

ISSN 0104-1347

Programa em ambiente "Microcal Origin" para tratamento de dados meteorológicos e determinação da razão de Bowen

Program in "Microcal Origin" environment to treatment of meteorological data and determination of the reason of Bowen

Antonio Ribeiro da Cunha¹ e João Francisco Escobedo²

- NOTA TÉCNICA -

Resumo – Foi realizado um programa em ambiente "Microcal Origin" para tratamento de dados meteorológicos e determinação do balanço de energia pela razão de Bowen. O mesmo permite a confecção de curvas diárias dos componentes do balanço de energia em $W.m^2$ e a integralização dos seus valores ao longo do dia em $MJ.m^2$. O tratamento dos dados instantâneos e diários dos componentes do balanço de energia foi agilizado, proporcionando maior rapidez nos resultados obtidos, em função da grande quantidade de dados analisados neste tipo de estudo.

Palavras-chave: ambiente protegido, balanço de energia, programação.

Abstract – A "Microcal Origin" software was developed to work of meteorological data and determine the energy balance for the Bowen rate. This program make daily curves of the energy balance components in $W.m^2$ and integrate values along the day in $MJ.m^2$. Due to the great amount of data analyzed in this study, the treatment of instantaneous and daily data of the energy balance components was activated, providing larger speed in the obtained results.

Key words: energy balance, programming, protected environment.

Introdução

No Brasil, o interesse de estudos em ambientes protegidos tem aumentado muito nos últimos anos, principalmente com os de cobertura plástica, tanto para fins de pesquisa quanto comerciais. Muitas destas pesquisas visam conhecer as alterações ocorridas com relação aos elementos meteorológicos, os quais influenciam diretamente a cultura ali instalada, pois esse tipo de ambiente exige práticas de manejo diferentes daquelas em condição de campo. Esse ambiente com cobertura plástica altera o balanço de energia desse meio, conforme os autores

GRODZKI et al. (1991), FARIAS et al. (1993), PEZZOPANE et al. (1995), SOUZA (1996), ASSIS (1998), FRISINA (1998), GALVANI et al. (1999) e CUNHA (2001).

Com a utilização de equipamentos que coletam dados na forma digital, há a necessidade de ferramentas específicas que facilitem o processamento dessa informação, para depois interpretá-la de forma adequada, devido à grande quantidade de dados obtidos neste tipo de equipamento; sendo que a ferramenta empregada no manuseio dos dados pode facilitar ou dificultar o seu processamento na obtenção do resultado requerido.

¹Engº Agrº, Doutor em Energia na Agricultura, Dep. de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP, Caixa Postal 237, CEP 18603-970. E-mail: arcunha@fca.unesp.br.

²Prof. Adjunto, Depto de Recursos Naturais, FCA/UNESP, Botucatu, SP. E-mail: escobedo@fca.unesp.br.

O balanço de energia é considerado de suma importância no auxílio do manejo do ambiente protegido, pois através dele é possível controlar de forma parcial as variações dos elementos meteorológicos no seu interior. Com isso, a aquisição de dados detalhados dos componentes do balanço de energia na forma digital é imprescindível, à medida que se pretende estudar a variação da energia líquida disponível e sua relação com os processos biofísicos da cultura, pois a produtividade biológica está diretamente relacionada a essa energia.

Portanto, este trabalho objetivou desenvolver um programa em ambiente "Microcal Origin" (MICROCAL SOFTWARE, INC., 1999) que confecciona curvas e integraliza os valores instantâneos em diários dos componentes do balanço de energia.

Material e métodos

Os componentes do balanço de energia foram medidos em ambiente protegido durante o ciclo da cultura de pimentão (21/04 a 03/11/99), no Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu (22°51'S de latitude, 48°26'W de longitude e 786m de altitude). O ambiente protegido utilizado foi uma estufa do tipo túnel alto com orientação NNW-SSE, sendo 7m de largura e 40m de comprimento, coberto com polietileno de baixa densidade transparente de 120µm de espessura e com malha de polipropileno com redução de 50% da radiação solar nas laterais, cultivado com pimentão híbrido Elisa com espaçamento de 0,3m na linha por 1,0m na entrelinha.

Na coleta dos dados meteorológicos utilizou-se um "Micrologger 21X" acoplado a um "Relay Multiplexer AM416" da CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. (1984-96). Determinaram-se os dados instantâneos dos componentes do balanço de energia: saldo de radiação, fluxo de calor no solo, e de temperatura com sensores de termopar (Cu-Co), com varredura a cada 5 segundos e saída de valores médios a cada 5 minutos. Os sensores de saldo de radiação REBS modelo Q7.1 e fluxo de calor no solo REBS modelo HFT-3, geraram sinais em milivolts, enquanto que os sensores de termopar geraram sinais em °C. A conversão dos dados instantâneos dos componentes do balanço de energia em milivolts para a unidade desejada ($W.m^2$), as curvas de irradiâncias e a sua integração ao longo do dia em $MJ.m^2$ foram feitas no

"Microcal Origin" (MICROCAL SOFTWARE, INC., 1999). Efetuar essa conversão no "Micrologger 21X" é inviável, pois esse equipamento monitora vários sensores dos componentes da radiação solar e do balanço de energia, e cada sensor possui uma constante de calibração diferente, exigindo uma instrução diferente para cada sensor.

O padrão de comunicação dos dados é o "ASCII" delimitado por vírgulas, sendo que o separador decimal é o ponto. Desta forma, o arquivo "ASCII" apresenta-se com colunas correspondendo aos valores oriundos dos sensores conectados, média de 60 leituras a cada 5 minutos, delimitados por vírgula. Antes desse arquivo ser importado pelo "Microcal Origin", este deve ser individualizado diariamente para efetuar as curvas e integração diária, usando por exemplo, o Edit (DOS) ou o Split (PC208W).

No cálculo do balanço de energia, os fluxos que chegavam ao sistema (cultura de pimentão) foram considerados positivos, e os que saíam negativos, sendo o ápice da cultura e a superfície do solo considerados os limites superior e inferior do sistema, respectivamente.

O balanço de energia foi determinado através da razão de BOWEN (1926), através da expressão (1):

$$Rn = G + H + LE \quad (1)$$

em que Rn é o saldo de radiação sobre o sistema em $W.m^2$; G o fluxo de calor no solo em $W.m^2$; H o fluxo convectivo de calor sensível em $W.m^2$; e LE o fluxo convectivo de calor latente em $W.m^2$.

Utilizou-se da razão de Bowen para a estimativa dos valores de H e LE , através das medições de gradientes psicrométricos de conjuntos de termopares de bulbos seco e úmido, em níveis 1 e 2, com uma distância de 0,5m entre esses níveis, ou seja, entre os psicrômetros de termopar, com 1,0m de altura o nível 1 e 1,5m o nível 2, da superfície do solo, e conforme as equações (2), (3) e (4):

$$b = \frac{H}{LE} = \frac{1}{\left(\frac{s+g}{g}\right)\left(\frac{\Delta T_u}{\Delta T_s}\right)^{-1}} \quad (2)$$

$$LE = \frac{(Rn - G)}{(1 + b)} \quad (3)$$

em que β é a razão de Bowen; γ o coeficiente psicrométrico, igual a $0,0725 \text{ kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, para uma pressão atmosférica de $90,66 \text{ kPa}$ e constante psicrométrica de $80 \cdot 10^{-5} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$; ΔT_U a diferença das leituras dos termopares úmidos entre os níveis 1 e 2; ΔT_S a diferença das leituras dos termopares secos entre os níveis 1 e 2; e s a tangente à curva de pressão de saturação de vapor d'água em função da temperatura do ar ($\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$), dada pela expressão (4):

$$s = 0,0423 \cdot 10^{0,05979 \cdot T_S} \quad (4)$$

em que T_S é a temperatura média do bulbo seco entre os níveis 1 e 2 ($^\circ\text{C}$).

Os psicrômetros de termopar foram instalados em microabrigos de acrílico com boa aeração natural e protegido contra radiação direta e parte da difusa. O funcionamento desses microabrigos foi verificado através de correlação de suas medidas com as de um sensor de temperatura e umidade relativa do ar Vaisala modelo HMP45C (CUNHA, 2001). Os microabrigos de acrílico foram instalados $0,5 \text{ m}$ um do outro, sendo o primeiro (nível 1) instalado à $1,0 \text{ m}$ de altura em relação ao nível do solo, e o segundo (nível 2) a $1,5 \text{ m}$ de altura.

Para a obtenção das temperaturas de bulbos seco e úmido com termopares de cobre-constantan, utilizou-se como temperatura referência um sensor Vaisala modelo HMP45C, instalado a 2 metros de altura no interior do ambiente protegido.

Apresentação e avaliação do programa em ambiente "Microcal Origin"

O "Microcal Origin" requer ambiente Windows 95 ou superior, e manipula arquivos no formato ASCII. O programa feito utilizando-se do "Microcal Origin" processou dados medidos em cultura de pimentão em condições de ambiente protegido no período de 21/04 a 03/11/99.

Após a captura dos dados pelo "Micrologger 21X", e individualizado os dias do período a se analisar (via DOS ou PC208W), inicializa-se o "Microcal Origin" através do seu ícone específico, e a seguir acessa-se o menu "File → Import" → ASCII, e localiza-se o arquivo *.DAT para efetuar a importação do mesmo (Figura 1). Depois do arquivo *.DAT aberto, seleciona-se a coluna da hora e minuto e através do menu "Column → Set Column Values → Do It", transforma-a em horas e décimos. Acessando o menu "Window → Script Window", aparece uma janela

onde os valores diários integralizados irão aparecer para o posterior transporte para a página final dos **gráficos**. **Através do acesso ao menu "Tools → Worksheet Script → Do It"**, pode-se rodar o programa feito utilizando-se do "Microcal Origin" para a confecção das curvas de irradiância em $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ e integralização diária em $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ que irão aparecer na janela "Script Window", e terminado esse processo, salva-se o arquivo diário na forma *.OPJ entrando no menu "File → Save Project As".

A Figura 2 apresenta a tela do "Microcal Origin" com uma página de gráficos criada a partir da "Worksheet Script" e ao lado com uma janela aberta "Script Window", onde aparece as curvas de irradiância em $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ e integralização diária em $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ dos componentes do balanço de energia.

Na janela "Worksheet Script", na qual se programou em ambiente "Microcal Origin", foi introduzido o programa, com os comentários ao lado, apresentado na Tabela 1.

A utilização deste programa em ambiente "Microcal Origin", exige por parte do usuário conhecimentos do manuseio do "Micrologger 21X" na captura dos dados, e no manuseio do "Microcal Origin" para rodar o programa que confecciona as curvas de irradiância e integraliza diariamente os componentes do balanço de energia.

Assim como todo programa que manipula dados, este exige atenção do usuário devido à influência do componente humano, mas com menos influência que qualquer planilha eletrônica. Com este programa em ambiente "Microcal Origin", a manipulação de dados instantâneos e diários dos componentes do balanço de energia através da razão de Bowen, foi melhorada, exigindo menos tarefas por parte do usuário, e com isso, proporcionando maior rapidez e confiabilidade nos resultados obtidos, em função da grande quantidade de dados analisados neste tipo de estudo.

Referências bibliográficas

- ASSIS, S.V. **Radiação solar em estufas de polietileno, nas orientações norte-sul e leste-oeste**. Botucatu : UNESP, 1998. 81 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1998.
- 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.

	COD	ANO[Y]	DJ[Y]	HORA[X]	M[Y]	N[Y]	O[Y]	P[Y]	Q[Y]	R[Y]
1	100	1999	283	0.08333	14.41	12.45	14.47	12.4	14.22	12.71
2	100	1999	283	0.16667	14.38	12.41	14.43	12.36	14.18	12.64
3	100	1999	283	0.25	14.24	12.43	14.29	12.39	14.04	12.66
4	100	1999	283	0.33333	14.21	12.37	14.3	12.34	14.07	12.6
5	100	1999	283	0.41667	14.08	12.28	14.15	12.2	13.95	12.46
6	100	1999	283	0.5	14.03	12.34	14.11	12.26	13.91	12.51
7	100	1999	283	0.58333	13.97	12.25	14.02	12.18	13.87	12.41
8	100	1999	283	0.66667	13.9	12.15	13.92	12.08	13.82	12.29
9	100	1999	283	0.75	13.85	12.14	13.84	12.05	13.78	12.25
10	100	1999	283	0.83333	13.83	12.14	13.81	12.06	13.77	12.25
11	100	1999	283	0.91667	13.83	12.14	13.81	12.04	13.77	12.24
12	100	1999	283	1	13.84	12.2	13.83	12.11	13.78	12.31
13	100	1999	283	1.08333	13.83	12.17	13.81	12.08	13.77	12.27
14	100	1999	283	1.16667	13.84	12.22	13.82	12.14	13.78	12.33
15	100	1999	283	1.25	13.86	12.28	13.83	12.21	13.8	12.37
16	100	1999	283	1.33333	13.82	12.3	13.78	12.22	13.75	12.42
17	100	1999	283	1.41667	13.83	12.31	13.79	12.22	13.75	12.43
18	100	1999	283	1.5	13.83	12.26	13.83	12.18	13.77	12.38
19	100	1999	283	1.58333	13.8	12.28	13.79	12.21	13.73	12.42
20	100	1999	283	1.66667	13.74	12.27	13.73	12.2	13.66	12.42
21	100	1999	283	1.75	13.8	12.37	13.83	12.3	13.72	12.54
22	100	1999	283	1.83333	13.8	12.4	13.82	12.33	13.72	12.54
23	100	1999	283	1.91667	13.73	12.3	13.7	12.24	13.66	12.43
24	100	1999	283	2	13.71	12.32	13.67	12.25	13.66	12.42

Figura 1. Tela do "Microcal Origin" apresentando a planilha dos dados de temperatura com termopares, saldo de radiação e fluxo de calor no solo, importados no formato "ASCII", a partir do menu "File → Import → ASCII".

CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. **21X Micrologger: Operator's manual.** Revision: 3/96. Logan, Utah: Copyright©, 1984-1996.

CUNHA, A.R. **Parâmetros agrometeorológicos de cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em ambientes protegido e campo.** Botucatu: UNESP, 2001. 128 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 2001.

FARIAS, J.R.B., BERGAMASCHI, S.R., BERLATO, M.A., et al. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 31-36, 1993.

FRISINA, V.A. **Otimização de um albedômetro e aplicação no balanço de radiação e energia da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.) no exterior e interior de estufa de polietileno.** Botucatu: UNESP, 1998. 86 p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricul-

tura) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1998.

GALVANI, E., ESCOBEDO, J.F., AGUIAR E SILVA, M.A., et al. Balanço de energia em cultura de pepino (*Cucumis sativus* L.) em meio protegido por polietileno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. **CD-ROM...** Florianópolis: Epagri, 1999.

GRODZKI, L., BRENNER, N.L., SCOTTI, C.A. Estudo do ambiente em estufas plásticas na região de Curitiba, PR. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 9, p. 55, 1991.

MICROCAL SOFTWARE, INC. **Data analysis and technical graphics software.** Origin Professional Version 6.0. Northampton, MA: Copyright©, 1999. 772 p.

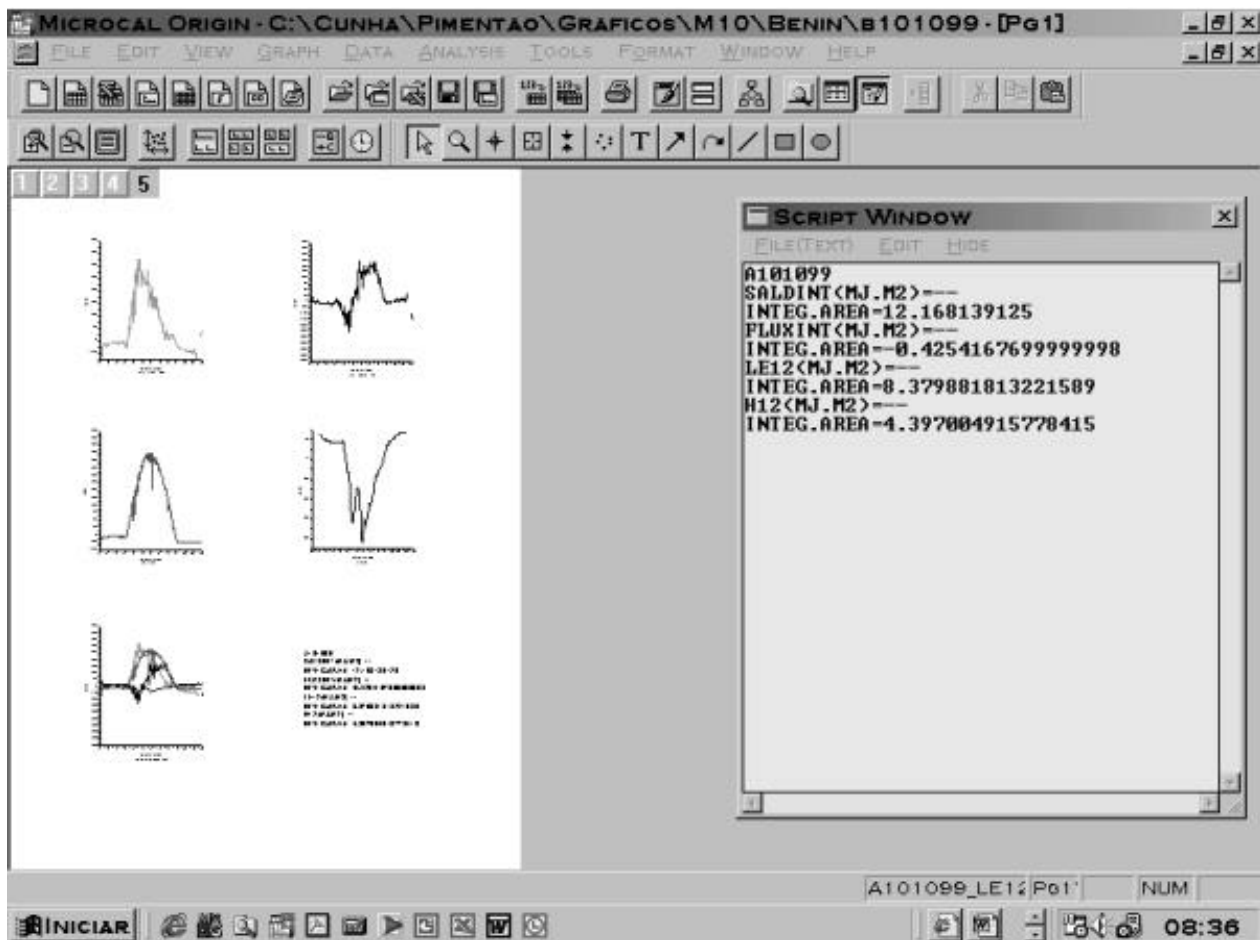


Figura 2. Tela do “Microcal Origin” apresentando a página de gráficos criada a partir da janela “Worksheet Script”.

PEZZOPANE, J.E.M., PEDRO JÚNIOR, M.J., ORTOLANI, A.A., et al. Radiação líquida e temperatura de folha no interior de estufa com cobertura plástica, durante o período noturno. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 1-4, 1995.

SOUZA, J.L. Saldo radiômetro com termopilha de filme fino e aplicação no balanço de radiação e ener-

gia em cultivo de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) em casa de vegetação com cobertura de polietileno. Botucatu : UNESP, 1996. 172 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1996.

Tabela 1. Programa introduzido na janela "Worksheet Script", com os comentários ao lado.

<pre>worksheet -c TSM12 worksheet -c GAMA12 worksheet -c dTU12 worksheet -c dT12 worksheet -c dTUdT12 worksheet -c BOW12 worksheet -c LE12 worksheet -c H12 worksheet -c Rnpt worksheet -c Gpt</pre>	<p>Criação das colunas onde serão armazenados os valores calculados para cada variável: gradientes psicrométricos (ΔT_u e ΔT_s); γ, razão de Bowen; fluxos de calor latente (LE), sensível (H) e no solo (G), e saldo de radiação.</p>
<pre>worksheet -c ARnpt worksheet -c AGpt worksheet -c ALE12 worksheet -c AH12</pre>	<p>Criação das colunas onde serão armazenados os valores integrados ao longo do dia em MJ.m^{-2}, apenas para os componentes do balanço de energia (Rn, G, LE e H).</p>
<pre>COL(Rnpt)=COL(Z)*9.14 COL(Gpt)=COL(BB)*35.8 COL(TSM12)=(COL(M)+COL(O))/2 COL(dTU12)=COL(P)-COL(N) COL(dT12)=COL(O)-COL(M) COL(dTUdT12)=COL(dTU12)/COL(dT12) COL(GAMA12)=((0.0423*EXP(0.05979*COL(TSM12)))/0.0725)/0.0725 COL(BOW12)=1/((COL(GAMA12)*COL(dTUdT12))-1) COL(LE12)=(COL(Rnpt)-COL(Gpt))/1+COL(BOW12) COL(H12)=COL(Rnpt)-COL(Gpt)-COL(LE12)</pre>	<p>Cálculos dos valores instantâneos de Rn e <u>G</u> em milivolts para W.m^{-2}; da razão de Bowen em função de s, γ e dos gradientes psicrométricos (ΔT_u e ΔT_s); do <u>LE</u> em função de <u>Rn</u>, <u>G</u> e razão de Bowen; e do <u>H</u> em função de Rn, G e LE.</p>
<pre>COL(ARnpt)=COL(Rnpt)*0.0036 COL(AGpt)=COL(Gpt)*0.0036 COL(ALE12)=COL(LE12)*0.0036 COL(AH12)=COL(H12)*0.0036</pre>	<p>Correção dos valores instantâneos em W.m^{-2} para MJ.m^{-2}, para cada um dos componentes do balanço de energia.</p>
<pre>%B=%(H,@LINK,2) %B=%H %B= INTEG -A %B_ARnpt; SALDINT(MJ.M2)= INTEG.AREA= INTEG -A %B_AGpt; FLUXINT(MJ.M2)= INTEG.AREA= INTEG -A %B_ALE12; LE12(MJ.M2)= INTEG.AREA= INTEG -A %B_AH12; H12(MJ.M2)= INTEG.AREA=</pre>	<p>Integralização dos valores instantâneos em MJ.m^{-2} ao longo do dia, em função das curvas de irradiância para cada um dos componentes do balanço de energia.</p>
<pre>WIN -B Pg1 PAGINA1 LAYER -O 1{ LAYER -I200 %B_LE12; }; LAYER -O 2{ LAYER -I200 %B_H12; }; LAYER -O 3{ LAYER -I200 %B_Rnpt; }; LAYER -O 4{ LAYER -I200 %B_Gpt; };</pre>	<p>Geração dos gráficos, dos quais originaram a integralização dos valores instantâneos em MJ.m^{-2} ao longo do dia, para cada componente do balanço de energia.</p>

