., 1991). Essa ET_o assemelha-se à ET_o de uma superfície extensa, coberta com grama, de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo completamente a superfície do solo e sem restrição de umidade (SEDIYAMA, 1996).

Os coeficientes de cultura (K_c) para a bananeira foram obtidos do boletim FAO 24 (DOORENBOS e PRUITT, 1977), sendo os mesmos apresentados no Quadro 9.

O coeficiente de umidade do solo (K_s) foi determinado da forma estabelecida por BERNARDO (1996), em função da disponibilidade de água no solo, conforme apresentado na equação 26.

Quadro 9 – Valores de Kc para a bananeira em regiões de clima tropical.

Meses após o plantio														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,40	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	1,10	1,10	0,90	0,80	0,80	0,95	1,05
Rebroto						Floração					Colheita			

$$K_s = \frac{\ln(LAA + 1,0)}{\ln(CTA + 1,0)} \quad (26)$$

em que

Ks – coeficiente de umidade do solo, adimensional;

ln – logaritmo neperiano;

LAA – lâmina atual de água no solo, mm; e

CTA – capacidade total de armazenamento de água no solo, mm.

O coeficiente de localização (Kl) foi calculado com base nos métodos propostos por KELLER (1978), por meio da equação 1, e FERERES (1981), por meio das equações 4, 5 e 6, objetivando, desta forma, uma comparação entre os dois métodos.

A capacidade total de armazenamento de água do solo (CTA) foi determinada utilizando-se a equação 27 e a capacidade real de armazenamento de água do solo (CRA) pela equação 28.

$$CTA = (CC - PM) Me Z Pw 10^{-1} \quad (27)$$

$$CRA = CTA f \quad (28)$$

em que

CTA – capacidade total de armazenamento de água do solo, mm;

CRA – capacidade real de armazenamento de água do solo, mm;

CC – capacidade de campo, % de umidade em peso;

PM – ponto de murcha, % de umidade em peso;

Me – massa específica do solo, g cm⁻³;

Z – profundidade efetiva do sistema radicular, cm;

Pw – percentagem de área molhada, decimal; e
f – fator de disponibilidade de água no solo, adimensional.

Em consonância com as citações de OLIVEIRA (1997), considerou-se uma profundidade efetiva do sistema radicular da bananeira de 40 cm. E por ser a bananeira uma planta sensível ao déficit de água no solo, trabalhou-se com um fator de disponibilidade hídrica de 0,35, seguindo as recomendações de DOORENBOS e KASSAN (1979) e SOUTO et al. (1997).

Devido as características edáficas da área em estudo e do sistema de irrigação ser do tipo localizado, trabalhou-se com um turno de rega diário. Somente não se irrigava aos domingos, pois devido ao racionamento de energia proposto pelo Governo Federal, não era permitido pelo Distrito de Irrigação de Jaíba que se ligassem as motobombas. Porém esta água era sempre reposta nas segundas-feiras, sem prejuízo para o normal desenvolvimento da cultura.

Assim, a lâmina de irrigação real necessária, foi igual a ET_c, durante quase toda a condução do experimento. Sendo a lâmina de irrigação total necessária calculada por meio da equação 29.

$$ITN = IRN Ei^{-1} \quad (29)$$

em que

ITN - lâmina de irrigação total necessária, mm;

IRN - lâmina de irrigação real necessária, mm; e

Ei - eficiência de irrigação, decimal.

3.10. Implantação e condução do experimento

Foi utilizada a cultura da bananeira *Prata Anã*, pela representatividade da sua exploração na região norte de Minas Gerais.

No plantio foram utilizadas mudas provenientes de micropropagação *in vitro*. Do lote total de 17.000 mudas para a implantação dos 12,0 ha de banana da propriedade, selecionaram-se 550 mudas com características vegetativas semelhantes, no que diz respeito à altura, número de folhas funcionais, comprimento e largura da última folha emitida e perímetro do pseudocaule.

Destas 550 mudas pré-selecionadas retirou-se uma amostra aleatória de 50 plantas para a mensuração de suas características vegetativas no momento do plantio.

Após a seleção, as mudas foram plantadas, no dia 25 de maio de 2001, em sulcos com profundidade de 40 cm, no sistema de espaçamento em fileiras duplas, espaçadas de 4x3x2 m, resultando em 7 m² por planta (Figura 2).

As adubações de fundação e cobertura foram realizadas em função do resultado das análises química do solo (Quadro 1) e de acordo com as recomendações de SILVA et al. (1999). Na adubação de fundação aplicaram-se 600 g de Fosmag 464 mais 15 L de esterco de gado bem curtido por planta. No Quadro 10, encontram-se listados a data, a quantidade e os fertilizantes utilizados nas adubações de cobertura realizadas.

Quadro 10 - Data, quantidade e fertilizantes utilizados nas adubações de cobertura.

Data	Fertilizante			Forma de Aplicação
	Cloreto de Potássio (g/família)	Sulfato de Amônio (g/família)	Uréia (g/família)	
28/06/01	-	50	-	Manual
30/07/01	-	50	-	Manual
10/09/01	25	50	-	Manual
10/10/01	40	-	40	Manual

As quatro primeiras adubações de cobertura foram realizadas manualmente, devido ao pequeno volume de solo explorado pelas raízes nos primeiros meses após o plantio.

A partir de novembro/2001, as adubações de cobertura passaram a ser realizadas via água de irrigação, utilizando-se uma dose semanal de 100 kg de uréia e 200 kg de cloreto de potássio por setor de 6,0 ha, o que correspondia a uma aplicação de 50 g de uréia e 100 g de cloreto de potássio por família por mês. No início do mês de dezembro/2001, realizou-se uma fertirrigação com 100 kg sulfato de magnésio e 100 kg de sulfato de zinco por setor de 6,0 ha, o que correspondeu a 12,5 g de sulfato de magnésio e 12,5 g de sulfato de zinco por família.

A condução da cultura deu-se da forma tradicional, ou seja, com uma única família, constituída por mãe e filha. O primeiro desbaste das brotações excessivas ocorreu aos cinco meses após o plantio, sendo selecionado um único rebento como "planta-filha".

Durante a condução do experimento realizaram-se sete capinas manuais, o que correspondeu a uma capina por mês.

Do plantio até a data de aplicação dos tratamentos toda a área experimental recebeu a mesma lâmina de irrigação, visando o perfeito pegamento das mudas. Neste período a cultura foi irrigada com uma percentagem de área molhada de 68%, que é a percentagem de área molhada utilizada no projeto original da propriedade para a cultura da bananeira, sendo o coeficiente de localização determinado pelo método proposto por FERERES (1981).

Após o pegamento das mudas, no dia 11 de julho de 2001, aplicaram-se os tratamentos do experimento. Nesta mesma data, realizou-se uma avaliação das características vegetativas das plantas úteis em cada parcela experimental. Avaliou-se, também, o sistema de irrigação, medindo-se vazão e pressão de todos os microaspersores do experimento e determinando-se os coeficientes de uniformidade de aplicação de água para cada tratamento.

O controle da lâmina de irrigação no experimento deu-se por meio de válvulas de esferas instaladas no início de cada linha lateral, sendo a abertura e o fechamento das mesmas realizadas manualmente. Já o controle da pressão de serviço do sistema de irrigação foi realizado por meio da válvula automática de acionamento hidráulico instalada no cavalete localizado no bloco um do setor um.

3.11. Características vegetativas avaliadas

As características da bananeira que foram avaliadas, durante a fase de desenvolvimento vegetativo, foram:

- *Número de folhas funcionais*

Considerou-se como folha funcional, aquela que apresentava mais de 50% do limbo foliar verde, ereta e totalmente aderida ao pseudocaule da

planta. Para efeito de contagem não se considerou a "vela", somente sendo contada como folha emitida aquela totalmente expandida.

- *Altura da planta*

Com o auxílio de uma fita métrica, mediu-se a altura das plantas, sendo esta considerada a altura desde a base do pseudocaule até a roseta foliar.

- *Comprimento e largura da última folha emitida*

Mediu-se, com o auxílio de uma fita métrica, o comprimento e a largura da última folha emitida. Considerou-se como última folha emitida a primeira folha totalmente expandida de cima para baixo. O comprimento foi medido em toda a extensão da folha, desde o início do pecíolo até o final do limbo foliar, seguindo o eixo da nervura central e a largura foi medida na região mediana da folha.

- *Perímetro do pseudocaule*

Utilizou-se uma fita métrica, medindo-se o perímetro do pseudocaule a uma altura de 0,20 m do solo. As três primeiras avaliações, devido as plantas estarem ainda muito baixas, foram tomadas na base das plantas.

- *Altura e perímetro do pseudocaule do rebento*

Após o desbaste das brotações excessivas e seleção da "planta-filha", procedeu-se a medição da altura e do perímetro do pseudocaule do rebento selecionado. Para a medição seguiu-se os mesmos critérios utilizados para medir a altura e o perímetro do pseudocaule da "planta-mãe". Vale ressaltar, que esta medição somente foi feita na última avaliação, realizada no dia 14 de dezembro de 2001.

Para a seleção da "planta-filha" utilizou-se como critério o vigor e a posição do rebento em relação à "planta-mãe", sendo sempre selecionado, dentre os mais vigorosos, aquele melhor posicionado na linha de plantio.

As avaliações das características vegetativas das plantas úteis de cada parcela experimental foram realizadas nas seguintes datas: 25/05/01 (pré-plantio), 11/07/01 (aplicação dos tratamentos), 10/08/01, 12/09/01, 10/10/01, 08/11/01 e 14/12/01, totalizando sete avaliações.

Da primeira à sexta avaliações as características vegetativas da bananeira avaliadas foram: número de folhas funcionais, altura da planta, comprimento e largura da última folha emitida e perímetro do pseudocaule. Sendo todas estas avaliações concentradas na "planta-mãe". Já a sétima avaliação, teve como objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo inicial da "planta-filha", e verificar se esta seguia a mesma tendência da "planta-mãe". Assim, nesta última avaliação, mediu-se a altura e o perímetro do pseudocaule da "planta-filha".

3.12. Análise estatística

Realizou-se a análise de variância de todas as características vegetativas da bananeira em todas as avaliações realizadas durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG. As características vegetativas que apresentaram significância para tratamento pelo teste F, foram submetidas ao teste Tukey para verificação dos efeitos dos tratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

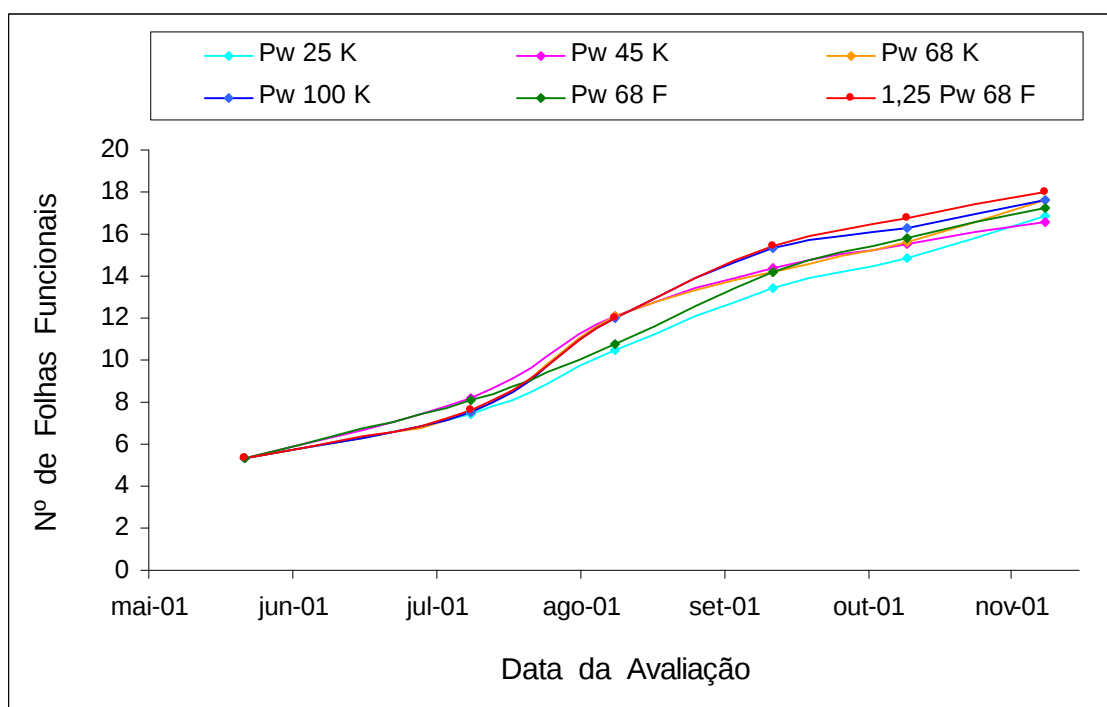
4.1. Características vegetativas avaliadas

Nas Figuras 5, 6 e 7 apresentam-se, respectivamente, o número de folhas funcionais e a altura da planta, o comprimento e a largura da última folha emitida e o perímetro do pseudocaule de cada um dos tratamentos, durante a condução do experimento.

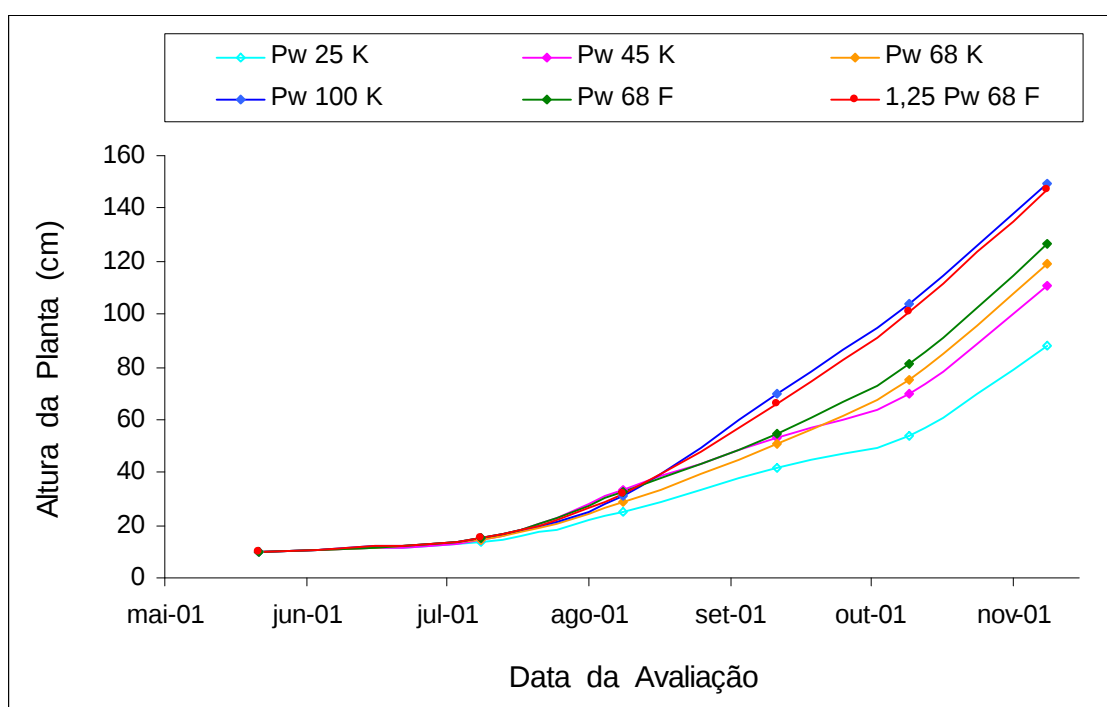
Observa-se, nos Quadros 11 a 20, que em todas as características avaliadas não houve diferença estatística, ao nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos na segunda avaliação, realizada em julho/2001, resultado da igualdade da aplicação dos insumos e tratos culturais durante a fase de pegamento das mudas no campo.

A partir da terceira avaliação, realizada em agosto/2001, começaram a ocorrer as primeiras diferenças significativas entre os tratamentos. Observou-se que em todas as características avaliadas nessa época, os tratamentos Pw45K, Pw68K, Pw100K, Pw68F e 1,25Pw68F não apresentaram diferença estatística, ao nível de 5% de probabilidade, entre eles. Já o tratamento Pw25K apresentou diferença estatística, em todas as características avaliadas, em relação a pelo menos um tratamento (Quadros 11 a 20).

Na quarta avaliação, realizada em setembro/2001, começou a ocorrer uma definição no desempenho dos tratamentos, com os tratamentos Pw100K e 1,25Pw68F mostrando-se superiores aos demais e o tratamento Pw25K apresentando o pior desempenho, ficando os tratamentos Pw45K, Pw68K e

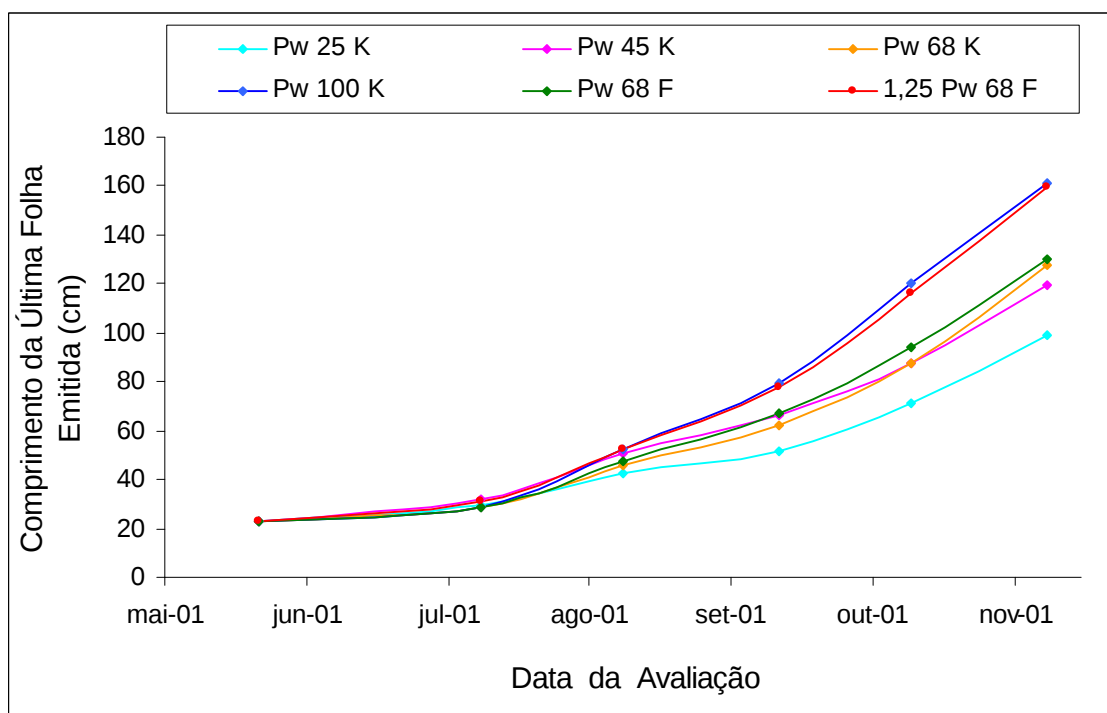


(A)

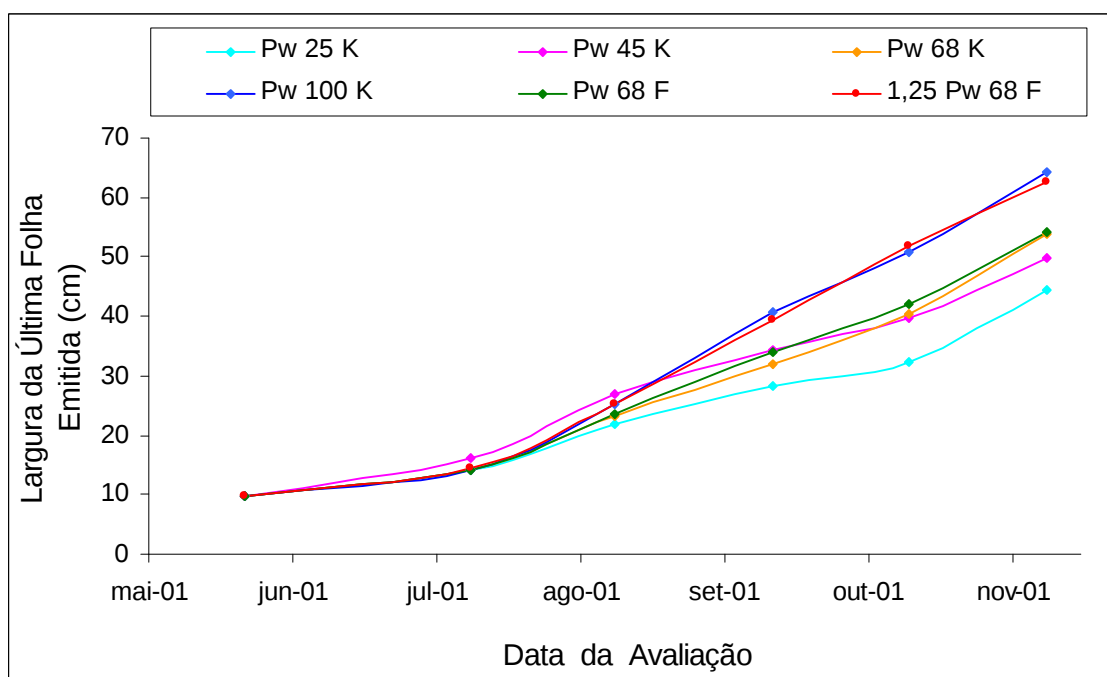


(B)

Figura 5 - Número de folhas funcionais (A) e altura (B) de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG, sob irrigação por microaspersão com diferentes percentagens de área molhada.



(A)



(B)

Figura 6 - Comprimento (A) e largura (B) da última folha emitida de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG, sob irrigação por microaspersão com diferentes percentagens de área molhada.

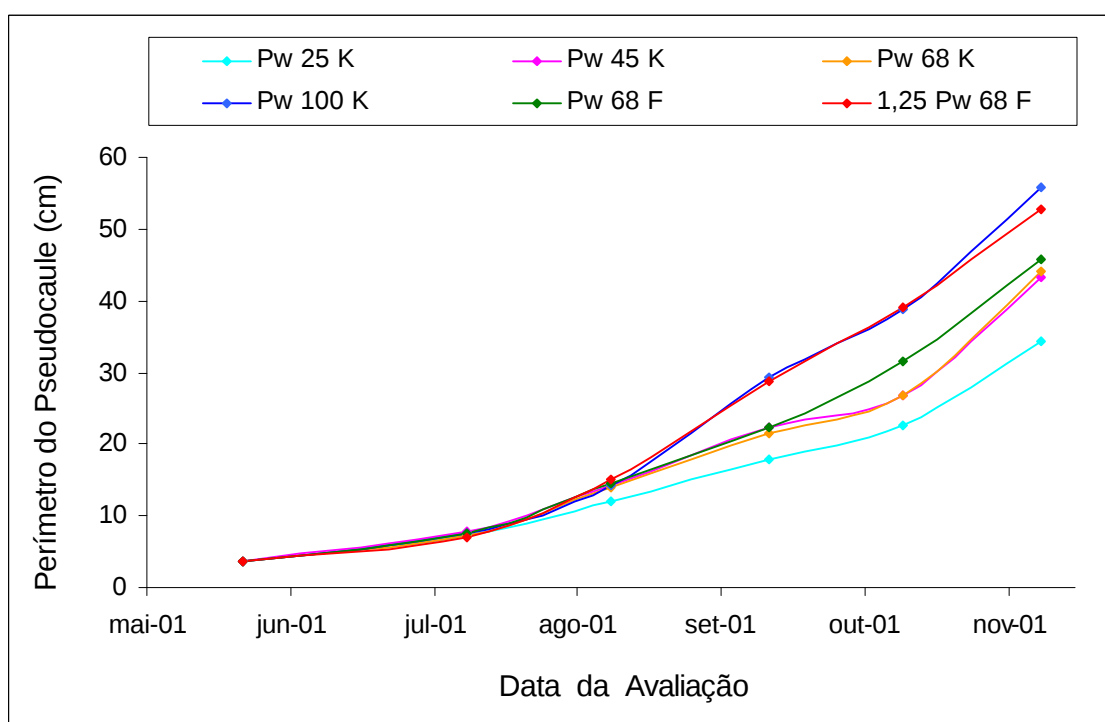


Figura 7 - Perímetro do pseudocaule de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG, sob irrigação por microaspersão com diferentes percentagens de área molhada.

Quadro 11 - Resumo das análises de variância referente ao número de folhas funcionais de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

FV	GL	Quadrado Médio				
		11/7/2001	10/8/2001	12/9/2001	10/10/2001	8/11/2001
Bloco	4	0,2323 ^{ns}	0,7010 ^{ns}	0,2375 ^{ns}	1,1479 ^{ns}	0,7885 ^{ns}
Tratamento	5	0,5138 ^{ns}	2,6771*	2,8587*	2,1388*	1,4237*
Resíduo	20	0,6648	0,4385	0,8213	0,6742	0,2810
CV (%)		10,55	5,73	6,26	5,19	3,06

* - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} - Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 12 - Médias, em cm, do número de folhas funcionais, nos respectivos tratamentos, de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

Número de Folhas Funcionais														
11/7/2001			10/8/2001			12/9/2001			10/10/2001			8/11/2001		
Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras
T2	8,20	a	T2	12,05	a	T6	15,40	a	T6	16,75	a	T6	18,00	a
T5	8,05	a	T3	12,05	a	T4	15,30	a	T4	16,30	a b	T3	17,65	a b
T6	7,60	a	T4	12,00	a	T2	14,35	a b	T5	15,85	a b	T4	17,60	a b c
T3	7,55	a	T6	12,00	a	T3	14,20	a b	T3	15,65	a b	T5	17,25	a b c
T4	7,55	a	T5	10,80	a b	T5	14,20	a b	T2	15,55	a b	T1	16,90	b c
T1	7,40	a	T1	10,45	b	T1	13,40	b	T1	14,85	b	T2	16,55	c

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Quadro 13 - Resumo das análises de variância referente à altura de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

FV	GL	Quadrado Médio				
		11/7/2001	10/8/2001	12/9/2001	10/10/2001	8/11/2001
Bloco	4	2,3415 ^{ns}	7,2573 ^{ns}	22,8094 ^{ns}	50,3052 ^{ns}	72,5083 ^{ns}
Tratamento	5	1,2988 ^{ns}	48,8750*	537,6833*	1803,3533*	2672,7683*
Resíduo	20	3,0264	10,3698	35,8156	72,5252	80,2933
CV (%)		11,90	10,58	10,71	10,56	7,26

* - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} - Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 14 - Médias, em cm, da altura, nos respectivos tratamentos, de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

Altura da Planta														
11/7/2001			10/8/2001			12/9/2001			10/10/2001			8/11/2001		
Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras
T6	15,20	a	T2	33,35	a	T4	69,45	a	T4	103,75	a	T4	149,25	a
T4	15,00	a	T5	32,40	a	T6	66,20	a	T6	100,80	a	T6	147,30	a
T5	14,80	a	T6	32,15	a	T5	54,25	b	T5	80,80	b	T5	126,50	b
T2	14,60	a	T4	30,85	a b	T2	53,15	b c	T3	75,25	b	T3	118,75	b
T3	14,35	a	T3	29,15	a b	T3	50,80	b c	T2	69,50	b c	T2	111,05	b
T1	13,80	a	T1	24,80	b	T1	41,35	c	T1	54,00	c	T1	88,05	c

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Quadro 15 - Resumo das análises de variância referente ao comprimento da última folha emitida de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

FV	GL	Quadrado Médio				
		11/7/2001	10/8/2001	12/9/2001	10/10/2001	8/11/2001
Bloco	4	5,0281 ^{ns}	3,8729 ^{ns}	46,3177 ^{ns}	14,1219 ^{ns}	76,0344 ^{ns}
Tratamento	5	10,0000 ^{ns}	76,2083*	533,5733*	1798,4483*	2874,3871*
Resíduo	20	6,0094	18,2167	36,3640	63,6119	85,2194
CV (%)		8,23	8,80	8,96	8,29	6,96

* - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} - Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 16 - Médias, em cm, do comprimento da última folha emitida, nos respectivos tratamentos, de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

Comprimento da Última Folha Emitida														
11/7/2001			10/8/2001			12/9/2001			10/10/2001			8/11/2001		
Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras
T2	32,05	a	T4	52,30	a	T4	79,15	a	T4	120,60	a	T4	160,85	a
T6	31,05	a	T6	52,00	a	T6	78,00	a	T6	116,45	a	T6	159,40	a
T1	29,40	a	T2	50,90	a b	T5	67,45	a b	T5	94,45	b	T5	130,20	b
T3	28,85	a	T5	47,50	a b	T2	65,90	b	T3	87,55	b	T3	127,35	b
T5	28,75	a	T3	45,90	a b	T3	61,95	b c	T2	87,25	b	T2	119,35	b
T4	28,70	a	T1	42,50	b	T1	51,55	c	T1	71,00	c	T1	98,70	c

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Quadro 17 - Resumo das análises de variância referente à largura da última folha emitida de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

FV	GL	Quadrado Médio				
		11/7/2001	10/8/2001	12/9/2001	10/10/2001	8/11/2001
Bloco	4	1,1531 ^{ns}	7,8771 ^{ns}	3,3667 ^{ns}	2,0677 ^{ns}	5,5604 ^{ns}
Tratamento	5	3,1711 ^{ns}	16,1733*	105,7788*	273,9583	279,2121*
Resíduo	20	1,9078	4,9108	11,8954	11,2552	10,1267
CV (%)		9,57	9,09	9,90	7,83	5,80

* - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} - Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 18 - Médias, em cm, da largura da última folha emitida, nos respectivos tratamentos, de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

Largura da Última Folha Emitida														
11/7/2001			10/8/2001			12/9/2001			10/10/2001			8/11/2001		
Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras
T2	16,00	a	T2	27,05	a	T4	40,75	a	T6	51,90	a	T4	64,15	a
T6	14,40	a	T6	25,30	a b	T6	39,40	a	T4	50,70	a	T6	62,65	a
T5	14,25	a	T4	25,10	a b	T2	34,40	a b	T5	42,05	b	T5	54,15	b
T3	14,00	a	T5	23,60	a b	T5	33,90	a b	T3	40,40	b	T3	53,95	b
T4	14,00	a	T3	23,30	a b	T3	32,10	b	T2	39,80	b	T2	49,90	b c
T1	14,00	a	T1	21,95	b	T1	28,40	b	T1	32,15	c	T1	44,55	c

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Quadro 19 - Resumo das análises de variância referente ao perímetro do pseudocaule de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

FV	GL	Quadrado Médio				
		11/7/2001	10/8/2001	12/9/2001	10/10/2001	8/11/2001
Bloco	4	0,1301 ^{ns}	1,1979 ^{ns}	3,5594 ^{ns}	8,1323 ^{ns}	6,1406 ^{ns}
Tratamento	5	0,2926 ^{ns}	5,9150*	102,7188*	231,7333*	288,6250*
Resíduo	20	0,3120	2,1192	7,0469	9,9448	10,6469
CV (%)		7,54	10,40	11,21	10,21	7,09

* - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} - Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 20 - Médias, em cm, do perímetro do pseudocaule, nos respectivos tratamentos, de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

Perímetro do Pseudocaule														
11/7/2001			10/8/2001			12/9/2001			10/10/2001			8/11/2001		
Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras
T2	7,80	a	T6	15,10	a	T4	29,35	a	T6	39,00	a	T4	55,70	a
T5	7,50	a	T5	14,60	a b	T6	28,85	a	T4	38,75	a	T6	52,75	a
T4	7,45	a	T2	14,35	a b	T2	22,45	b	T5	31,45	b	T5	45,90	b
T3	7,35	a	T4	14,10	a b	T5	22,20	b	T3	26,90	b c	T3	44,10	b
T1	7,30	a	T3	13,90	a b	T3	21,45	b	T2	26,70	b c	T2	43,30	b
T6	7,05	a	T1	11,95	b	T1	17,75	b	T1	22,50	c	T1	34,25	c

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

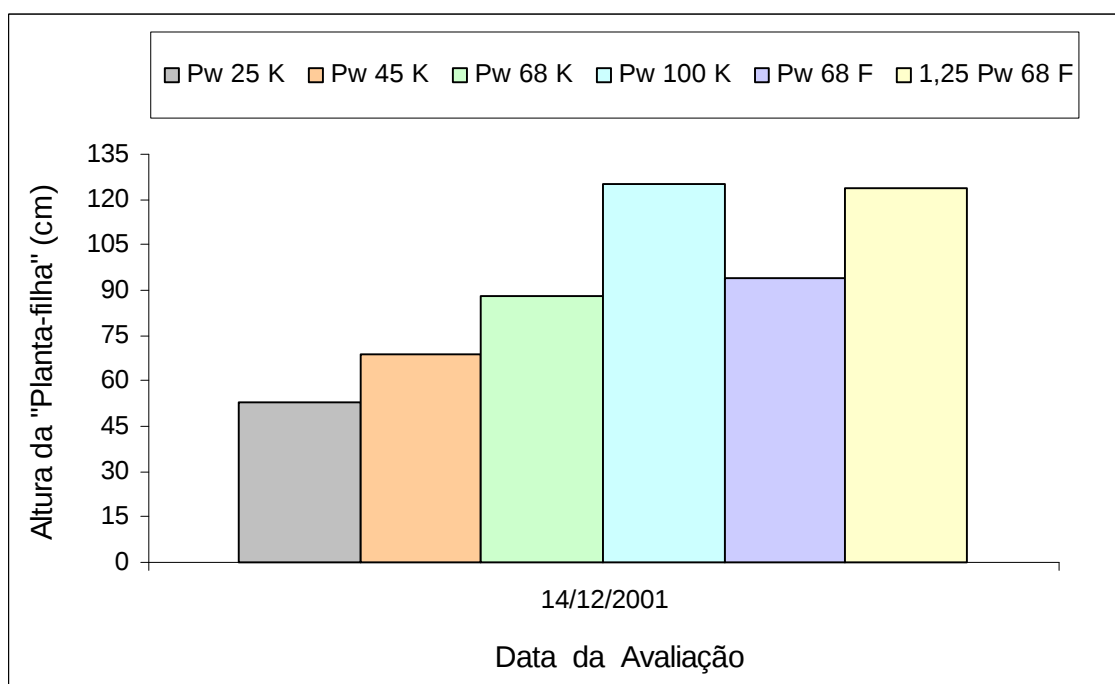
Pw68F numa posição intermediária, em todas as características vegetativas avaliadas. Este desempenho foi mantido na quinta e na sexta avaliações, realizadas, respectivamente, em outubro e novembro/2001, sendo confirmado estatisticamente pela análise de variância, através do teste F, e pelo teste Tukey, ambos ao nível de 5% de probabilidade, conforme apresentado nos Quadros 11 a 20.

Na Figura 8 apresenta-se a altura e o perímetro do pseudocaule da “planta-filha” de cada um dos tratamentos. Verificou-se, que a “planta-filha” seguiu a mesma tendência de crescimento da “planta-mãe”, com os tratamentos Pw100K e 1,25Pw68F superiores aos demais e o tratamento Pw25K com o pior desempenho, ficando os tratamentos Pw45K, Pw68K e Pw68F numa posição intermediária, como pode ser observado pela análise estatística apresentada nos Quadros 21 e 22.

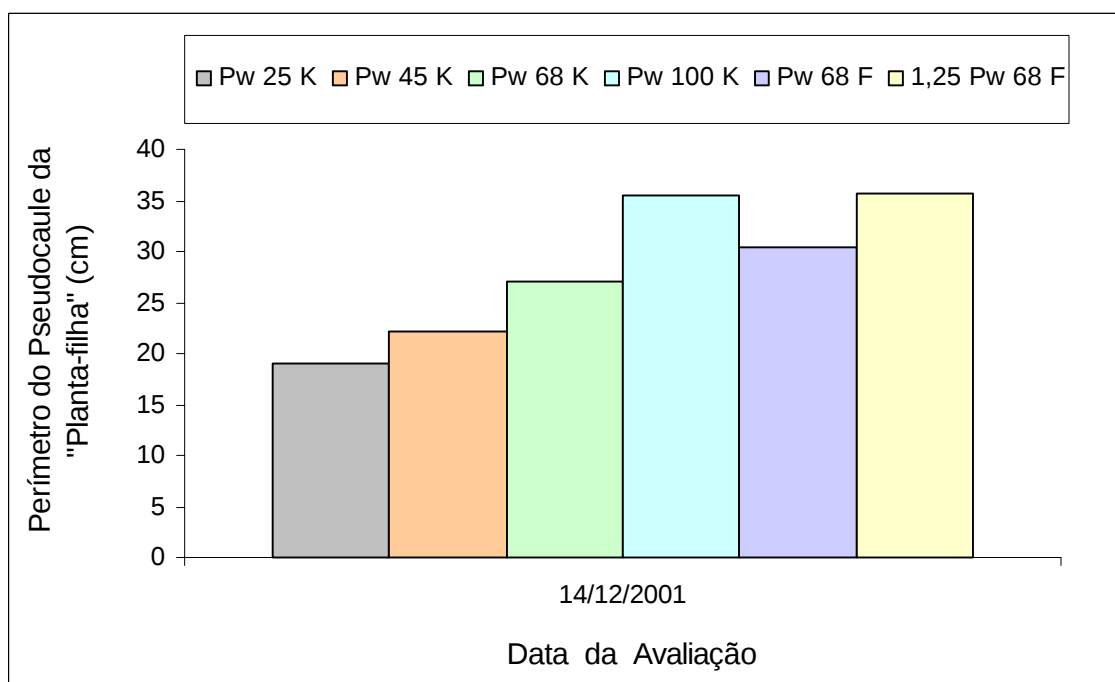
4.2. Manejo da irrigação

Na Figura 9 são apresentadas a evapotranspiração de referência, calculada pelo método de Penman-Monteith (ET_o-PM), a evapotranspiração da cultura (ET_c) e a lâmina de água aplicada em todos os tratamentos durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

Observa-se na Figura 9 que a ET_o-PM apresenta valores superiores a ET_c em todos os tratamentos, pois como se trabalhou somente durante o período vegetativo, o coeficiente da cultura (K_c) em nenhum momento



(A)



(B)

Figura 8 - Altura (A) e perímetro do pseudocaulé (B) da "planta-filha" de bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG, sob irrigação por microaspersão com diferentes percentagens de área molhada.

Quadro 21 - Resumo das análises de variância referente à altura e ao perímetro do pseudocaule da “planta-filha” de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

FV	GL	Quadrado Médio	
		Altura da “Planta-filha”	Perímetro do Pseudocaule da “Planta-filha”
		14/12/2001	14/12/2001
Bloco	4	113,4948 ^{ns}	9,0448 ^{ns}
Tratamento	5	4139,5021 [*]	235,8833 [*]
Resíduo	20	95,2948	7,0448
CV (%)		10,59	9,37

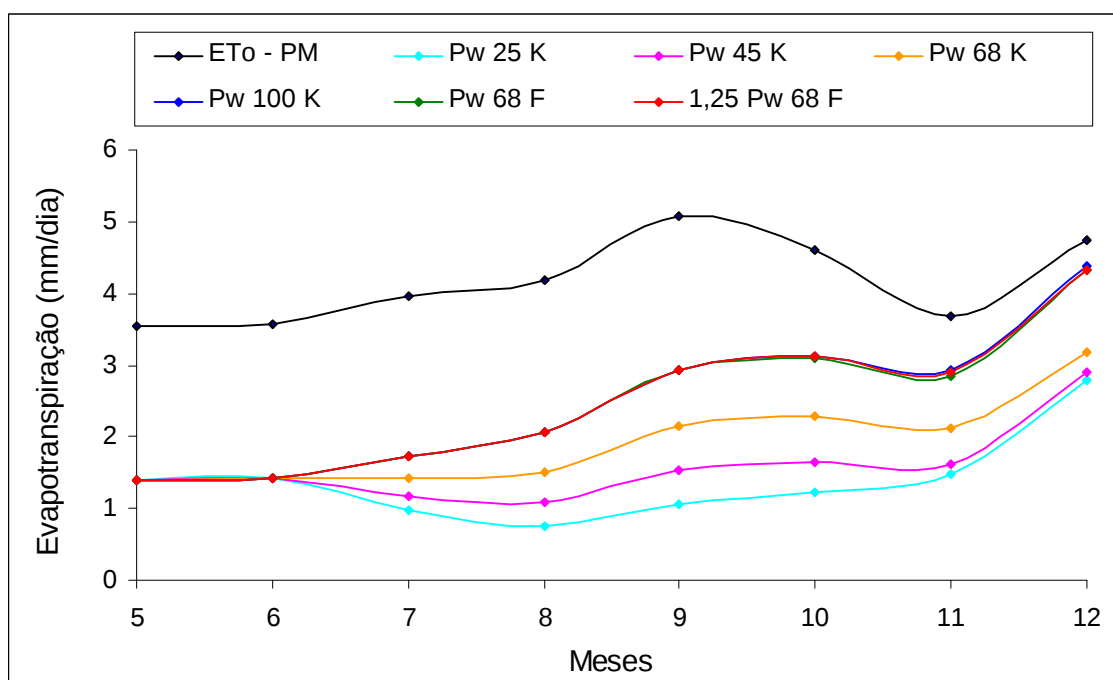
* - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} - Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

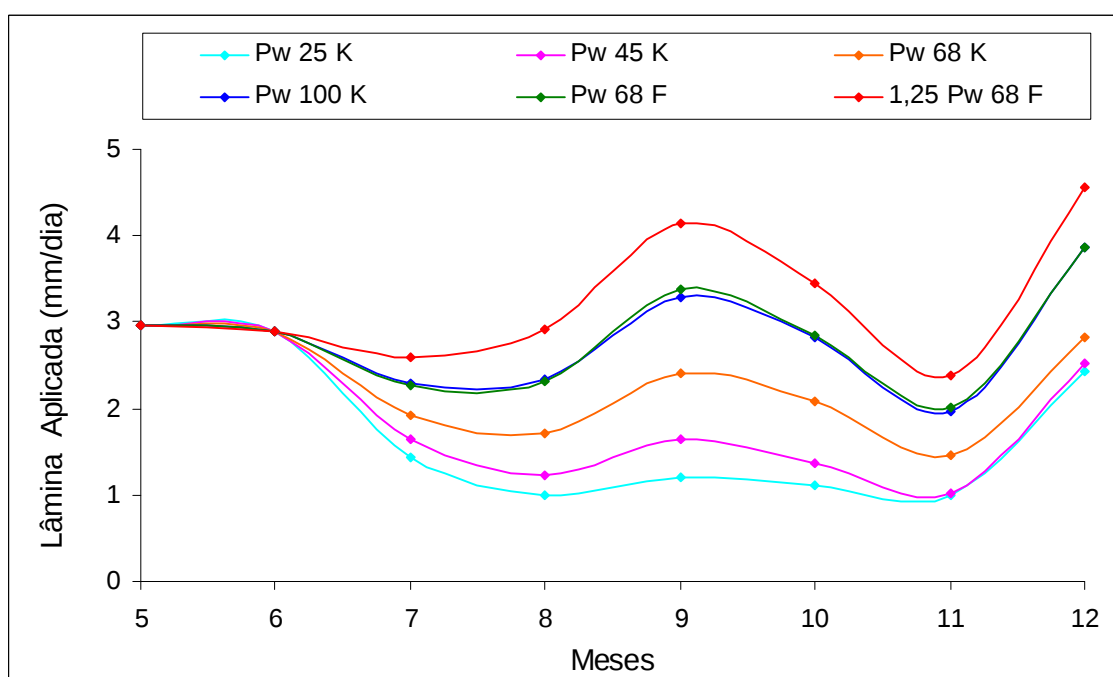
Quadro 22 - Médias, em cm, da altura e do perímetro do pseudocaule da “planta-filha”, nos respectivos tratamentos, de bananeiras ‘Prata Anã’ cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

Altura da “Planta-filha”			Perímetro do Pseudocaule da “Planta-filha”		
14/12/2001			14/12/2001		
Trat.	Médias	Letras	Trat.	Médias	Letras
T4	124,95	a	T6	35,70	a
T6	123,65	a	T4	35,55	a b
T5	94,30	b	T5	30,40	b c
T3	88,05	b c	T3	27,00	c d
T2	69,15	c d	T2	22,15	d e
T1	53,15	d	T1	19,10	e

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.



(A)



(B)

Figura 9 - Evapotranspiração de referência (Penman-Monteith – ETo-PM) e da cultura (A) e lâmina de água aplicada (B) em todos os tratamentos durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

igualou-se ou superou a unidade, apresentando um valor máximo na data da última avaliação, de 0,97. Neste período os valores da ETo-PM e da ETc dos tratamentos Pw100K, Pw68F e 1,25Pw68F começaram a se aproximar, conforme demonstrado na Figura 9.

Durante o período de pagamento das mudas no campo (25 de maio à 11 de julho) todos os tratamentos foram manejados com o valor do coeficiente de localização (KI) igual a 1,0. Daí os valores a ETc e da lâmina de água aplicada serem iguais neste período. A partir de 11 de julho, com a implementação dos tratamentos no campo, iniciou-se a diferenciação dos valores da ETc e da lâmina de água aplicada (Figura 9), devido aos diferentes valores de KI aplicados em cada tratamento.

Diferentemente da ETo-PM, a ETc teve seu valor máximo no mês de dezembro em todos os tratamentos. Esta diferença entre a ETo-PM e a ETc ocorreu em função do desenvolvimento da planta (Figuras 5 a 8), com conseqüente aumento no valor do coeficiente de cultura (Kc), que diretamente aumentou o valor da ETc em todos os tratamentos.

Observa-se na Figura 9 que os tratamentos Pw100K, Pw68F e 1,25Pw68F apresentam praticamente o mesmo valor de ETc durante todo o experimento. Isto devido ao fato de todos os três apresentarem o mesmo valor de KI ($KI = 1,0$), não ocorrendo, assim, correção no valor da ETo-PM e nem diferenciação no valor da ETc entre eles. A pequena variação observada no valor da ETc destes três tratamentos, deveu-se a uma variação mínima no valor do coeficiente de umidade do solo (Ks).

Pode-se notar, também, na Figura 9, que tanto a ETc, quanto a lâmina de água aplicada começam a se igualar nos tratamentos Pw25K e Pw45K a partir do mês de novembro. Isto deve-se ao fato de que a partir deste mês a percentagem de sombreamento da cultura da banana superou o valor de 45%, sendo o KI, a partir deste momento, determinado com base no valor da percentagem de área sombreada pela cultura e não mais em função da percentagem de área molhada. Pode-se observar, também, que no mês de dezembro os valores da ETc e da lâmina de água aplicada também começam a se igualar entre os tratamentos Pw25K, Pw45K e Pw68K, pelo mesmo motivo exposto para os tratamentos Pw25K e Pw45K. Visto que, a partir de dezembro a percentagem de área sombreada pela cultura começa a se aproximar dos

68%, que corresponde ao valor da percentagem de área molhada do tratamento Pw68K.

O comportamento do coeficiente de localização (KI), durante a condução do experimento, para todos os tratamentos é apresentado na Figura 10, ratificando-se assim os comentários supramencionados.

Os valores da capacidade total (CTA) e real (CRA) de armazenamento de água no solo e da eficiência de irrigação para todos os tratamentos são apresentados no Quadro 23. Observa-se que quanto maior o valor da percentagem de área molhada (Pw), maior é o valor da CTA e da CRA, ou seja, quanto maior o valor de Pw maior será a quantidade de água armazenada no solo, e portanto disponível para a planta, aumentando, assim, a segurança do sistema de irrigação.

Observa-se, ainda, no Quadro 23, que a eficiência de irrigação (Ei) apresenta valores na ordem de 94 e 95% para todos os tratamentos, demonstrando a alta uniformidade de emissão de água pelos microaspersores.

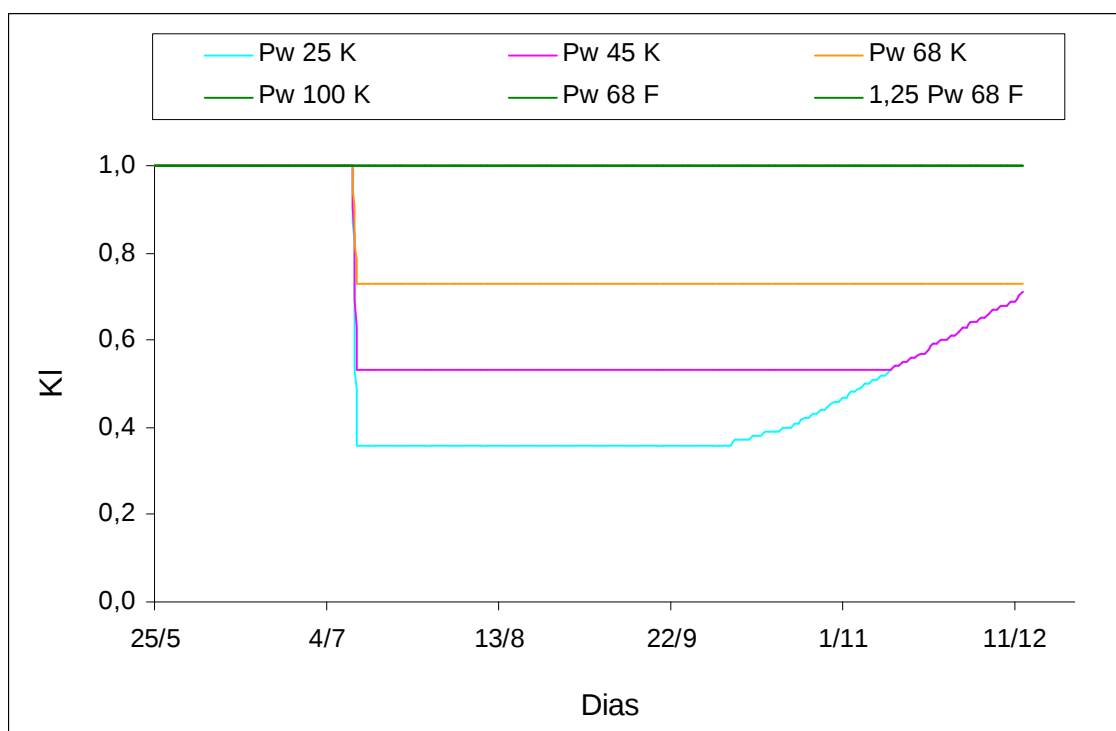


Figura 10 - Valores do coeficiente de localização (KI) para todos os tratamentos durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

Quadro 23 - Capacidade total (CTA) e real (CRA) de armazenamento de água no solo e eficiência de irrigação (Ei) para todos os tratamentos.

Tratamento	CTA (mm)	CRA (mm)	Ei
Pw 25 K	8,94	3,13	0,94
Pw 45 K	16,09	5,63	0,94
Pw 68 K	24,31	8,51	0,95
Pw 100 K	35,75	12,51	0,94
Pw 68 F	24,31	8,51	0,95
1,25 Pw 68 F	24,31	8,51	0,95

4.3. Parâmetros de desempenho

Com o objetivo de explicar a superioridade dos tratamentos Pw100K e 1,25Pw68F em relação aos demais, em todas as características vegetativas avaliadas, realizou-se uma avaliação considerando-se a distribuição da água de irrigação sobre o solo, na região de influência do sistema radicular de cada planta. Para tal, adotou-se a metodologia proposta por ALMEIDA (1997), denominada de coeficiente de uniformidade ajustado, calculado pela equação 11.

Assim, através da avaliação da distribuição da água no solo, por meio dos coletores, determinaram-se todos os parâmetros de avaliação de desempenho envolvidos no manejo da irrigação. Os resultados desta avaliação, realizada no dia 12 de dezembro de 2001, são apresentados no Quadro 24.

Observa-se no Quadro 24 que, em concordância com o que já foi comentado anteriormente, a lâmina de irrigação real necessária (IRN) é a mesma para os tratamentos Pw25K e Pw45K (3,63 mm), estando bem próxima da IRN do tratamento Pw68K (3,78 mm). Pois com o crescimento da cultura, a área sombreada pela mesma, na data em que se realizou a avaliação, superou os valores da percentagem de área molhada (Pw) nos tratamentos Pw25K e Pw45K, ficando bem próxima da Pw do tratamento Pw68K (Figura 10). Nota-se, também, que a IRN dos tratamentos Pw100K, Pw68F e 1,25Pw68F são iguais (5,18 mm), devido ao fato destes três tratamentos apresentarem o mesmo coeficiente de localização ($Kl = 1,0$).

Quadro 24 - Resultados dos parâmetros de avaliação de desempenho da irrigação para todos os tratamentos do experimento com bananeiras 'Prata Anã' cultivadas na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

Parâmetro	Unidade	Tratamento					
		Pw25K	Pw45K	Pw68K	Pw100K	Pw68F	1,25Pw68F
Clima							
Velocidade do vento	km h ⁻¹	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
ET _o - PM	mm dia ⁻¹	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
Lâminas							
Lam. líquida (IRN)	mm	3,63	3,63	3,78	5,18	5,18	5,18
Lam. aplicada (ITN)	mm	3,78	3,73	4,16	5,77	5,60	6,89
Lam. média coletada	mm	3,49	3,54	3,96	5,53	5,38	6,62
Lam. armazenada	mm	3,28	3,39	3,65	5,18	4,92	5,16
Lam. deficitária	mm	0,35	0,24	0,13	0,00	0,26	0,02
Lam. percolada	mm	0,21	0,15	0,31	0,35	0,46	1,46
L ₉₀	mm	2,83	3,06	3,46	5,22	4,54	5,51
Microaspersor							
Vazão média	L h ⁻¹	31,7	31,3	58,2	80,8	62,7	57,8
Pressão média	mca	15,9	17,7	15,9	13,7	16,4	15,2
Diâmetro do bocal	mm	0,8	0,8	1,5	1,6	1,5	1,5
CI	-	17,0	17,0	15,9	12,3	16,6	15,0
Irrigação							
Pw	%	25,0	45,0	68,0	100,0	68,0	68,0
KI	-	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0
Pad - calculado	%	56,6	58,0	82,4	96,2	78,1	94,7
Pad - projeto	%	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0
Ti	h	3,3	3,3	2,0	2,0	2,5	3,3
CUCc	%	96,5	96,4	97,1	96,4	97,1	96,7
CUCaj	%	81,5	86,8	88,4	94,5	86,9	85,8
EPa - Keller	%	95,1	95,1	95,5	96,5	95,3	95,7
EPa - Bernardo	%	92,3	94,9	95,2	95,8	96,1	96,1
Cd	%	9,6	6,6	3,4	0,0	5,0	0,4
Pp	%	6,0	4,2	7,8	6,3	8,6	22,1
Ec	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ED ₉₀ - CUCc	%	94,3	94,1	95,2	94,1	95,2	94,6
ED ₉₀ - CUCaj	%	69,7	78,3	81,0	91,0	78,5	76,7
ED ₉₀ - medido	%	81,1	86,4	87,4	94,4	84,4	83,2
Eip ₉₀ - CUCc	%	89,7	89,5	90,9	90,8	90,7	90,5
Eip ₉₀ - CUCaj	%	66,3	74,5	77,3	87,8	74,8	73,4
Eip ₉₀ - medido	%	74,9	82,0	83,2	90,5	81,1	80,0
Ea	%	86,8	90,9	87,7	89,8	87,9	74,9

.Nota: .L₉₀ – lâmina em 90% de área irrigada;
 .CI – coeficiente adimensional que caracteriza o potencial de avaporação e arraste;
 .Pw – percentagem de área molhada;
 .KI – coeficiente de localização;
 .Pad – percentagem de área adequadamente irrigada;
 .Ti – tempo de irrigação;
 .CUCc – coeficiente de uniformidade de Christiansen, medido da forma convencional;
 .CUCaj – coeficiente de uniformidade de Christiansen ajustado (ALMEIDA, 1997);
 .EPa – eficiência potencial de aplicação;
 .Cd – coeficiente de déficit;
 .Pp – perda por percolação;
 .Ec – eficiência de condução;

- .ED₉₀ – eficiência de distribuição para uma Pad de 90%;
- .Eip₉₀ – eficiência de irrigação para uma Pad de 90%;
- .Ea – eficiência de aplicação.

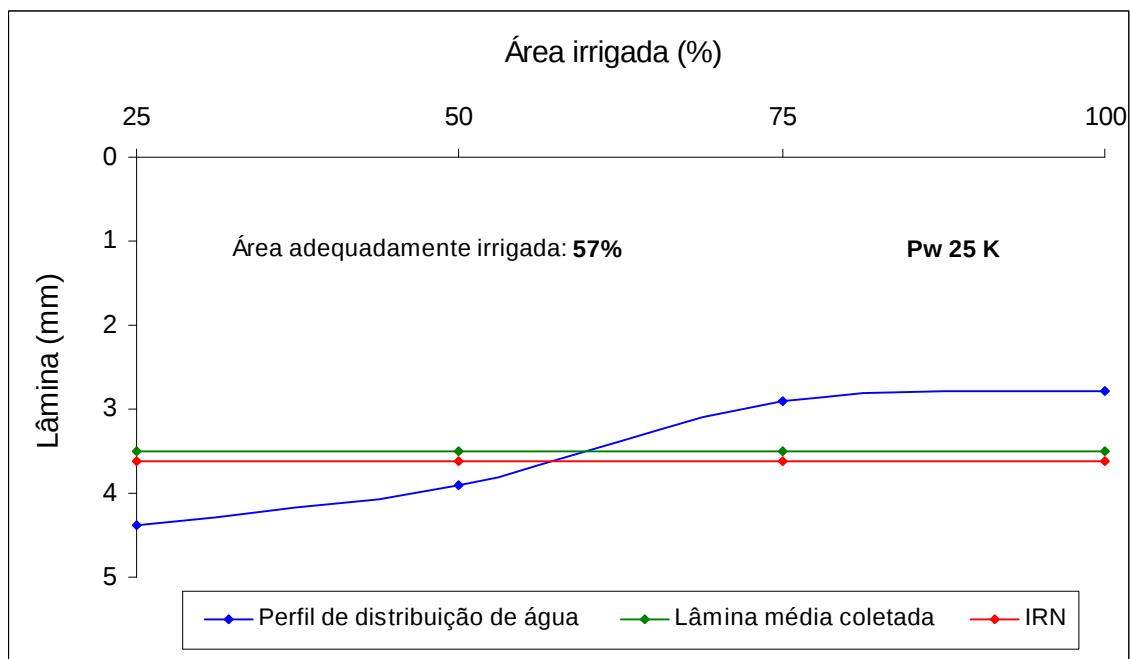
Nas Figuras 11, 12 e 13, são apresentados o perfil de distribuição de água, a lâmina média coletada e a IRN para todos os tratamentos, evidenciando para cada um a percentagem de área adequadamente irrigada e as lâminas deficitária e percolada.

Observa-se por meio das Figuras 11 a 13 e do Quadro 24, que somente os tratamentos Pw100K e 1,25Pw68F forneceram valores de percentagem de área adequadamente irrigada semelhantes ao valor de 90% pré-estabelecido no projeto e desejado no manejo da irrigação.

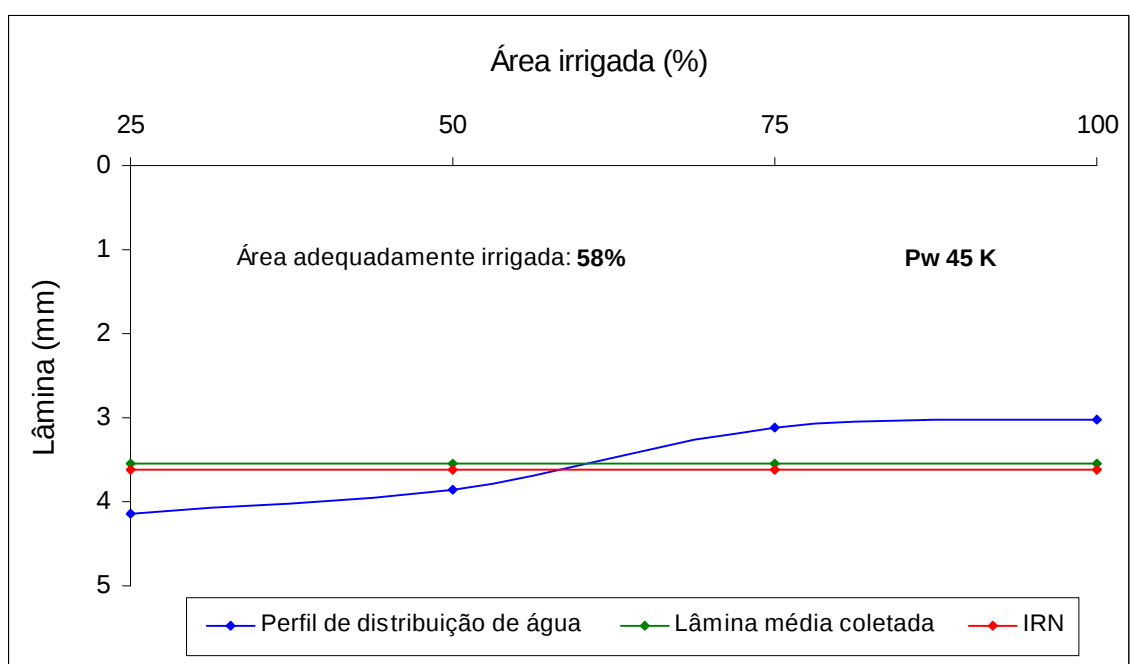
Com relação aos coeficientes de uniformidade calculados através da metodologia convencional (CUCc - equação 10) e da ajustada para a cultura da banana (CUCaj - equação 11), somente o tratamento Pw100K apresentou uma aproximação entre os valores obtidos nas duas metodologias. Os valores encontrados variaram de 96,4 a 97,1% e de 81,5 a 94,5% para o CUCc e o CUCaj, respectivamente.

Os valores da eficiência potencial de aplicação (EPa), que caracteriza as perdas por evaporação direta e arraste pelo vento, apresentaram valores próximos entre os métodos propostos por KELLER e BLIESNER (1990) e BERNARDO (1996). Este apresentou uma variação de 92,3 a 96,1%, enquanto aquele variou de 95,1 a 96,5%. Observa-se no Quadro 24 que os tratamentos Pw25K e Pw45K apresentaram os menores valores da EPa, o que corresponde a uma maior perda por evaporação e arraste. Este comportamento é explicado pelo fato destes dois tratamentos apresentarem diâmetro do bocal do microaspersor muito pequeno (0,8 mm), o que proporciona uma pulverização intensa do jato d'água. Esta característica dos microaspersores dos tratamentos Pw25K e Pw45K é confirmada pelos valores encontrados para o coeficiente que caracteriza o potencial de evaporação e arraste (CI = 17).

O coeficiente de déficit variou de um valor bem próximo de zero para o tratamento Pw100K a 9,6% para o tratamento Pw25K. Já com relação as perdas por percolação, o menor valor foi encontrado no tratamento Pw45K (4,2%), sendo o maior valor encontrado no tratamento 1,25Pw68F (22,1%).

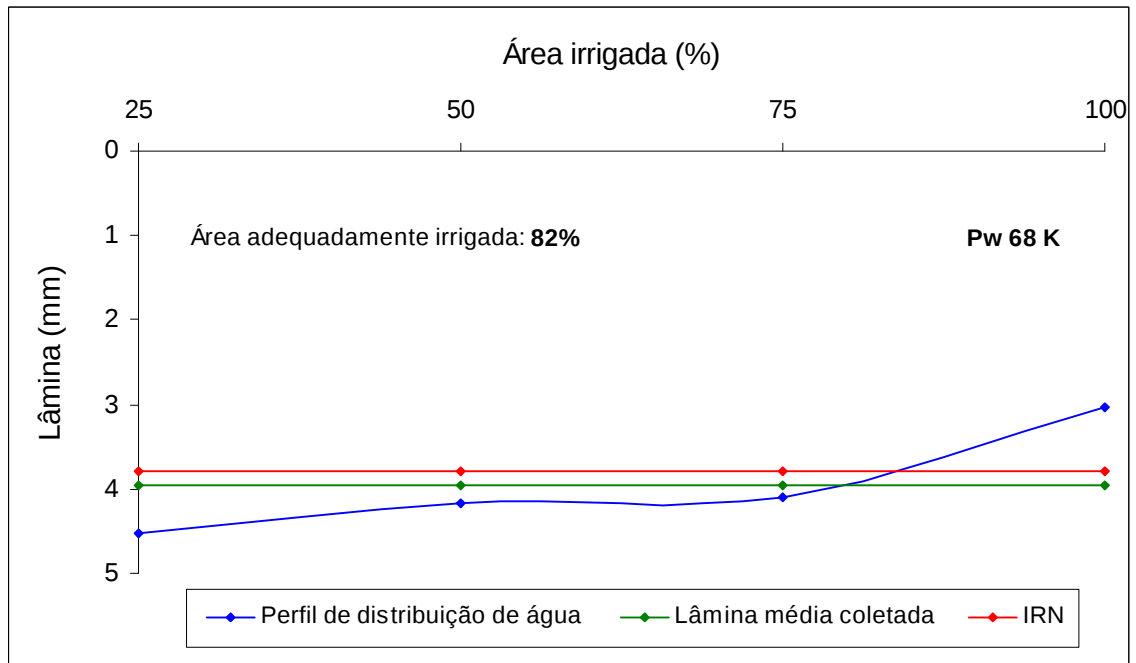


(A)

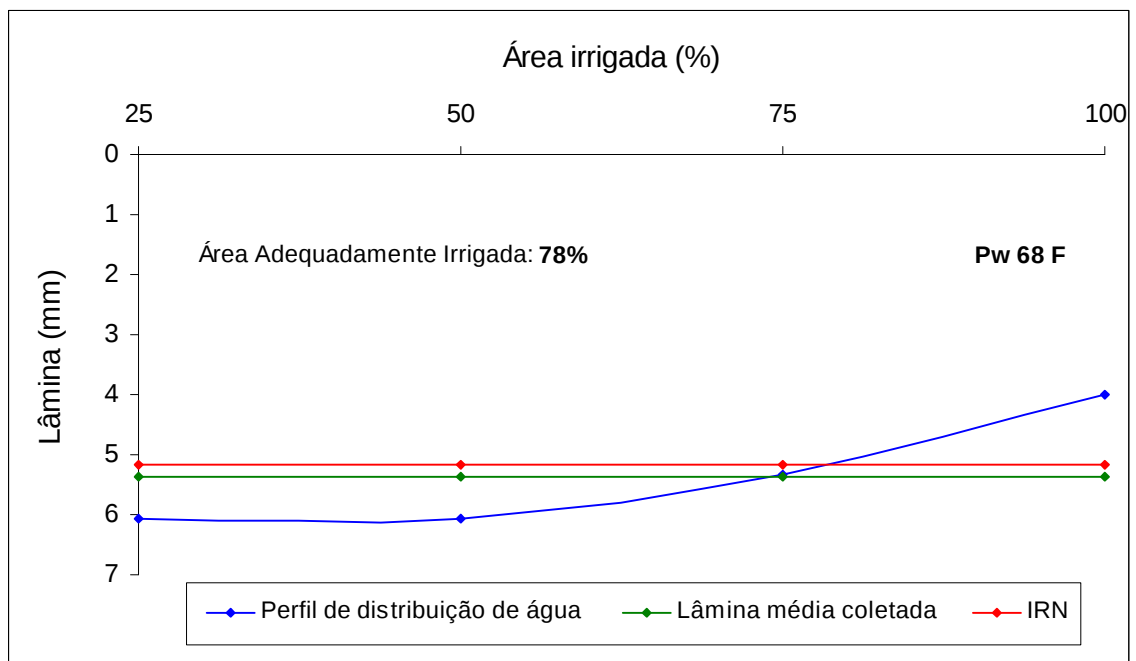


(B)

Figura 11 - Perfil de distribuição de água, irrigação real necessária (IRN) e lâmina média coletada em função da percentagem de área irrigada para os tratamentos Pw25K (A) e Pw45K (B).

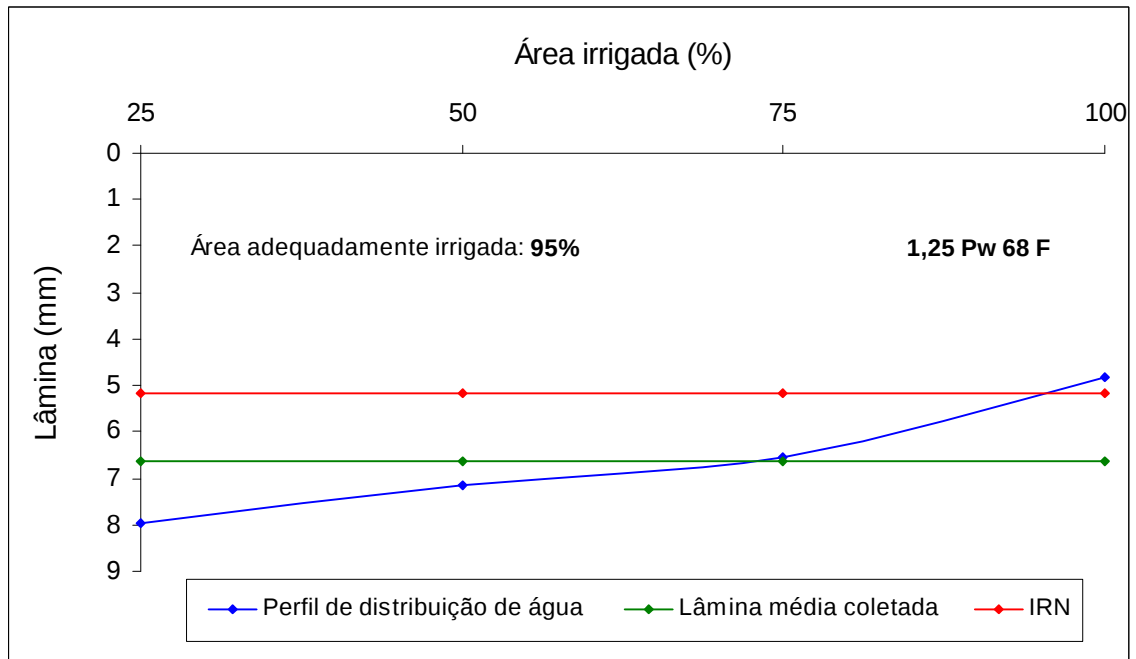


(A)

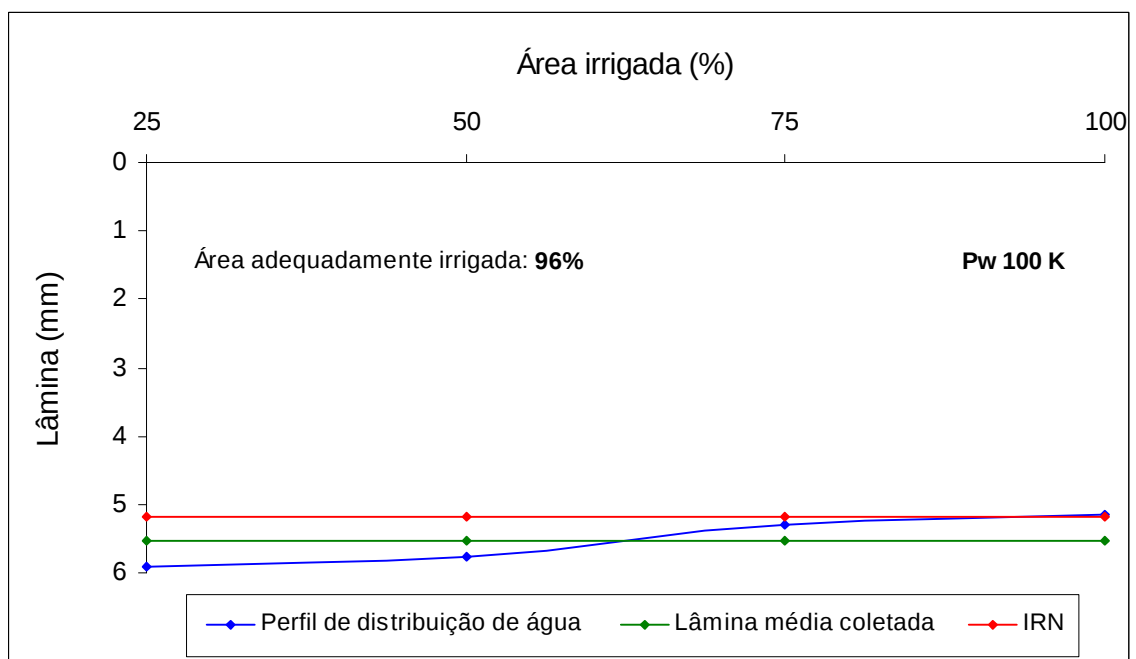


(B)

Figura 12 - Perfil de distribuição de água, irrigação real necessária (IRN) e lâmina média coletada em função da percentagem de área irrigada para os tratamentos Pw68K (A) e Pw68F (B).



(A)



(B)

Figura 13 - Perfil de distribuição de água, irrigação real necessária (IRN) e lâmina média coletada em função da percentagem de área irrigada para os tratamentos 1,25Pw68F (A) e Pw100K (B).

A eficiência de distribuição para uma área adequadamente irrigada de 90% (ED_{90}), apresentou valores discrepantes quando estimada através dos valores do CUCc e do CUCaj, sendo a maior proximidade nos valores encontrados nas duas metodologias observada no tratamento Pw100K. Os valores da ED_{90} estimados utilizando-se os valores do CUCc e CUCaj variaram, respectivamente, de 94,1 a 95,2% e de 69,7 a 91,0%, como pode ser observado no Quadro 24.

A mesma discrepância encontrada nos valores da ED_{90} , quando se utilizou o CUCc e o CUCaj, foi observada na estimativa da eficiência de irrigação para uma área adequadamente irrigada de 90% (Eip_{90}). Os valores encontrados para a Eip_{90} variaram de 89,5 a 90,9% e de 66,3 a 87,8%, quando se utilizou os valores de ED_{90} estimados através do CUCc e do CUCaj, respectivamente.

Observa-se no Quadro 24, que os valores de ED_{90} e Eip_{90} quando estimados com base nos valores do CUCc apresentam valores semelhantes em todos os tratamentos, visto os valores encontrados para o CUCc também serem uniformes. Porém, quando se estima ED_{90} e Eip_{90} com base nos valores encontrados para o CUCaj, os valores encontrados não seguem a mesma tendência que aqueles calculados com base no CUCc, visto as variações encontradas nos valores do CUCaj.

Pode-se verificar através do Quadro 24 que os valores da ED_{90} e Eip_{90} medidos diretamente no campo somente se aproximam daqueles estimados com base nos valores do CUCc e CUCaj no tratamento Pw100K. Sendo que nos outros tratamentos os valores de ED_{90} e Eip_{90} foram superestimados quando se utilizou o CUCc e subestimados quando utilizou-se o CUCaj em relação aos valores medidos diretamente no campo.

Observa-se, que os valores da ED_{90} e Eip_{90} medidos diretamente no campo são intermediários entre os valores obtidos quando se utilizou o CUCc e o CUCaj. Assim, quando se calcula a média aritmética entre os valores de ED_{90} e Eip_{90} estimados por meio do CUCc e CUCaj, verifica-se que esta aproxima-se dos valores calculados diretamente no campo, conforme pode ser observado no Quadro 25.

Quadro 25 - Comparação dos valores da ED₉₀ e Eip₉₀ medidos diretamente no campo, estimados utilizando os valores de CUCc e CUCaj e obtidos através da média aritmética entre os valores encontrados quando se utilizaram o CUCc e o CUCaj.

Parâmetro	Unid.	Tratamento					
		Pw25K	Pw45K	Pw68K	Pw100K	Pw68F	1,25Pw68F
ED ₉₀ - CUCc	%	94,3	94,1	95,2	94,1	95,2	94,6
ED ₉₀ - CUCaj	%	69,7	78,3	81,0	91,0	78,5	76,7
ED ₉₀ - medido	%	81,1	86,4	87,4	94,4	84,4	83,2
$\frac{(ED_{90-CUCc} + ED_{90-CUCaj})}{2}$	%	82,0	86,2	88,1	92,6	86,9	85,7
Eip ₉₀ - CUCc	%	89,7	89,5	90,9	90,8	90,7	90,5
Eip ₉₀ - CUCaj	%	66,3	74,5	77,3	87,8	74,8	73,4
Eip ₉₀ - medido	%	74,9	82,0	83,2	90,5	81,1	80,0
$\frac{(Eip_{90-CUCc} + Eip_{90-CUCaj})}{2}$	%	78,0	82,0	84,1	89,3	82,8	82,0

A menor eficiência de aplicação de água (Ea) foi observada no tratamento 1,25Pw68F (74,9%), em função da elevada perda por percolação (22,1%) ocorrida neste tratamento. Nos outros tratamentos os valores de Ea variaram de 86,8 a 90,9% (Quadro 24).

Através das Figuras 11 a 13, pode-se visualizar a distribuição de água durante uma irrigação em todos os tratamentos. Nota-se que somente os tratamentos Pw100K e 1,25Pw68F atingiram o percentual pré-estabelecido de área adequadamente irrigada, ficando os outros tratamentos com valores abaixo dos 90% desejados.

Estes resultados indicam que a obtenção de percentagens satisfatórias de área adequadamente irrigada está relacionada a dois fatores: lâmina de água aplicada e distribuição desta água aplicada na superfície do solo. É por esta razão que nos tratamentos Pw100K e Pw68F, mesmo aplicando-se praticamente a mesma lâmina de água, 5,77 e 5,60 mm, respectivamente, em função da mesma demanda de irrigação, observa-se uma superioridade do tratamento Pw100K em relação ao Pw68F. Isto é explicado através da melhor distribuição da água na superfície do solo no tratamento Pw100K, o que é confirmado pelo valor da sua ED₉₀ (94,4%) medida diretamente no campo (Quadro 24). Em função desta melhor distribuição da água aplicada no solo, tem-se no tratamento Pw100K, quando comparado com o Pw68F, uma maior

percentagem de área adequadamente irrigada (96,2%), um menor coeficiente de déficit (0,01%) e uma menor perda por percolação (6,3%).

Quanto aos tratamentos Pw68F e 1,25Pw68F, que apresentam a mesma percentagem de área molhada ($P_w = 68\%$), observa-se uma superioridade do tratamento 1,25Pw68F em relação ao Pw68F em todas as características vegetativas avaliadas. Esta superioridade do tratamento 1,25Pw68F foi obtida através do aumento da lâmina de irrigação em 25%, o que fez com que a percentagem de área adequadamente irrigada aumentasse de 78,1% no tratamento Pw68F, para 94,7% no 1,25Pw68F, o que proporcionou uma redução no coeficiente de déficit de 5,0% no tratamento Pw68F para 0,4% no 1,25Pw68F. Porém, este aumento na percentagem de área adequadamente irrigada do tratamento 1,25Pw68F em relação ao Pw68F, em decorrência do aumento da lâmina de irrigação em 25%, ocasionou um aumento considerável na perda por percolação. Sendo esta de 8,6% no tratamento Pw68F e 22,1% no 1,25Pw68F (Quadro 24).

Quando se comparam os tratamentos Pw68K e Pw68F, observa-se que, com relação aos parâmetros avaliados no manejo da irrigação, o tratamento Pw68K apresentou um melhor desempenho quando comparado com o tratamento Pw68F, com uma maior percentagem de área adequadamente irrigada (82,4%), um menor coeficiente de déficit (3,4%) e uma menor perda por percolação (7,8%). Porém, com relação as características vegetativas avaliadas na cultura da bananeira, observa-se uma superioridade do tratamento Pw68F em relação ao Pw68K. Este comportamento é explicado devido ao manejo da irrigação destes dois tratamentos. O tratamento Pw68K foi manejado com coeficiente de localização (KI) proposto por KELLER (1978), enquanto o Pw68F foi manejado com KI proposto por FERERES (1981). Assim, durante a condução do experimento, houve períodos em que se aplicava cerca de 30% a mais de água no tratamento Pw68F em relação ao Pw68K.

Este comportamento observado nos tratamentos Pw68K e Pw68F, demonstra uma superioridade do método de correção de ETo proposto por FERERES (1981) em relação ao proposto por KELLER (1978), nas condições em que o trabalho foi realizado. Pois a menor penalização da ETo pelo método proposto por FERERES (1981) proporcionou um aumento na lâmina de água aplicada no tratamento Pw68F, o que fez aumentar, também, o valor da sua

percentagem de área adequadamente irrigada. Esta diferença no manejo da irrigação proporcionou às plantas do tratamento Pw68F um melhor desenvolvimento vegetativo, quando comparadas com aquelas do tratamento Pw68K.

No Quadro 26 são apresentados a lâmina de irrigação real necessária, a lâmina de água aplicada e as lâminas de irrigação totais necessárias determinadas usando os valores da Eip_{90} estimada com base nos valores do CUCc e CUCaj, medida diretamente no campo e através da média aritmética entre os valores da Eip_{90} estimada usando o CUCc e o CUCaj.

Quadro 26 - Lâmina de irrigação real necessária (IRN), lâmina de água aplicada (ITN) e lâminas de irrigação totais necessárias (ITN) determinadas usando os valores da Eip_{90} estimada com base nos valores do CUCc (Eip_{90} -CUCc) e CUCaj (Eip_{90} -CUCaj), medida diretamente no campo (Eip_{90} -medido) e através da média aritmética entre os valores da Eip_{90} estimada usando o CUCc e o CUCaj.

Parâmetro	Unid.	Tratamento					
		Pw25K	Pw45K	Pw68K	Pw100K	Pw68F	1,25Pw68F
Lam. líquida (IRN)	mm	3,6	3,6	3,8	5,2	5,2	5,2
Lam. aplicada (ITN)	mm	3,8	3,7	4,2	5,8	5,6	6,9
<u>ITN calculada usando:</u>							
Eip_{90} – CUCc	mm	4,0	4,1	4,2	5,7	5,7	5,7
Eip_{90} – CUCaj	mm	5,5	4,9	4,9	5,9	6,9	7,1
Eip_{90} – medido	mm	4,8	4,4	4,5	5,7	6,4	6,5
$\frac{(Eip_{90-CUCc} + Eip_{90-CUCaj})}{2}$	mm	4,7	4,4	4,5	5,8	6,3	6,3

Observa-se no Quadro 26, que somente os valores da ITN do tratamento Pw100K são semelhantes nos diferentes métodos usados para o seu cálculo. Sendo a lâmina de água aplicada (5,8 mm) neste tratamento praticamente a mesma daquela determinada usando-se a Eip_{90} medida diretamente no campo (5,7 mm). Nos outros tratamentos a lâmina de água aplicada, com exceção do tratamento 1,25Pw68F, foi menor do que a determinada por meio dos valores de Eip_{90} medida diretamente no campo, para a obtenção de uma percentagem de área adequadamente irrigada de 90%. Isto

explica o fato de somente os tratamentos Pw100K e 1,25Pw68F terem atingido a percentagem de área adequadamente irrigada pré-estabelecida ($P_{ad} = 90\%$).

Observa-se que com o incremento de 25% na lâmina de água aplicada no tratamento 1,25Pw68F (6,9 mm), esta apresentou valores próximos daquela calculada por meio da Eip_{90} medida diretamente no campo (6,5 mm). Fato que explica os diferentes valores de percentagem de área adequadamente irrigada entre os tratamentos Pw68F (78,1%) e 1,25Pw68F (94,7%).

Os valores apresentados no Quadro 26, indicam que a obtenção de valores de percentagem de área adequadamente irrigada inferiores a 90% nos tratamentos Pw25K, Pw45K, Pw68K e Pw68F, o que lhes proporcionaram um desenvolvimento vegetativo na cultura da bananeira inferior aos observados nos tratamentos Pw100K e 1,25Pw68F, deveu-se a um ajuste inadequado da metodologia tradicional de cálculo da eficiência de irrigação para sistemas de microaspersão utilizados na cultura da bananeira.

Observa-se, no Quadro 25, que a metodologia para estimativa da eficiência de distribuição para uma área adequadamente irrigada pré-estabelecida no projeto (E_{Dad}), com base nos valores da percentagem de área adequadamente irrigada desejada e do CUC, proposta por KELLER e BLIESNER (1990), somente apresentou valores próximos, daqueles obtidos diretamente no campo, no tratamento que apresentava uma percentagem de área molhada (Pw) de 100%. Isto, talvez seja devido ao fato desta metodologia ter sido desenvolvida para sistemas de irrigação por aspersão convencional, que apresentam um valor de Pw igual a 100%.

Estes resultados indicam a necessidade de um ajuste na metodologia proposta por KELLER e BLIESNER (1990), quando se usa valores de Pw inferiores a 100%. Um primeiro ajuste que forneceu valores bem próximos daqueles calculados diretamente no campo, foi o cálculo da ITN usando-se a média aritmética dos valores da Eip_{90} determinada usando o CUCc e o CUCaj (Quadros 25 e 26).

Os resultados indicam que para se obter, nas condições em que o trabalho foi realizado, a percentagem de área adequadamente irrigada pré-estabelecida no projeto, deve-se levar em consideração a lâmina de água aplicada e a sua distribuição na superfície do solo, o que explica a

superioridade dos tratamentos Pw100K e 1,25Pw68F em relação aos demais, no que diz respeito ao desenvolvimento vegetativo da cultura da bananeira.

Em função da complexidade do tema abordado por este trabalho, e tendo em vista as particularidades do sistema de irrigação por microaspersão na cultura da bananeira, que mescla características da irrigação localizada tradicional, com características do sistema de irrigação por aspersão convencional, sugere-se que novos trabalhos sejam desenvolvidos, visando a criação de metodologias específicas para o manejo da irrigação por microaspersão na cultura da bananeira na região norte de Minas Gerais, visto a importância sócio-econômica desta cultura para a região.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho foi desenvolvido no Lote 29M, Gleba C2 do Projeto Jaíba, no norte de Minas Gerais, devido a importância sócio-econômica da bananicultura irrigada para esta região, cuja área cultivada aproxima-se dos 12 mil hectares. O mesmo teve como objetivo a avaliação da influência da percentagem de área molhada no desenvolvimento da cultura da bananeira irrigada por microaspersão durante o período vegetativo.

Foi utilizada a cultivar '*Prata Anã*', cujo manejo e condução foi realizado da forma tradicional, ou seja, com uma família (mãe, filha e neta) por cova. As mudas utilizadas foram provenientes de micropropagação *in vitro* e plantadas em sulcos com profundidade de 40 cm, no sistema de espaçamento em fileiras duplas, espaçadas de 4x3x2 m, resultando em 7 m² por planta.

Foram testadas quatro percentagens de área molhada: 25, 45, 68 e 100%. O sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão, na proporção de um microaspersor para cada quatro plantas. Para a correção da ETo utilizou-se os métodos propostos por KELLER (1978) e FERERES (1981).

O manejo da irrigação foi conduzido com o *software SISDA 3.5 executivo*, com base nos dados meteorológicos da região em estudo. Para tal, foi instalada na propriedade, uma estação agrometeorológica automática.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, contendo 6 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos T1, T2, T3 e T4, constituíram-se, respectivamente, de 25, 45, 68 e 100% de área molhada, sendo os mesmos manejados com coeficiente de localização (KI) proposto por KELLER (1978). Já

os tratamentos T5 e T6, foram implantados com 68% de área molhada e manejados com KI proposto por FERERES (1981), porém no tratamento T6 a lâmina de água aplicada foi majorada em 25%.

As avaliações das características vegetativas da bananeira foram realizadas nas seguintes datas: 25/05/01 (pré-plantio), 11/07/01 (aplicação dos tratamentos), 10/08/01, 12/09/01, 10/10/01, 08/11/01 e 14/12/01, totalizando sete avaliações. Da primeira à sexta avaliaram-se: o número de folhas funcionais, a altura da planta, o comprimento e a largura da última folha emitida e o perímetro do pseudocaule. Sendo todas estas avaliações concentradas na "planta-mãe". Na última avaliação, mediu-se a altura e o perímetro do pseudocaule da "planta-filha". Em todas as características vegetativas avaliadas houve diferença significativa pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, a partir da terceira avaliação (agosto/01). E a partir da quarta avaliação (setembro/01) os tratamentos T4 (Pw 100% - Keller) e T6 (Pw 68% - Fereres x 1,25) começaram a se destacar em relação aos demais, sendo esta supremacia confirmada estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A superioridade dos tratamentos T4 e T6 em relação aos demais foi mantida quando avaliou-se a altura e o perímetro do pseudocaule das "plantas-filhas".

Para as condições específicas da região onde o trabalho foi realizado, durante o período de desenvolvimento vegetativo da cultura da bananeira 'Prata Anã', cultivada sob irrigação por microaspersão, em solos arenosos, os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

- O dimensionamento de sistemas de irrigação por microaspersão para a cultura da bananeira, em solos arenosos, deve levar em consideração a maior percentagem de área molhada possível, usando de preferência valores próximos de 100%.
- A utilização de valores de área molhada menores que 100%, exigiram lâminas de irrigação mais elevadas para compensar a menor eficiência de distribuição (ED₉₀).

- Para as condições específicas da irrigação por microaspersão na cultura da bananeira em solos arenosos, a redução na percentagem de área molhada não promoveu uma redução direta na lâmina de irrigação, como tradicionalmente preconizado para irrigação localizada.
- Tanto a eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada pré-estabelecida no projeto (E_{ip90}) estimada com base nos valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen ($CUCc$), quanto a E_{ip90} estimada por meio do coeficiente de uniformidade ajustado ($CUCaj$), mostraram-se ineficientes para a determinação da lâmina de irrigação total necessária (ITN) que fornecesse a área adequadamente irrigada pré-estabelecida no projeto (90%). Já a média aritmética entre os valores da E_{ip90} estimada com base nos valores do $CUCc$ e do $CUCaj$, ficou bem próxima daquela medida diretamente no campo.
- O método de correção da E_{To} proposto por FERERES (1981) foi mais eficiente para determinar a lâmina de irrigação total necessária (ITN) que fornecesse a área adequadamente irrigada pré-estabelecida no projeto (90%), quando comparado com aquele proposto por KELLER (1978).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALJIBURY, F. K., MARSH, A. W. e HUNTAMER, J. Water use with drip irrigation. **En 2nd International Drip Irrigation Congress Proceedings**: p.341-345. California, USA, 1974.
- ALMEIDA, F. T de. **Avaliação dos sistemas de irrigação pressurizados e do manejo da água na cultura da banana no Projeto Gorutuba**. Viçosa, MG:UFV, 1997. 100p. Tese (Mestrado em Eng. Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- AUBERT, B. Action du climat sur le comportement du bananier en zones tropicales et subtropicales. **Fruits**, Paris, v.26, n.3, p.175-187, 1971.
- AUBERT, B. Étude préliminaire des phénomènes de transpiration chez le bananier. **Fruits**, Paris, v.23, n.9, p.483-494, 1968.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa, MG: UFV, 1996. 657p.
- BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de Cerrado de Minas Gerais**. Viçosa, MG:UFV, 1999. 224p. Tese (Doutorado em Eng. Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- CAMPOS, G. M. **Bananicultura nos Perímetros Irrigados**. Fortaleza: DNOCS, 1982. 61p.
- CHAMPION, J. **Bananier**. Paris: G. P. Maisonneuve & Larose, 1963. 263p.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkely: University of California, 1942. 124p. (Bull, 670).
- COELHO, E. F., OLIVEIRA, S. L. de e COSTA, E. L. da. Irrigação da bananeira. In: SIMPÓSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 1, Nova Porteirinha, MG, 2001. **Anais...** Nova Porteirinha: EPAMIG, 2001. p.91-101.

- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** - 5ª Aproximação / Antônio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., editores. - Viçosa, MG, 1999. 359p.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO (CODEVASF), Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Cadastro frutícola do Vale do São Francisco**, CD-ROM, Brasília, 1999.
- COSTA, E. L., MAENO, P. e ALBUQUERQUE, P. E. P. Irrigação da Bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.196, p.67-72, 1999.
- DANTAS, A. C. V. L., DANTAS, J. L. L. e ALVES, E. J. Estrutura da Planta. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, cap.III, p.47-60, 1997.
- DENÍCULI, W., BERNARDO, S., THIÁBAUT, J. T. L. e SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, v.27, n.50, p.155-162, 1980.
- DOORENBOS, J. e KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).
- DOORENBOS, J. e PRUITT, W. O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1977. 194p. (FAO. Riego e Drenaje, 24).
- FERERES, E. Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación. Recomendaciones para el manejo mejorado. **Ponencia en IV Seminario Latinoamericano de Microirrigación**. Barquisimeto, Venezuela, 1981. (En prensa).
- FIGUEIREDO, F. P. de. **Efeito de diferentes lâminas d'água e da área umedecida sobre o desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade do fruto da bananeira (*Musa sp*) cv. 'Prata Anã**. Lavras, MG:UFLA, 1998. 96p. Tese (Mestrado em Eng. Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, 1998.
- GANRY, J. Étude du développement du système foliaire du bananier em fonction de la temperature. **Fruits**, Paris, v.28, n.7/8, p.499-516, 1973.
- GANRY, J e MEYER, J.P. Recherche d'une loi d'action de la temperature sur la croissance des fruits du bananier. **Fruits**, Paris, v.30, n.6, p.376-392, 1975.
- HERNANDEZ ABREU, J. M., PEREZ REGALADO, A., RODRIGO LOPEZ, J. e GONZALEZ HERNANDEZ, J. F. **El riego localizado**. Curso internacional de riego localizado. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1987, 317p.

- HOARE, E. R., GARZOLI, K. V. e BLACKWELL, J. Plant water requirements as related to trickle irrigation. **En 2nd International Drip Irrigation Congress Proceedings**: p.323-328. California, USA, 1974.
- INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Banana**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 3.ed. Campinas: ITAL, 1990. 302p. (ITAL. Frutas Tropicais, 3).
- ISRAELI, I. e NAMERI, N. The effect of water salinity on the growth and production of dwarf Cavendish bananas irrigated by drip irrigation. **International Banana Nutrition Newsletter**. Alstonville. v.5, p.12-13, 1982.
- IUCHI, V. L., RODRIGUES, J. A. S., MANICA, I. e OLIVEIRA, L. M. de. Parcelamento do adubo nitrogenado e potássico em bananeira (*Musa sp*) Cv. 'Prata'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5, Pelotas, 1979. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, v.1, p.109-117, 1979.
- KELLER, J. **Trickle irrigation**. En Soil Conservation Service National Engineering Handbook. Colorado, 1978, 129p.
- KELLER, J. e BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. Van Nostrand Reinold, New York, 1990. 652p.
- KELLER, J. e KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler. Glendora, California: s.n., 1975, 133p.
- LIMA, C. A. de S. e MEIRELLES, M. L. Irrigação da Bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.133, p.61-64, 1986.
- MARCIANI-BENDEZÚ, J., MARINATO, R., LIMA, C. A. de S. e ALVARENGA, L. R. de. **Efeito de diferentes níveis de umidade do solo na produção do 1º e 2º cacho da bananeira (*Musa cavendishii*, Lambert) cv. Nanica**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 24 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 14).
- MARINATO, R. Irrigação da Bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, n.63, p.42-45, 1980.
- MERRIAN, J. L. e KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation**: a guide for management. Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- MEYER, J. P. e SCHOCH, P. G. Besoin en eau du bananier aux Antilles. Mesures du evapotranspiration maximale. **Fruits**, Paris, v.31, n.1, p.3-19, 1986.
- MOREIRA, R. S. **Banana**: teoria e prática de cultivo. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 355p.

- OLIVEIRA, S. L. de. Irrigação. **A cultura da banana:** aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, cap.XI, p.317-334, 1997.
- PADOVANI, M. I. **Banana:** um mercado crescente para este alimento milenar. São Paulo: Ícone, 1986. 104p.
- PEREZ, F. P. Z. **A influência da época de seleção do rebento sobre o desenvolvimento das plantas matrizes em bananeira *Musa cavendish* Lamb. Cv. Nanicão.** Piracicaba, SP:ESALQ, 1972. 58p. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1972.
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF):** goteo, microaspersión, exudación. 2.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1990, 471p.
- QUARESMA FILHO, M. I. M. **Avaliação dos sistemas de irrigação por microaspersão na fruticultura dos Projetos Gorutuba e Jaíba.** Viçosa, MG:UFV, 1999. 85p. Tese (Mestrado em Eng. Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- RODRIGO LOPEZ, J., HERNANDEZ ABREU, J. M., PEREZ REGALADO, A. e GONZALEZ HERNANDEZ, J. F. **Riego localizado.** Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1992, 405p.
- RODRIGO LOPEZ, J., HERNANDEZ ABREU, J. M., PEREZ REGALADO, A. e SAENZ PISACA, D. **Componentes de instalaciones de riego localizado.** In: CURSO INTERNACIONAL DE RIEGO LOCALIZADO, 2., Islas Canarias. Islas Canarias: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1981, 92p.
- SAN JUAN, J. A. M. **Riego por goteo.** Teoria y practica. 3.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1988. 256p.
- SANTOS, M. V. M. **Efeito de lâminas de água e áreas de umedecimento sobre a bananeira (*Musa sp*) cv. 'Prata Anã.** Lavras, MG:UFLA, 1996. 55p. Tese (Mestrado em Eng. Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, 1996.
- SEDIYAMA, G. C. Evapotranspiração: necessidade de água para as plantas cultivadas. In: **Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior.** Curso de Engenharia e Manejo de Irrigação, módulo 2. Brasília, DF : ABEAS; Viçosa, MG : UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1996. 173p.
- SILVA, J. T. A da, BORGES, A. L. e MALBURG, J. L. Solos, Adubação e Nutrição da Bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v.20, n.196, p.21-36, 1999.

- SILVA, S. de O., ALVES, E. J., SHEPHERD, K. e DANTAS, J. L. L. Cultivares. **A cultura da banana:** aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, cap.V, p.85-105, 1997.
- SIMÃO, S. **Manual de fruticultura.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, p.199-234, 1971.
- SIMMONDS, N. M. **Bananas.** 2.ed. London: Longman, 1970. 570p.
- SIQUEIRA, D. L. **Variabilidade e correlação de caracteres em clones de bananeira 'Prata'.** Lavras, MG:ESAL, 1984. 66p. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1984.
- SMITH, M., SEGEREN, A., PEREIRA, L. S., PERRIER, A. e ALLEN, R. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guideline for prediction of crop water requirements.** Rome: FAO, 1991. 45p.
- SOARES, A. A. Irrigação por aspersão e localizada. In: **Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior.** Curso de Engenharia e Manejo de Irrigação, módulo 4. Brasília, DF : ABEAS; Viçosa, MG : UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1998. 86p.
- SOTO BALLESTERO, M. **Bananos:** cultivo y comercializacion. 2.ed. San José, Costa Rica: Litografia e Imprenta LIL, 1992. 674p.
- SOUTO, R. F., RODRIGUES, M. G. V., ALVARENGA, C. D., SILVA, J. T. A., MAENO, P. e GONZAGA, V. **Sistema de produção para o cultivo da banana prata anã.** Belo Horizonte: EPAMIG, 1997. 32p - (EPAMIG. Boletim Técnico, 48).
- VERMEIREN, L. e JOBLING, G. A. **Localized irrigation.** Rome: FAO, 1980. 203p. (Irrigation and Drainage Paper, 36).

APÊNDICE

Quadro 1A - Evapotranspiração de referência calculada pelo método de Penman-Monteith (ET_o-PM) e evapotranspiração da cultura (ET_c) em todos os tratamentos durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

Mês	ET _o (mm dia ⁻¹)	ET _c (mm dia ⁻¹)					
		Pw25K	Pw45K	Pw68K	Pw100K	Pw68F	1,25Pw68F
mai/01	3,53	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
jun/01	3,58	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
jul/01	3,98	0,97	1,17	1,41	1,74	1,73	1,73
ago/01	4,19	0,75	1,09	1,50	2,06	2,05	2,05
set/01	5,08	1,06	1,55	2,14	2,93	2,92	2,92
out/01	4,62	1,23	1,64	2,28	3,13	3,10	3,13
nov/01	3,70	1,48	1,61	2,12	2,93	2,85	2,89
dez/01	4,75	2,79	2,91	3,19	4,38	4,32	4,32
Média	4,20	1,27	1,51	1,89	2,46	2,44	2,45

Quadro 2A - Lâmina de água aplicada em todos os tratamentos durante a condução do experimento na Gleba C2 do Projeto Jaíba, MG.

Mês	Lâmina Aplicada (mm dia ⁻¹)					
	Pw25K	Pw45K	Pw68K	Pw100K	Pw68F	1,25Pw68F
mai/01	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96
jun/01	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
jul/01	1,44	1,65	1,93	2,29	2,28	2,60
ago/01	0,99	1,23	1,70	2,33	2,32	2,91
set/01	1,22	1,64	2,41	3,28	3,38	4,15
out/01	1,10	1,37	2,07	2,82	2,85	3,44
nov/01	1,00	1,02	1,45	1,97	2,00	2,39
dez/01	2,44	2,51	2,83	3,87	3,85	4,55
Média	1,55	1,73	2,15	2,69	2,71	3,16

Quadro 3A - Temperatura máxima (Tx), média (Tmédia) e mínima (Tn), insolação (Inso), velocidade do vento (Vv), umidade relativa (Ur), precipitação total (Prec) e evapotranspiração de referência (Penman-Monteith - ETo-PM), simuladas no *software* SISDA 3.5 executivo, para a região do Projeto Jaíba, MG.

Mês	Tx (°C)	Tmédia (°C)	Tn (°C)	Inso (h)	Vv (m.s ⁻¹)	Ur (%)	Prec (mm)	ETo-PM (mm)
Jan	30,2	25,2	20,6	190,7	1,5	74,6	161,8	143,7
Fev	31,2	25,8	21,1	218,7	1,6	61,5	117,9	151,5
Mar	31,6	25,7	20,5	244,3	1,6	57,3	88,4	161,3
Abr	31,1	25,1	19,7	244,8	1,7	65,5	50,7	134,8
Mai	30,9	24,4	18,2	265,4	1,8	60,8	5,3	124,5
Jun	29,8	22,4	15,6	246,9	2,0	56,1	2,4	110,0
Jul	30,1	22,6	15,3	257,3	2,1	47,9	1,9	128,1
Ago	31,8	24,5	17,7	293,9	2,1	44,0	2,2	159,4
Set	32,8	26,0	19,3	242,1	2,2	44,5	12,6	174,9
Out	32,7	26,4	20,4	217,9	2,0	50,0	63,6	177,1
Nov	31,3	26,1	20,4	198,9	1,8	61,8	117,3	158,0
Dez	31,1	25,8	20,4	200,0	1,5	65,9	189,4	153,7