

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO FEIJÃO E SUA RELAÇÃO COM A EVAPORAÇÃO DO TANQUE CLASSE "A"

RONALDO MATZENAUER¹, JAIME R. TAVARES MALUF², ARISTIDES CÂMARA BUENO³

RESUMO – O estado do Rio Grande do Sul caracteriza-se por uma grande variabilidade climática, especialmente com relação à quantidade e distribuição da precipitação pluvial, ocorrendo, com frequência, períodos de baixa disponibilidade hídrica para as culturas de primavera-verão. Estudos visando a determinação das relações hídricas no sistema planta-atmosfera, assumem destacada importância. Com o objetivo de determinar a evapotranspiração máxima da cultura do feijão (ET_m) e relacionar com a evaporação do tanque classe A (E_o), para obtenção da razão ET_m/E_o (coeficiente K_c), em diferentes subperíodos, foi desenvolvido este trabalho no Centro de Pesquisa de Fruticultura, em Taquari, RS, 29° 48' de latitude sul, 51° 49' de longitude oeste e 76 m de altitude, durante o período de 1988 a 1991. A ET_m foi medida em evapotranspirômetros de drenagem do tipo Thornthwaite-Mather. A ET_m total no ciclo (semeadura-maturação fisiológica), variou de 228,2 mm a 361,4 mm, nos quatro anos, com uma média de 296,4 mm. O subperíodo onde foi verificado maior consumo médio diário, foi o compreendido entre o início da floração e o início de enchimento de grãos, com uma média, nos quatro anos, de 4,9 mm/dia. Os valores médios da razão ET_m/E_o, no ciclo, variaram de 0,52 a 0,72, com uma média de 0,60 nos quatro anos. Os maiores valores do coeficiente K_c ocorreram durante os subperíodos início da floração–início de enchimento de grãos, e início de enchimento de grãos–maturação fisiológica.

Palavras-chave: agrometeorologia, déficit hídrico, *Phaseolus vulgaris* L..

EVAPOTRANSPIRATION OF COMMON BEAN AND ITS RELATIONSHIP WITH CLASS A PAN EVAPORATION

ABSTRACT – Rio Grande do Sul state is characterized by climatic variations specially regarding to the amount and distribution of pluviometric precipitation, often occurring some periods of low water availability for spring and summer crops. Studies for the determination of water relationship with plant-atmosphere system become very important. The purpose of this research was to establish the maximum evapotranspiration of common bean (ET_m) and to relate it with Class A Pan evaporation (E_o) to obtain the ratio ET_m/E_o (K_c coefficient) at different sub-periods. The field trial was conducted at Centro de Pesquisa de Fruticultura, Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), Taquari, RS/Brazil, 29° 48' South latitude, 51° 49' West longitude and 76m of altitude, from 1988 through 1991. The ET_m was measured in drainage evapotranspirometers Thornthwaite-Mather type. The total ET_m during the cycle (sowing–physiological maturation) changed from 228.2 mm to 361.4 mm along the four years, with an average of 296.4 mm. The sub-period with greater daily mean consumption was that comprised between the beginning of flowering and grain filling stages, with an average in the four years of 4.9 mm/day. The mean values for the ratio ET_m/E_o at the cycle varied from 0.52 to 0.72, with an average in the four years of 0.60. K_c highest values were observed during the sub-periods: beginning of flowering–beginning of grain filling and beginning of grain filling–physiological maturation.

Key words: agrometeorology, water deficit, *Phaseolus vulgaris* L..

INTRODUÇÃO

A produção agrícola gaúcha caracteriza-se pela grande variabilidade espacial e temporal dos rendimentos obtidos. Uma das principais causas dos baixos rendimentos e da grande variabilidade observada, é a variação na disponibilidade hídrica para as culturas, associada às características de manejo, estrutura, conservação e fertilidade do solo e temperaturas extremas do ar.

Segundo BERLATO (1992), em algumas regiões do Estado como a Campanha e Baixo Vale do Uruguai, a frequência média de anos secos atinge 20%. Levando-se em conta que os rendimentos médios podem ser elevados substancialmente pela melhoria do manejo das culturas e, principalmente, pela melhoria do ambiente

físico, altamente limitante, a conclusão será de que o impacto causado pelas adversidades climáticas, em especial das estiagens, é bem mais intenso.

De acordo com resultados de ÁVILA (1994), a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, em praticamente todo o Estado, é inferior a 60%. A probabilidade da precipitação superar a evapotranspiração potencial determina a alta frequência de ocorrência de deficiências hídricas e conseqüentes quebras de safras das culturas de primavera-verão produtoras de grãos.

O conhecimento das necessidades hídricas das culturas é fundamental para o melhor entendimento das relações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera, para o planejamento da época de semeadura, para elabora-

1. Eng. Agr., Dr. – Equipe de Agrometeorologia, FEPAGRO. Rua Gonçalves Dias 570, 90130-060 Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

2. Eng. Agr., M.Sc. – Embrapa Trigo. Rodovia BR 285, km 174, 99001-970 Passo Fundo, RS.

3. Eng. Agr. – Equipe de Agrometeorologia, FEPAGRO. Rua Gonçalves Dias 570, 90130-060 Porto Alegre, RS.

Recebido para publicação em 17/12/1997.

ção de projetos de irrigação e para o aperfeiçoamento de zoneamentos agroclimáticos.

A evapotranspiração de culturas tem sido objeto de estudo de muitos pesquisadores nos últimos anos (DENMEAD e SHAW, 1959; VAN BAVEL, 1961; DOSS et al., 1962; ENGLAND, 1963; JENSEN, 1973; BERLATO et al., 1986; MATZENAUER et al., 1991; OLIVEIRA e VILLA NOVA, 1996), demonstrando a importância que esta linha de pesquisa assume para as atividades agrícolas.

A evapotranspiração de culturas apresenta variações entre locais e anos, principalmente, em função das condições de demanda evaporativa da atmosfera, mas também, em função das condições que determinam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Segundo DOORENBOS e KASSAM (1979), o feijoeiro requer entre 300 mm e 500 mm de água para atingir seu rendimento máximo, dependendo do clima. MATZENAUER et al. (1991) determinaram a evapotranspiração máxima da cultura do feijão para as condições da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Encontraram um valor, da sementeira à maturação fisiológica, de 342 mm, na média de dois anos de experimentação, com um consumo médio diário de 4,2 mm, num ciclo de 81 dias. O maior consumo médio diário foi observado durante o subperíodo do início da floração ao início de enchimento de grãos, com 5,9 mm por dia. OLIVEIRA e VILLA NOVA (1996) determinaram a evapotranspiração da cultura do feijão para diversas localidades no Estado do Paraná, e para várias épocas de sementeira, encontrando valores que variaram de 249 mm a 367 mm para o ciclo completo.

A relação entre a evapotranspiração das culturas e os elementos meteorológicos ou fórmulas de estimativa da evaporação ou evapotranspiração, se constitui em uma importante linha de pesquisa, pois permite estimar o consumo de água das culturas em outras condições e locais, possibilitando a suplementação hídrica através da irrigação com maior precisão. Diversos pesquisadores têm relacionado a evapotranspiração de culturas com a evaporação do tanque classe A, com a radiação solar global e com a equação de Penman (DENMEAD e SHAW, 1959; DOSS et al., 1962; LOMAS et al., 1974; MATZENAUER et al., 1981; MATZENAUER et al., 1991; BERLATO et al., 1986).

Os elementos meteorológicos têm influência semelhante sobre a evaporação de superfície de água, superfície do solo e sobre a transpiração de superfícies vegetadas (FRITSCHEN e SHAW, 1961). CRUCIANI (1972) cita diversos trabalhos, em que a evapotranspiração de plantas, em estádios de plena vegetação e sem deficiência de umidade, está correlacionada, positiva e significativamente, com a evaporação de superfície de água. Resultados de FRITSCHEN e SHAW (1961) e MATZENAUER et al. (1981), mostram que o uso da água pelo milho é dependente do desenvolvimento da cultura, e que a evaporação do tanque classe A pode ser usada para estimar a evapotranspiração de culturas e requerimentos de irrigação. O tanque de evaporação classe A tem sido utilizado como padrão para a estimativa da evapotranspiração de culturas (DENMEAD e SHAW, 1959; LOMAS et al., 1974; DOORENBOS e KASSAM, 1979; TAN e FULTON, 1980; MATZENAUER et al., 1981; BERLATO et al., 1986; MATZENAUER, 1992).

A razão entre a evapotranspiração máxima da cultura e a evaporação do tanque A (coeficiente Kc), permite a estimativa das necessidades hídricas da cultura em outras condições, dispondo-se apenas de dados de evaporação. De acordo com CHANG (1968), durante o início do ciclo de uma cultura anual, quando a cobertura do solo é incompleta, a relação ETm/Eo é baixa, variando de 0,2 a 0,5. Em culturas semeadas em linha, a maior parte da água perdida durante o estágio inicial dá-se pela evaporação do solo. Durante o período reprodutivo, quando ocorre a maior cobertura foliar, a razão varia de 0,75 a 1,15 para várias culturas. CAMARGO e PEREIRA (1990) afirmam que, em termos práticos, o Kc pode ser considerado como uma função da porcentagem de cobertura do terreno pela folhagem da cultura.

O presente trabalho teve como objetivos determinar a evapotranspiração máxima da cultura do feijão (ETm), em diferentes subperíodos e no ciclo, e relacionar a evapotranspiração com a evaporação do tanque classe A (Eo), para determinação da razão ETm/Eo (coeficiente Kc).

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho apresenta uma análise da evapotranspiração máxima da cultura do feijão, de uma série de quatro experimentos conduzidos durante os períodos agrícolas de 1988, 1989, 1990 e 1991. As determinações foram feitas para as épocas de sementeira de 07/10/88, 29/09/89, 01/10/90 e 04/10/91.

Os experimentos foram conduzidos no Centro de Pesquisa de Fruticultura, Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), localizada na região climática da Depressão Central do Rio Grande do Sul, município de Taquari, a 76 m de altitude, 29° 48' de latitude sul e 51° 49' de longitude oeste. O solo da Estação pertence à unidade de mapeamento Rio Pardo e é classificado como Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico de textura argilosa e de relevo suave ondulado.

O clima da região segundo classificação climática de Köppen, é subtropical úmido, de verão quente, do tipo fundamental Cfa, que predomina na maior parte do território do Rio Grande do Sul.

A evapotranspiração máxima da cultura foi determinada a campo, sem restrição hídrica, utilizando-se evapotranspirômetros de drenagem do tipo Thornthwaite-Mather, medindo 1,36 m de comprimento, 0,92 m de largura e 0,70 m de profundidade, instalados no centro de áreas cultivadas e medindo, aproximadamente, 3000 m². As determinações foram feitas em um conjunto de três evapotranspirômetros. No decorrer do período experimental foi utilizada a cultivar de feijão Rio Tibagi, de hábito de crescimento indeterminado, na densidade de 200 000 plantas/ha.

A umidade do solo foi medida com tensiômetros de vacuômetro, instalados no interior dos evapotranspirômetros nas profundidades de 0,15 m, 0,30 m e 0,45 m. Sempre que o potencial da água no solo atingia valores entre -0,04 e -0,06 Mpa, era feita suplementação hídrica através da irrigação, utilizando-se aspersores na área tampão e regadores manuais nos evapotranspirômetros. Este procedimento foi adotado, visando manter as plantas sem restrição hídrica.

A evapotranspiração máxima da cultura (ETm) foi calculada pela equação:

$$ETm = P + I - D \quad (1)$$

sendo P a precipitação pluvial (mm), I a quantidade de água (mm) aplicada via irrigação e D, a quantidade de água drenada (mm).

Neste trabalho utiliza-se o termo evapotranspiração máxima da cultura (ETm), que é definida como a perda de água por uma cultura qualquer, em condições ótimas de densidade de plantas e fertilidade do solo, sem limitação de água no solo e em qualquer estágio de desenvolvimento (PERRIER, 1985). No texto, utiliza-se, também, como sinônimo, a expressão consumo de água.

A ETm foi determinada nos seguintes subperíodos: semeadura - 10 dias após a emergência (S-10E); 10E - início da floração (10E-IF); IF - início de enchimento de grãos (IF-IEG); IEG - maturação fisiológica (IEG-MF) e no ciclo completo (S-MF).

Para obtenção da razão ETm/Eo (coeficiente Kc), a evapotranspiração máxima foi relacionada com a evaporação do tanque classe A (Eo) em milímetros, nos mesmos subperíodos, pela expressão:

$$Kc = ETm/Eo \quad (2)$$

Os registros de evaporação do tanque classe A foram feitos em uma estação meteorológica instalada ao lado da área experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os registros fenológicos de cada ano. Verifica-se pouca oscilação na duração dos subperíodos de ano para ano, com uma variação de 80 a 87 dias para o ciclo completo. Os dados de evapotranspiração máxima da cultura (ETm), evaporação do tanque

classe A (Eo) e da razão ETm/Eo (coeficiente Kc), para a cultura do feijão, para os anos de 1988, 1989, 1990 e 1991, são apresentados nas Tabelas 2 a 5, respectivamente, em diferentes subperíodos de desenvolvimento e no ciclo completo. Na Tabela 6 são apresentados os valores médios dos quatro anos de experimentação. O consumo total de água (evapotranspiração máxima da cultura) da semeadura à maturação fisiológica, variou de 228,2 mm a 361,4 mm nos quatro anos, com valores médios diários no ciclo variando de 2,7 a 4,4 mm. Estes dados se aproximam dos resultados encontrados por OLIVEIRA e VILLA NOVA (1996), que determinaram a evapotranspiração da cultura do feijão para diversas localidades do Estado do Paraná e para várias épocas de semeadura, encontrando valores que variaram de 249 mm a 367 mm para o ciclo completo. Segundo FARIA (1989), para as condições do Paraná, as maiores produções de feijão foram obtidas com a lavoura mantida sob condições adequadas de umidade durante todo o ciclo, com as necessidades hídricas variando entre 3 e 4 mm por dia. Os valores mais elevados de consumo de água, obtidos nos anos de 1988 e 1989, estão associados à maior demanda evaporativa da atmosfera como pode-se verificar pelos dados de evaporação do tanque classe A (Tabelas 2 e 3). A evapotranspiração máxima de culturas é função dos fatores que determinam a demanda evaporativa da atmosfera e das características de crescimento e desenvolvimento da cultura. Variações, tanto da demanda evaporativa como no desenvolvimento das plantas, afetam o consumo de água das culturas e a relação entre a evapotranspiração e a evaporação de tanque. O consumo médio nos quatro anos foi de 296,4 mm durante o ciclo completo com um consumo médio diário de 3,5 mm (Tabela 6).

TABELA 1 – Datas de ocorrência das fases fenológicas do feijão 'Rio Tibagi', durante o período experimental. Centro de Pesquisa de Fruticultura, Taquari, RS, 1988-1991

Subperíodos ¹	Ano			
	1988	1989	1990	1991
S	07.10	29.09	01.10	04.10
10E	27.10	18.10	19.10	23.10
IF	18.11	12.11	13.11	19.11
IEG	04.12	29.11	01.12	06.12
MF	26.12	20.12	25.12	30.12

1. S - semeadura; 10E - 10 dias após a emergência; IF - início da floração; IEG - início de enchimento de grãos; MF - maturação fisiológica.

TABELA 2 – Evapotranspiração máxima (ETm), evaporação do tanque classe A (Eo) e coeficiente Kc (ETm/Eo), em diferentes subperíodos e no ciclo do feijão. Centro de Pesquisa de Fruticultura, Taquari, RS, 1988

Subperíodos ¹	Duração (dias)	ETm (mm)		Eo (mm)	Kc
		Total	Média diária	Média diária	
S - 10E	20	38,2	1,9	5,4	0,35
10E - IF	22	81,8	3,7	6,5	0,57
IF - IEG	16	92,8	5,8	6,5	0,89
IEG - MF	22	110,0	5,0	6,3	0,79
S - MF	80	322,8	4,0	6,2	0,65

1. S - semeadura; 10E - 10 dias após a emergência; IF - início da floração; IEG - início de enchimento de grãos; MF - maturação fisiológica.

Época de semeadura: 07/10/1988.

TABELA 3 – Evapotranspiração máxima (ETm), evaporação do tanque classe A (Eo) e coeficiente Kc (ETm/Eo), em diferentes subperíodos e no ciclo do feijão. Centro de Pesquisa de Fruticultura, Taquari, RS, 1989

Subperíodos ¹	Duração (dias)	ETm (mm)		Eo (mm)	kc
		Total	Média diária	Média diária	
S – 10E	19	27,0	1,4	4,2	0,33
10E – IF	25	100,7	4,0	6,0	0,67
IF – IEG	17	108,5	6,4	6,8	0,94
IEG – MF	21	125,2	6,0	7,2	0,83
S – MF	82	361,4	4,4	6,1	0,72

1. S - semeadura; 10E - 10 dias após a emergência; IF - início da floração; IEG - início de enchimento de grãos; MF - maturação fisiológica.

Época de semeadura: 29/09/89.

TABELA 4 – Evapotranspiração máxima (ETm), evaporação do tanque classe A (Eo) e coeficiente Kc (ETm/Eo), em diferentes subperíodos e no ciclo do feijão. Centro de Pesquisa de Fruticultura, Taquari, RS, 1990

Subperíodos ¹	Duração (dias)	ETm (mm)		Eo (mm)	kc
		Total	Média diária	Média diária	
S – 10E	18	27,0	1,5	4,1	0,37
10E – IF	25	51,0	2,0	4,6	0,44
IF – IEG	18	67,0	3,7	6,5	0,57
IEG – MF	24	83,2	3,5	5,8	0,60
S – MF	85	228,2	2,7	5,2	0,52

1. S - semeadura; 10E - 10 dias após a emergência; IF - início da floração; IEG - início de enchimento de grãos; MF - maturação fisiológica.

Época de semeadura: 01/10/1990

TABELA 5 – Evapotranspiração máxima (ETm), evaporação do tanque classe A (Eo) e coeficiente Kc (ETm/Eo), em diferentes subperíodos e no ciclo do feijão. Centro de Pesquisa de Fruticultura, Taquari, RS, 1991

Subperíodos ¹	Duração (dias)	ETm (mm)		Eo (mm)	kc
		Total	Média diária	Média diária	
S – 10E	19	34,2	1,8	4,9	0,37
10E - IF	27	69,5	2,6	5,2	0,50
IF - IEG	17	64,6	3,8	6,9	0,55
IEG - MF	24	105,6	4,4	5,8	0,76
S - MF	87	273,9	3,2	5,6	0,57

1. S - semeadura; 10E - 10 dias após a emergência; IF - início da floração; IEG - início de enchimento de grãos; MF - maturação fisiológica.

Época de semeadura: 04/10/1991.

TABELA 6 – Evapotranspiração máxima (ETm), evaporação do tanque classe A (Eo) e coeficiente Kc (ETm/Eo), em diferentes subperíodos e no ciclo do feijão. Centro de Pesquisa de Fruticultura, Taquari, RS. Valores médios do período 1988/91

Subperíodos ¹	Duração (dias)	ETm (mm)		Eo (mm)	kc
		Total	Média diária	Média diária	
S – 10E	19	31,6	1,7	4,6	0,37
10E - IF	25	75,6	3,0	5,6	0,54
IF - IEG	17	83,2	4,9	6,7	0,73
IEG - MF	23	106,0	4,6	6,3	0,73
S - MF	84	296,4	3,5	5,8	0,60

1. S - semeadura; 10E - 10 dias após a emergência; IF - início da floração; IEG - início de enchimento de grãos; MF - maturação fisiológica.

Com relação ao consumo de água nos diferentes subperíodos, são observadas grandes diferenças, com um baixo consumo no início do ciclo, atingindo valores máximos durante o período de maior cobertura foliar (início da floração-início do enchimento de grãos), diminuindo no final do ciclo com a senescência das folhas. No início do ciclo, durante o subperíodo semeadura-emergência, a evapotranspiração da cultura foi baixa, já que é função apenas da evaporação do solo, visto que ainda não existe área foliar. No início do desenvolvimento das plantas, logo após a emergência, o consumo de água aumentou pouco em relação ao subperíodo anterior. Isto é explicado, pois, com um baixo IAF, a evaporação do solo compreende a maior parte da evapotranspiração total (TANNER e JURY, 1976). Estes resultados também estão de acordo com as citações de CHANG (1968), segundo as quais a maior parte da água perdida durante o estágio inicial em culturas plantadas em linha, é pela evaporação do solo. À medida que a cultura cresceu e se desenvolveu, aumentou a evapotranspiração, basicamente, devido ao aumento do IAF e à maior demanda evaporativa da atmosfera. O aumento da evapotranspiração com a área foliar é atribuída à transpiração crescente, já que a evaporação do solo tende a diminuir devido ao sombreamento pelas plantas. No final do ciclo ocorreu redução na evapotranspiração. Isto é explicado devido ao declínio da atividade fotossintética das folhas, principalmente em culturas anuais, quando ocorre o rápido secamento dos caules e folhas.

Os dados de evapotranspiração máxima para a cultura do feijão obtidos neste trabalho, caracterizam um modelo de resposta representativo para as condições do local de experimentação, considerando que são dados de quatro anos de pesquisa. O consumo de água do feijão, neste modelo, serve de base para lavouras irrigadas, permitindo determinar doses de rega em diferentes subperíodos, além de interferir em todas as fases de um planejamento de irrigação.

Os valores dos coeficientes Kc (razão ETm/Eo) para o ciclo do feijão variaram de 0,52 a 0,72, com uma média nos quatro anos de 0,60. Os coeficientes Kc apresentaram valores mais baixos durante os dois primeiros subperíodos que englobam o estabelecimento da cultura e o período vegetativo, e valores mais elevados (0,73 na média dos quatro anos) nos dois últimos subperíodos que englobam a floração, enchimento de grãos e maturação da cultura. Estes resultados estão de acordo com os dados obtidos por RITCHIE e BURNETT (1971), segundo os quais a relação ETm/Eo aumenta com o incremento do IAF. A variação encontrada nos coeficientes de ano para ano, é esperada, considerando-se que as variáveis meteorológicas que determinam a demanda evaporativa da atmosfera exercem influência semelhante sobre a perda de água de superfícies vegetadas e sobre a evaporação de superfície de água. Como a ETm de culturas depende da demanda evaporativa e da própria cultura, as variações observadas são devidas, também, a diferenças de crescimento e desenvolvimento das plantas que ocorreram entre os anos,

em função das variações dos elementos meteorológicos que afetam a cultura, e das práticas culturais. Os resultados obtidos podem ser considerados representativos e consistentes, levando-se em conta que são médias oriundas de quatro anos, podendo ter grande utilidade para o planejamento de lavouras irrigadas, estabelecimento de épocas de semeadura e como subsídio à elaboração, aperfeiçoamento e refinamento de zoneamentos agroclimáticos e em planejamentos agrícolas.

CONCLUSÕES

A evapotranspiração máxima da cultura do feijão determinada neste trabalho, durante quatro anos agrícolas, é representativa para as condições climáticas da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

A evapotranspiração máxima do feijão pode ser estimada para diferentes anos e localidades do Estado do Rio Grande do Sul, utilizando-se os coeficientes Kc obtidos neste trabalho.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ÁVILA, A. M.H. de. **Regime de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul com base em séries de longo prazo**. Porto Alegre, 1994. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Fitotecnia. Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1994.
- BERLATO, M.A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. p.11-24.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação do tanque "Classe A" e radiação solar global. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.22, n. 2, p.251-259, 1986.
- CAMARGO, A.P.; PEREIRA, A.R. **Prescrição de rega por modelo climatológico**. Campinas: Fundação Cargill 1990. 27p. (Série Técnico Científica, 170)
- CHANG, Jen-Hu. **Climate and Agriculture: an Ecological Survey**. Chicago: Aldine. 1968. 304 p.
- CRUCIANI, D.E. **Balanço hídrico em solo cultivado com cana-de-açúcar**. Piracicaba: Centro de Energia Nuclear na Agricultura. 1972. 35 p.
- DENMEAD, O.T.; SHAW, R.H. Evapotranspiration in relation to the development of the corn crop. **Agronomy Journal**, Madison, v.51, p.725-726, 1959.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Fao: Roma, 1979. 179 p. (FAO irrigation and Drainage Paper, 24)
- DOSS, B.D.; BENNET, O.L.; ASHLEY, D.A. Evapotranspiration by irrigated corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.54, p.497-498, 1962.
- ENGLAND, C.D. Water use by several crops in a weighing lysimeter. **Agronomy Journal**, Madison, v.55, p.239-241, 1963.

- FARIA, R.T. Irrigação. In: **O feijão no Paraná**. Londrina: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1989. p.145-165. (Circular, 63)
- FRITSCHEN, L.J.; SHAW, R.H. Evapotranspiration for corn as related to pan evaporation. **Agronomy Journal**, Madison, v.53, p.149-150, 1961.
- JENSEN, M.E. **Consumptive use of water and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1973. 215p.
- LOMAS, J.; SCHLESINGER, E.; LEWIN, J. Effects of environmental and crop factors on the evapotranspiration rate and water-use efficiency of maize. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.13, p. 239-251, 1974.
- MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura: In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. p.33-47.
- MATZENAUER, R.; WESTPHALEN, S.L.; BERGAMASCHI, H.; SUTILI, V.R. Evapotranspiração do milho (*Zea mays* L.) e sua relação com a evaporação do tanque classe A. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.17, n.2, p.273-95, 1981.
- MATZENAUER, R.; BUENO, A.C.; MALUF, J.R.T. Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultura para o feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., 1991, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1991.
- OLIVEIRA, D.; VILLA NOVA, N.A. Evapotranspiração máxima e lâminas de irrigação necessárias para feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1. p.29-36, 1996.
- PERRIER, A. Updated evapotranspiration, and crop water requirement definitions for the ICID Multilingual Dictionary (May 1984). In: **LES BESOINS DES CULTURES (CROP REQUERIMENTS)**. **Anais...** Paris, 1984. Paris: INRA, 1985. p.885-887.
- RITCHIE, J.T.; BURNETT, E. Dryland evaporative flux in a subumid climate: II. Plant influences. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, p.56-72, 1971.
- TAN, C.S.; FULTON, J.M. Ratio between evapotranspiration of irrigated crops from floating lysimeters and class A pan evaporation. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.60, p.197-201, 1980.
- TANNER, C. B.; JURY, W.A. Estimating evaporation and transpiration from a row crop during incomplete cover. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, p.239-243, 1976.
- VAN BAVEL, C.H.M. Lysimetric measurements of evapotranspiration rates in the Eastern United States. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.25, p.138-141, 1961.