

# **DIGITALIZAÇÃO E CONTAGEM DAS HORAS DE BRILHO SOLAR NAS PARTIÇÕES HORÁRIA E DIÁRIA PARA HELIOGRAMAS-EQUINÓCIO**

**ALEXANDRE DAL PAI<sup>1</sup> ; FABIO HENRIQUE P. CORRÊA<sup>2</sup> ; LUIZ CARLOS DALL'ANTONIA<sup>3</sup>; DOUGLAS RODRIGUES<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Físico, Prof Dr Depto. de Informática, FATEC-BTU, Botucatu-SP, adalpai@fatecbt.edu.br

<sup>2</sup> Tecnólogo em Informática, Pós-Graduando, Depto. de Recursos Naturais, FCA-UNESP Botucatu, <sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Pós-Graduando, Depto. de Recursos Naturais, FCA-UNESP Botucatu, <sup>4</sup> Graduando em Informática, FATEC-BTU, Botucatu-SP.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrel Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

**RESUMO:** O trabalho tem como objetivo propor um sistema informático de digitalização e contagem das horas de brilho solar nas partições de tempo horária e diária para heliogramas-equinócio. O sistema foi implementado na linguagem Pascal orientada à objeto, da plataforma Delphi por meio da aplicação de sub-rotinas de processamento de imagens digitais no domínio espacial. A automação do processo visa eliminar a subjetividade na interpretação dos heliogramas, contribuindo para a melhora da qualidade do monitoramento.

**PALAVRAS-CHAVE:** RAZÃO DE INSOLAÇÃO, MONITORAMENTO, SISTEMA INFORMÁTICO

## **HOURLY AND DAILY SUN BRIGHTNESS HOURS SCANNING COUNTING FOR EQUINOX HELIOGRAMS**

**ABSTRACT:** The goal of this paper is to propose an information system for hourly and daily sun brightness hours scanning-counting for equinox heliograms. The project uses the Delphi platform and the Pascal object oriented programming language, with digital image processing techniques in spatial domain. The automated process is designed to eliminate errors of interpretation, increasing the quality of the measure.

**KEYWORDS:** SUNSHINE DURATION, MONITORING, INFORMATION SYSTEM

**INTRODUÇÃO:** A radiação solar é uma forma de energia limpa e barata e constitui a principal fonte de energia para processos físicos, biológicos e químicos, tais como: fotossíntese vegetal, evapotranspiração, crescimento de culturas, entre outras. Mudanças nos níveis de radiação solar podem provocar alterações climáticas drásticas, afetando diretamente a produção agrícola. A causa provável é o aumento de aerossóis e poluentes lançados diariamente na atmosfera, modificando significativamente suas propriedades óticas e a distribuição de nuvens, contribuindo de forma negativa para o efeito do aquecimento global. A medida de horas de brilho solar é uma medida indireta da radiação solar global e uma das mais antigas. Na literatura há evidências de registros de dados de brilho solar de mais de 80 anos, enquanto que a base de dados de radiação solar global, medida por piranômetros, é relativamente mais recente (UDO, 2000; TADROS, 2000; ALMOROX e HONTORIA 2004; TIBA ET AL, 2005; EL-METWALLY, 2005; YORUKOGLU e CELIK, 2006; CHEN ET AL, 2006). Com a introdução de aparelhos mais modernos de medidas, o monitoramento ambiental tornou-se automático e digital. Porém a coleta de dados de horas de brilho solar não acompanhou essa modernidade, podendo acarretar erros devido à subjetividade na

observação da medida. A digitalização dos dados de brilho solar permitirá padronização no processo de coleta e melhor controle de qualidade na etapa de contagem das horas de brilho solar. O objetivo do projeto é o desenvolvimento de um sistema informático de digitalização e contagem de dados de horas de brilho solar monitorados por heliógrafos em estações meteorológicas nas partições de tempo diária e horária, servindo de parâmetro de entrada em muitos estudos de modelagem.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** O Sistema de Digitalização e Contagem de Horas de Brilho Solar foi desenvolvido na Faculdade de Tecnologia de Botucatu (FATEC). Os dados de brilho solar, juntamente com os cartões queimados referentes às medidas, foram cedidos pela Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP (Botucatu). A estação meteorológica da UNESP está localizada nas coordenadas geográficas 22° 51' S de latitude, 48° 27' O de longitude e 786m de altitude. O Sistema informático de Digitalização das Horas de Brilho Solar foi implementado na linguagem Pascal orientada à objeto, da plataforma Delphi. Com a linguagem orientada à objeto foi possível criar uma interface visual amigável, onde o usuário poderá realizar a captura e o processamento das imagens com apenas alguns cliques. Os cartões foram separados por regiões, sendo que cada região representa uma hora do dia. A Figura 1 mostra o esquema de divisão das horas dos cartões. Os cartões utilizados são os cartões retilíneos (heliogramas-equinócio).



Figura 1. Heliograma dividido por barras brancas verticais curtas e longas. Duas barras longas consecutivas representam uma hora.

O algoritmo proposto baseia no conceito de vizinhança, adjacência e conectividade entre pixels (domínio espacial). Segundo GONZALEZ e WOODS (2000), o termo *imagem monocromática*, ou simplesmente *imagem*, refere-se à função bidimensional de intensidade da luz  $f(x, y)$ , onde  $x$  e  $y$  denotam as coordenadas espaciais, enquanto o valor de  $f$  no ponto  $(x, y)$  é proporcional ao brilho (ou *níveis de cinza*) da imagem naquele ponto. Os elementos dessa matriz digital são chamados de *elementos da imagem*, *elementos da figura*, “pixels” ou “pels”, estes dois últimos, abreviações de “picture elements” (elementos de figura). Nesse sentido, o sistema procura por uma sequência de pixels brancos que formam uma linha vertical. Ao encontrar duas linhas brancas verticais consecutivas, o sistema entende que encontrou um intervalo de 1 hora. Uma vez identificada uma região correspondente a hora, o sistema conta a quantidade de pixels daquela hora no eixo horizontal, atribuindo um valor temporal para cada pixel individual. Cada heliograma digitalizado representou um dia de medida de brilho solar. As digitalizações foram armazenadas em arquivos nomeados com a respectiva data da medida. Portanto o formato adotado foi hAAMMDD.bmp, onde a letra h foi inserida para indicar que o arquivo é originário da digitalização de um heliograma, AA indica o ano, MM o mês e DD o dia. Selecionou-se a extensão de arquivo.bmp por representar a extensão mais comum para armazenamento de imagens digitais, permitindo o intercâmbio de informações entre diferentes tipos de computadores. A figura 2 mostra um exemplo de heliograma com seu respectivo nome de arquivo referente ao dia 10 de março de 2008. Foi elaborada uma máscara vermelha a qual foi colada na parte interna do scanner de modo que após a digitalização, a

parte queimada do heliograma ficasse evidenciada pela cor vermelha. A Figura 3 mostra o scanner utilizado na digitalização das imagens dos heliogramas com a respectiva máscara vermelha colada no dorso interno de sua folha móvel.

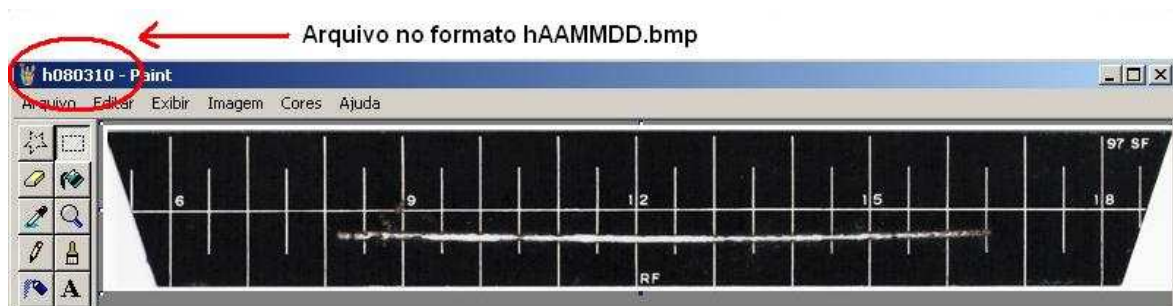


Figura 2. Arquivo com heliograma digitalizado e gravado no formato hAAMMDD.bmp. No exemplo, medida referente ao dia 10 de março de 2008.



Figura 3. Imagem da montagem utilizada na digitalização dos heliogramas.

A contabilização da quantidade de pixels identificados com a cor vermelha no eixo horizontal de um determinado intervalo de hora determinará quanto tempo o sol brilhou para aquela referida hora. Após a contabilização dos totais horários, os valores acumulados indicarão quanto tempo o sol brilhou durante aquele dia.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O software foi submetido a uma bateria de testes para verificação do comportamento das variáveis do sistema e de possíveis falhas e necessidades de melhoramentos e refinamentos. A Figura 4 mostra a tela do software.

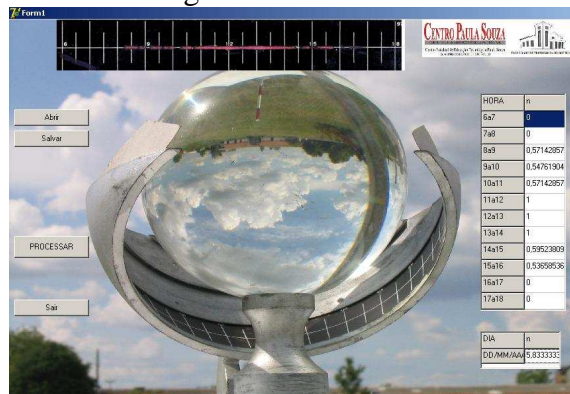


Figura 4. Tela do sistema proposto para contagem das horas de brilho solar

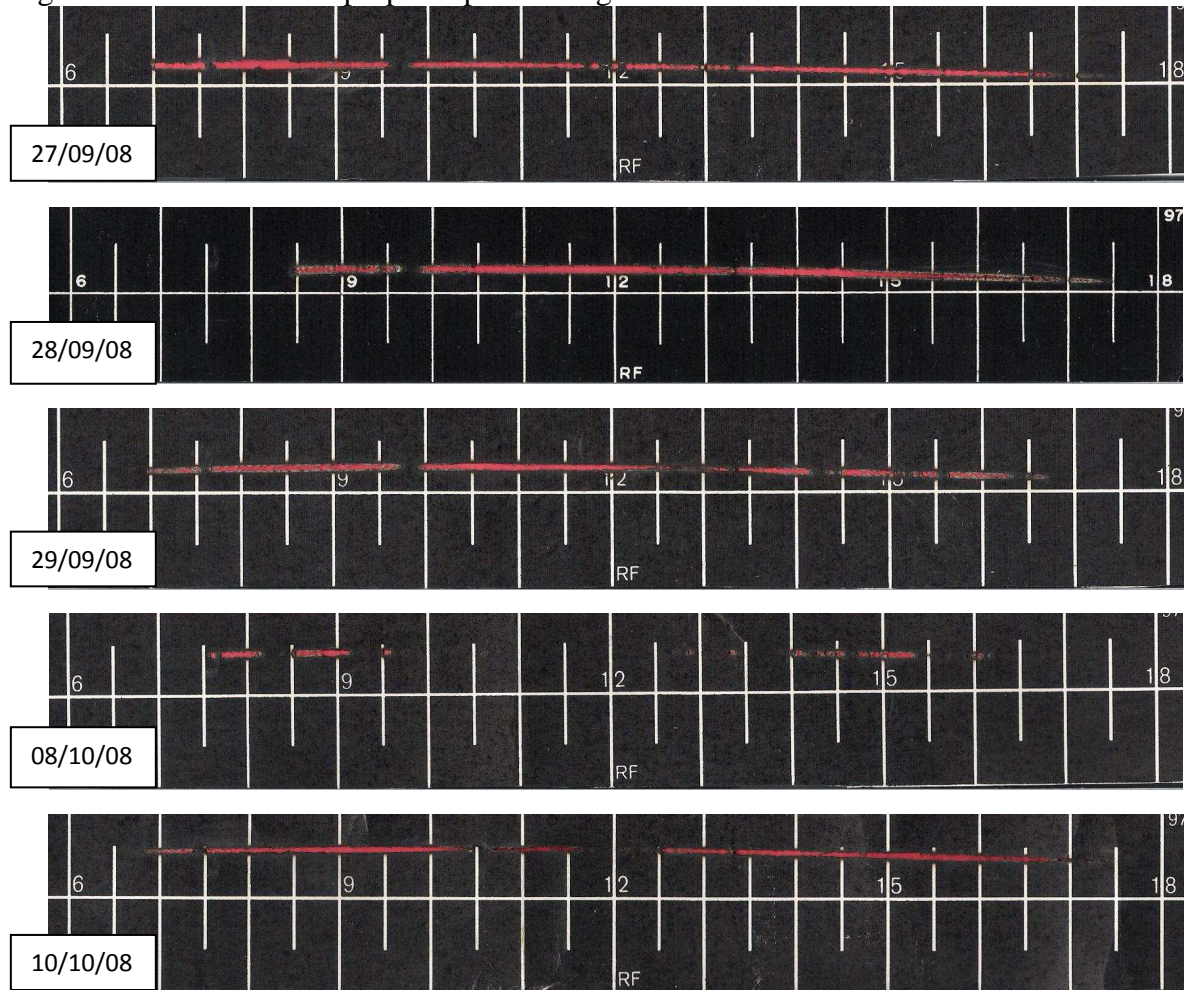


Figura 5. Heliogramas Outono/Primavera selecionados para uma aplicação.

Tabela 1. Valores de brilho solar para a partição horária

HORA	DIA				
	27/set	28/set	29/set	8/out	10/out
<b>6a7</b>	0	0	0	0	0
<b>7a8</b>	0,891	0	0,667	0,333	0,818
<b>8a9</b>	1	0,489	1	0,578	1
<b>9a10</b>	0,739	0,630	0,717	0,200	1
<b>10a11</b>	1	1	1	0	0,311
<b>11a12</b>	0,783	1	1	0	0,239
<b>12a13</b>	0,848	1	0,478	0	0,378
<b>13a14</b>	0,870	0,978	0,739	0,065	0,913
<b>14a15</b>	1	1	0,660	0,348	0,978
<b>15a16</b>	1	1	0,543	0,356	1
<b>16a17</b>	0,609	0,222	0,283	0,022	0,733
<b>17a18</b>	0	0	0	0	0

Tabela 2. Valores de brilho solar para a partição diária.

	DIA				
	27/set	28/set	29/set	8/out	10/out

<b>n</b>	8,729	7,324	7,083	1,894	7,349
----------	-------	-------	-------	-------	-------

Foram escolhidos alguns dias de 2008 para inspeção dos resultados produzidos. Os heliogramas escolhidos são do período Outono/Primavera e refletem situações de cobertura de céu diferentes, desde completamente nublado até céu aberto. A Figura 5 mostra os heliogramas preparados para processamento pelo software, enquanto que as Tabelas 1 e 2 mostram os valores de brilho solar para as partições horária e diária, respectivamente, após o processamento pelo Sistema de Digitalização e Contagem de Horas de Brilho Solar. Os valores de brilho solar da partição diária da Tabela 2 são o somatório dos respectivos valores de brilho solar da partição horária da Tabela 1. Os valores das Tabelas 1 e 2 estão representados na forma de fração de hora. As áreas em vermelho nos heliogramas da Figura 5 representam as partes completamente queimadas e foram contabilizadas com sucesso. No entanto, as partes parcialmente queimadas são visíveis apenas na Figura 5 e não foram contabilizadas pelo sistema. Visualmente é possível perceber que o papel foi queimado, porém o sol não teve força suficiente para furá-lo. Nessa situação, a parte parcialmente queimada aparece com um tom diferenciado de cinza escuro e, portanto, não sendo da cor vermelha, não é contabilizado, o que gera assim subestimativas na medida. Essa situação pode ser observada para o dia 28/09/08 das 17 às 18 horas, dia 29/09/08 das 12 às 13 horas e dia 10/10/08 das 10 às 13 horas. Sub-rotinas deverão ser implementadas futuramente no sentido da contabilização das parcelas parcialmente queimadas nos heliogramas.

**CONCLUSÃO:** O Sistema de Digitalização e Contagem de Horas de Brilho Solar apresentou bons resultados, permitindo a contabilização das horas de brilho solar nas partições de tempo diária e principalmente horária, visto que esta última não é comumente medida. Sub-rotinas deverão ser implementadas no futuro para melhor caracterização de situações de céu parcialmente nublado, com queima parcial dos heliogramas. Sub-rotinas deverão ser propostas também para heliogramas curvilíneos (Inverno e Verão).

## REFERÊNCIAS:

- ALMOROX, J.; HONTORIA, C. **Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain.** *Energy Conversion and Management*, v.45, 1529-1535, 2004.
- CHEN, R.; KANG, E.; JI, X.; YANG, J.; ZHANG, Z. **Trends of the global radiation and sunshine hours in 1961 – 1998 and their relationships in China.** *Energy Conversion and Management*, v.47, 2859-2866, 2006.
- EL-METWALLY, M. **Sunshine and global solar radiation estimation at different sites in Egypt.** *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, v.67, 1331-1342, 2005.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de Imagens Digitais.** Tradução Roberto Marcondes César Junior, Luciano da Fontoura Costa. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. 509p.
- TADROS, M. T. Y. **Uses of sunshine duration to estimate the global solar radiation over eight meteorological stations in Egypt.** *Renewable Energy*, v.21, 231-246, 2000.
- TIBA, C.; AGUIAR, R.; FRAIDENRAICH, N. **Analysis of new relationship between monthly global irradiation and sunshine hours from a database of Brazil.** *Renewable Energy*, v.30, 957-966, 2005.
- UDO, S. O. **Sky conditions at Ilorin as characterized by clearness index and relative sunshine.** *Solar Energy*, n.1, v.69, p.45-53, 2000.
- YORUKOGLU, M.; CELIK, A. N. **A critical review on the estimation of daily global solar radiation from sunshine duration.** *Energy Conversion and Management*, v.47, 2441-2450, 2006.