

Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da bananeira para a região litorânea do Ceará

Evapotranspiration and crop coefficient of banana in the coastal region of the state of Ceará, Brazil

Afrânio Arley Teles Montenegro², Antônia Renata Monteiro Gomes³, Fábio Rodrigues de Miranda⁴ e Lindbergue Araújo Crisóstomo⁴

Resumo - O experimento foi conduzido no município de Paraipaba-CE (latitude 03°28'47" S, longitude 39°09'47" W e altitude de 31 m), com o objetivo de estimar a evapotranspiração e os coeficientes de cultivo para a cultura da bananeira. Utilizou-se a cultivar Pacovan, plantada no espaçamento de 4,0 m x 2,0 m x 2,4 m e irrigada por microaspersão. A evapotranspiração da cultura (ETc) foi determinada utilizando-se o método do balanço hídrico do solo a partir de leituras de tensiômetros com manômetro de mercúrio. A evapotranspiração de referência (ETo) foi estimada pelo método de Penman-Monteith-FAO. Foram observados valores médios de evapotranspiração da cultura de 2,6 mm d⁻¹ para o estágio inicial; 3,5 mm d⁻¹ para o estágio de florescimento e desenvolvimento dos frutos do 1º ciclo; 3,9 mm d⁻¹ para o crescimento vegetativo do 2º ciclo e 4,3 mm d⁻¹ para o florescimento e desenvolvimento dos frutos do 2º ciclo. Os valores dos coeficientes de cultivo foram de 0,60; 1,05; 0,86 e 1,05 para os estádios inicial, florescimento e desenvolvimento dos frutos do 1º ciclo, crescimento vegetativo do 2º ciclo e florescimento e desenvolvimento dos frutos do 2º ciclo, respectivamente.

Palavras-chave: Musa. Pacovan. Balanço hídrico.

Abstract - The study was carried out in Paraipaba-CE, Brazil (latitude 03°28'47" S, longitude 39°09'47" W, and altitude of 31 m), with the objective of estimating the evapotranspiration and the crop coefficients of banana. It was used the variety Pacovan, planted in a double row spacing of 4.0 m x 2.0 m x 2.4 m, and irrigated by a microsprinkler irrigation system. Crop evapotranspiration (ETc) was estimated by using the soil water balance method, with daily data from mercury tensiometers. Reference evapotranspiration (ETo) was estimated using the FAO Penman-Monteith method. Observed average ETc values were 2.6 mm d⁻¹ for the initial stage, 3.5 mm d⁻¹ for the first cycle flowering and fruit development stage, 3.9 mm d⁻¹ for the second cycle vegetative growth stage, and 4.3 mm d⁻¹ for the second cycle flowering and fruit development stage. The average crop coefficient values for the initial stage, first cycle flowering and fruit development stage, second cycle vegetative growth stage, and second cycle flowering and fruit development stage were 0.60; 1.05; 0.86 e 1.05, respectively.

Key words: Musa. Pacovan. Soil water balance.

¹ Recebido para publicação em 12/12/2006; aprovado em 04/01/2008

² Eng. Agrônomo, M. Sc., Pesquisador, Embrapa Agroindústria Tropical, Cx. Postal 3761, CEP: 60.511-110, Fortaleza, CE, afrânio@cnpat.embrapa.br

³ Eng. Agrônoma, M. Sc., Bolsista CNPq. remontgomes@yahoo.com.br

⁴ Eng. Agrônomo, Ph. D., Pesquisador, Embrapa Agroindústria Tropical, lind@cnpat.embrapa.br

Introdução

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas tropicais mais exploradas mundialmente. Devido ao seu custo relativamente baixo e ao alto valor nutritivo é parte integrante na alimentação, principalmente, das populações de baixa renda. O Brasil está entre os maiores produtores de banana do mundo, ocupando a terceira posição, com uma produção aproximada de 6,3 milhões de toneladas ano⁻¹ em 2002, ocupando uma área de 508 mil hectares (FAO, 2003).

Em função de sua morfologia e da hidratação de seus tecidos, a bananeira apresenta um elevado consumo de água. As maiores produções estão associadas a uma precipitação total anual de 1.900 mm, bem distribuídas no decorrer do ano (ALVES, 1997). Em grande parte das regiões onde a bananeira é cultivada, as precipitações são insuficientes para atenderem às necessidades hídricas, tornando-se necessário o uso de irrigação suplementar, como ocorre no semi-árido nordestino.

A taxa de evapotranspiração da bananeira é bastante influenciada pela percentagem de água disponível na zona radicular. Segundo o tipo de solo e as condições climáticas, o consumo de água pela bananeira pode variar de 3 a 8 mm d⁻¹ (MOREIRA, 1997). Na região semi-árida do Brasil (Petrolina-PE), Bassoi et al. (2004) observaram valores médios de evapotranspiração da bananeira de 3,9; 4,0 e 3,3 mm d⁻¹ para o primeiro, segundo e terceiro ciclos, respectivamente.

Estudos conduzidos por Teixeira et al. (2002), sobre o consumo hídrico da bananeira no Vale do São Francisco, revelaram valores de coeficientes de cultura variando entre 0,6 e 1,3, durante os dois ciclos avaliados.

Na cultura da bananeira, um manejo de irrigação inadequado pode prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, diminuindo a produtividade. Sob severa deficiência hídrica, a roseta foliar da bananeira se comprime, dificultando ou até mesmo impedindo o lançamento da inflorescência. Conseqüentemente, o cacho pode não apresentar valor comercial (MOREIRA, 1997).

O estudo da evapotranspiração da cultura e dos coeficientes de cultivo é de grande importância para um planejamento racional das irrigações, para a otimização do uso de insumos e dos recursos hídricos e para o aumento da produtividade. Nesse sentido, conduziu-se o presente estudo objetivando estimar a evapotranspiração e os coeficientes de cultivo da bananeira na região litorânea do Estado do Ceará.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido no Campo Experimental do Curu, pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical, latitude 03°28'47" S, longitude 39°09'47" W e altitude de 31 m, localizado no município de Paraipaba-CE. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo Aw', classificado como tropical chuvoso e caracterizado por apresentar o máximo de chuvas no outono e período seco no inverno. A precipitação média anual do município de Paraipaba é de 986 mm, com evaporação de 2.625 mm, umidade relativa média de 86% e temperatura média anual de 27,1 °C. O solo da área experimental classifica-se como Neossolo Quartzarênico.

Utilizou-se a cultivar Pacovan, cujas mudas foram produzidas a partir da cultura de tecidos e plantadas em junho de 2003, em fileiras duplas no espaçamento de 4,0 m x 2,0 m x 2,4 m. No preparo do solo foram realizadas uma aração profunda e duas gradagens. A primeira gradagem foi realizada logo após a aração e distribuição do calcário dolomítico, enquanto que a segunda operação foi realizada somente na véspera do plantio.

Na adubação das plantas foram aplicados, anualmente, 600 kg de nitrogênio/ha (na forma de uréia), e 1.050 kg de potássio/ha (na forma de cloreto de potássio). A quantidade total desses nutrientes foi dividida em parcelas iguais, que foram distribuídas, mensalmente, em cobertura. Além disso, foram aplicados 300 kg de P₂O₅/ha/ano e 0,1 Kg de micronutrientes (FTE BR 12) por planta/ano). Cada cova havia recebido, previamente, 20 L de esterco bovino.

Utilizou-se um sistema de irrigação por microaspersão, com um emissor para cada quatro plantas. Os emissores apresentavam uma vazão de 42 L h⁻¹ e um diâmetro molhado de 5,8 m, operando a uma pressão de serviço de 200 kPa. As irrigações foram realizadas sempre pela manhã, aplicando-se uma lâmina média de irrigação de 4,8 mm d⁻¹, baseada no monitoramento da umidade do solo, com a utilização de tensiômetros.

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi estimada utilizando-se o método do balanço hídrico, segundo a equação:

$$ETc = P + I \pm Q_z - \Delta h \quad (1)$$

em que,

ETc - evapotranspiração da cultura (mm);

P - precipitação pluvial (mm);

I - irrigação (mm);

Q_z - drenagem profunda ou ascensão capilar (mm);

Δh - variação da armazenagem (mm) da água do solo na camada de profundidade de 0 a 0,60 m.

O balanço hídrico da bananeira foi realizado no período de junho de 2003 até maio de 2005, para intervalos de três a nove dias.

Os dados de precipitação pluviométrica (P) utilizados no estudo foram fornecidos por um pluviômetro instalado no local do experimento. Foi considerada como precipitação efetiva 75% da precipitação total no período.

No cálculo dos componentes Q_z e Δh utilizaram o valor médio dos potenciais da água do solo medidos por 16 tensiômetros, instalados em quatro locais representativos da área experimental, nas profundidades de 0,10; 0,30; 0,50 e 0,70 m. As leituras dos tensiômetros foram realizadas diariamente, sempre pela manhã, antes das irrigações.

Os componentes de drenagem profunda ou ascensão capilar da água no solo foram calculados para a profundidade de 0,60 m utilizando as leituras dos tensiômetros nas profundidades de 0,50 m e 0,70 m e a equação de Buckingham – Darcy, escrita de uma maneira simplificada por Reichardt (1985), da seguinte forma:

$$Q_z = -K(\theta) \frac{\Delta \Psi_t}{\Delta Z} \quad (2)$$

em que,

$K(\theta)$ - condutividade hidráulica do solo, em função da umidade do solo (cm d^{-1});

$\frac{\Delta \Psi}{\Delta Z}$ - gradiente do potencial total da água no solo (cm cm^{-1}).

Aplicando-se a Equação 2 para a direção vertical, na profundidade máxima de controle do solo, $Z = 0,60$ m obtém-se a seguinte equação:

$$Q_z = -K(\theta)_{60} \left\{ \frac{\Psi_{T50} - \Psi_{T70}}{20} \right\}_{60} \quad (3)$$

em que,

$K(\theta)_{60}$ - condutividade hidráulica em função da umidade do solo, na profundidade de 0,60 m (cm d^{-1});

$\left\{ \frac{\Psi_{T50} - \Psi_{T70}}{20} \right\}_{60}$ - gradiente do potencial total da água no solo (cm cm^{-1}), obtido a partir dos potenciais totais a 0,50 m e 0,70 m.

Os valores de $K(\theta)_{60}$ foram obtidos em um ensaio de campo realizado por Montenegro e Bezerra (2002) em área próxima ao experimento, conforme metodologia sugerida por Hillel et al. (1972). A equação obtida que define a condutividade hidráulica a 0,60 m de profundidade é expressa da seguinte forma:

$$K(\theta)_{60} = 2^{10e(87,677(\theta - 0,353))} \quad (4)$$

em que,

$K(\theta)_{60}$ - condutividade hidráulica em função da umidade do solo, na profundidade de 0,60 m (cm d^{-1});

θ - umidade média do solo entre os tensiômetros a 0,10 m, 0,30 m e 0,50 m ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$).

A determinação da variação da armazenagem da água no solo na profundidade e no intervalo de tempo considerado foi obtida mediante a expressão de Reichardt (1985):

$$\Delta h = (\bar{\theta}_2 - \bar{\theta}_1) Z \quad (5)$$

sendo,

$\bar{\theta}_2$ - umidade média até a profundidade de 0,60 m, no dia da irrigação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

$\bar{\theta}_1$ - umidade média até a profundidade de 0,60 m, no dia da irrigação anterior ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

Z - profundidade adotada para o balanço (cm).

Valores de temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento foram medidos em uma estação meteorológica automática instalada ao lado da área experimental. Os dados meteorológicos foram utilizados na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998).

Utilizando-se os valores diários da evapotranspiração de referência (ET_o) e os valores da evapotranspiração da cultura (ET_c) obtidos através do balanço hídrico, foram calculados os coeficientes de cultivo (K_c) para os diferentes estádios fenológicos da bananeira, através da expressão apresentada por Doorenbos e Pruitt (1977):

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (6)$$

em que,

ET_c - evapotranspiração da cultura, mm d^{-1} ;

ET_o - evapotranspiração de referência, mm d^{-1} .

Para efeito do cálculo dos coeficientes de cultivo médios, o ciclo da cultura foi dividido em quatro estádios

fenológicos definidos da seguinte forma: I) Inicial (de 0 a 170 DAP); II) Florescimento e desenvolvimento dos frutos do 1º ciclo (240-360 DAP); III) Crescimento vegetativo do 2º ciclo (415-560 DAP); IV) Florescimento e desenvolvimento dos frutos do 2º ciclo (580-680 DAP). Devido a problemas no funcionamento dos tensiômetros, foram descartadas algumas leituras entre as fases fenológicas.

As colheitas, realizadas com frequência semanal, foram iniciadas em maio e dezembro de 2004, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente.

Resultados e Discussão

Os dados climáticos referentes ao período de condução do experimento são apresentados na Tabela 1. Nota-se que a umidade relativa do ar foi alta e a temperatura do local variou muito pouco durante todo o período do estudo. Houve dois períodos chuvosos distintos: o primeiro ocorreu de janeiro a julho de 2004 e o segundo de fevereiro a maio de 2005. O ano de 2004 foi atípico em termos de precipitação pluviométrica, apresentando um período chuvoso mais longo e mais intenso (precipitação anual de 1.264 mm) quando comparado com a média da região.

Na Figura 1 são apresentados os potenciais matriciais do solo nas profundidades de 0,10 m, 0,30 m e 0,50 m. Pode-se observar que as lâminas de irrigação aplicadas e as precipitações pluviométricas foram suficientes para atender à demanda hídrica da cultura durante o período do estudo. O potencial matricial do solo na zona radicular (0 - 0,60 m) não ultrapassou o valor de -27 kPa e manteve-se entre a capacidade de campo e o potencial de -15 kPa, durante a maior parte do tempo.

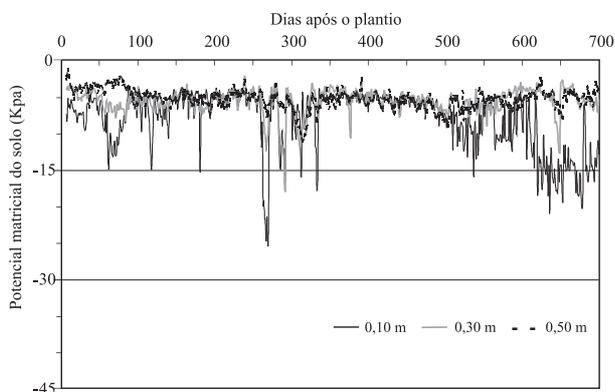


Figura 1 – Potencial matricial do solo nas profundidades de 0,10 m, 0,30 m e 0,50 m ao longo do 1º e 2º ciclos da bananeira

As variações diárias da evapotranspiração (ETc) estimadas no balanço hídrico e da evapotranspiração de referência, estimada pelo método Penman-Monteith FAO, são mostradas na Figura 2. Nota-se que a evapotranspiração da bananeira variou entre um valor mínimo de 1,9 mm d⁻¹, até um valor máximo de 5,4 mm d⁻¹, durante o estágio de florescimento e desenvolvimento dos frutos do 2º ciclo. O valor da ETc mínimo observado neste trabalho se aproxima bastante daquele obtido por Teixeira et al. (2002), em Petrolina, que obtiveram 1,7 mm d⁻¹. O valor máximo da ETc nas condições de Petrolina, entretanto, revelou-se superior, atingindo 6,3 mm d⁻¹, no período de colheita do segundo ciclo.

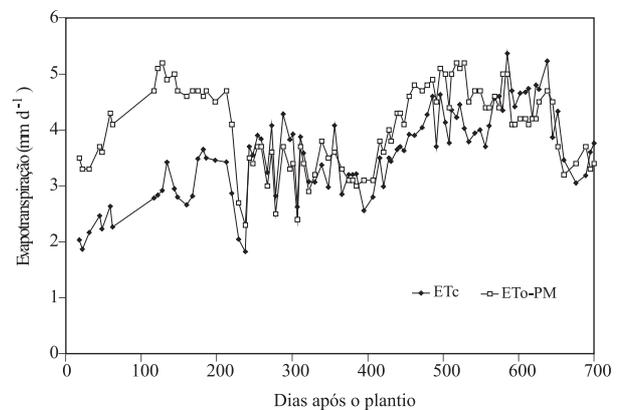


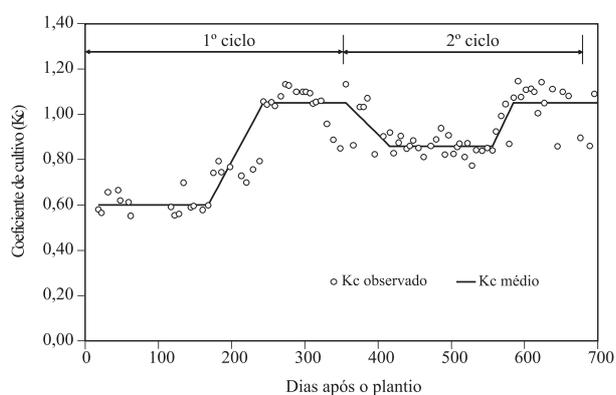
Figura 2 – Variação da evapotranspiração da bananeira (ETc) e da evapotranspiração de referência estimada pelo método Penman-Monteith FAO (ETo-PM), observada em Paraipaba, CE, 2004/2005

No estágio inicial, a evapotranspiração média da cultura foi de 2,6 mm d⁻¹. Para os estádios de florescimento e desenvolvimento dos frutos do 1º ciclo, crescimento vegetativo e florescimento e desenvolvimento dos frutos do 2º ciclo, a ETc foi de 3,5 mm d⁻¹, 3,9 mm d⁻¹ e 4,3 mm d⁻¹, respectivamente. Os valores médios de ETc apresentados no final do primeiro ciclo (3,5 mm d⁻¹), novamente se assemelham aos observados por Teixeira et al. (2002), que obtiveram uma evapotranspiração média de 3,8 mm d⁻¹, na mesma fase. O mesmo ocorre com os resultados de ETc da bananeira apresentados por esses autores para o segundo ciclo da cultura, que obtiveram valores médios 4,0 mm d⁻¹.

Na Figura 3 está representada a curva do Kc determinada para a bananeira. O Kc apresentou um valor inicial médio de 0,60, do transplantio até 170 DAP. Em seguida, devido ao crescimento vegetativo das plantas no 1º ciclo houve um rápido aumento do Kc, até atingir um valor máximo de 1,05, durante o estágio de florescimento e desenvol-

Tabela 1 - Condições climáticas médias medidas durante o experimento

Mês	Temperatura	Temperatura	Umidade	Radiação	Velocidade	Precipitação
	Máxima	Mínima	Relativa do Ar	Solar	do Vento	
	(°C)	(°C)	(%)	(MJ m ⁻² d ⁻¹)	(m s ⁻¹)	(mm)
Jun/03	30,0	22,1	89,0	16,7	1,5	65,5
Jul/03	30,5	21,5	84,4	17,0	1,8	9,0
Ago/03	30,6	21,8	83,6	18,9	2,0	0,0
Set/03	31,5	23,3	81,2	21,1	2,4	0,0
Out/03	31,7	23,9	77,5	21,7	2,9	0,0
Nov/03	31,6	23,4	81,6	22,5	2,5	2,9
Dez/03	31,6	23,7	82,6	21,2	2,3	3,8
Jan/04	30,5	23,8	90,7	15,7	1,4	391,7
Fev/04	30,1	23,2	93,3	16,1	1,1	151,9
Mar/04	30,4	23,6	92,9	16,5	1,2	289,1
Abr/04	30,4	23,4	93,0	16,1	1,2	104,6
Mai/04	31,1	22,9	90,2	17,9	1,5	44,5
Jun/04	29,6	22,0	91,7	15,7	1,5	213,8
Jul/04	29,9	22,0	89,3	16,0	1,7	62,0
Ago/04	31,1	22,1	83,2	19,2	2,2	0,5
Set/04	31,6	23,1	79,2	21,9	2,7	6,0
Out/04	31,4	23,0	80,6	22,5	2,6	0,0
Nov/04	31,6	22,7	79,3	22,7	2,5	0,0
Dez/04	31,7	23,0	83,1	21,6	2,0	0,0
Jan/05	32,0	23,6	84,0	20,2	1,8	12,8
Fev/05	31,9	24,3	86,0	19,3	1,7	89,7
Mar/05	31,2	24,2	88,0	18,6	1,3	128,1
Abr/05	30,9	23,9	90,0	16,5	1,3	252,0
Mai/05	30,3	23,4	88,0	15,2	1,3	234,5

**Figura 3** – Curva do coeficiente de cultivo (Kc) da bananeira, observada em Paraipaba, CE, 2004/2005

vimento dos frutos do 1º ciclo (240-360 DAP). Após a colheita dos cachos e a eliminação das plantas do 1º ciclo, os valores de Kc decresceram e atingiram um valor médio de 0,86, no estágio de crescimento vegetativo do 2º ciclo (415-560 DAP). A seguir o Kc voltou a subir para 1,05 durante o florescimento e desenvolvimento dos frutos do 2º ciclo (580-680 DAP).

Na Tabela 2 são apresentados os coeficientes de cultivo médios para as fases de desenvolvimento da bananeira. Verifica-se que os valores de Kc nas três primeiras fases assemelham-se ao obtidos por Bassoi et al. (2001), que trabalhando com a cultivar Pacovan e utilizando o método do balanço hídrico do solo, na região de Petrolina-PE, encontraram valores médios de 0,70 para a fase vegetativa, 1,10 para a fase de floração / frutificação do 1º

Tabela 2 – Valores médios de coeficientes de cultivo para os estádios de desenvolvimento da bananeira, observados em Paraipaba, CE, 2004/2005

Dias após o plantio	Estádio fenológico	Kc
0–170	Inicial	0,60
240–360	Florescimento e desenvolvimento dos frutos - 1º ciclo	1,05
415–560	Crescimento vegetativo - 2º ciclo	0,86
580–680	Florescimento e desenvolvimento dos frutos - 2º ciclo	1,05

ciclo, e 0,90 para a fase de floração / frutificação do 2º ciclo. Silva (2004), trabalhando com a mesma cultivar e o mesmo método de determinação da ETc, na região de Pentecoste-CE, também obteve valores de Kc semelhantes: 1,00 para a fase de floração / frutificação, no primeiro ano de cultivo.

Allen et al. (1998) recomendam para a bananeira o uso de valores de Kc de 0,50 e 1,10 para as fases inicial e intermediária durante o primeiro ano de cultivo e 1,00 e 1,20 para as mesmas fases, durante o segundo ano de cultivo. O valor de Kc, obtido durante a fase inicial do presente estudo, mostrou-se um pouco superior ao citado por Allen et al. (1998). Isso pode estar relacionado à frequência das irrigações e ao clima da região e seus efeitos sobre a fisiologia da planta.

Conclusões

Nas condições edafoclimáticas de Paraipaba-CE, a evapotranspiração média da cultura da bananeira foi de 2,6 mm d⁻¹ para o estágio inicial, 3,5 mm d⁻¹ para o estágio de florescimento e desenvolvimento dos frutos do 1º ciclo, 3,9 mm d⁻¹ e 4,3 mm d⁻¹ para o crescimento vegetativo e florescimento e desenvolvimento dos frutos do 2º ciclo, respectivamente.

Os valores médios de Kc da bananeira observados na região litorânea do Ceará foram de 0,60; 1,05; 0,86 e 1,05 para os estádios inicial, florescimento e desenvolvimento dos frutos do 1º ciclo e crescimento vegetativo e florescimento e desenvolvimento dos frutos do 2º ciclo, respectivamente.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq pelo apoio financeiro, via bolsa de pesquisa, para a realização desse trabalho.

Referências

- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVES, E. J. **A cultura da banana: aspectos técnicos, sócio-econômicos e agroindustriais**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Cruz das Almas: EMBRAPA CNPMF, 1997. 585 p.
- BASSOI, L. H. et al. **Consumo de água e coeficiente de cultura em bananeira irrigada por microaspersão**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 4 p. (Embrapa Semi Árido Comunicado Técnico, 108).
- BASSOI, L. H. et al. Guidelines for irrigation scheduling of banana crop in the São Francisco Valley, Brazil. I - Root distribution and activity. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 03, p. 464-467, dez. 2004.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).
- FAO. **STATISTICAL databases**. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 02 fev. 2006.
- HILLEL, D.; KRENTOS, V. D.; STYLIANOU, Y. Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. **Soil Science**, v. 114, p. 395-400, 1972.
- MONTENEGRO, A. A. T.; BEZERRA, F. M. L. Condutividade hidráulica de Neossolo Quartzarênico no município de Paraipaba, Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. p. 143-146.
- MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1997. 335 p.
- REICHARDT, K. **Processo de transferências no sistema solo-planta-atmosfera**. 4. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466 p.
- SILVA, E. N da. **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da bananeira pelo método do balanço hídrico no vale do Curu, Ceará**. 2004. 68 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- TEIXEIRA, A. H. C. et al. Consumo hídrico da bananeira no Vale do São Francisco estimado pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 01, p. 45-50, 2002.