



PROGRAMA EM AMBIENTE “MICROCAL ORIGIN™” PARA CONVERSÃO E INTEGRAÇÃO DOS COMPONENTES DA RADIAÇÃO SOLAR

Recebido para publicação em 09/03/2001

Aprovado para publicação em 26/10/2001

Antonio Ribeiro da Cunha¹, João Francisco Escobedo², Emerson Galvani³, André Belmont Pereira⁴

RESUMO: Utilizando um sistema de aquisição automática de dados, o “Micrologger 21X”, obteve-se uma saída de valores instantâneos das componentes da radiação solar a cada 5 minutos, e utilizando-se o “Microcal Origin™”, desenvolveu-se um programa para a confecção de curvas de irradiância dos componentes da radiação solar (global, difusa, refletida e saldo de radiação) e para efetuar a integralização dos seus valores ao longo do dia em MJ.m⁻². Com esse programa, a eficiência no tratamento de dados instantâneos e diários dos componentes da radiação solar foi melhorada, facilitando o manuseio desses dados e proporcionando maior rapidez e confiabilidade nos resultados obtidos.

Palavras-chave: automatização, programação, radiação solar.

PROGRAM IN “MICROCAL ORIGIN™” ENVIRONMENT TO CONVERSION AND INTEGRATION OF COMPONENTS OF SOLAR RADIATION

ABSTRACT: A system of automatic acquisition data, the Micrologger 21X, was used to obtain an output of instantaneous values of the components of the solar radiation, every 5 minutes. The “Microcal Origin™” environment was used to develop a software for create curves of the instantaneous radiation values of the components the solar radiation (global, diffuse, reflected and net radiation) and to make the integralization of its values, along the day, in MJ.m⁻². That software improved the efficiency of treatment of instantaneous and daily data, components of the solar radiation, facilitating data manipulation and providing larger speed and reliability in the obtained results.

Keywords: automatization, programming, solar radiation.

1 INTRODUÇÃO

Embora a eficiência das plantas no armazenamento da energia solar na forma de ligações químicas (carboidratos – CH O), definida como a razão entre energia química armazenada em um certo período e a energia solar incidente na superfície no mesmo período, seja

baixa (1%) em relação ao estimado teoricamente (5-6%), o fato é que de 90 a 95% de toda a massa vegetal proveniente do processo fotossintético vem consolidar a afirmação de que a agricultura pode ser considerada como uma forma de exploração da energia solar (Monteith, 1958).

Dados detalhados de radiação solar se tornam cada vez

¹ Engº Agrº, Doutor em Agronomia, Departamento de Recursos Naturais, FCA/UNESP, Botucatu, SP, Cx. Postal 237, CEP 18603-970. E-mail: arcunha@fca.unesp.br

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

³ Doutorando do Curso de Pós-Graduação Energia na Agricultura, FCA/UNESP, Botucatu, SP – Brasil. E-mail: galvani@fca.unesp.br, bolsista FAPESP (96/08974-7)

⁴ Prof. Doutor, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UEPG, Ponta Grossa, PR – Brasil. E-mail: abelmont@uepg.br

mais importantes à medida que se pretende estudar a variação deste elemento relacionado com os processos biológicos, sendo que a produtividade biológica é diretamente proporcional à intensidade de radiação solar incidente, evidenciando a importância dos estudos dos componentes da radiação solar com culturas de interesse econômico.

No Brasil, a coleta de dados dos componentes da radiação solar em forma digital é ainda incipiente, estando limitado pela dificuldade de aquisição do instrumental apropriado e pela ausência de ferramentas que facilitem o processamento dessa informação, para depois interpretá-la. Mesmo com a disponibilidade de equipamentos importados, o acesso aos resultados é condicionado pela ferramenta empregada para o manejo dos dados, sendo que, a facilidade do seu uso, própria da informação digital, poderá estar fortemente comprometida pela falta de planejamento adequado na aquisição dos dados ou na ausência da ferramenta adequada para o processamento dos mesmos.

Segundo Pedrós et al. (1993) a importância da existência de uma base de dados de radiação solar confiável é uma condição essencial para a realização de estudos estatísticos de probabilidade de séries de dados de radiação solar diária para projeções futuras; e também para análises de mesoescala, confecção de mapas de radiação e estudos sinóticos (Tovar et al., 1993).

Muitos problemas em banco de dados podem ser solucionados com a criação de programas em linguagens de alto nível, altamente fundamentados e adaptáveis às diferentes necessidades dos usuários (Gauthier, 1996). Conforme Camacho Martínez & Aranda López (1994), a elaboração de um programa para o manuseio de dados oriundos de estações meteorológicas deve apresentar-se independente do sistema de aquisição dos dados, com flexibilidade de operações sobre os dados, configurações das medidas e com possibilidade de atender diferentes tipos de sensores. Na literatura, existem poucos sistemas de análise e processamento de dados dos componentes da radiação solar que apresentam essas características.

A coleta dos dados dos componentes de radiação solar através de datalogger permite somente o armazenamento temporário desses dados na forma digital sem analisá-los, pois devido ao monitoramento de vários sensores (radiômetros) iguais pelo datalogger, só é possível fazer a correção para a unidade desejada através de uma instrução para cada sensor instalado, em função de cada sensor apresentar um fator de calibração diferente, apresentando com isso, desvantagens na instalação e

operalização deste equipamento. Com isso, este trabalho objetivou desenvolver um pro-grama que converte na unidade desejada e integraliza valores instantâneos em diários dos componentes da radiação solar utilizando-se do ambiente “Microcal OriginTM”.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com dados da Estação de Radiometria Solar do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, que está em atividade desde 1998, com coordenadas geográficas: 22°51' S de latitude, 48°26' W de longitude e 786 metros de altitude.

O clima do município de Botucatu, SP é classificado, segundo W. Köppen, como sendo Cwa, clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C (Cunha et al., 1999).

A coleta dos dados dos componentes da radiação solar: global, difusa e refletida, e saldo de radiação, foi efetuada através de um datalogger (“Micrologger 21X”) da Campbell Scientific, Inc. (1984-96). Os sensores dos componentes da radiação solar foram conectados aos terminais do “Micrologger 21X”, gerando sinais analógicos em milivolts. Esse sinal enviado pelos sensores era lido em milivolts pelo “Micrologger 21X” em intervalos de tempo pré-estabelecidos na instrução do mesmo, a cada 5 minutos. A conversão dos componentes da radiação solar na unidade desejada e a integralização dos dados instantâneos em valores diários de energia (MJ m^{-2}) foram feitas no “Microcal OriginTM” (Microcal Software, Inc., 1999).

Essa coleta dos dados foi feita periodicamente com o intuito de verificar uma possível pane em algum dos sensores. O padrão de comunicação para esses dados de radiação foi o ASCII delimitado por vírgulas, sendo que o separador decimal é o ponto. Desta forma, o arquivo ASCII apresentou-se com colunas correspondendo aos valores em milivolts, oriundos dos aparelhos, média de 60 leituras a cada 5 minutos. Na Figura 1 é mostrado um exemplo de arquivo ASCII com extensão DAT gerado pelo “Micrologger 21X”, sendo apresentado como valores para cada linha: um código identificador de dados na linha (100), o ano (1999), o dia juliano (282), a hora e minutos (600) e, na seqüência, os dados em milivolts correspondendo à cada sensor em ordem pré-estabelecida pela instrução na saída dos dados. Antes desse arquivo

ASCII ser importado pelo “Microcal Origin™” para executar a integralização diária, o mesmo foi manipulado num editor de texto para individualizar os dias do período estudado.

Os dados foram transferidos automaticamente no formato binário para um módulo externo de expansão de memória RAM, modelo portátil SM192, acoplado ao “Micrologger 21X”. Posteriormente foram transferidos para um microcomputador através de uma interface, modelo SC532, e do software PC208W, no formato ASCII, para confecção das curvas diárias dos valores instantâneos em $W.m^{-2}$. Finalmente foi realizada a conversão e integralização dos seus valores ao longo do dia em $MJ.m^{-2}$, utilizando-se do programa elaborado em ambiente “Microcal Origin™”.

```

100,1999,282,600,0.181,-3.849,-5.286,0.653,1.501,0.011,0.203,0.119
100,1999,282,605,0.289,-3.223,-5.144,0.65,1.454,0.062,0.319,0.191
100,1999,282,610,0.392,-2.484,-5.013,0.631,1.419,0.072,0.415,0.26
100,1999,282,615,0.543,-1.733,-4.591,0.615,1.363,0.121,0.496,0.334
100,1999,282,620,0.735,-0.695,-3.813,0.595,1.285,0.137,0.553,0.403
100,1999,282,625,0.921,0.703,-2.837,0.563,1.169,0.158,0.608,0.457
100,1999,282,630,1.108,1.933,-1.563,0.538,1.013,0.202,0.662,0.524
100,1999,282,635,1.324,3.26,-0.262,0.493,0.852,0.208,0.687,0.571
100,1999,282,640,1.522,4.634,1.048,0.45,0.654,0.256,0.704,0.626
100,1999,282,645,1.748,7.27,2.293,0.394,0.451,0.275,0.746,0.686
100,1999,282,650,1.992,7.99,3.572,0.315,0.271,0.279,0.756,0.741
100,1999,282,655,2.211,9.32,4.977,0.237,0.092,0.323,0.762,0.783
100,1999,282,700,2.463,11.02,6.275,0.156,-0.008,0.343,0.789,0.831
100,1999,282,705,2.711,12.05,7.56,0.098,-0.201,0.372,0.822,0.893
100,1999,282,710,2.97,12.4,8.81,0.034,-0.345,0.406,0.825,0.941
100,1999,282,715,3.155,13.72,10.16,-0.023,-0.415,0.427,0.858,0.987
100,1999,282,720,3.414,15.48,11.58,-0.048,-0.259,0.461,0.887,1.037
100,1999,282,725,3.772,17.36,12.99,-0.098,-0.052,0.486,0.916,1.08
100,1999,282,730,4.038,18.95,14.41,-0.167,-0.185,0.521,0.936,1.134
100,1999,282,735,4.358,20.03,15.84,-0.248,-0.403,0.549,0.973,1.186
    
```

Figura 1 — Arquivo ASCII contendo dados oriundos de um “Micrologger 21X” da Estação de Radiometria para o dia 09/10/99.

3 ETAPAS DO PROCESSAMENTO DOS DADOS DOS COMPONENTES DE RADIAÇÃO SOLAR E AVALIAÇÃO DO PROGRAMA EM AMBIENTE “MICROCAL ORIGIN™”

O “Microcal Origin™” requer ambiente Windows 95, ou superior, e manipula arquivos no formato ASCII. Após ser feita a captura dos dados do “Micrologger 21X” e individualizado os dias do período a se analisar, inicializa-se o programa 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 2). 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, roda-se o programa para a confecção dos gráficos que irão aparecer como uma página, e os valores da integralização diária que irão aparecer na janela Script Window, e assim terminado esse processo, salva-se o arquivo diário na forma *.OPJ, entrando no menu File @ Save Project As, para posteriores acessos através do programa, tanto na planilha eletrônica como na página gráfica.

A Figura 3 apresenta a tela do programa em ambiente “Microcal Origin™” com uma página de gráficos criada a partir da “Worksheet Script” e ao lado, com uma janela aberta “Script Window”, onde aparecem os valores já integrados dos componentes da radiação solar após executado o “Worksheet Script”. São visualizados 8 gráficos, os quais foram obtidos de dados instantâneos em milivolts coletados à partir do “Micrologger 21X”, individualizados dia a dia, das 00:05h até as 24:00h, corrigidos pelas suas respectivas constantes de calibração em $W.m^{-2}$, e gerados os gráficos após a correção desses valores em $MJ.m^{-2}$, para a integralização dos valores diários em $MJ.m^{-2}$.

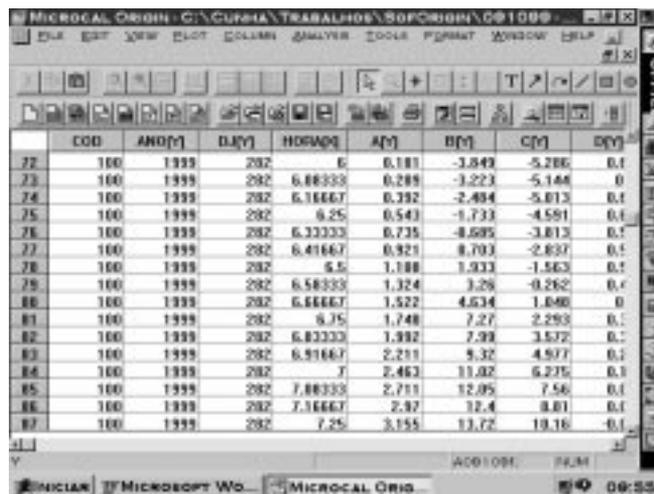


Figura 2 — Tela do “Microcal Origin” apresentando a planilha onde foram importados os dados no formato ASCII, a partir do menu File @ Import @ ASCII.

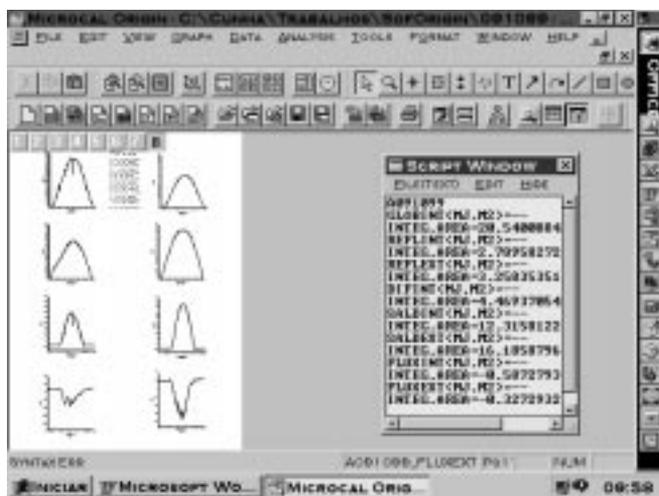


Figura 3 — Tela do “Microcal Origin” apresentando a página de gráficos criada a partir da janela “Worksheet Script”.

Na janela na qual se programou em linguagem específica do “Microcal Origin™”, o “Worksheet Script”, foi introduzido o programa com os comentários, conforme apresentado no Apêndice 1.

É importante frisar, que a quantidade de arquivos manipulados pelo usuário é função do período analisado, o que exige muita atenção e pode acarretar certo desconforto ao usuário, devido à grande influência do componente humano em qualquer sistema computacional utilizado.

Para efeito de comparação, foi efetuado os cálculos de conversão na unidade desejada e a integralização dos valores instantâneos em diários dos componentes da radiação solar utilizando-se do “Microcal Origin™”, mas sem fazer a programação em seu ambiente, ou seja, utilizando-se de seus menus principais para esses cálculos. No entanto, o tempo gasto foi muito maior (247,8 segundos), pois o usuário perde muito tempo no manuseio dos dados que são processados coluna por coluna, e dos menus para efetivar os cálculos necessários; enquanto que quando se fez o programa, as colunas dos dados foram processadas todas ao mesmo tempo, diminuindo o tempo nas etapas de processamento dos dados até o resultado final (12,12 segundos). Os cálculos efetuados pelo programa elaborado em ambiente “Microcal Origin™” foi 20,45 vezes mais rápido que os cálculos efetuados através do menu principal do “Microcal Origin™”, mostrando maior eficiência no processamento dos dados e acuracidade nos resultados obtidos, pois evita o estresse provocado pela manipulação de grande

quantidade de dados pelo usuário; e segundo Freire (1984) a etapa do processamento dos dados consiste na padronização deles, a qual define o tempo de processamento e a confiabilidade desses dados. Resultado semelhante foi encontrado por Chaves (1999), que elaborou um programa para a administração e controle de dados de radiação solar independente do datalogger utilizado na coleta dos dados, conseguindo uma padronização no armazenamento dos dados e garantindo um menor tempo gasto no processamento de dados de radiação solar.

4 CONCLUSÕES

O programa elaborado em ambiente “Microcal Origin™”, diminuiu o número de etapas para o tratamento de dados instantâneos e diários dos componentes da radiação solar oriundos de um datalogger, facilitando o processamento desses dados e proporcionando maior rapidez e confiabilidade na formação de um banco de dados desses componentes.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMACHO MARTÍNEZ, J.A., ARANDA LÓPEZ, J. Software de adquisición, tratamiento y calculo para estaciones meteorológicas. In: CONGRESSO IBÉRICO DE ENERGIA SOLAR, 7, 1994, Vigo. *Anais...* Vigo: Associação Ibérica de Energia Solar, 1994, p.103-8.
- CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. **21X Micrologger: Operator's manual**. Revision: 3/96. Logan, Utah: Copyright©, 1984-1996.
- CHAVES, M.A. **Sistema de informação e modelagem de radiação solar**. Botucatu, 1999. 237p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista.
- CUNHA, A.R., KLOSOWSKI, E.S., GALVANI, E., ESCOBEDO, J.F., MARTINS, D. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1, 1999, Botucatu. *Anais...* Botucatu: UNESP-FCA, 1999, p.487-91.
- FREIRE, I.M. Comunicação de informações tecnológicas para o meio rural. **Ciência e Informação**, v.13, n.1, p.67-71, 1984.
- GAUTHIER, L. Greenhouse environment control using a knowledge based approach. In: PROCEEDINGS OF THE ASAE SYMPOSIUM, 1, 1996, Chicago. **Automated Agriculture for 21st Century...** Chicago, 1996, p.468-77.

Programa em ambiente “Microcal Origin™” para conversão e integração dos componentes da radiação solar

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

MONTEITH, J.L. The heat balance of soil beneath crops. In: **Climatology and microclimatology.** Paris: UNESCO, 1958. 151p.

PEDRÓS, G., POSADILLO, R., ESPULVEDA, J.G., LÓPEZ, A., CARIDAD, J.M. Generacion de secuencias de radiacion mediante matrices de Markov. In: CONGRESSO IBÉRICO DE ENERGIA SOLAR, 6, 1993, Lisboa. **Anais...** Lisboa: Associação Ibérica de Energia Solar, 1993, p.343-8.

TOVAR, J., VIDA, J., OLMO, F.J. Analisis de la variabilidad de la irradiacion global horizontal em mesoescala. In: CONGRESSO IBÉRICO DE ENERGIA SOLAR, 6, 1993, Lisboa. **Anais...** Lisboa: Associação Ibérica de Energia Solar, 1993, p.85-90.

worksheet -c GLOBINT worksheet -c REFLINT worksheet -c REFLEXT worksheet -c DIFINT worksheet -c SALDINT worksheet -c SALDEXT	Criação das colunas onde serão armazenados os valores já corrigidos em $W.m^{-2}$, para cada componente da radiação solar: radiações solares global, refletida, difusa e saldo de radiação.
worksheet -c AGLIN worksheet -c AREFIN worksheet -c AREFEX worksheet -c ADIFIN worksheet -c ASALIN worksheet -c ASALEX	Criação das colunas onde serão armazenados os valores integrados ao longo do dia em $MJ.m^{-2}$, para cada componente da radiação solar.
COL(GLOBINT)=COL(Y)/0.016965 COL(REFLINT)=COL(DD)/0.017183 COL(REFLEXT)=COL(EE)/0.021470 COL(DIFINT)=COL(FF)/0.017968 COL(SALDINT)=COL(Z)*9.14 COL(SALDEXT)=COL(AA)*13.50	Correção dos valores instantâneos em milivolts para $W.m^{-2}$, através de suas respectivas constantes de calibração, para cada componente da radiação solar.
COL(AGLIN)=COL(GLOBINT)*0.0036 COL(AREFIN)=COL(REFLINT)*0.0036 COL(AREFEX)=COL(REFLEXT)*0.0036 COL(ADIFIN)=COL(DIFINT)*0.0036 COL(ASALIN)=COL(SALDINT)*0.0036 COL(ASALEX)=COL(SALDEXT)*0.0036	Correção dos valores instantâneos em $W.m^{-2}$ para $MJ.m^{-2}$, para cada componente da radiação solar, na integralização dos valores de cada componente da radiação solar.
%B=%(H,@LINK,2) %B=%H %B= INTEG -A %B_AGLIN; GLOBINT(MJ.M2)= INTEG.AREA= INTEG -A %B_AREFIN; REFLINT(MJ.M2)= INTEG.AREA= INTEG -A %B_AREFEX; REFLEXT(MJ.M2)= INTEG.AREA= INTEG -A %B_ADIFIN; DIFINT(MJ.M2)= INTEG.AREA= INTEG -A %B_ASALIN; SALDINT(MJ.M2)= INTEG.AREA= INTEG -A %B_ASALEX; SALDEXT(MJ.M2)= INTEG.AREA=	Integralização dos valores instantâneos em $MJ.m^{-2}$ ao longo do dia, em função das curvas de irradiância para cada componente da radiação solar.
WIN -B Pg1 PAGINA1 LAYER -O 1 { LAYER -I200 %B_GLOBINT; }; LAYER -O 2 { LAYER -I200 %B_REFLINT; }; LAYER -O 3 { LAYER -I200 %B_REFLEXT; }; LAYER -O 4 { LAYER -I200 %B_DIFINT; }; LAYER -O 5 { LAYER -I200 %B_SALDINT; }; LAYER -O 6 { LAYER -I200 %B_SALDEXT; };	Geração dos gráficos, ou seja, das curvas de irradiância, das quais originaram as curvas de integralização dos valores instantâneos em $MJ.m^{-2}$ ao longo do dia, para cada componente da radiação solar.

Apêndice 1 — Programa introduzido na janela “Worksheet Script”, com os comentários ao lado.