

# BALANÇO DE ENERGIA EM SOJA IRRIGADA E NÃO IRRIGADA<sup>1</sup>

DENISE C. FONTANA<sup>2</sup>, MOACIR A. BERLATO<sup>3</sup> e HOMERO BERGAMASCHI<sup>4</sup>

**RESUMO** - Foi realizado um experimento micrometeorológico em Taquari, RS, 1985/86, com o objetivo de avaliar os componentes do balanço de energia em soja, cv. Bragg, em condições de irrigação da parcela de (2.500 m<sup>2</sup>) e não irrigada (2.100 m<sup>2</sup>). A parcela sem irrigação foi submetida a um período de deficiência hídrica do início do ciclo à floração plena. A utilização do saldo de radiação foi diferente entre os tratamentos, sendo influenciada pelo potencial da água no solo e pela demanda evaporativa da atmosfera. O fluxo de calor latente de evaporação representou a maior porção do saldo de radiação, sendo 95% na parcela irrigada e 78% na parcela não irrigada. O fluxo de calor no solo representou a menor porção do saldo de radiação, sendo 2% e 7% na parcela irrigada e não irrigada, respectivamente.

Termos para indexação: *Glycine max*, radiação, evaporação, micrometeorologia, deficiência hídrica.

## ENERGY BALANCE IN IRRIGATED AND NON-IRRIGATED SOYBEANS

**ABSTRACT** - Components of the energy balance were determined in a micrometeorological experiment established with Bragg soybeans cultivar, grown under irrigated (2,500 m<sup>2</sup> plot) and non-irrigated (2,100 m<sup>2</sup>) conditions at Taquari, RS, Brazil, in 1985/86. The non-irrigated treatment was subjected to a drought period from sowing up to full flowering period. The use of the net radiation differed among treatments, being affected by the soil water potential and the atmospheric evaporative demand. A great portion of the net radiation was accounted for the evaporation latent heat flux, being 95% and 78% for the irrigated and non-irrigated plots, respectively. The soil heat flux accounted for the least portion of the energy balance, being 2% and 7% for the irrigated and non-irrigated plots, respectively.

Index terms: *Glycine max*, radiation, evaporation, micrometeorology, water deficit.

## INTRODUÇÃO

O balanço de energia das superfícies vegetais permite dimensionar as trocas de massas e energia no sistema solo-planta-atmosfera, através do estudo da participação do saldo de radiação nos diversos processos que ocorrem na cultura. O método permite avaliar as alterações no microclima da vegetação em função

dos estádios de desenvolvimento da cultura e em função das condições de solo e de atmosfera.

O método do balanço de energia se baseia no princípio físico de conservação de energia, ou seja, o ganho de energia é igual à perda de energia. O balanço de energia vertical na superfície pode ser apresentado como:

$$R_n + S + H + LE \approx 0 \quad (1)$$

Sendo  $R_n$  o saldo de radiação; S o fluxo de calor no solo; H o fluxo de calor sensível e LE o fluxo de calor latente de evaporação.

Um dos primeiros estudos do balanço de energia foram feitos por Bowen (1926). Este, determinou a razão entre os fluxos de calor sensível e latente sobre uma superfície líquida, em função dos gradientes de temperatura e de

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 18 de dezembro de 1990  
Extraído da tese de mestrado da autora, Faculdade de Agronomia/UFRGS, Set./87.

<sup>2</sup> Enga. - Agra., M.Sc., Fac. de Agron., UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90001 Porto Alegre, RS.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Dr., Fac. de Agronomia/UFRGS, RS. Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Eng. - Agr., Dr., Fac. de Agronomia/UFRGS, RS. Bolsista do CNPq.

pressão de vapor d'água (razão de Bowen). O autor considerou os transportes de calor sensível e de vapor d'água similares, concluindo que a razão entre os coeficientes de difusão turbulenta de calor sensível e latente é igual à unidade.

$$\text{Sendo: } H = -\rho C_p K_h \frac{\partial \bar{T}}{\partial z} \quad (2)$$

$$LE = -\rho L K_w \frac{\partial \bar{q}}{\partial z} \quad (3)$$

Sendo  $\rho$  a densidade do ar;  $C_p$  calor latente de evaporação;  $K_h$  e  $K_w$  os coeficientes de difusividade turbulenta de calor sensível e vapor d'água;  $T$  a temperatura e  $q$  a unidade específica.

Então:

$$\beta = \frac{H}{LE} = \left( \frac{C_p}{L} \right) \left( \frac{\Delta T}{\Delta q} \right) \quad (4)$$

Após estes estudos iniciais, muitos autores têm utilizado a razão de Bowen para a resolução do balanço de energia. Atualmente, denomina-se método do balanço de energia todo aquele que utiliza a razão de Bowen para o cálculo dos fluxos de calor sensível e latente.

Na área agrônômica, o método do balanço de energia tem sido utilizado, principalmente, para a determinação da evapotranspiração das culturas, haja vista a sua fundamental importância para um manejo racional da água (Tanner 1960, Gerber & Decker 1961, Villa Nova 1973, Pedro Júnior 1977, André 1981, Bergamaschi 1984). O método também tem sido utilizado para estimar a resistência imposta pelo sistema planta-atmosfera ao transporte de vapor d'água. Este parâmetro quantifica, em determinado ambiente, a restrição ao processo evaporativo de uma comunidade vegetal em função de sua estrutura e fisiologia. Permite também a avaliação de índices de controle fisiológico de perda de água que visam caracterizar a resistência à seca de culturas agrícolas (Perrier et al. 1975, Pedro Junior & Villa Nova 1983, Baldocchi et al. 1983).

Neste trabalho procurou-se verificar a distribuição do saldo de radiação medido sobre a

cultura da soja, nos processos de evapotranspiração, aquecimento do ar e do solo, em condições de cultura irrigada e não irrigada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação Experimental de Fitotecnia de Taquari, do Instituto de Pesquisas Agronômicas (IPAGRO), da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Rio Grande do Sul. A estação está situada no município de Taquari, região climática da Depressão Central, a uma altitude de 76 m, latitude 29°48' e longitude de 51°49' Oeste. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen (1948), é subtropical úmido, de verão quente, de fórmula climática Cfa. O solo é classificado como Laterítico Bruno-Avermelhado distrófico de textura argilosa e relevo suave ondulado.

A cultura utilizada foi a soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar Bragg, classificada como de ciclo médio no Rio Grande do Sul. A semeadura foi feita em 21 de novembro de 1985, em sulcos espaçados de 0,68 m, obtendo-se uma população em torno de 4 x 10<sup>6</sup> plantas.ha<sup>-1</sup>.

O experimento constou de duas parcelas experimentais, sendo uma irrigada e a outra não irrigada, com aproximadamente 2.400 m<sup>2</sup> e 2.100 m<sup>2</sup>, respectivamente. A irrigação, por aspersão, foi processada sempre que o potencial matricial da água no solo a 0,15 m, atingia - 0,05 a - 0,06 MPa, cessando quando este atingia - 0,001 MPa. A dose média de irrigação foi de aproximadamente 30 mm.

Ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura foram feitas observações em diferentes estádios de desenvolvimento e em dias típicos de demanda evaporativa da atmosfera, em ambas as parcelas. Estas observações foram feitas das 6 às 19 h em intervalos de 30 min, em dias claros, e de 15 min em dias nublados. Todos os sensores foram acoplados ao sistema de medida, composto de uma chave comutadora e um milivoltímetro marca Engro, modelo 2.100, com resolução de 0,01 mV, o que tornava mais fácil e rápido cada bloco de leitura. Utilizaram-se dois saldo-radiômetros marca Phillip Schenk, de constantes 6,234 mV por cal cm<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup> e 6,138 mV por cal cm<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup>, instalados em mastros no centro das áreas experimentais, a uma altura fixa de 4 m acima do solo; dois conjuntos de dois psicrômetros de pares termoeletrônicos de cobre - constantan -, localizados ao nível do topo da cultura e 0,3 m acima.

Os pares termoeletrônicos foram colocados em microabrigos construídos em PVC branco, com a finalidade de não expor os sensores diretamente à radiação solar. Cada conjunto de psicômetros foi colocado no mastro localizado no centro de cada área experimental, sendo esses deslocados verticalmente à medida em que a cultura crescia, de modo a manter as distâncias prefixadas; duas placas medidoras de fluxo de calor no solo, marca Middleton, de constante média 16,8 mV por cal. cm<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup>, localizada uma em cada parcela experimental, a 0,01 m de profundidade e a uma distância de 0,20 m da fileira de soja.

Durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, nos tratamentos com e sem irrigação, foram feitas observações semanais da fenologia. A metodologia utilizada foi a descrita por Fehr & Caviness (1977) e adaptada por Costa & Marchezan (1982). Também foram coletadas, semanalmente, três amostras de plantas, ao acaso, correspondentes a 0,50 m de linha ou 0,34 m<sup>2</sup>. A área foliar foi determinada através de um integrador eletrônico marca Licor, modelo LI-3000.

Para cada dia de determinação micrometeorológica foram feitas medições, no início da manhã, em conjunto de cinco tensiômetros de manômetro de mercúrio, instalados no interior de cada parcela experimental nas profundidades: 0,15 m, 0,30 m, 0,45 m, 0,60 m e 0,75 m. Para obtenção do potencial em tensões superiores foi determinada a unidade volumétrica do solo nas mesmas profundidades, e depois, utilizadas as curvas características do solo.

O balanço de energia vertical é dado pela equação (1), sendo o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo medidos diretamente, e o fluxo de calor sensível e de calor latente determinados utilizando-se o método de Bowen, pelo qual o fluxo de calor latente é dado por:

$$LE = - \frac{(R_n + S)}{1 + \left(\frac{s + \gamma}{\gamma}\right) \left(\frac{\Delta TU}{\Delta T}\right) - 1} \quad (5)$$

sendo LE o fluxo de calor latente de evaporação (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>); H o fluxo de calor sensível (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>) e S o fluxo de calor no solo (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>); s o coeficiente angular da curva que relaciona pressão de saturação do vapor e temperatura mb<sup>0</sup>C<sup>-1</sup>);  $\gamma$  a constante psicrométrica reduzida ao nível do mar;  $\Delta TU$  as diferenças de leituras de termômetros úmidos colocados aos níveis Z<sub>2</sub> e Z<sub>1</sub>

(<sup>0</sup>C) e  $\Delta T$  as diferenças de leituras de termômetros secos colocados aos níveis z<sub>2</sub> e z<sub>1</sub> (<sup>0</sup>C).

O fluxo de calor sensível foi determinado por diferença na equação (1).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A parcela não irrigada foi submetida a um período de deficiência hídrica do início do ciclo à floração plena, período em que foram realizadas medições micrometeorológicas.

No dia 08.01 foi detectada a presença de uma fonte adicional de energia, na forma de advecção, no tratamento com irrigação. Este fato foi constatado pelo fluxo de calor sensível positivo durante praticamente todo o dia (Fig. 1) e pela razão LE/(R<sub>n</sub> + S) maior que a unidade nos totais diários (Tabela 1).

A água no solo, na parcela irrigada, encontrava-se francamente disponível às plantas em todas as camadas observadas (Tabela 2), o que reforça a indicação de Tanner & Lemon (1962) de que a advecção ocorre quando o processo evapotranspirativo é restringido, não por fatores de solo ou planta, mas pelo suprimento de energia. Neste dia (08.01) assim como no dia 05.04, dias com comprovada presença de energia advectiva, R<sub>n</sub> foi pequeno relativamente aos demais dias.

Na Fig. 1b, verifica-se que, mesmo na parcela não irrigada, ocorreram pontos de inversão do gradiente térmico, com H positivo. Porém, no total diário, H consumiu 7% de R<sub>n</sub> e S foi relativamente elevado (9%). Pela Tabela 2 verifica-se que nas camadas mais profundas havia água disponível, suprimindo parcialmente a água necessária e determinando LE elevado neste dia.

Nos dias 15.01 e 14.02 o potencial da água no solo, na parcela não irrigada, foi igual ou inferior a -1,5 MPa, desde a superfície até 0,75 m de profundidade (Tabela 2). O processo evapotranspirativo sofreu restrições, determinando os menores valores da relação LE/R<sub>nd</sub>, sendo eles 67% no dia 15/01 e 64% no dia 14/02. Em consequência, houve, em ambas as datas, grande fluxo de calor sensível e de fluxo de calor para solo (Tabela 3). Pode-

se supôr que nestes dias a soja extraiu água abaixo de 0,75 m de profundidade, ou extraiu água a potenciais inferiores a -1,5 MPa. Visualmente, não foram verificados sintomas de estresses severos como seria esperado de plantas submetidas a potenciais de tal grande-

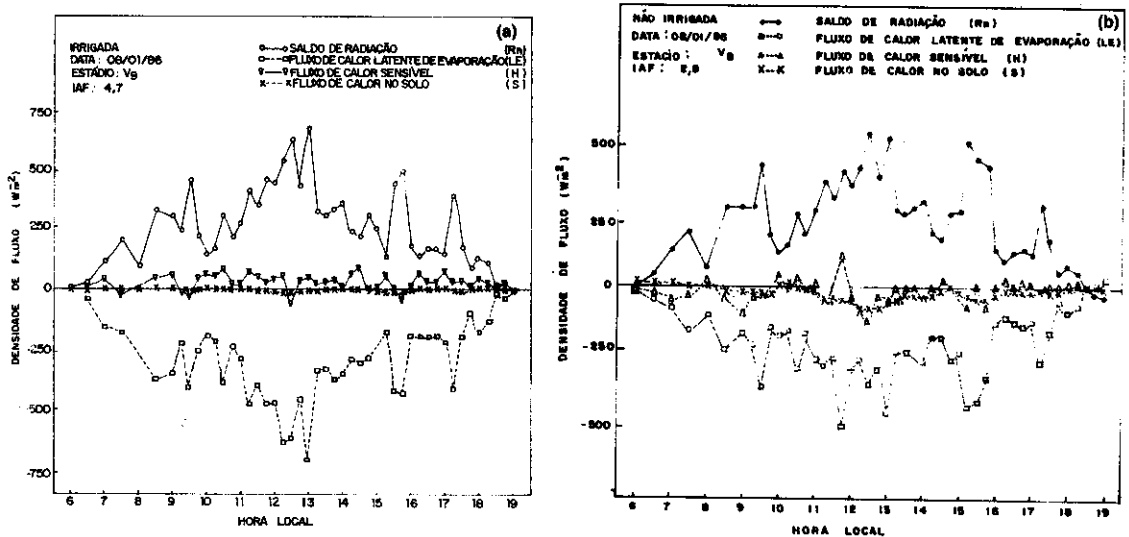
za. Este fato reforça a primeira hipótese. Entretanto esta é somente uma hipótese, já que não foi realizada avaliação sobre o sistema radicular da soja durante o período experimental.

No dia 22/01, quando havia água disponf-

**TABELA 1. Saldo de radiação diurno ( $R_{nd}$ ) e relações com o fluxo de calor latente de evaporação (LE), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (S) para soja, cv. Bragg, irrigada, em diferentes estádios de desenvolvimento e índices de área foliar (IAF). Taquari, RS, 1985/86.**

Data	Estádio*	IAF	$R_{nd}$ (MJ.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	LE/ $R_{nd}$	LE/( $R_{nd}+S_d$ )	H/ $R_{nd}$	S/ $R_{nd}$
08.01.86	V <sub>6</sub>	4,7	11,3	-1,12	-1,12	+0,12	-0,02
15.01.86	V <sub>11</sub>	5,4	18,3	-0,95	-0,93	-0,04	-0,02
22.01.86	R <sub>1</sub>	6,1	15,3	-0,92	-0,90	+0,03	-0,01
30.01.86	R <sub>2</sub>	7,2	6,1	-1,01	-0,99	+0,03	-0,01
05.02.86	R <sub>2</sub>	7,4	17,5	-0,89	-0,87	-0,09	-0,02
14.02.86	R <sub>3</sub>	7,5	14,4	-0,94	-0,92	-0,06	-0,02
19.02.86	R <sub>4</sub>	7,6	16,4	-0,91	-0,91	-0,08	-0,01
25.02.86	R <sub>5</sub>	7,7	11,3	-0,80	-0,81	-0,16	-0,02
21.03.86	R <sub>5</sub>	5,5	12,1	-0,80	-0,82	-0,12	-0,02
05.04.86	R <sub>6</sub>	6,3	8,8	-1,10	-1,07	+0,11	-0,03

\* Metodologia de Ferh & Caviness (1977) adaptada por Costa & Marchezan (1982).



**FIG. 1. Componentes do balanço de energia em soja, cv. Bragg (a) irrigada e (b) não irrigada. Taquari, RS, 08.01.86.**

vel nas duas parcelas experimentais, em função de uma chuva de 56,6 mm, ocorrida no dia 17/01, houve maior LE na parcela irrigada. Provavelmente, isto ocorreu devido à maior disponibilidade de energia ( $R_n$ ) aliada ao maior IAF nesta parcela.

A disponibilidade hídrica também influenciou a participação do saldo de radiação no dia 05/02, restringindo o processo evapotrans-

pirativo, e LE representou 89% na parcela irrigada, enquanto na parcela não irrigada, representou somente 73% (Tabelas 1 e 3). No dia 19/02, as condições de demanda evaporativa da atmosfera eram muito semelhantes entre os tratamentos (Tabela 4). Já no solo, havia diferenças: na parcela irrigada a água permanecia prontamente disponível, enquanto na parcela não irrigada, abaixo de 0,30 m, o solo

**TABELA 2. Potencial matricial da água no solo (MPa) em diversas profundidades (m) para a soja, cv. Bragg, irrigada e não irrigada. Taquari, RS, 1985/86.**

Data	Irigada					Não irrigada				
	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75
08.01.86	-0,061	-0,052	-0,037	-0,036	-0,022	-1,500*	-0,100	-0,075	-0,065	-0,050
15.01.86	-0,011	-0,040	-0,041	-0,049	-0,031	-1,500	-1,500	-1,500	-1,500	-1,500
22.01.86	-0,035	-0,025	-0,021	-0,047	-0,038	-1,500	-0,045	-0,055	-0,085	-0,110
30.01.86	-0,004	-0,008	-0,007	-0,017	-0,033	-1,500	-0,105	-0,095	-0,155	-0,210
05.02.86	-0,005	-0,006	-0,007	-0,007	-0,007	-1,500	-0,315	-0,960	-0,940	-0,380
14.02.86	-0,005	-0,019	-0,013	-0,017	-0,033	-1,500	-1,500	-1,500	-1,500	-1,500
19.02.86	-0,004	-0,004	-0,006	-0,079	-0,017	-0,125	-0,079	-1,500	-1,500	-1,500
25.02.86	-0,001	-0,001	-0,003	-0,003	-0,004	-0,030	-0,065	-0,105	-0,805	-1,500
21.03.86	-0,003	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,050	-0,055	-0,065	-0,155	-0,240
05.04.86	-0,001	-0,004	-0,005	-0,004	-0,002	-0,020	-0,020	-0,025	-0,040	-0,050

\* Valor igual ou inferior a -1,5 MPa.

**TABELA 3. Saldo de radiação diurno ( $R_{nd}$ ) e relações com o fluxo de calor latente de evaporação (LE), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (S) para soja, cv. Bragg, não irrigada, em diferentes estádios de desenvolvimento e índices de área foliar (IAF). Taquari, RS, 1985/86.**

Data	Estádio*	IAF	$R_{nd}$ (MJ.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	LE/ $R_{nd}$	LE/( $R_{nd}+S_d$ )	H/ $R_{nd}$	S/ $R_{nd}$
08.01.86	V <sub>8</sub>	2,8	11,7	-0,86	-0,94	-0,07	-0,09
15.01.86	V <sub>9</sub>	4,2	18,9	-0,67	-0,76	-0,21	-0,12
22.01.86	V <sub>11</sub>	4,7	13,3	-0,77	-0,80	-0,14	-0,04
30.01.86	R <sub>1</sub>	5,2	5,8	-0,88	-0,91	-0,09	-0,02
05.02.86	R <sub>2</sub>	5,1	18,1	-0,73	-0,81	-0,14	-0,10
14.02.86	R <sub>3</sub>	6,1	15,8	-0,64	-0,72	-0,20	-0,10
19.02.86	R <sub>4</sub>	6,2	17,1	-0,87	-0,93	-0,07	-0,06
25.02.86	R <sub>5</sub>	6,4	12,7	-0,84	-0,86	-0,12	-0,03

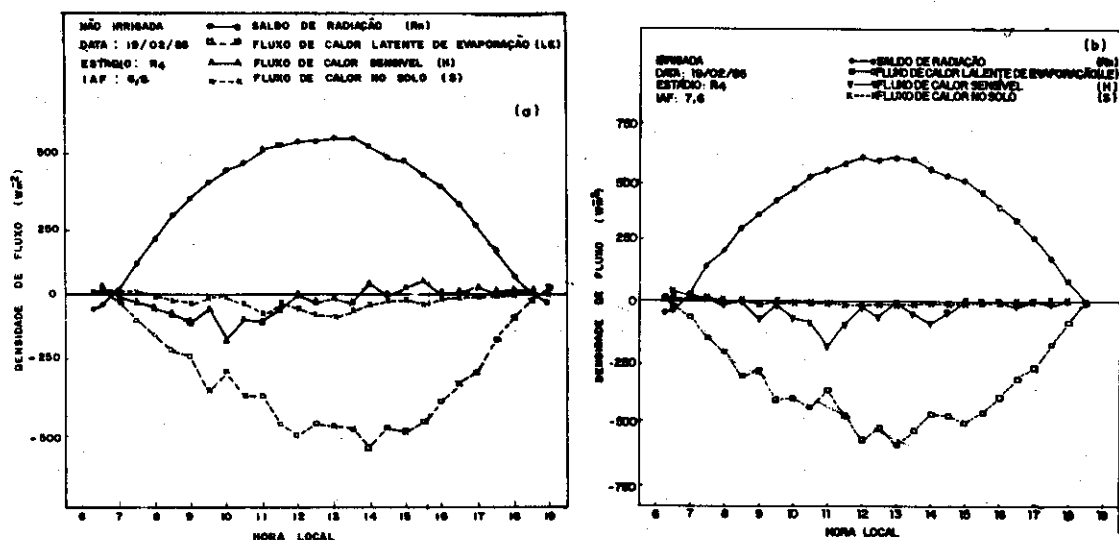
\* Metodologia de Ferh & Caviness (1977), adaptada por Costa & Marchezan (1982).

encontrava-se bastante seco, e acima desta profundidade, observou-se potenciais de  $-0,125$  e  $-0,075$  PMa. A distribuição do saldo de radiação em LE, H e S foi semelhante (Tabelas 1 e 2) indicando que houve suprimento de água para as plantas, mesmo na parcela não irrigada. Pelas Fig. 2a e 2b verifica-se que H

foi positivo no início e no final da tarde. A inversão do fluxo de calor sensível, nas primeiras horas da manhã, pode ser devida ao orvalho depositado sobre as folhas de soja, que contribui para a diminuição de sua temperatura, fazendo com que o fluxo se desse do ar para o sistema. Ao final da tarde, a inversão

**TABELA 4. Médias diárias de temperatura (T), déficit de saturação (es-e) e umidade relativa (UR) do ar e totais diários de vento e precipitação em diversos dias ao longo do ciclo do desenvolvimento da soja, cv. Bragg. Taquari, RS, 1985/86.**

Data	Irigada			Não irrigada			Vento		Chuva (mm)
	( $oT_C$ )	es-e (mb)	(%)UR	( $oT_C$ )	es-e (mb)	(%)UR	Direção predominante	Velocidade ( $km.dia^{-1}$ )	
08.01.86	27,9	13,1	67	29,9	19,6	57	N	84,6	-
15.01.86	31,3	16,3	69	34,9	26,6	58	N	79,2	-
22.01.86	30,6	15,2	69	29,8	14,2	69	S	55,8	-
30.01.86	28,6	8,1	81	28,8	11,3	76	N	41,4	3,4
05.02.86	30,2	16,5	67	31,9	27,1	59	S	72,0	-
14.02.86	29,8	14,1	71	31,8	18,7	66	N	39,6	2,8
19.02.86	26,1	13,8	65	26,5	15,6	63	S	25,2	-
25.02.86	29,5	10,2	79	28,1	8,4	80	N	37,8	0,3
21.03.86	24,9	8,5	75	-	-	-	N	55,8	-
05.04.86	27,1	6,5	84	-	-	-	N	27,0	2,5



**FIG. 2. Componentes do balanço de energia em soja, cv. Bragg (a) irrigada e (b) não irrigada. Taquari, RS, 19.02.86.**

ocorreu, possivelmente, porque as folhas que resfriaram mais rapidamente do que o ar (Villa Nova 1973, Pedro Junior 1977, Bergamaschi 1984).

No dia 25/02, o último dia de medidas do balanço de energia no tratamento sem irrigação, as diferenças entre os tratamentos foram pequenas. A água estava prontamente disponível na parcela irrigada e nas camadas mais superficiais da parcela não irrigada (Tabela 2), as quais devem ter suprido a demanda evaporativa. O maior LE encontrado neste dia na parcela não irrigada é coerente com a maior disponibilidade de energia.

A densidade de cobertura na parcela não irrigada foi sempre inferior à da parcela irrigada, determinando que, mesmo nos dias com disponibilidade hídrica em ambas parcelas (08/01, 22/01 e 25/02), o fluxo de calor no solo fosse maior na parcela não irrigada.

Em média, verificou-se que o saldo de radiação foi distribuído em 95% para LE, 8% para H e 2% para S na parcela irrigada. No tratamento sem irrigação a distribuição foi de 78%, 13% e 7%, respectivamente.

André (1981) encontrou para a soja valores de S semelhantes aos do tratamento com irrigação. Pedro Junior (1977) encontrou valores bem mais elevados de S (15%). Verifica-se, portanto, que há uma grande variação nos valores percentuais dos componentes do balanço de energia encontrados nos diferentes trabalhos de pesquisa. Possivelmente, isto é função das diferenças de ambientes e também diferenças na vegetação. Para as condições ocorridas durante o período experimental, o fluxo de calor no solo, para a cultura da soja irrigada, poderia ser desprezado, pois representou 3% de LE. Já em condições de restrição hídrica o mesmo não poderia ser feito, visto que o fluxo de calor no solo representou, nesta condição, 11% de LE.

Comparativamente às médias normais para Taquari, o ano agrícola 1985/86 teve menor precipitação e maior demanda evaporativa da atmosfera abrangendo grande parte do período experimental, o que determinou diferenças acentuadas nos balanços de energia entre os

tratamentos irrigado e não irrigado.

Rosemberg (1974) afirma que a advecção ocorre quando  $LE/(R_n + S)$  é superior à unidade. Porém, mesmo quando esta razão é inferior à unidade, não se pode afirmar, com segurança, que a advecção não ocorreu. Por isso, considera-se que os valores de LE da parcela irrigada podem estar ligeiramente superestimados.

## CONCLUSÕES

1. Ocorreram diferenças na utilização do saldo de radiação nas parcelas irrigada e não irrigada, causadas, principalmente, por efeito do potencial da água no solo, demanda evaporativa da atmosfera e cobertura do solo.

2. Na parcela não irrigada foram observados maior déficit de saturação, maior temperatura e menor umidade relativa do ar em relação à parcela irrigada, determinando diferenças de demanda evaporativa da atmosfera entre as parcelas.

3. A maior porção do saldo de radiação foi utilizado como fluxo de calor latente de evaporação (95% na parcela irrigada e 78% na parcela não irrigada), sendo influenciada positivamente pelo potencial da água no solo e negativamente pela demanda evaporativa da atmosfera.

4. O fluxo de calor sensível apresentou um comportamento inverso ao fluxo de calor latente de evaporação.

5. A menor porção do saldo de radiação (2% na parcela irrigada e 7% na parcela não irrigada) foi utilizada como fluxo de calor no solo, mostrando uma tendência inversa à densidade de cobertura do solo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Caio Vidor, pelo auxílio na elaboração do resumo em inglês.

## REFERÊNCIAS

ANDRÉ, R.G.B. Um estudo dos transportes verticais de momentum, calor sensível e vapor d'água sobre superfície vegetada

- nos trópicos.** São José dos Campos: INPE, 1981. 112p. Tese Doutorado.
- BALDOCCHI, D.D.; VERMA, S.B.; ROSENBER, N.J.; BLAD, B.L.; GARAY, A.; SPECHT, J.E. Influence of water stress on the diurnal exchange of mass and energy between the atmosphere and soybean canopy. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, p.543-548, 1983.
- BERGAMASCHI, H. **Perda de água e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob diferentes condições da disponibilidade hídrica no solo e na atmosfera.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1984. 204p. Tese Doutorado.
- BOWEN, I.S. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. **Physical Review**, New York, v.27, p.779-787, 1926.
- COSTA, J.A.; MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja.** Campinas: Fundação Cargill, 1982. 30p.
- GERBER, J.F.; DECKER, W.I. Evapotranspiration and heat budget of a cornfield. **Agronomy Journal**, Madison, v.53, p.259-261, 1961.
- KÖPPEN, W. **Climatologia;** con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.
- PEDRO JUNIOR, M.J. **Balanco de energia em soja (*Glycine max* (L.) Merr.).** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1977. 82p. Tese Mestrado.
- PEDRO JUNIOR, M.J.; VILLA NOVA, N.A. Estimativa da resistência ao transporte de vapor d'água em cultura de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.7, p.691-694, 1983.
- PERRIER, A.; ITIER, B.; BERTOLINI, J.M.; PABLOS, A.B. Measure automatique du Bilan d'Energie d'une culture. Exemples d'application. **Annales Agronomiques**, Paris, v.26, p.19-40, 1975.
- ROSEMBERG, N. **Microclimate:** the biological environment. New York: Wiley, 1974. 315p.
- TANNER, C.B. Energy balance approach to evapotranspiration from crops. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.24, n.1, p.1-9, 1960.
- TANNER, C.B.; LEMON, E.R. Radiant energy utilized in evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v.54, p.207-212, 1962.
- VILLA NOVA, N.A. **Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz.** Piracicaba: ESALQ, 1973, 89p. Tese Livre Docência.