

# BALANÇO DE RADIAÇÃO DA SOJA EM REGIÃO SUBTROPICAL DO BRASIL<sup>1</sup>

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

**RESUMO** - Em Taquari, RS (Lat. 29°48'S, Long. 51°59'W, alt. 76 m e tipo climático Cfa, segundo Köppen), foram dimensionados os componentes do balanço de radiação da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cv. Bragg, em condição de ótima disponibilidade hídrica no solo. A semeadura foi feita em 21.11.1985, em linhas com espaçamento de 0,68 m, numa população de  $4 \times 10^5$  plantas ha<sup>-1</sup>. A parcela experimental foi de 2.500 m<sup>2</sup>, sendo as observações obtidas no centro desta área. Semanalmente, em intervalos de 30 min, das 6 às 19 h mediram-se a radiação solar global, a radiação de ondas curtas refletida e o saldo de radiação. Neste período foram determinados o índice de área foliar e a fenologia. Os resultados mostram que o albedo diário da soja foi de 0,26 para um índice de área foliar variando de 4,7 a 7,7 (estádios V<sub>9</sub> a R<sub>6</sub>). Verificou-se, também, que o saldo de radiação das 24 horas e o diurno, sobre a cultura da soja, podem ser estimados a partir da radiação solar global ou do saldo de radiação de ondas curtas.

Termos para indexação: *Glycine max*, temperatura, déficit hídrico, micrometeorologia, umidade.

## SOYBEAN RADIATION BALANCE IN SUBTROPICAL REGION

**ABSTRACT** - In Taquari, RS, Brazil, 29°48'S, 51°59'W, 76 m altitude, and Cfa climate, according to Köppen, the components of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cv. Bragg radiation balance were dimensioned in optimal conditions of soil water availability. Sowing date was November 21, 1985, using row spacing of 0,68 m and a plant populations of  $4 \times 10^5$  plants. ha<sup>-1</sup>. Evaluations were carried out at the center of a plot with 2500 m<sup>2</sup>; weekly at 30 min intervals, from 6 a.m. to 7 p.m. the global solar radiation, reflected short wave radiation, and net radiation were measured. For each period leaf area indexes and growth stages were measured. The results show that soybean daily average albedo was 0,26 for a LAI varying from 4.7 to 7.7 (growth stages V<sub>9</sub> to R<sub>6</sub>). It was also demonstrated that the 24 h and the diurnal net radiation over soybeans can be estimated from the global solar radiation or from the short wave net radiation.

Index terms: *Glycine max*, water deficit, micrometeorology, temperature, humidity.

## INTRODUÇÃO

As trocas de radiação na superfície da terra são compostas dos fluxos de radiação de ondas curtas (0,3 a 3,0  $\mu\text{m}$ ) e da radiação térmica de ondas longas (maior que 3,0  $\mu\text{m}$ ). Os fluxos em direção à superfície compõem-se da

radiação solar incidente de ondas curtas (direta e difusa) e da radiação de ondas longas emitida pela atmosfera para a superfície. Os fluxos que saem da superfície compõem-se da radiação solar de ondas curtas refletida e da radiação de ondas longas emitida pela superfície para a atmosfera (Tanner & Lemon 1962). A percentagem da radiação de ondas curtas incidente que é refletida para o espaço (albedo) varia com o ângulo de incidência solar, grau de cobertura do solo, umidade do solo e das plantas e tipo e quantidade de cobertura de nuvens (Blad & Baker 1972). A emissão de radiação de ondas longas pela atmosfera é causada principalmente pela agitação térmica

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 19 de dezembro de 1990  
Extraído da tese de Mestrado da autora, Faculdade de Agronomia/UFRGS.

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

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

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

das moléculas do vapor d'água, dióxido de carbono e ozônio, assim como das gotas da água nas nuvens. Na superfície, é função da sua temperatura absoluta elevada a quarta potência. Uma vez que a temperatura da superfície da terra é maior do que a da atmosfera, há, normalmente, uma pequena perda líquida de radiação de ondas longas da superfície (Tanner & Lemon 1962).

Após estas trocas verticais de radiação, o que resta é denominado saldo de radiação. Na superfície da terra, o saldo de radiação é utilizado nos processos de evaporação e transpiração das plantas, nos processos de aquecimento do ar, do solo e das plantas, e no processo de fotossíntese.

O conhecimento dos componentes do balanço de radiação de uma cultura vegetal é de grande importância, não só para caracterização do microclima da vegetação, mas especialmente para efeito de estimativas das perdas de água da cultura pelo processo de evapotranspiração. Por isso, diversos trabalhos têm sido realizados no sentido de quantificação dos termos do balanço de radiação para os vários tipos de superfícies vegetadas (Monteith & Szeicz 1960, Stanhill et al. 1965, André & Viswanadham 1983). Entretanto, como nem sempre é possível a medição de todos os componentes do balanço de radiação necessários à obtenção do saldo de radiação, muitos autores têm estimado esse parâmetro através de uma função com a radiação solar global incidente ou radiação solar absorvida (saldo de ondas curtas). Dentre esses trabalhos citam-se: Monteith & Szeicz (1960), em trigo, beterraba açucareira, pastagens e solo descoberto; Stanhill et al. (1965), em florestas perenes, herbáceas perenes, deserto e culturas agrícolas; Matzenauer (1980), em milho; André & Viswanadham (1983), com soja; Bergamaschi (1984), com feijão.

Os objetivos do presente trabalho foram:

- determinar os componentes do balanço de radiação em diferentes estádios de desenvolvimento da soja nas condições subtropicais do Brasil;
- determinar a relação existente entre ra-

dição solar global, radiação solar absorvida e saldo de radiação, após cobertura total do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação Experimental de Taquari, do Instituto de Pesquisas Agronômicas (IPAGRO) da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado do Rio Grande do Sul. O município de Taquari situa-se na região climática da Depressão Central, a uma altitude de 76 m, latitude de 29°48' Sul e longitude de 51°49' Oeste. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é subtropical úmido de verão quente, de fórmula climática Cfa. O solo é laterítico Bruno Avermelhado Distrófico de relevo suave ondulado. A temperatura média do período de novembro a maio é 19,5°C, e a precipitação pluvial média, de 761 mm.

A cultivar Bragg, classificada de ciclo médio no Rio Grande do Sul, foi semeada em 21 de novembro de 1985. A parcela experimental foi de, aproximadamente, 2.500 m<sup>2</sup>, e a semeadura, feita em linhas a espaços de 0,68 m, com uma população de 4 x 10<sup>5</sup> plantas . ha<sup>-1</sup>.

Sempre que necessário, foi efetuado o controle de plantas daninhas, doenças e pragas; do mesmo modo, as necessidades hídricas da cultura foram atendidas através de irrigação, mantendo-se o solo próximo à capacidade de campo (-0,05 MPa). A lâmina de água aplicada foi de, aproximadamente, 30 mm, sendo a frequência média de irrigação de uma a cada treze (13) dias. A radiação solar global foi medida com um Piranômetro Eppley (constante = 7,61 mV por cal.cm<sup>-2</sup>.min.<sup>-1</sup>), instalado numa estação meteorológica junto à área experimental e acoplado a um registrador Speedomax. O saldo de radiação foi medido com um saldo radiômetro Phyllip Schenck (constante = 6,234 mV por cal.cm<sup>-2</sup>.min.<sup>-1</sup>) acoplado a um milivoltímetro durante o dia, e à noite, a um registrador Speedomax. A radiação refletida foi medida com um Albedômetro Middleton (constante = 9,46 mV por cal.cm<sup>-2</sup>.min.<sup>-1</sup>) acoplado a um milivoltímetro. O saldo radiômetro e o albedômetro, foram instalados a 4 m de altura, num mastro colocado no centro da área experimental. Todas as medidas, no período diurno, foram efetuadas das 6 às 19 h, em intervalos de 30 min nos dias claros e 15 min dos dias nublados. Para a determinação do índice de área foliar foram coletadas três amostras de plantas, correspondendo a 0,50 m de linha ou 0,34 m<sup>2</sup>; a área

foliar foi medida com um integrador eletrônico (modelo LI-3000). Os estádios de desenvolvimento foram determinados segundo a metodologia descrita por Ferth & Caviness (1977) e adaptada por Costa & Marchezan (1982).

O balanço de radiação é dado pela equação:

$$R_n = R_g(1 - a) + L, \quad (1)$$

sendo  $R_n$  o saldo de radiação ( $Wm^{-2}$ );  $R_g$ , a radiação solar global ( $Wm^{-2}$ );  $a$ , o albedo, e  $L$ , o saldo de radiação de ondas longas ( $Wm^{-2}$ ); o albedo foi determinado pela razão  $R_r/R_g$ , sendo  $R_r$  a radiação de ondas curtas refletida ( $Wm^{-2}$ ). O saldo de radiação e a radiação de ondas curtas refletida foram medidos diretamente sobre a cultura. A radiação solar global foi medida na estação meteorológica junto ao experimento, e o saldo de radiação de ondas longas, obtido por diferença na equação (1).

As variações diárias do balanço de radiação foram analisadas para quatro dias, buscando-se caracterizar alguns estágios do desenvolvimento da cultura (08.01.86, 15.01.86, 05.02.86 e 19.02.86).

Foram ajustados modelos lineares através do método dos mínimos quadrados, relacionando o saldo de radiação diurno e das 24 horas com a radiação solar global e com o saldo de radiação de ondas curtas.

No cálculo de  $R_{nd}$  (diurno) foram considerados os valores medidos das 6 às 19 h. Além disso, foram utilizados somente os dados de  $R_n$  medidos sobre a cultura com índice de área foliar igual ou superior a 4,7, ou seja, após a cobertura total do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Radiação solar global

No dia parcialmente nublado, a amplitude de variação foi maior e apresentou valores

absolutos menores do que nos dias claros (Fig. 1, 2, 3 e 4). Pela Tabela 1 verifica-se que a radiação solar global variou de  $10,0 MJ m^{-2} dia^{-1}$ , num dia parcialmente nublado, a  $27,2 MJ m^{-2} dia^{-1}$ , num dia claro. Estes valores são coerentes com os observados para a localidade de Taquari, sendo que o valor máximo ocorreu no dia 15.01, ou seja, próximo ao solstício de verão para o Hemisfério Sul.

### Saldo de radiação de ondas longas

Observa-se que o saldo de radiação de ondas longas ( $L$ ) foi pequeno nas primeiras horas

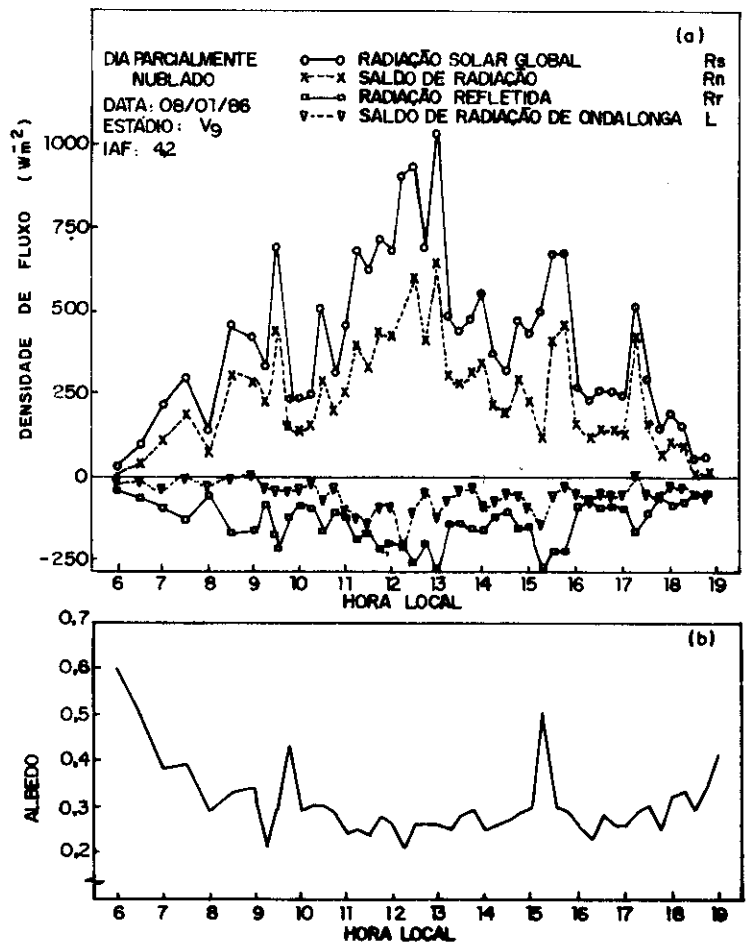


FIG. 1. Componentes do balanço de radiação em soja irrigada, cv. Bragg: (a) radiação solar global, saldo de radiação, radiação refletida e saldo de radiação de ondas longas e (b) albedo. Taquari, RS, 08.01.86.

da manhã e últimas horas da tarde, enquanto que, nas horas próximas ao meio-dia, os valores foram máximos. Esta tendência é coerente com observações de Monteith & Szeicz (1960), para os quais há estreita dependência entre as perdas de radiação de ondas longas e a temperatura da superfície.

Para todos os dias observados, as perdas de radiação de ondas longas foram inferiores às perdas de radiação de ondas curtas ( $R_T$ ), podendo isto ser atribuído ao elevado índice de área foliar. Thomé (1985), trabalhando com feijoeiro, encontrou que, aumentando a densi-

dade de cobertura do solo, as perdas de radiação de ondas longas diminuíram.

As variações de  $L$  ao longo do dia são determinadas, basicamente, pela variação da radiação solar global no período. Verifica-se este fato nas Fig. 1, 2, 3 e 4, quando, nos dias claros,  $L$  apresentou pequena variação, e no dia parcialmente nublado a variação foi grande. Deve-se considerar, ainda, que  $L$  foi um valor pequeno obtido por diferença entre dois componentes relativamente grandes, podendo, eventualmente, apresentar erros.

A Tabela 1 apresenta os totais diários dos componentes do balanço de radiação da soja em função do estágio de desenvolvimento e índice de área foliar. Pela Tabela 2 verifica-se que, em média, a perda de radiação de ondas longas representou cerca de 30% do saldo de radiação e 22% do saldo de radiação de ondas curtas. Consta-se, também, que nos dias nublados o saldo de radiação de ondas longas teve valores percentuais superiores aos dos dias claros, com exceção do dia 19.02.

### Albedo

A variação do albedo ao longo dos dias de observações esteve de acordo com o comportamento encontrado pela maioria dos autores consultados. No início da manhã, o albedo foi máximo, atingindo valores de até 0,65. Durante a maior parte do dia, o albedo apresentou valores mais baixos, e no final da tarde aumentou novamente (Fig. 1b, 2b, 3b e 4b). Os valores altos no início da manhã e no final da tarde demonstram a depen-

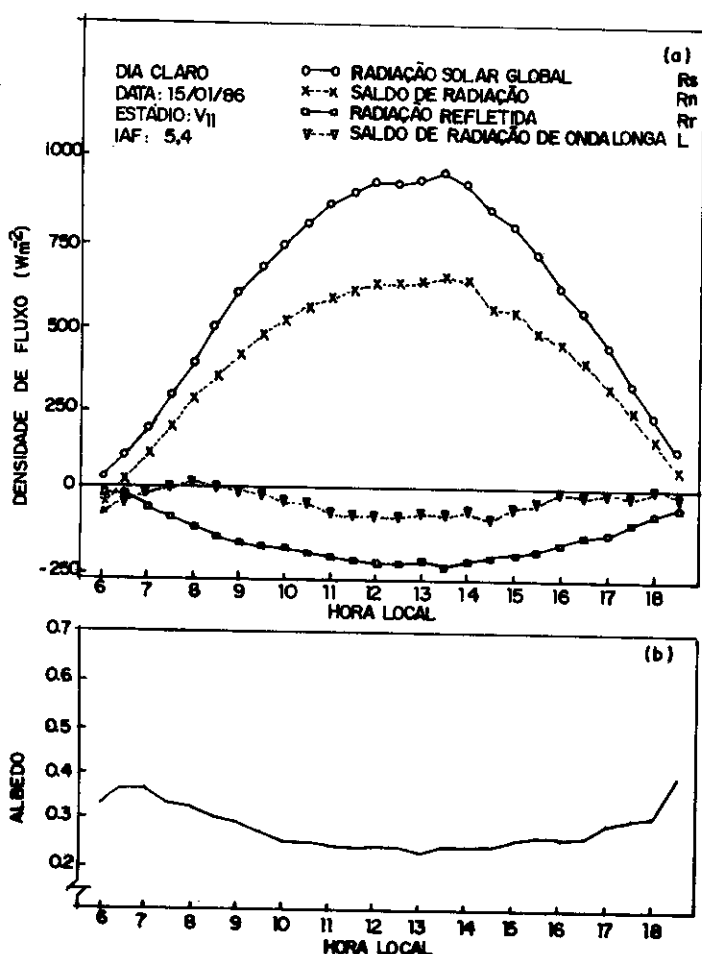


FIG. 2. Componentes do balanço de radiação em soja irrigada, cv. Bragg: (a) radiação solar global, saldo de radiação, radiação refletida e saldo de radiação de ondas longas e (b) albedo. Taquari, RS, 15.01.86.

TABELA 1. Componentes do balanço de radiação, estágio de desenvolvimento e índice de área foliar da soja, cv. Bragg. Taquari, RS, 1985/86.

| Data     | Estádio*        | IAF | R <sub>n24h</sub> | R <sub>nd</sub> | R <sub>s</sub> | R <sub>r</sub> | a    | R <sub>s</sub> (1-a) | L <sub>24h</sub> | L <sub>d</sub> |
|----------|-----------------|-----|-------------------|-----------------|----------------|----------------|------|----------------------|------------------|----------------|
| 08.01.86 | V <sub>9</sub>  | 4,7 | 9,6               | 11,3            | 18,7           | -5,4           | 0,29 | 13,3                 | -3,7             | -2,1           |
| 15.01.86 | V <sub>11</sub> | 5,4 | 17,1              | 18,3            | 27,2           | -7,1           | 0,26 | 20,1                 | -3,1             | -1,8           |
| 22.01.86 | R <sub>1</sub>  | 6,1 | 14,0              | 15,3            | 23,3           | -5,9           | 0,25 | 17,5                 | -3,5             | -3,0           |
| 30.01.86 | R <sub>2</sub>  | 7,2 | 5,5               | 6,1             | 10,0           | -2,7           | 0,27 | 7,3                  | -1,8             | -1,1           |
| 05.02.86 | R <sub>2</sub>  | 7,4 | 16,2              | 17,5            | 26,5           | -7,2           | 0,27 | 19,4                 | -3,2             | -1,9           |
| 14.02.86 | R <sub>3</sub>  | 7,5 | 13,3              | 14,4            | 23,2           | -5,6           | 0,24 | 17,6                 | -4,3             | -3,1           |
| 19.02.86 | R <sub>4</sub>  | 7,6 | 14,3              | 16,4            | 26,6           | -6,9           | 0,26 | 19,7                 | -5,4             | -3,1           |
| 25.02.86 | R <sub>5</sub>  | 7,7 | 10,7              | 11,3            | 18,5           | -5,0           | 0,27 | 13,5                 | -2,8             | -2,2           |
| 21.03.86 | R <sub>5</sub>  | 5,5 | 10,5              | 12,1            | 17,9           | -4,6           | 0,26 | 13,3                 | -2,8             | -1,2           |
| 05.04.86 | R <sub>6</sub>  | 6,3 | 7,7               | 8,8             | 13,9           | -2,9           | 0,22 | 10,8                 | -3,4             | -2,3           |

\* Metodologia de Ferh & Caviness (1977), adaptada por Costa & Marchezan (1982); IAF - índice de área foliar; R<sub>n24h</sub> - saldo de radiação das 24 horas (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>); R<sub>nd</sub> - saldo de radiação diurno (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>); R<sub>s</sub> - radiação solar global (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>); R<sub>r</sub> - radiação de ondas curtas refletida (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>); a - albedo; L<sub>24h</sub> - saldo de radiação de ondas longas das 24 horas (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>); L<sub>d</sub> - saldo de radiação de ondas longas diurno (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>).

dência do albedo em relação ao ângulo de incidência solar. Para estes horários, a soja, assim como várias outras culturas, comporta-se como uma superfície plana, captando pouca energia e, em consequência aumentando sua refletividade (Monteith & Szeicz 1960, Stanhill et al. 1965).

Para os dias 8.01, 5.02 e 19.02 (Fig. 1b, 3b e 4b), o albedo do início da manhã foi superior ao do final da tarde. Efeito semelhante foi encontrado por Monteith & Szeicz (1960) para forrageiras de porte alto e baixo, e para a couve. Este fato pode ser explicado pela presença de orvalho sobre as superfícies foliares, causando um efeito de espelho. Entretanto, no dia 15.01 (Fig. 2b) isto não ocorreu. Nestes horários, apesar de a umidade relativa do ar ser alta (95%) e semelhante à dos demais dias, foi observada a ocorrência de vento relativamente forte, o qual, provavelmente, não permitiu a formação do orvalho.

O albedo menor próximo ao meio-dia, atingindo valores mínimos de 0,22, é atribuído ao menor ângulo de incidência dos raios solares, causando maior penetração e retenção da radiação no interior da comunidade vegetal.

Blad & Backer (1972) afirmaram que o albedo varia com o ângulo de incidência, grau

de cobertura vegetal, estado de umidade do solo e das plantas e quantidades e tipo de cobertura de nuvens. Nos dias claros, 15.01, 05.02 e 19.02, a variação do albedo, durante grande parte do dia, foi pequena, visto que os

TABELA 2. Relações do saldo de radiação de ondas longas (L<sub>24h</sub>) com o saldo de radiação das 24 h (R<sub>n24h</sub>) e com o saldo de radiação de ondas curtas R<sub>s</sub> (1-a), em diferentes estádios de desenvolvimento e índice de área foliar (IAF) da soja, cv. Bragg. Taquari, RS, 1985/86.

| Data     | Estádio* IAF        | Condições do dia     | L <sub>24h</sub>  | L <sub>24h</sub>     |
|----------|---------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
|          |                     |                      | R <sub>n24h</sub> | R <sub>s</sub> (1-a) |
| 08.01.86 | V <sub>9</sub> 4,7  | Parcialmente nublado | 0,39              | 0,28                 |
| 15.01.86 | V <sub>11</sub> 5,4 | Claro                | 0,18              | 0,16                 |
| 22.01.86 | R <sub>1</sub> 6,1  | Parcialmente nublado | 0,25              | 0,20                 |
| 30.01.86 | R <sub>2</sub> 7,2  | Nublado              | 0,33              | 0,25                 |
| 05.02.86 | R <sub>2</sub> 7,4  | Claro                | 0,20              | 0,17                 |
| 14.02.86 | R <sub>3</sub> 7,5  | Parcialmente nublado | 0,33              | 0,25                 |
| 19.02.86 | R <sub>4</sub> 7,6  | Claro                | 0,37              | 0,27                 |
| 25.02.86 | R <sub>5</sub> 7,7  | Parcialmente nublado | 0,27              | 0,21                 |
| 21.03.86 | R <sub>5</sub> 5,5  | Parcialmente nublado | 0,26              | 0,21                 |
| 05.04.86 | R <sub>6</sub> 6,3  | Nublado              | 0,43              | 0,30                 |

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

fatores determinantes dele tiveram pouca participação. Já para o dia 08.01, a variação do albedo ao longo do dia foi maior, devido, possivelmente, à nebulosidade ocorrida. Blad & Backer (1972) e André & Viswanadham (1983) encontraram para a soja o mesmo comportamento. Pablos & Iraundegui (1975) afirmaram que a nebulosidade influencia o albedo porque a radiação incidente com tempo encoberto apresenta, além da variação quantitativa, também uma distribuição espectral distinta. E, como as superfícies vegetais apresentam diferente refletividade segundo a banda de espectro que incide sobre elas, é normal encontrar variação do albedo ligado às condições de nebulosidade do dia.

As médias diárias de albedo tiveram pouca variação, e isto pode ser devido a que a umidade do solo permaneceu próximo à capacidade de campo durante todo o período experi-

mental, e as observações foram efetuadas após a cobertura completa do solo, ou seja, IAF superior a 4,7 (Tabela 1).

O albedo médio diário encontrado no período experimental foi de 0,26. Chang (1968) cita que o albedo médio diário de várias culturas agrícolas, após cobertura completa do solo, é de 0,25. Também em condições de cobertura completa do solo Blad & Backer (1972) e André & Viswanadham (1983) encontraram, para soja, valores médios diários de 0,25 e 0,24, respectivamente.

### Estimativa do saldo de radiação a partir da radiação solar de ondas curtas

A análise de regressão entre o saldo de radiação e a radiação solar de ondas curtas demonstrou altos coeficientes de determinação, o que indica uma boa associação entre valores

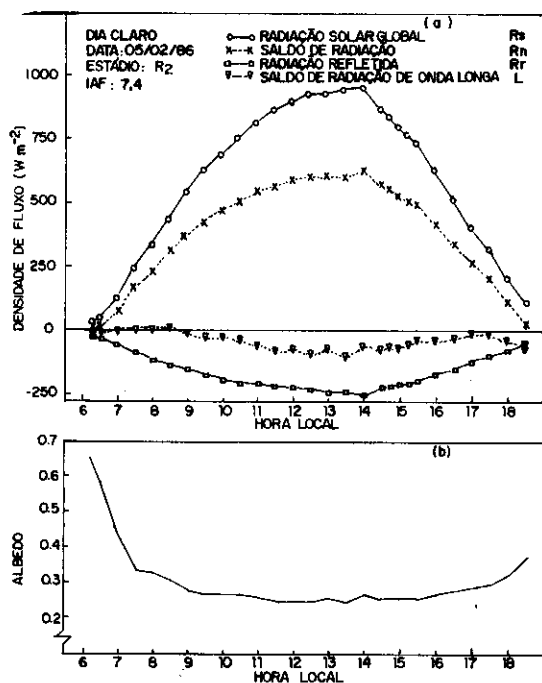


FIG. 3. Componentes do balanço de radiação em soja irrigada, cv. Bragg: (a) radiação solar global, saldo de radiação, radiação refletida e saldo de radiação de ondas longas e (b) albedo. Taquari, RS, 05.02.86.

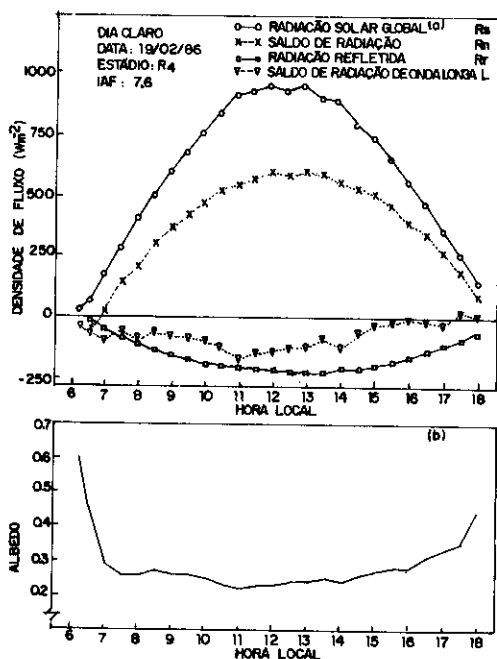


FIG. 4. Componentes do balanço de radiação em soja irrigada, cv. Bragg: (a) radiação solar global, saldo de radiação, radiação refletida e saldo de radiação de ondas longas e (b) albedo. Taquari, RS, 19.02.86.

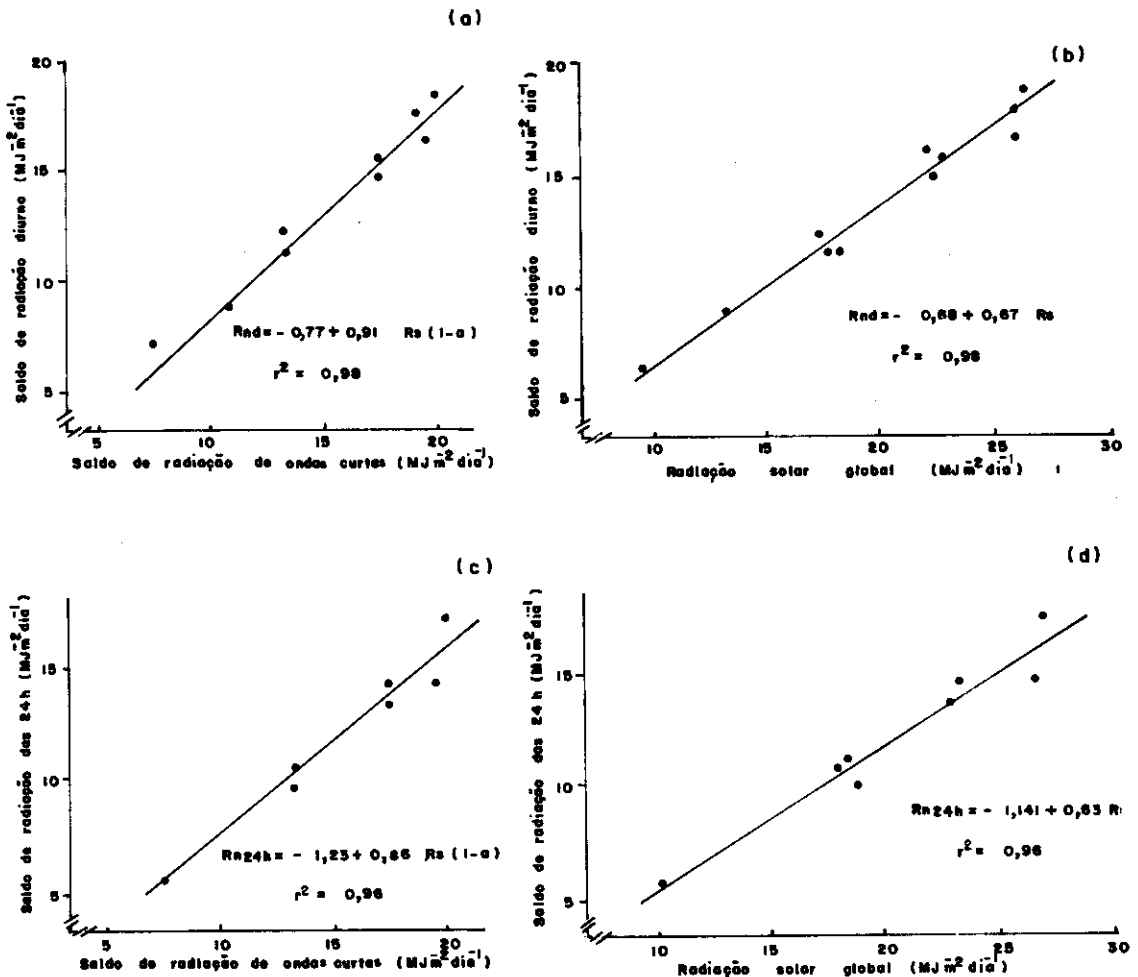


FIG. 5. Relações entre saldo de radiação e a radiação solar de ondas curtas para soja, cv. Bragg: (a) saldo de radiação diurno e saldo de radiação de ondas curtas, (b) saldo de radiação diurno e radiação solar global, (c) saldo de radiação das 24 horas e saldo de radiação de ondas curtas e (d) saldo de radiação das 24 horas e radiação solar global. Taquari, RS, 1985/86.

diários de saldo de radiação e valores de radiação solar global e saldo de radiação de ondas curtas (Fig. 5a, 5b, 5c e 5d). Coeficientes semelhantes foram encontrados por outros autores (Moneith & Szeicz 1960, Stanhill et al. 1965, Matzenauer 1980, André & Viswabhadham 1983, Bergamaschi 1984). Assim, através das funções obtidas, pode-se estimar o saldo de radiação das 24 horas ou o saldo de radiação diurno, a partir da radiação solar global ou do saldo de radiação de ondas curtas,

com boa aproximação. Podem ser utilizadas para o cálculo do termo energético da fórmula de Penman para a estimativa da evapotranspiração da cultura. Muito provavelmente, fornecem dados mais consistentes de saldo de radiação sobre a cultura do que as equações gerais de estimativa de  $R_{\text{n}}$ , as quais fornecem estimativas sem especificar a cultura ou região climática. Estas equações são válidas, em princípio, para a região climática onde foram ajustadas, e para a soja.

## CONCLUSÕES

1. As variações no saldo de radiação de ondas longas, durante o dia, foram determinadas principalmente pelo comportamento da radiação solar global no período. Nos dias nublados, esse saldo assumiu valores percentuais maiores do que nos dias claros.

2. O albedo da soja, em condições de cobertura completa de solo e ótima disponibilidade hídrica, foi função do ângulo de incidência da radiação solar e das condições de nebulosidade do dia. O albedo médio diário encontrado foi de 0,26.

3. O saldo de radiação diurno e o saldo de radiação das 24 horas podem ser estimados a partir da radiação solar global e do saldo de radiação de ondas curtas, pelas equações:

$$R_{nd} = 0,77 + 0,91 R_s (1 - a)$$

$$R_{nd} = -0,68 + 0,67 R_s$$

$$R_{n24h} = -1,23 + 0,86 R_s (1 - a)$$

$$R_{n24h} = -1,14 + 0,65 R_s$$

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS

- ANDRÉ, R.G.B.; VISWANADHAM, Y. Radiation balance of soybeans grown in Brazil. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.30, p.157-173, 1983.
- BERGAMASCHI, H. Perda de água e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob diferentes condições da disponibilidade hídrica no solo e na atmosfera. Pi-

racaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1984. 204p. Tese Doutorado.

- BLAD, B.L.; BACKER, D.G. Reflected radiation from a soybean crop. **Agronomy Journal**, Madison, v.64, p.277-280, 1972.
- CHANG, JEN-HU. **Climate and agriculture: an ecological survey**. Chicago: Aldine, 1968. 304p.
- COSTA, J.A.; MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 30p.
- MATZENAUER, R. **Evapotranspiração do milho (*Zea mays* L.) e suas relações com fórmulas e parâmetros meteorológicos**. Porto Alegre: UFRGS - Faculdade de Agronomia, 1980. 128p. Tese Mestrado.
- MONTEITH, J.L.; SZEICZ, G. The radiation balance of bare soil and vegetation. **Quartely Journal of the Royal Meteorological Society**, Berkshire, v.87, p.159-170, 1960.
- PABLOS, A.B.; IRAUNDEGUI, Y.J.G. **Medida del albedo en varios cultivos y fases de su desarrollo**. Salamanca: Centro de Edafología y Biología Aplicada, 1975. 10p.
- STANHILL, G.; HOFSTEDE, G.J.; KALMA, J.D. Radiation balance of natural and agricultural vegetation. **Quartely Journal of Royal Meteorological Society**, Berkshire, v.92, p.128-140, 1965.
- TANNER, C.B.; LEMON, E.R. Radiant energy utilized in evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v.54, p.207-212, 1962.
- THOMÉ, V.M.R. **Crescimento, desenvolvimento e rendimento de grãos de uma cultivar de feijoeiro de hábito de crescimento arbustivo determinado, em função da época de semeadura entre linhas e densidade de plantas**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 139p. Tese Mestrado.