

UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE MICROCAL ORIGIN™ EM COMPONENTES DA RADIAÇÃO SOLAR EM AMBIENTE PROTEGIDO

Antonio Ribeiro da Cunha

e-mail: arcunha@fca.unesp.br

FCA-UNESP/Botucatu-SP, Depto de Recursos Naturais

Emerson Galvani

e-mail: galvani@fca.unesp.br

FCA-UNESP/Botucatu-SP, Depto de Recursos Naturais

João Francisco Escobedo

e-mail: escobedo@fca.unesp.br

FCA-UNESP/Botucatu-SP, Depto de Recursos Naturais

André Belmont Pereira

e-mail: abelmont@uepg.br

UEPG-PR, Depto de Solos e Engenharia Agrícola

Resumo

A produção biológica geralmente se avalia através da matéria seca total que uma determinada cultura acumula ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, a qual varia em proporção direta com a quantidade de energia solar disponível no meio. Portanto, o rendimento econômico é diretamente proporcional ao rendimento biológico, dependendo ambos da eficiência fotossintética das folhas. Com isso, através de um sistema de aquisição automática de dados, o Micrologger 21X, é possível a varredura de sensores de radiação solar em intervalos de segundos, utilizando-se do software Microcal Origin™ na confecção de curvas de irradiância diária dos valores instantâneos das componentes da radiação solar, tais como global, difusa, refletida e o saldo de radiação, para posteriormente efetuar a integralização dos seus valores ao longo do dia. A partir dessas informações é possível avaliar o crescimento e desenvolvimento de uma cultura associado à quantidade de energia radiante disponível no sistema.

Abstract

The biological production is generally evaluated through the dry matter it evaporates total accumulates along its development cycle of culture, which varies in direct proportion with the amount of available solar energy. Therefore, the economic revenue is directly proportional to the biological revenue, depending both of the efficiency fotossintética of the leaves. With that, through a system of automatic acquisition of data Micrologger 21X is possible the sweeping of sensor of solar radiation in intervals of seconds, being used of the software Microcal Origin™ in the making of curves of daily irradiância of the instantaneous values of the components of the solar radiation, such as global, diffuse, reflected and the net radiation balance, for later on to make the integration of its values along the day. Starting

from those information it is possible to evaluate the growth and development of a culture associate to the amount of available radiant energy in the system.

Palavras Chaves

radiação solar; programação; automatização de dados.

1. INTRODUÇÃO

Embora a eficiência das plantas no armazenamento da energia solar na forma de ligações químicas (carboidratos – CH_2O), definida como a razão entre energia química armazenada em um certo período e a 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 definição dada por Monteith (1958), de que a agricultura pode ser considerada como uma forma de exploração da energia solar, sendo possível mediante um adequado fornecimento de água e nutrientes, necessários à manutenção e desenvolvimento da planta (Prates et al., 1986).

Essencialmente, a agricultura deve ser entendida como um sistema de conversão de energia solar em energia química, tendo a planta como entidade armazenadora desta energia pelo processo conhecido como fotossíntese. No entanto, essa conversão é um processo muito ineficiente, pois seu rendimento é em torno de 1% nas condições de campo, sendo que o restante da energia disponível interage com o sistema; tendo como sua maior porção convertida em calor latente (evapotranspiração), que associado com outros fatores do ambiente determina a temperatura do meio. A planta não sobrevive apenas do solo, mas principalmente do ar, de onde extrai através da fotossíntese, o carbono e o oxigênio, os quais compõem quimicamente em cerca de 90% da matéria seca; pois desta matéria seca acumulada, somente em torno de 7% correspondem aos minerais extraídos do solo pela planta (Prates & Sedyama, 1986).

A condução de uma cultura em ambiente protegido exige práticas de manejo diferentes daquelas em condição de campo, pois o uso do plástico na agricultura é ainda carente de informações agrometeorológicas, como por exemplo, a radiação solar. No Brasil, as estufas vem ganhando espaço, principalmente em regiões frias, protegendo a cultura contra as adversidades climáticas, e permitindo plantios em diversas épocas do ano, principalmente em períodos de entressafra, com um maior aproveitamento da área de plantio e obtenção de um preço maior de mercado com produtos de melhor qualidade.

A produtividade biológica é diretamente proporcional à energia solar ou a intensidade de radiação solar incidente, evidenciando a importância dos estudos das componentes da radiação solar em ambiente protegido com culturas de interesse econômico. Com isso, este trabalho objetivou desenvolver um programa que integraliza valores das componentes da radiação solar utilizando-se do software Microcal OriginTM.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios são conduzidos na área experimental do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, localizada no município de Botucatu, Estado de São Paulo, com latitude de 22°51' S, longitude de 48°26' W e altitude de 786 metros. O clima do

município de Botucatu, SP, é classificado segundo a classificação climática de 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).

O ambiente protegido consta de uma estufa tipo túnel não-climatizada e orientada no sentido NNW-SSE, constituída de estrutura de ferro galvanizado e com uma área de 280 m², sendo 7,0 m de largura por 40,0 m de comprimento, com laterais a 2,2 m acima do nível do solo e arco central de 4,0 m, coberta com polietileno de baixa densidade de 120 µm e com sombrite 50% nas laterais.

Os sensores das componentes de radiação solar, ou seja, as radiações global, difusa, refletida, o saldo de radiação e o fluxo de calor do/para o solo utilizados na área experimental para as medições, encontram-se na Tabela 1 com suas respectivas constantes de calibração.

Tabela 1 - Sensores das componentes de radiação solar e fluxo de calor do/para o solo e suas respectivas constantes de calibração ambiente protegido.

Componentes da Radiação Solar	Constantes de calibração
Global	16,965 µV.m ² .W ⁻¹⁽¹⁾
Difusa	17,968 µV.m ² .W ⁻¹⁽¹⁾
Refletida	17,183 µV.m ² .W ⁻¹⁽¹⁾
Saldo de radiação	9,14 W.m ⁻² .mV ⁻¹⁽²⁾
Fluxo de calor do/para o solo	35,8 W.m ⁻² .mV ⁻¹⁽²⁾

⁽¹⁾ Equipamentos montados e calibrados no Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais - FCA/UNESP;

⁽²⁾ Fabricante REBS (Radiation and Energy Balance Systems, Inc.).

A radiação global (R_g) corresponde à fração da radiação solar que chega na superfície da terrestre, representada pela soma da radiação direta mais a radiação difusa. A radiação difusa (R_d) corresponde à fração difundida pela atmosfera, podendo ser separada em duas partes: uma que retorna para o espaço e a outra que atinge a superfície. A radiação refletida (R_r), componente da radiação solar de ondas longas, representa a energia refletida pela superfície do solo, vegetais e objetos expostos nesse meio.

O saldo de radiação (SR) representa a quantidade de energia que foi absorvida pela superfície de um sistema, e que vai ser usada nos processos de evaporação, evapotranspiração, aquecimento do ar e do sistema, e fotossintéticos.

O fluxo de calor do solo (FCS), representado pela fração do SR que foi transmitida para o interior da superfície do solo, depende da temperatura do solo e da sua condutividade térmica, sendo importante a sua quantificação em estudos de balanço de energia, pois representa a entrada/saída de energia desse sistema, podendo contribuir ou não nos fluxos de calor latente e sensível.

Os sensores instalados no cultivo protegido, os quais monitoram a R_g, a R_d, a R_r, o SR, e o FCS são conectados a um sistema de aquisição automática, um Micrologger 21X (CSI = Campbell Scientific, Inc., 1984/96), e programados através de linguagem específica. A varredura automática dos sensores é efetuada de 5 em 5 segundos, com uma saída dos valores de dados médios a cada 5 minutos em milivolts e no formato *.dat separado por vírgulas, sendo posteriormente, os dados transferidos periodicamente para um módulo externo de expansão de memória RAM modelo portátil SM192. Após, esses dados são transferidos para um microcomputador através de uma interface modelo SC532, para posterior confecção das curvas diárias dos valores instantâneos (W.m⁻²) da radiação global,

da radiação difusa, da radiação refletida, do saldo de radiação, e dos fluxos de calor no solo, sensível e latente, para posterior integralização dos seus valores ao longo do dia em MJ.m^{-2} , no software Microcal Origin™.

3. APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE MICROCAL ORIGIN™

A Figura 1 apresenta a tela do software com uma página de gráficos criada a partir da “worksheet script” e ao lado com uma janela aberta “script window”, onde aparece os valores já integrados das componentes da radiação solar após executado o “worksheet script”.

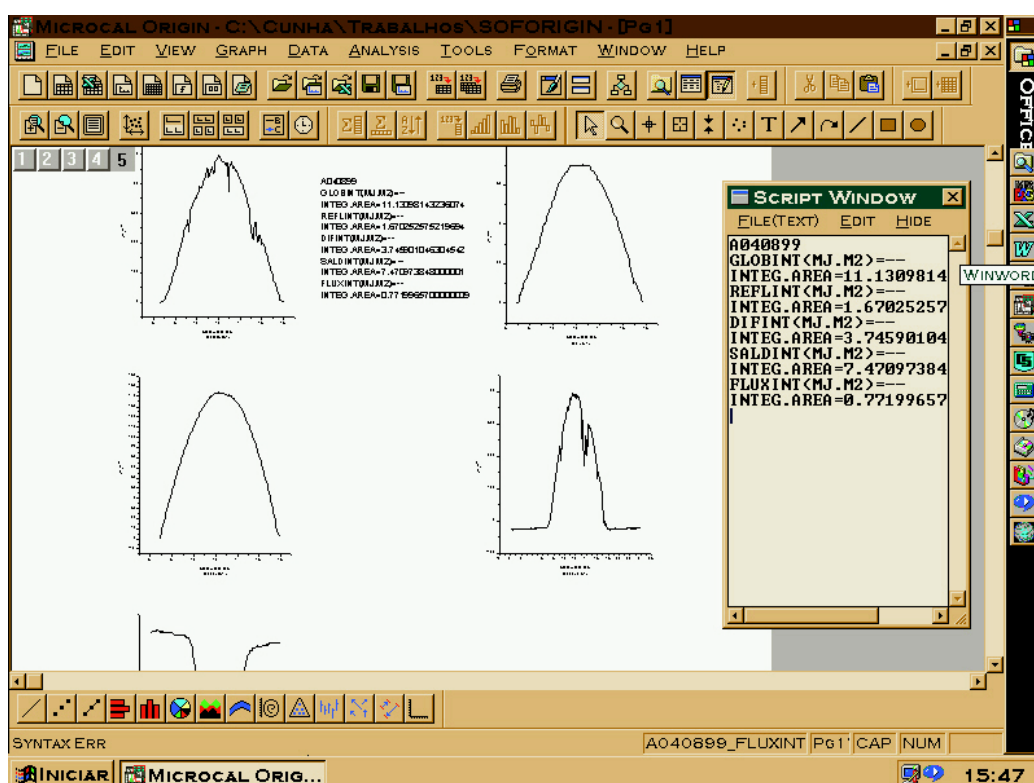


Figura 1 – Tela do software apresentando a página de gráficos criada a partir da janela “worksheet script”.

Na janela na qual se programou em linguagem específica do software Microcal Origin™, o “worksheet script”, foi introduzido o seguinte programa com os comentários ao lado:

worksheet -c GLOBINT	Criação das colunas onde serão armazenados
worksheet -c REFLINT	os valores instantâneos em W.m^{-2} , para cada
worksheet -c DIFINT	componente da radiação solar.
worksheet -c SALDINT	
worksheet -c FLUXINT	
worksheet -c AGLIN	Criação das colunas onde serão armazenados
worksheet -c AREFIN	os valores instantâneos em MJ.m^{-2} , para worksheet -c
ADIFIN	cada componente da radiação solar.
worksheet -c ASALIN	
worksheet -c AFLUIN	

COL(GLOBINT)=COL(Y)/0.016965
COL(REFLINT)=COL(DD)/0.017183
COL(DIFINT)=COL(FF)/0.017968
COL(SALDINT)=COL(Z)*9.14
COL(FLUXINT)=COL(BB)*35.80

Transformação 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(ADIFIN)=COL(DIFINT)*0.0036
COL(ASALIN)=COL(SALDINT)*0.0036
COL(AFLUIN)=COL(FLUXINT)*0.0036

Correção dos valores instantâneos em $W.m^{-2}$ para $MJ.m^{-2}$, para cada componente da radiação solar.

%B=?(%H,@LINK,2)

%B=%H

%B=

INTEG -A %B_AGLIN;

GLOBINT(MJ.M2)=

INTEG.AREA=

%B_AREFIN;

REFLINT(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_AFLUIN;

FLUXINT(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

1{

%B_GLOBINT;

%B_GLOBINT;

%B_GLOBINT;

LAYER -I200 %B_REFLINT;

};

LAYER -O 3{

LAYER -I200 %B_DIFINT;

};

LAYER -O 4{

LAYER -I200 %B_SALDINT;

};

LAYER -O 5{

LAYER -I200 %B_FLUXINT;

};

Geração dos gráficos, ou seja, das curvas de LAYER -O irradiância, as quais originaram a LAYER -I200

integralização dos valores instantâneos em $MJ.m^{-2}$ ao longo do dia, para cada componente da radiação solar.

integralização dos valores instantâneos em $MJ.m^{-2}$ ao longo do dia, para cada componente da radiação solar.

da radiação solar.

Os 5 gráficos visualizados na Figura 1, provenientes da execução do programa introduzido na janela “worksheet script”, foram obtidos de dados instantâneos em milivolts coletados a partir do Micrologger 21X, individualizados dia a dia, das 00:05h até as 24:00h, corrigidos pelas suas respectivas constantes de calibração ($W.m^{-2}$), e gerados os gráficos após a correção desses valores em $MJ.m^{-2}$, para a integralização dos valores diários em $MJ.m^{-2}$.

4. CONCLUSÕES

Este programa permite:

- analisar dados diários de radiação solar para efetuar estudos de eficiência na conversão da radiação líquida em matéria seca acumulada em culturas de interesse econômico, e conseqüentemente sua relação com a produtividade; e
- integralizar dados das componentes de radiação solar, proporcionando maior rapidez e confiabilidade nos resultados obtidos.

5. REFERÊNCIAS

- CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. *21X Micrologger: Operator's manual*. Revision: 3/96. Logan, Utah: Copyright©, 1984-1996.
- 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.
- MICROCAL SOFTWARE, INC. *Data analysis and technical graphics software*. Origin Professional Version 6.0. Northampton, MA: Copyright©, 1999.
- MONTEITH, J.L. The heat balance of soil beneath crops. In: *Climatology and microclimatology*. Paris: UNESCO, 1958. 151p.
- PRATES, J.E.; SEDIYAMA, G.C. O microclima: possibilidades de modificação. *Informe Agropecuário*, n.138, p.36-42, 1986.
- PRATES, J.E.; SEDIYAMA, G.C.; VIEIRA, H.A. Clima e produção agrícola. *Informe Agropecuário*, n.138, p.18-22, 1986.