

# VARIABILIDADE HORÁRIA E SAZONAL DO FATOR DE DESACOPLAMENTO DA COBERTURA VEGETAL DE REFERÊNCIA EM PIRACICABA-SP

ANDREA I. IRIGOYEN<sup>1</sup>, LUIZ R. ANGELOCCI<sup>2</sup>,  
DERBLAI CASAROLI<sup>3</sup>, JONES SIMON<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrônoma, M. Sci., Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP, Balcarce, Argentina, doutoranda do Programa Física do Ambiente Agrícola ESALQ-USP, Piracicaba-SP, [irigoyen@esalq.usp.br](mailto:irigoyen@esalq.usp.br)

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Depto. Ciências Exatas, ESALQ, USP, Piracicaba-SP, bolsista CNPq

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, doutorando do Programa Física do Ambiente Agrícola ESALQ-USP, Piracicaba-SP

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia  
02 a 05 de julho de 2007 –Aracajú- SE

**RESUMO:** A variabilidade horária e sazonal do fator de desacoplamento ( $\Omega$ ) da cobertura vegetal de referência e da relação entre a resistência do dossel ( $r_c$ ) e a resistência aerodinâmica ( $r_a$ ) foi caracterizada a partir de valores horários registrados com estação meteorológica automática localizada no campus da ESALQ-USP, Piracicaba, SP (Brasil) no período 1997-2006. Compararam-se os valores obtidos utilizando uma resistência de dossel fixa ( $70 \text{ s m}^{-1}$ ) e uma variável, adotando o valor de  $200 \text{ s m}^{-1}$  durante o período diurno e  $50 \text{ s m}^{-1}$  durante o período noturno. A primavera apresentou os menores valores médios diários do fator Omega, independentemente da parametrização de  $r_c$ . A utilização de resistência de dossel fixa significou uma subestimativa maior na relação  $r_c/r_a$  do que na correspondente ao fator Omega. A associação entre o fator Omega e a velocidade do vento diminuiu em todas as estações, quando foi utilizada a resistência do dossel fixa.

**Palavras-Chave:** fator desacoplante, resistência aerodinâmica, resistencia do dossel

## HOURLY AND SEASONAL VARIABILITY OF THE DECOUPLING FACTOR FOR REFERENCE CANOPY AT PIRACICABA-SP

**ABSTRACT:** Hourly and seasonal variability of decoupling factor and surface resistance to aerodynamic relation were determined from hourly data registered by automatic meteorological station at ESALQ-USP, Piracicaba, SP (Brasil) at 1997-2006. Constant bulk canopy at  $70 \text{ s m}^{-1}$  and variable parameterizations for hourly-step with  $200 \text{ s m}^{-1}$  values during nighttime and  $50 \text{ s m}^{-1}$  during daytime were evaluated. Spring exhibited lowest average daily Omega factor, regardless of parameterization scheme. The use of a constant bulk canopy resulted in a higher subestimation for  $r_c/r_a$  relation than for the Omega factor. The association between Omega factor and wind velocity decreased with a constant bulk canopy resistance parameterization for all seasons.

**Key-words:** decoupling factor, aerodynamic resistance, bulk canopy resistance

### INTRODUÇÃO:

O modelo de Penman – Monteith (ALLEN et al, 1998) tem sido adotado como método padrão na determinação do requerimento de água pelas culturas. A sua aplicação em nível global deve-se ao melhor desempenho comparativo com outros modelos, nas diferentes regiões (ALLEN et al., 1989; 1994; JENSEN et al, 1990; SMITH et al, 1991). Exige no computo, além das variáveis meteorológicas paramétricas, a entrada de variáveis não paramétricas: resistência aerodinâmica ( $r_a$ ) e a resistência da cobertura vegetal à difusão de vapor ( $r_c$ ). A incorporação das resistências na equação original de evaporação permitiu a generalização para diferentes superfícies. Na estimativa da  $ET_0$  proposta pela FAO (ALLEN et al., 1998), um

valor constante e igual a  $70 \text{ s m}^{-1}$  pode ser adotado para  $rc$  e assim se representa adequadamente a evapotranspiração de uma cultura hipotética, com altura fixa de  $0,12 \text{ m}$ , em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo, e sem restrição hídrica. Mas recentemente, Allen et al (2006) propuseram manter esse valor fixo na estimativa da  $ET_0$  na escala diária, enquanto foi recomendado um valor de  $200 \text{ s m}^{-1}$  durante o período diurno e  $50 \text{ s m}^{-1}$  durante o período noturno.

McNaughton e Jarvis (1983) reescreveram a equação de Penman-Monteith particionando a perda de água na taxa de evaporação de equilíbrio ( $E_{eq}$ ) e na taxa de evaporação imposta ( $E_{imp}$ ). A importância relativa destes termos depende do grau de acoplamento da superfície evaporante com o ambiente. O fator desacoplante ( $\Omega$ ) pode ser considerado então como descritivo da umidade relativa da superfície. A vantagem dessa notação é que apresenta claramente o efeito da variação da condutância estomática, a qual está inteiramente representada pelo fator  $\Omega$  e então se constitui em um aspecto de muito interesse na modelagem das perdas de água. Pereira (2004) mencionou valores na faixa entre  $0,69$  e  $0,93$ , na localidade de Piracicaba, para dias com completo ajuste entre evapotranspiração estimada pelo modelo Penman-Monteith e medida por lisímetro. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a variabilidade horária e sazonal do fator de desacoplamento e da relação  $rc/ra$  obtidos com os esquemas de parametrização da FAO, como base para o estudo da modelagem de evapotranspiração de referência e de outras culturas na região de Piracicaba-SP.

## MATERIAL E MÉTODOS:

O fator de desacoplamento ( $\Omega$ ) foi calculado no passo horário como:

$$\Omega = \left[ 1 + \frac{\gamma}{s + \gamma} \frac{rc}{ra} \right]^{-1}$$

em que:  $\gamma$  ( $\text{kPa K}^{-1}$ ) é o coeficiente psicrométrico,  $s$  ( $\text{k PaK}^{-1}$ ) a declividade da curva de pressão de vapor na temperatura média do ar,  $rc$  ( $\text{s m}^{-1}$ ) é a resistência do dossel à transferência de vapor e  $ra$  ( $\text{s m}^{-1}$ ) é a resistência aerodinâmica estimada, segundo Allen et al (1998) como:

$$ra = 208 v^{-1}$$

sendo  $v$  a velocidade do vento a  $2 \text{ m}$ , expressa em  $\text{m s}^{-1}$ .

Os dados horários utilizados foram registrados em estação meteorológica automática localizada no campus da ESALQ-USP, Piracicaba, SP, Brasil (latitude:  $22^\circ 42' \text{ S}$ ; longitude:  $47^\circ 30' \text{ W}$ ; altitude:  $546 \text{ m}$ ) no período 1997-2006. Considerou-se resistência de dossel fixa igual a  $70 \text{ s m}^{-1}$  como a proposta por Allen et al. (1998) e resistência de dossel variável com valor de  $200 \text{ s m}^{-1}$  durante o período diurno e  $50 \text{ s m}^{-1}$  durante o período noturno, segundo Allen et al. (2006). Calcularam-se os parâmetros descritivos básicos de posição e de variação para o fator de desacoplamento e para a relação entre resistência do dossel e resistência aerodinâmica ( $rc/ra$ ) na escala horária e diária discriminados por estação do ano como verão (dezembro, janeiro, fevereiro), outono (março, abril, maio), inverno (junho, julho, agosto) e primavera (setembro, outubro, novembro). A avaliação do desempenho das estimativas foi realizada com ajustes por regressão e os índices recomendados por Wilmott (1982).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores médios horários do fator de desacoplamento ( $\Omega$ ) apresentaram um comportamento mais atenuado quando se utilizou um valor de resistência de dossel fixo ao longo do dia (Figura 1). A primavera foi marcadamente a estação com maior acoplamento da vegetação à atmosfera (menor valor de  $\Omega$ ), independentemente se calculada a partir de resistência de dossel fixa ou variável (Figura 2). Os valores médios

diários desta estação reduziram-se ainda mais quando se utilizou a resistência de dossel fixa. Na comparação entre as estimativas do fator  $\Omega$ , observou-se elevada concordância independentemente da estação do ano (Tabela 1). Os valores estimados com a utilização da resistência do dossel fixa subestimaram entre 7 e 14% (Figura 3), dependendo da estação do ano. O ajuste por regressão demonstrou que o fator desacoplante pode ser predicto com aceitável precisão a partir da parametrização de resistência fixa em todas as estações do ano. Os valores de MAE representaram entre 10% (verão) e 20% (inverno) do valor médio.

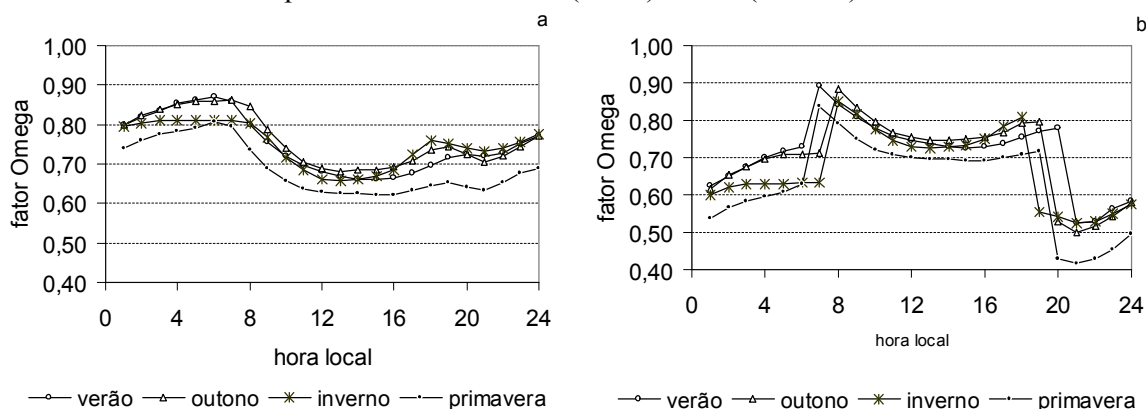


Figura 1 - Variação horária média do fator Omega ( $\Omega$ ) da cobertura vegetal de referência na localidade de Piracicaba. a. resistência de dossel fixa; b. resistência de dossel variável.

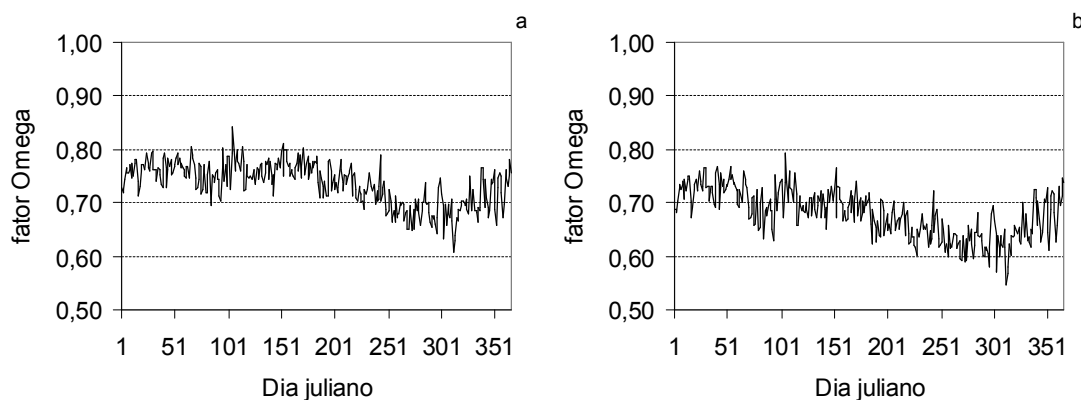


Figura 2 - Variação intranual média do fator Omega ( $\Omega$ ) da cobertura vegetal de referência na localidade de Piracicaba. a. resistência de dossel fixa; b. resistência de dossel variável.

Tabela 1 – Parâmetros estatísticos utilizados na comparação dos valores médios diários do fator Omega ( $\Omega$ ) calculado com resistência do dossel fixa em relação ao calculado com resistência de dossel variável.

	Verão	Outono	Inverno	Primavera
n	898	902	896	904
RSME	0,0398	0,0614	0,0783	0,0584
EAM	0,0363	0,0581	0,0760	0,0565
d	0,9520	0,8973	0,8324	0,9135

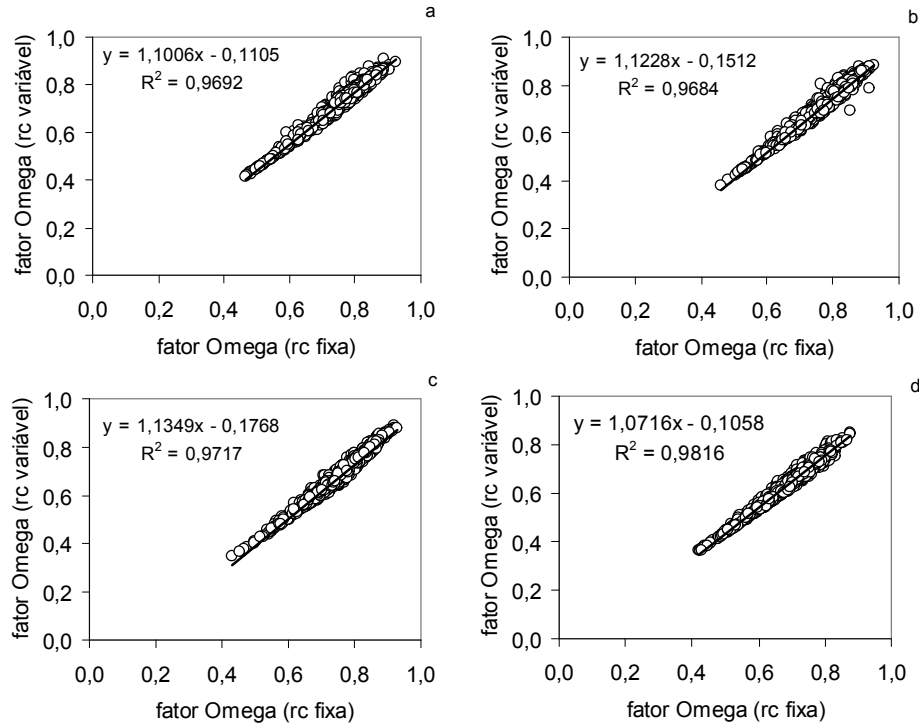


Figura 3 - Relação entre as estimativas de valores médios diários do fator Omega ( $\Omega$ ) calculados com resistência de dossel fixa e variável. a. Verão; b. Outono; c. Inverno; d. Primavera.

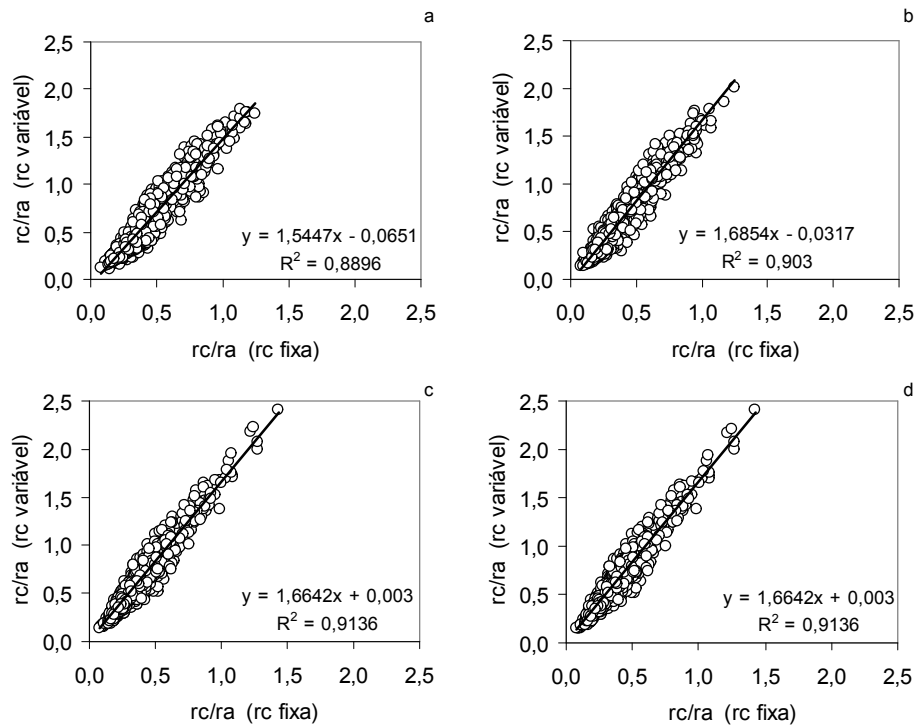


Figura 4 - Relação entre as estimativas de valores médios diários de rc/ra baseados em rc fixa e rc variável. a. Verão; b. Outono; c. Inverno; d. Primavera.

O alto grau de associação do fator de desacoplamento com a velocidade do vento ( $r=0,97$ ), em todas as estações, foi reduzido quando se utilizou uma resistência de dossel variável na sua estimativa ( $r = 0,73$  em verão e outono e  $r= 0,63$  no inverno). Segundo Jones (1994), o fator Omega depende mais da relação  $rc/ra$  do que dos valores absolutos destas resistências. A elevada associação entre o fator Omega e  $rc/ra$  foi mantida, independentemente do tipo de parametrização. Na estimativa da relação  $rc/ra$ , embora fosse observado um aceitável nível de concordância entre os tipos de parametrização, os erros médios absolutos representaram até mais do que 70% do valor médio (inverno), quando se utilizou um valor fixo na resistência do dossel (Tabela 2). Os valores médios estimados com utilização dessa parametrização resultaram em subestimativas entre 54% (verão) e 68% (outono), como pode ser observado na Figura 4.

Tabela 2 – Parâmetros estatísticos utilizados na comparação de valores médios diários da relação  $rc/ra$  calculada com resistência do dossel ( $rc$ ) fixa em relação à calculada com resistência de dossel variável.

	Verão	Outono	Inverno	Primavera
n	898	902	896	904
RSME	0,2232	0,2878	0,3107	0,3589
EAM	0,1662	0,2335	0,2689	0,3069
d	0,8408	0,7683	0,7312	0,7642

**CONCLUSÕES:** A utilização de resistência de dossel fixa levou a uma maior subestimativa da relação  $rc/ra$  do que aquela observada para o fator Omega. A primavera foi a estação com maior acoplamento vegetação-atmosfera, no caso da cobertura de referência, e assim de maior sensibilidade da evapotranspiração de referência à condutância estomática.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALLEN et al. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference  $ET_0$  by the FAO56 Penman-Monteith method. **Agricultural Water Management**, v.81, p. 1–22, 2006.
- ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration. Guides for computing crop water requirements**. FAO Irrig. Drain. Paper N° 56. FAO, 300 P, 1998.
- ALLEN, R.G.; JENSEN, M.E.; WRIGHT, J.L.; R.D.BURMAN. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, v. 81, p. 650–662, 1989.
- ALLEN, R.G.; SMITH, M.; PEREIRA, L.S.; A. PERRIER. **An update for the calculation of reference evapotranspiration**. ICID Bull. 43 (2), 35–92, 1994.
- JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. **Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements**. Am. Soc. Civ. Eng. Manual No. 70, 332 pp, 1990.
- JONES, H.G. **Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology**, 2nd ed. Cambridge Univ. Press, 428 pp, 1994.
- MCNAUGHTON, K.G.; JARVIS, P.G. **Predicting effects of vegetation changes on transpiration and evaporation**. In: T.T. KOSZLOWSKY, Water deficit and plant growth, v. VII., p. 1-47, 1983.
- PEREIRA, A.R. The Priestley–Taylor parameter and the decoupling factor for estimating reference evapotranspiration. **Agricultural and Forest Meteorology** v.125, p.305–313, 2004.
- SMITH, M.; ALLEN, R.; MONTEITH, J.; PERRIER, A.; PEREIRA, L.; SEGEREN, A. **Report of the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements**. UN-FAO, Rome, Italy, 54 pp, 1991.
- WILLMOTT, C.J. Some comments on evaluation of model performance. **American Meteorological Society**, v. 63, p.1309-1313, 1982.