

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

v.4, n.3, p.311-317, jul.-set., 2009

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 265 - 20/10/2007 • Aprovado em 15/06/2009

José A.B. de Souza²

Nildo da S. Dias²

Francisco S. Dantas Neto²

Miguel Ferreira Neto²

Produtividade da bananeira sob diferentes uniformidades de distribuição de água no Distrito Irrigado do Baixo – Assú, RN¹

Resumo

Com o objetivo de avaliar produtividade da cultura da banana sob diferentes uniformidades de distribuição de lâminas de irrigação, foi desenvolvido um estudo no Distrito de Irrigação do Baixo-Assú (DIBA), município de Alto do Rodrigues, RN. Foram coletados dados da uniformidade de distribuição de sistemas de irrigação em diferentes lotes do DIBA a fim de estimar a produtividade máxima e a demanda hídrica da bananeira, utilizando-se o software “Sistema de Suporte a Tomada de Decisão na Agricultura” (SISDA). Os resultados mostraram alta sensibilidade do modelo combinado que requer alta uniformidade de distribuição do sistema de irrigação para estimar os rendimentos da cultura com melhor precisão; necessita de adaptação ao sistema de irrigação e de um manejo adequado para possibilitar aumento da uniformidade de aplicação de água e, conseqüentemente, melhoria na produção da cultura.

Palavras-chave: modelos de simulação, demanda hídrica, *Musa sp*

Banana yield under different uniformity of water distribution at the Distrito Irrigado do Baixo Assú, Rio Grande do Norte, Brazil

ABSTRACT

To evaluate the banana yield under different uniformity of irrigation depths, a study was carried out at the “Distrito Irrigado do Baixo Assú” (DIBA), Alto do Rodrigues, Rio Grande do Norte State, Brazil. The data distribution uniformity of the irrigation system were collected in different plots at the project-DIBA aimed to estimate productivity maxima and water demand of the banana, being used the software “Sistema de Suporte a Tomada de Decisão na Agricultura” (SISDA). The results showed that the high sensitivity of the combined model requiring high uniformity to estimate the crop yield culture with accurately. It is required the adaptation of the irrigation system and application technique for appropriate management and to increase of the water application uniformity and, consequently, to improve the yield culture.

Key words: simulation models, water demand, *Musa sp*

² Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Ciências Ambientais, CP 137, 59625-900, Mossoró, RN. Fone: (84) 3315-1799. Fax: (84) 3315-2177. E-mail: audjamdj@yaho.com.br; nildo@ufersa.edu.br; solon@ufersa.edu.br; miguel@ufersa.edu.br

¹Parte da Monografia de Graduação do primeiro autor apresentada a UFERSA

INTRODUÇÃO

Na agricultura irrigada, o fator água deve ser otimizado, possibilitando, sem maiores riscos, aumentar a utilização dos demais insumos de produção e, conseqüentemente, a obtenção de maiores produtividades com uma melhor combinação dos insumos empregados. Para tanto, o conhecimento das funções de produção e/ou superfícies de resposta, é fundamental para a tomada de decisão, haja vista, que estas ferramentas possibilitam a determinação das interações entre os fatores que afetam a produtividade, bem como a escolha de alternativas mais condizentes com a realidade regional, permitindo assim, o manejo racional apoiado em bases técnicas e economicamente viáveis (Bernardo, 2005).

De acordo com Freitas et al. (2003), nenhum sistema de irrigação é capaz de aplicar água com boa uniformidade e, para aumentar o grau da uniformidade de aplicação, são necessários investimentos para aquisição de sistemas mais eficientes ou para adequação do sistema existente e, ainda, para cobrir o custo da mão-de-obra envolvida no manejo da irrigação. Em virtude disto, vários trabalhos (Frizzone, 1986; Duke et al., 1992; Rezende et al., 1999; Gozálves, 2000; Freitas, 2003) têm sido realizados sob diferentes condições climáticas e, os resultados dessas investigações utilizam como modelos empíricos para estimar a produtividade das culturas e auxiliar no planejamento da irrigação.

Segundo Ferreira (1999), a maioria dos projetos de irrigação foi desenvolvida numa época em que não havia a preocupação com o calendário de disponibilidade de água, mas com um cronograma de irrigação parcelado. Com o aumento das áreas irrigadas, a demanda pela indústria e as pressões pela conservação ambiental, a água se tornou um bem escasso e caro. Devido a este fato, procurou-se encontrar meios para melhorar os sistemas de distribuição de água na irrigação, visando confiabilidade e equitatividade na entrega de água para os usuários. Assim, muitos modelos de simulação surgiram como ferramentas para dar suporte à tomada de decisões por parte dos gerenciadores do uso de água.

Em regiões de clima árido e semi-árido a agricultura é limitada pela escassez de água, necessitando de uma estratégia visando à otimização dos recursos hídricos disponíveis, maximizando a receita por unidade de volume de água aplicado. Em tais condições, a irrigação com déficit possibilita maior retorno econômico do que a irrigação para atender plenamente a demanda hídrica da cultura (English, 1990). A definição de um intervalo de manejo de irrigação, a partir de uma função de produção conhecida, permite a utilização racional da irrigação com déficit.

A função de resposta da cultura à água constitui-se no elemento básico utilizado nos estudos econômicos relativos ao planejamento da irrigação, uma vez que as culturas apresentam comportamento produtivo diferenciado em razão da quantidade e da frequência de irrigação durante o ciclo fenológico. Entretanto, é necessário encontrar a combinação ótima entre insumo e produto, capaz de maximizar a receita líquida sujeita às restrições de recursos pré-fixadas, em face da estrutura de preços vigentes e do nível de tecnologia adotado no sistema de produção.

O conhecimento destas relações é fundamental para relacionar a produção agrícola com a evapotranspiração e volume de água; fornecer dados para projetos de irrigação; promover informações para o manejo de água no solo; considerar a influência de práticas culturais como a fertilização, sobre a produção e Evapotranspiração; e realizar análises econômicas de alternativas de manejo da irrigação (Mantovani, 1993; Burman e Pochop, 1994).

A região Oeste do Rio Grande do Norte destaca-se nacionalmente na produção de banana; no Vale do Assú, a bananicultura irrigada configura-se numa opção estratégica para aumentar a oferta deste produto, consolidando a afirmação comercial dessa região como geradora de renda e emprego no meio rural e nos setores agroindustriais vinculados às atividades da agricultura irrigada. Neste contexto, o déficit e o excesso de água devem ser tratados como de suma importância pelo empreendedor do setor agrícola. Assim, vê-se como imprescindível que os setores privados junto às instituições de pesquisas busquem ações no sentido de avaliar quantitativamente e qualitativamente os efeitos da água sobre o rendimento das culturas.

Levando-se em consideração estes aspectos, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade da cultura da banana submetida a diferentes uniformidades de distribuição da irrigação no Distrito Irrigado do Baixo-Assú, RN.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Distrito de Irrigação do Baixo-Assú (DIBA) em Alto do Rodrigues, RN, situado ao lado direito da rodovia RN-118, limitado, geograficamente, pelos paralelos 9.408.500 N e 9.402.000 S e pelos meridianos 749.000 L e 743.000 W, onde foram coletados dados necessários à realização da investigação.

Para a coleta de dados da estimativa da uniformidade de irrigação, dividiu-se o distrito em três setores (I, II e III), sendo que cada setor possuía uma estação de bombeamento de água para irrigação dos lotes. O sistema de adução da água se faz por meio de canais abertos do ponto de captação no rio Piranhas-assu até os reservatórios em cada estação de bombeamento dos setores. A partir do reservatório, a adução de água para os lotes é feita por meio de tubos pressurizados, sendo que em cada do lote existe um registro para tomada de água.

Os lotes foram selecionados mediante sorteio em cada setor do projeto. Deve-se ressaltar, que o sistema de irrigação utilizado na produção da banana no DIBA é o de aspersão convencional e nas avaliações dos sistemas de irrigação foram consideradas as características de exploração, quais sejam: sistemas de irrigação em condições boas, médias e ruins em relação ao seu funcionamento.

Para coletar a vazão dos emissores, durante o teste de uniformidade, foram utilizados pluviômetros com capacidade de 1 L, distribuídos na área selecionada em malha de pontos em torno de um aspersor. Os espaçamentos entre os aspersores e as laterais foram simulados, sobrepondo os dados convenientemente; sendo utilizado o teste com uma linha la-

teral trabalhando diretamente no campo. Como o espaçamento dos aspersores é fixo; simulou os diferentes espaçamentos entre laterais. Na Figura 1 é ilustrada a disposição dos “pluviômetros” em torno de um aspersor a ser testado.

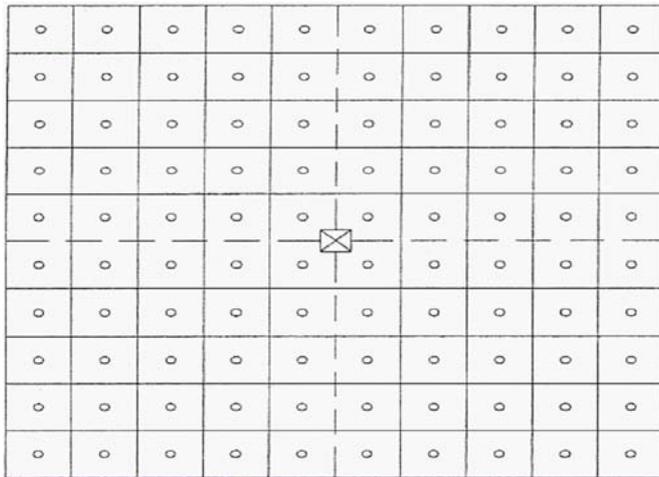


Figura 1. Disposição dos pluviômetros

Figure 1. Raingauges distribution

A área em torno do aspersor foi dividida em subáreas quadráticas e, os coletores de precipitação foram colocados no centro de cada subárea, conforme descrito por Bernardo (2005); assim, o volume ou lâmina coletada em cada pluviômetro representa a precipitação em cada subárea.

Os coletores foram colocados em torno do aspersor, representando a pressão de operação média. Para linhas em nível, os aspersores foram colocados a uma distancia de 40% do comprimento total a partir do inicio da linha. O tempo de cada teste foi igual à metade do tempo de funcionamento do sistema, durante as irrigações normais no DIBA.

O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) foi estimado de acordo com a equação:

$$CUC = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^N |L_i - L_m|}{NL_m} \right] 100 \quad (1)$$

em que:

CUC = Coeficiente de uniformidade, %;

N = número de coletores;

Li = lâmina coletada no ponto “i”, mm e,

Lm = lâmina media de todas as observações, mm.

Para avaliar produção da cultura da banana em função da uniformidade de irrigação foram utilizados os modelos de função de produção método da zona agroecológica - FAO (Doorenbos & Kassan, 1979) e o modelo combinado (Mantovani, 1993), para verificar a queda no rendimento da cultura, quais sejam:

- Método da FAO:

$$1 - \frac{Y_a}{Y_{max}} = ky \left(1 - \frac{ET_a}{ET_{max}} \right) \quad (2)$$

em que :

Y_a = produção atual, ton ha⁻¹;

Y_{max} = produção máxima, ton ha⁻¹;

ET_a = evapotranspiração sazonal real, mm;

ET_{max} = evapotranspiração sazonal máxima, mm e,

b = relação da redução de produção (coeficiente empírico).

- Modelo combinado

$$1 - \frac{P}{P_{max}} = \beta Cd (1 - p) \quad (3)$$

em que :

P = produtividade real, (ton ha⁻¹);

P_{max} = produtividade máxima (ton ha⁻¹);

b = fator de resposta da cultura;

Cd = coeficiente de deficit e,

p = contribuição hídrica que não seja da irrigação.

O Cd é função da uniformidade do sistema e da relação entre a lâmina bruta (H_B) e a lâmina requerida (H_R), e pode ser estimada por:

- Se $H_B > H_R$

$$Cd = \left(\frac{1 - x_i}{2} \right) \left[1 - \left(\left(\frac{H_B}{H_R} \right) 2CUC \right) - 1 \right] \quad (4)$$

em que $X_i = \left(\frac{1}{4 - 4CUC} \right) \left[3 - 2CUC - \left(\frac{H_R}{H_B} \right) \right]$

- Se $H_B < H_R$

$$Cd = \frac{(H_R - H_B)}{H_R} \quad (5)$$

O software SISDA (Costa et al., 1998) foi utilizado para manejar a irrigação na propriedade, a partir do cadastro diário dos dados climáticos observados no local e das simulações de irrigações. Com o uso do SISDA, foram gerados os relatórios referentes ao acompanhamento da disponibilidade de água no solo e a necessidade de irrigação da cultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação dos sistemas de irrigação

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios das variáveis observadas durante o teste de avaliação e os coeficientes de uniformidade CUC e CUD. Verificou-se que o CUC médio para os sete lotes avaliados no DIBA variou entre 44,1 a 65%, com média geral de 52,6%. Com base nesta constatação, pode-se observar que a eficiência dos sistemas de irrigações nos lotes está muito abaixo do recomendado pela literatura o sistema de aspersão, o qual varia entre 70 e 75% (Keller & Karmeli, 1975).

Na Tabela 2 é apresentado o resumo da análise de variância para os coeficientes de uniformidade da irrigação do projeto. Além dos valores de CUC se manterem baixos, ao longo

Tabela 1. Médias da pressão de serviço, da vazão dos aspersores, dos coeficientes de uniformidade e de distribuição (CUC e CUD) observados nas avaliações no sistema de irrigação

Table 1. Service pressures means, sprinkler discharge and uniformity coefficients and distribution (CUC e CUD) observed in the evaluation of the irrigation system

Lote	Pressão do Aspersor (kgf cm ⁻²)	Vazão do Aspersor (L s ⁻¹)	CUC (%)	CUD (%)
1	1,85	0,29	49,0	37,0
2	2,73	0,41	51,0	41,3
3	2,70	0,32	65,0	46,0
4	2,60	0,38	48,8	28,9
5	2,80	0,35	50,3	33,1
6	2,30	0,13	44,1	35,2
7	2,77	0,18	60,1	45,7
Média	2,54	0,44	52,6	38,2

Tabela 2. Resumo da ANAVA e médias do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, para as avaliações dos sistemas de irrigação no DIBA

Table 2. Summary of the ANAVA and mean of the Christiansen's uniformity coefficient for assessments of the irrigation system at the DIBA

Fator de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Lote	6	949.59	158.26	2,000	0,1338*
Erro	14	1107.94	79.13	-	-
Total corrigido	20	2057.54	-	-	-
Coeficiente de Variação (%)	16,9	-	-	-	-
Média Geral:	52.6	-	-	-	-

* Significativo ao nível de 5 %

do projeto piloto do DIBA, apresentam valores semelhantes, não sendo verificadas diferenças significativas entre as uniformidades observadas entre os lotes. Da mesma forma não se verificou diferença entre as uniformidades observadas.

Na Figura 2 é apresentada a relação entre o volume de água aplicado pelo sistema de irrigação e a percentagem de área irrigada. Verifica-se que apenas 12% das áreas recebem uma lâmina maior do que a lâmina média coletada, o que evidencia a ocorrência de baixos valores de uniformidade dos sistemas de irrigação no DIBA. A baixa uniformidade dos sistemas de irrigação reside no baixo nível tecnológico do sistema de produção do perímetro estudado; onde se observou a falta de uniformidade do espaçamento entre os aspersores e, também,

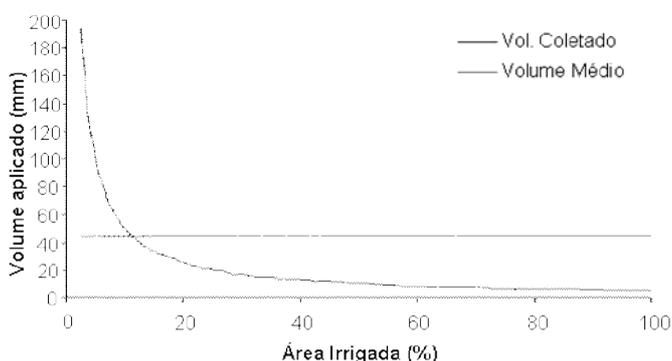


Figura 2. Relação entre o volume de água aplicado pelo sistema de irrigação e a percentagem de área irrigada no projeto de irrigação - DIBA

Figura 2. Relationship between volume of applied water of the irrigation system and wetted area percentage in the Irrigation District-DIBA

entre as plantas da bananeira, em decorrência do manejo inadequado da cultura, principalmente o desbaste das plantas.

A eficiência dos sistemas de irrigação dos perímetros irrigados depende, dentre outros fatores, do nível tecnológico empregado, incluindo a falta de assistência técnica. Soares & Nascimento (1998), em uma avaliação técnica dos sistemas de irrigação por aspersão no Perímetro Irrigado Barreiras, município de Petrolândia, PE, encontraram coeficiente de Uniformidade de Christiansen em torno de 86%. Já, Silva (2006), trabalhando avaliação das unidades produtivas em lotes de produtores familiares no perímetro irrigado de Sumé-PB, encontrou valores de eficiência de aplicação da irrigação abaixo do mínimo recomendado na literatura. Isto mostra que os perímetros irrigados com baixo nível tecnológico, geralmente, têm sistemas de irrigação ineficientes.

Rendimento relativo da cultura da bananeira

Os baixos valores de coeficiente de uniformidade encontrados na irrigação da cultura condicionaram a falta de uniformidade de distribuição de água e, conseqüentemente o surgimento de zonas de déficit hídrico. Deste modo, o valor da ETmax é considerado maior do que o nível de aplicação e a quantidade de água limitada no solo, ou seja, a evapotranspiração real é menor do que a evapotranspiração máxima.

Com o uso do método da FAO para simular o rendimento relativo da cultura da bananeira, considerando o suprimento de água limitado no solo, obtiveram-se os valores de redução do rendimento apresentado na Tabela 3. Verifica-se que com a diminuição do nível de aplicação de água, gera-se um aumento no déficit hídrico, implicando a redução da produtividade e na evapotranspiração máxima. Isso, se houver diminuição na aplicação de água, acarreta queda da produtividade, pois há uma relação direta de proporcionalidade (Figuras 3 e 4).

Tabela 3. Relação percentual entre produção real (Yr) e produção máxima (Ym) em função do déficit hídrico pelo método da zona agroecológica (FAO)

Table 3. Relationship between Actual Productivity (Yr) and Maximum Productivity (Ym) under water deficit following the Agroecological Zone method (FAO)

Nível de Aplicação	Déficit (%)	ETr (mm)	(Yr/Ym)x100 (%)
95	5	2138	94
90	10	2025	87
85	15	1913	81
80	20	1800	75
75	25	1688	68
70	30	1575	62
65	35	1463	56
60	40	1350	49
55	45	1238	43
50	50	1125	37

Outros autores também encontraram correlação negativa entre a baixa de uniformidade de distribuição de água no solo e a redução da produtividade das culturas, como Frizzone et al. (2007) com a cultura do feijão, Mateos et al. (1997) com a cultura do algodão e Almeida (1997) com a cultura da banana.

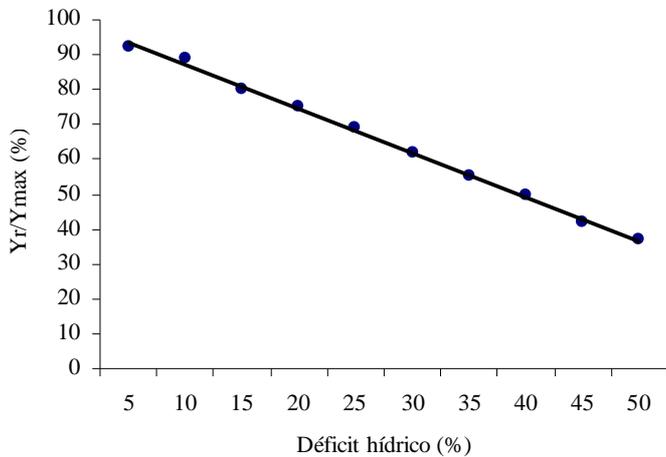
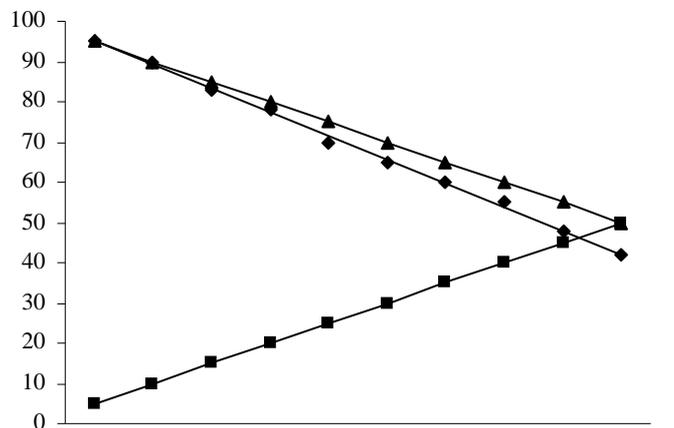


Figura 3. Redução da produtividade relativa em função do déficit hídrico para a cultura da bananeira no Projeto de Irrigação - DIBA, segundo método da zona agroecológica (FAO)

Figure 3. Relative productivity reduction under water deficit for banana crop in the Irrigation District- DIBA, following the Agroecological Zone method (FAO)



◆ Yr/Ymax (%) —■ Déficit hídrico (%) —▲ Nível de aplicação

Figura 4. Relação entre o nível de aplicação, a produtividade e o déficit hídrico da cultura da banana no Projeto de Irrigação - DIBA

Figure 4. Relationship between application level, productivity and water deficit of the banana crop in the Irrigation District - DIBA

Já, o modelo combinado relaciona a redução da produção com a uniformidade de aplicação da água via irrigação e apresenta-se como modelo adequado para estimar a produção da cultura que tem seu suprimento hídrico baseado em irrigação.

Na Tabela 4 é apresentado o resumo das simulações de produtividade utilizando o modelo combinado, considerando coeficiente de uniformidade variando entre 50 e 85 %, utilizando irrigação total. Verifica-se que para um CUC de 50 % a relação entre lâmina bruta e lâmina requerida proporciona um coeficiente de déficit reduzido, situando-se próximo de 1,5. Isto indica uma relação entre produção real e máxima de 89 %, que é otimizada com uma lâmina bruta de 3375 mm ano⁻¹. Estes valores de lâminas podem ser esperados para um coeficiente de uniformidade baixo, uma vez que seria necessário um aporte

Tabela 4. Resumo de simulações de produtividade utilizando o modelo combinado, considerando coeficiente de uniformidade variando entre 50 e 85 %, utilizando irrigação total

Table 4. Summary of the simulation of productivity following combined method, considered uniformity coefficient between 50 and 85 %, adopting complete irrigation

Hb/Hr	Hr/Hb	Xi	Cd	p	P/Pmax	Lb	Pmáx	Nível de aplicação CUC (%)
1,5	0,67	0,667	0,08	0	0,89	3375	44708	50
1,5	0,67	0,685	0,06	0	0,93	3375	46502	55
1,5	0,67	0,708	0,03	0	0,96	3375	48148	60
1,5	0,67	0,738	0,01	0	0,99	3375	49584	65
1,4	0,71	0,738	0,01	0	0,99	3150	49667	70
1,3	0,77	0,731	0,01	0	0,99	2925	49573	75
1,2	0,83	0,346	0,03	0	0,97	2700	48338	80
1,1	0,91	0,523	0,03	0	0,96	2475	48030	85

de água adicional para cobrir a deficiência hídrica na área irrigada, e assim atender a demanda da ET_{max}.

Ainda em relação à Tabela 4, pode-se esperar que para uma simulação com coeficiente de uniformidade de 75 % há uma redução da lâmina ótima para produção e, neste caso, o coeficiente de déficit situa-se próximo de 1,3 da relação entre lâmina bruta e a requerida, indicando uma relação da produção real e da máxima de 99 %, que é otimizada com uma lâmina bruta de 2925 mm anuais. Quando o coeficiente de uniformidade ultrapassa os 75 % tem-se uma redução da lâmina ótima para produção. Para o CUC de 80 % o coeficiente de déficit reduzido situa-se próximo de 1,2 da relação entre lâmina bruta e a requerida, indicando também uma redução na relação da produção real e a máxima de 97 %, que é otimizada com uma lâmina bruta de 2700 mm anuais. Deste modo, pode-se inferir que quando se eleva o coeficiente de uniformidade eleva-se também a produtividade atingindo um intervalo de 70 a 75 % de uniformidade e, quando ultrapassa esse intervalo, ocorre queda de produtividade (Figura 5).

Irrigações com déficit hídrico possibilitam a maior expansão das raízes, devido ao secamento da superfície do

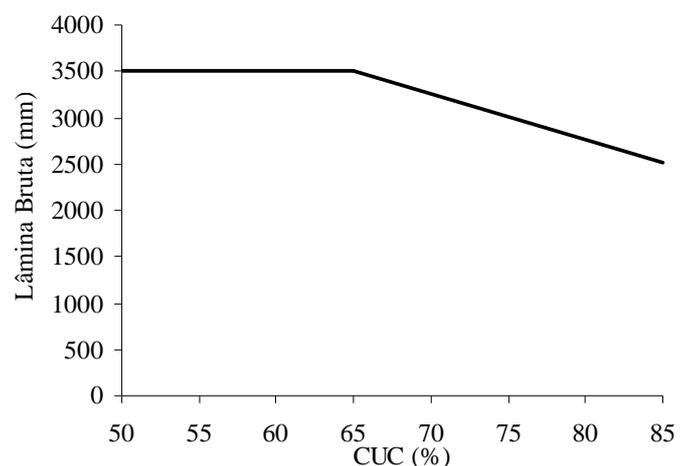


Figura 6. Relação entre a produtividade e a lâmina bruta oferecida à cultura

Figure 6. Relationship between productivity and total depth applied to the culture

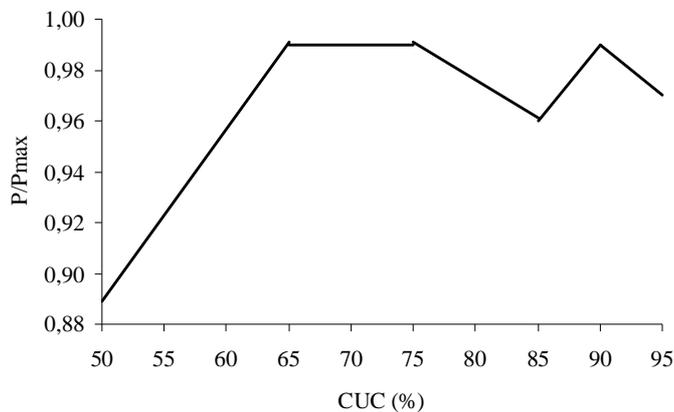


Figura 5. Relação entre a produtividade e o coeficiente de uniformidade

Figure 5. Relationship between productivity and uniformity coefficient

solo. Durante o desenvolvimento das plantas neste regime hídrico, a densidade e o comprimento de raízes aumentam até o início da floração das plantas, decrescendo posteriormente, com diminuição na eficiência de absorção de água (Hoogenbomm et al., 1987). O desenvolvimento do sistema radicular nas camadas mais profundas do perfil possibilita, às plantas, explorar melhor a umidade e a fertilidade do solo (Goldmann et al., 1989).

Com o aumento do coeficiente de uniformidade há uma diminuição da lamina bruta, isso indica que a relação entre a lâmina bruta e lamina requerida também diminui até chegar a um nível de 1,1 (Figura 6).

CONCLUSÕES

Os sistemas de irrigação dos lotes do DIBA têm baixo desempenho, estando abaixo do mínimo recomendado, sendo necessária a implantação de um plano de manejo de irrigação que vise à otimização do uso de água no perímetro.

O baixo valor de uniformidade do sistema de irrigação influenciou negativamente a produtividade da cultura da banana.

A alta sensibilidade do modelo combinado requer alta uniformidade de distribuição no sistema de irrigação para estimar os rendimentos da cultura com melhor precisão.

LITERATURA CITADA

- Almeida, F.T. Avaliação dos sistemas de irrigação pressurizados e do manejo da água na cultura da banana no projeto Gorutuba. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 96p. Dissertação Mestrado.
- Bernardo, S.; Soares, A.A.; Mantovani, E.C. Manual de irrigação. 7ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. 611p.
- Burman, R.; Pochop, L.O. Evaporation, evapotranspiration and climatic data. Amsterdam: Elsevier Science, 1994. 278p.

- Costa, L.C.; Mantovani, C.E.; Soares, A.A.; Leal, B.G. SISDA: A decision support system for agriculture in Brazil. Wageningen: Quantitative approaches in Systems Analysis, AB-DLO, 1998. p.349.
- Doorenbos, J.; Kassam, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (Tradução do livro: Yield Response to Water. FAO, Irrigation and Drainage Paper 33, Rome, FAO, 1979).
- Duke, H.R.; Heermann, D.F.; Dawson, L.J. Appropriate depths of application for scheduling center pivot irrigations. Transactions of the ASAE, v.35, n.5, p.1457-1467, 1992.
- English, M.J. Deficit irrigation. I. Analytical framework. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.116, n.3, p.339-412, 1990.
- Ferreira, M.C.R.C. Gerenciamento do distrito de irrigação Jaguaribe-Apodi em base ao modelo computacional "SIMIS" (FAO). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1999. 218p. Dissertação Mestrado.
- Freitas, P.S.L.; Rezende, P.; Mantovani, E.C.; Frizzone, J.A. Viabilidade de inserção dos efeitos da uniformidade de irrigação em modelos de crescimento de culturas. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.3, p.437-444, 2003.
- Frizzone, J.A. Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lamina de irrigação. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1986. 133p. Tese Doutorado.
- Frizzone, J.A.; Rezende, R.; Goncalves, A.C.A.; Helbel Junior, C. Produtividade do feijoeiro sob diferentes uniformidades de distribuição de água na superfície e na subsuperfície do solo. Engenharia Agrícola, v.27, n.2, p. 414-425, 2007.
- Goldmann, I.L.; Carter, T.E.; Patterson, R.P. A detrimental interaction of subsoil luminum and drought estress on the leaf water status of soybean. Agronomy Journal, v.81, n.3, p.461-463, 1989.
- Gozalves, R.A.U.C. Necesidad de água para el cultivo de KA'A HE'E (*Stevia rebaudiana* Bert.) bajo riego por goteo, calculato sobre la base de lectura de microlisimetro. San Lorenzo : Facultad de Ciencias Agrarias, 2000. 37p.
- Hoogenboom, G.; Huck, M.G.; Peterson, C.M. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. Agronomy Journal, v.79, n.4, p.697-614, 1987.
- Keller, J.; Karmeli, D. Trickle irrigation design. 1ª ed.. California: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.
- Mantovani, E.C. Desarrollo y evaluacion de modelos para el manejo del riego: estimación de la evaporatranspiración e efectos de la uniformidad de aplicación del riego sobre la producción de los cultivos. Cordoba, España, 1993. 184 p. Tesis Doctorado.
- Mateos, L.; Mantovani, E.C.; Villalobos, F.J. Cotton response to non-uniformity of conventional sprinkler irrigation. Irrigation Science, v.17, n.1, p.47-52, 1997.
- Rezende, R.; Cardoso, C.O.; Gonçalves, A.C.A.; Peres, F.C.; Frizzone, J.A.; Folegatti, M.V. Viabilidade econômica da irrigação complementar na cultura de citros na região noroeste do Estado do Paraná. Acta Scientiarum, v.21, n.3, p. 591-598, 1999.

Silva, L.F.D. Avaliação de unidades produtivas da agricultura familiar no perímetro irrigado de Sumé, PB. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande. 2006. 75p. Dissertação Mestrado.

Soares, J.M; Nascimento, T. Avaliação técnica do sistema de irrigação por aspersão do perímetro irrigado barreiras. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.2, p.136-141, 1998.