

## Utilização de sensores de radiação solar para a análise da distribuição espacial de insolação

Maurício Soares Ortiz<sup>1,2</sup>, Jean Marcel de Almeida Espinoza<sup>1</sup>, Jorge Ricardo Ducati<sup>2</sup> e André Bilibio Westphalen<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Rio Grande, RS  
{mauricio.ortiz, andre.westphalen, jean.espinoza}@riogrande.ifrs.edu.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre/RS  
ducati@if.ufrgs.br

**Abstract:** The objective of this work was the need to acquire and store data on solar radiation, thinking about an analysis of the spatial distribution of insolation using Arduino prototyping platform. This work was carried out at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Sul - Campus Rio Grande / RS, located at latitude 32 ° 02 'of longitude 06" and -52 ° 05' 55 " with average altitude Of 5 meters. The data discussed in this document relate to one of the development stages of a sensor system, which aims to monitor evapotranspiration data for viticulture along with other climatic quantities such as: air temperature, relative humidity, wind speed and rainfall . To validate the data obtained, information from automatic meteorological stations of the National Institute of Meteorology (INMET) were used for comparison. For radiation data two photovoltaic solar panels are used with dimensions of 6 cm x 6 cm, voltage generator for power values 5W and voltage of 0.4V. For the acquisition of information regarding solar radiation, photovoltaic panels were connected to the Arduino platform, and this was used as a voltage generator, correlated linearly with the voltage generated with the photovoltaic radiation. With this system it was possible to obtain information of correspondence between millivolts and solar radiation, efficiently.

**Keywords:** solar radiation, solar panel, meteorological station.

### 1. Introdução

Os conhecimentos relacionados aos níveis de radiação solar presentes na superfície é fundamental para diversas aplicações, como a correção radiométrica de cenas orbitais, a correção atmosférica e a determinação de saldos de radiação para fins da determinação indireta do balanço hídrico. Estes dados podem ser obtidos através de estações meteorológicas por sensores piranômetros ou de forma indireta através de dados orbitais que cubram as faixas do infravermelho termal e o espectro ótico de reflexão.

Uma ferramenta de larga aplicação para o monitoramento ambiental e diversas determinações que se referem ao balanço de radiação é a utilização das técnicas de sensoriamento remoto (Leite e Brito, 2012). Segundo Silva e Silva (2015), a obtenção de informações climatológicas por meio de imagens orbitais propicia a análise de amplas áreas da superfície terrestre quando comparadas à coleta de dados pontuais disponibilizados por estações climatológicas, sobretudo em regiões com escassez de dados climatológicos, como é o caso da porção semiárida do Nordeste do Brasil.

Contudo, os dados obtidos através de sensores orbitais possuem a limitação quanto a precisão e a acurácia nos valores determinados, podendo apresentar flutuações em virtude de variações atmosféricas e flutuações de calibração dos sensores. Neste sentido, o presente trabalho visa determinar os níveis de insolação através da medição de radiação solar com a utilização de LDR (*Ligh Dependence Resistor*) e de placas fotovoltaicas, permitindo a determinação dos valores reais de radiação solar para um determinado ponto de interesse.

Esses dados de radiação solar são úteis ao permitir a separação da parcela oriunda do sol que compõe o fluxo radiante total obtido pelos sensores orbitais (Jensen,

2009). A partir desses valores mensurados é possível discriminar a radiação oriunda do sol e aquela proveniente dos demais alvos componentes da cena. Com isso, pode-se determinar o saldo de radiação para fins de balanço hídrico ou estudos climatológicos e empregar técnicas de correção atmosférica de imagens que considerem esses fluxos de radiação.

Como prática metodológica desta pesquisa foi contruído um sistema sensor de radiação a partir de um sensor LDR e de uma placa fotovoltaica acopladas a uma plataforma de prototipação Arduíno, todas baseadas em arquitetura open source, com este sistema sensor foram realizadas medições de campo, determinando valores de radiação, posteriormente comparados com valores de referência provenientes de uma estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

O sistema de sensoriamento foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Rio Grande/RS, situado a 32° de latitude e 52° de longitude.

## 2. Materiais e Métodos

O desenvolvimento do presente trabalho utilizou como materiais os seguintes elementos: placa de prototipação Arduíno, relógio de tempo real (RTC ou Real Time Clock), sensor LDR e placa fotovoltaica.

### 2.1. Arduíno

A placa Arduíno modelo UNO, apresentada na Figura 1, é composta pelo microcontrolador, entradas e saídas analógicas e digitais, terminal de alimentação, conexão USB, entre outros.

O principal elemento da plataforma é o microcontrolador, neste caso o Arduino modelo UNO (Arduino, 2016). A palavra Arduino se refere a três ferramentas separadas, que agrupadas criam um conjunto de ferramentas que nos referimos como Plataforma de Desenvolvimento Arduino: microcontrolador, *Processing* e Ambiente Integrado de Desenvolvimento (IDE).

O microcontrolador, que existe em várias formas, com diversos tamanhos e configurações de placas, disponível livremente que qualquer pessoa, com os conhecimentos necessários pode montar e trabalhar. Esse microcontrolador apresenta um investimento inicial relativamente baixo quando comparado a outros. Seguindo, a linguagem e o compilador, que criam o código para o microcontrolador, assim como a linguagem *Processing*, que simplifica muitas das tarefas dos designers e desenvolvedores, quando o desafio é trabalhar com hardware e interação física, além de funcionar como um sistema supervisor. O ambiente de programação do Arduino, que como a IDE *Processing*, é ambiente com de código aberto simples e de fácil utilização construída em linguagem de programação Java.

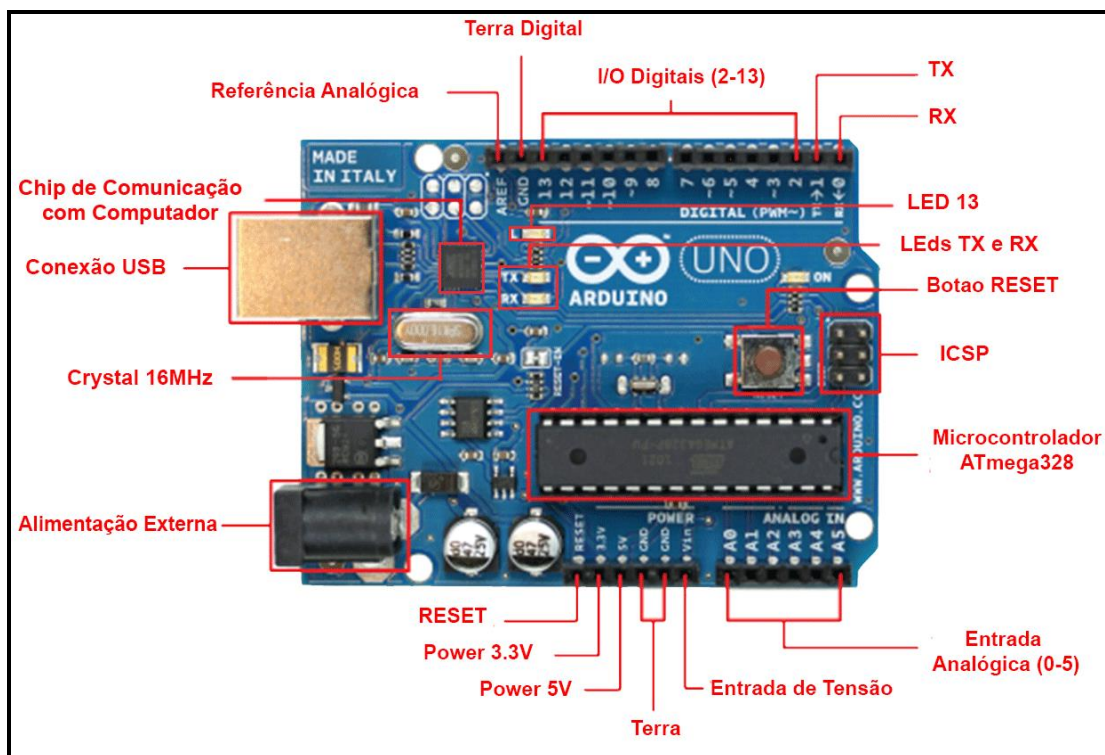


Figura 1 – Arduíno UNO.

(Fonte: Adaptado de Arduíno, 2016)

Estes microcontroladores da série Atmel da AVR (Arduíno, 2016) são muito populares com baixo consumo de energia, o que é um fator crítico na escolha de um microcontrolador para sistemas de sensoriamento que utilizam a tecnologia wireless, visto que o elevado consumo de energia diminui a autonomia do sistema.

O ATmega328 é o microcontrolador da placa do Arduino UNO e foi selecionado no presente trabalho por conta de seu baixo custo, facilidade de aquisição no mercado nacional e, sobretudo, porque nesse momento inicial 32KB de memória flash (memória de somente leitura que pode ser programada e apagada eletricamente) são o suficiente para as aplicações descritas na proposta.

## 2.2. Relógio de Tempo Real

Um relógio de tempo real (RTC ou Real Time Clock, em inglês) é um relógio computacional (geralmente sob a forma de um circuito integrado) que mantém o controle do tempo/calendário, apresentado na Figura 2. O RTC está presente na grande maioria de equipamentos e aplicações que necessitam de características específicas, no que diz respeito ao controle de tempo.

Embora o controle do tempo possa ser feito sem um RTC, sua utilização acrescenta vantagens devido ao fato de necessitar de pouca energia para seu funcionamento, propiciando ao sistema principal condições de se dedicar a tarefas mais importantes, é um método reconhecido como preciso e trabalha com fonte de energia do sistema (a mesma do microcontrolador) ou com energia alternativa própria (bateria), permanecendo em funcionamento mesmo na falta de energia da fonte principal do sistema.

Com o intuito de fornecer à aplicação as informações de data e hora do instante em que foram realizadas as leituras dos sensores, utilizou-se um RTC modelo DS1307. Este relógio apresenta uma comunicação serial com o protocolo I2C (MAXIM, 2016).

O DS1307 ainda possui uma memória de 56 bytes e consome cerca de 500nA, além de comutar para a alimentação secundária no caso de falta de energia, devido a um sensor interno que realiza exclusivamente esta função (TELECO, 2016). A alimentação secundária é realizada através de uma bateria código CR2032 de 3,5V geralmente de íon-lítio de 35mAh e, sua utilização no sistema é indispensável. Como o consumo de energia do DS1307 é baixo, a duração da bateria de alimentação secundária pode chegar a 8 anos, considerando constante o consumo de 35mAh.

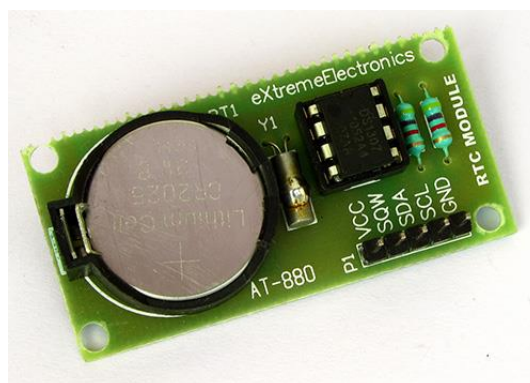


Figura 2 – RTC.  
(Fonte: Arduino, 2016)

### 2.3. Medição de Luminosidade

O sensor de luminosidade LDR (*Light Dependent Resistor*), Figura 3, permite a detecção da luz de um determinado ambiente através da variação de sua resistência (em  $\Omega$ ) conforme a intensidade de luz que chega à sua superfície. São encontrados com facilidade no comércio em geral e apresentam facilidade de aquisição em diferentes tamanhos de área de superfície. Sua resistência diminui proporcionalmente à intensidade de luz ambiente detectada.

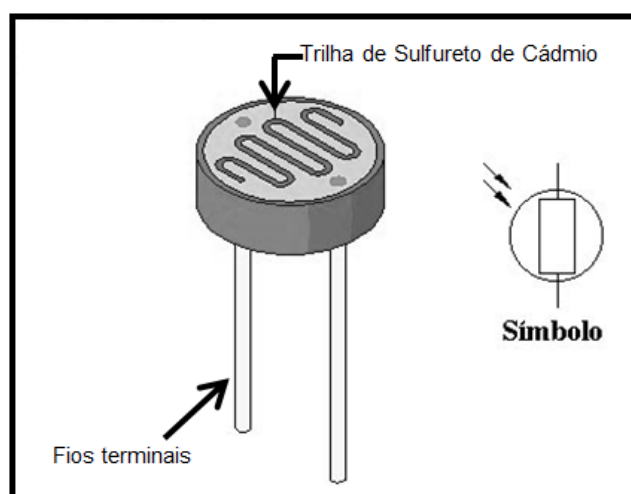


Figura 3 - Sensor LDR.  
(Fonte: Doctrionics, 2016)

A conexão do LDR com a plataforma controladora Arduino PRO é realizada através da conexão de um dos seus terminais à alimentação de +5V fornecida pela placa e, o outro terminal do sensor conectado a uma das entradas analógicas do controlador. Neste terminal (conectado à placa), também existe a necessidade de conectar um resistor de  $10K\Omega$ , por exemplo, para realizar a divisão de tensão entre os dois elementos, visto que o outro terminal da resistência está conectado ao terra do sistema conforme apresentado na Figura 4.

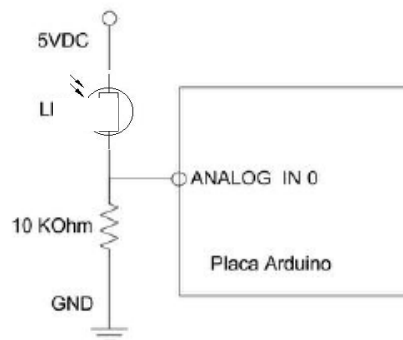


Figura 4 - Montagem do LDR com o Arduino.  
(Fonte: Adaptado de Doctronics, 2016)

Por se tratar de um sensor analógico e o microcontrolador adotado possuir 10 bits de resolução, existe um intervalo entre 0 e 1023, portanto, 0 condiz com a falta de iluminação total e 1023 corresponde ao máximo de luminosidade incidente sobre o sensor.

A placa fotovoltaica (Figura 5) foi também utilizada para a captação da radiação solar, com um painel com dimensões de 6 cm x 6 cm, podendo gerar picos de tensão de aproximados 5,0 V e uma potência de no máximo 0,4 W. Para o funcionamento adequado da placa fotovoltaica foi instalado um resistor limitador de corrente de 1 k $\Omega$ .



Figura 5 – Placa Fotovoltáica.  
(Fonte: Adaptado de Arduino, 2016).

O monitoramento da tensão produzida pelos painéis foi realizado com a plataforma Arduino, que possuam suas entradas analógicas ligadas ao sistema sensor. Sendo assim, o procedimento foi de expor o LDR e a placa fotovoltaica à radiação solar e, com o Arduino registrar as medições de tensão e resistência em suas entradas analógicas e, no mesmo espaço de tempo realizar a leitura com um radiômetro modelo

MLM 1011, marca Fluke. A coleta de dados ocorreu em intervalos de tempo correspondidos entre o nascer e o se por do sol.

#### 2.4. Método

Com a utilização destes materiais fois construído e utilizado um sistema sensor para determinação dos níveis de insolação com fins de obtenção de valores de radiação solar ao longo de uma área de interesse. Esses dados foram comparados com dados de referência, permitindo estabelecer a confiabilidade do sistema desenvolvido. Os valores de insolação determinados pelo sistema serão posteriormente aplicados em uma área de interesse para determinação do saldo de radiação afim de compor o balanço hídrico.

Os métodos utilizados para a execução deste trabalho estão descritos pelo fluxograma apresentado na Figura 6.

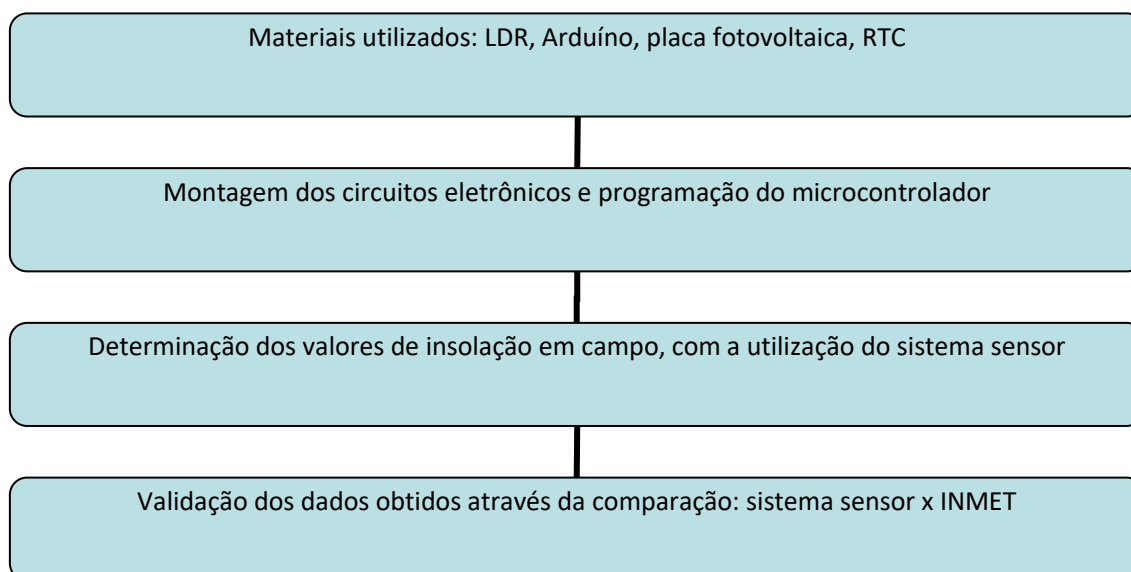


Figura 6 – Metodologia do trabalho.

A validação do teste em questão se deu por comparação entre os dados obtidos pelo sensor LDR, placa fotovoltaica e o radiômetro comercial. A comparação foi realizada através da análise por regressão linear através do Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), comparando o quanto, estatisticamente, os dados obtidos pelo sistema sensor concordavam com os valores lidos pelo radiômetro.

### 3. Resultados

Conforme a metodologia apontada no item anterior, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 1, onde os valores obtidos com o sensor LDR, com a placa fotovoltaica e com o radiômetro são exibidos.

Tabela 1 – Dados do sensor LDR, placa fotovoltaica e radiômetro.

Placa Fotovoltaica (mV)	LDR ( $\Omega$ )	Radiômetro ( $Wm^2$ )
170	10000	5
2375	179267	150
2517	198400	175
2618	213800	200
2706	225067	225
2775	234400	250
2845	241133	275
2892	245867	300
2965	252467	340
3026	256933	380
3051	259000	406

Sendo assim, foi realizado a interação dos dados apresentados na Tabela 1, onde obteve-se a Figura 7 apresenta o gráfico de correlação entre os valores obtidos pela placa fotovoltaica e o radiômetro, seguidos da Figura 8, que mostra a correlação entre os valores obtidos com o sensor LDR e o radiômetro.

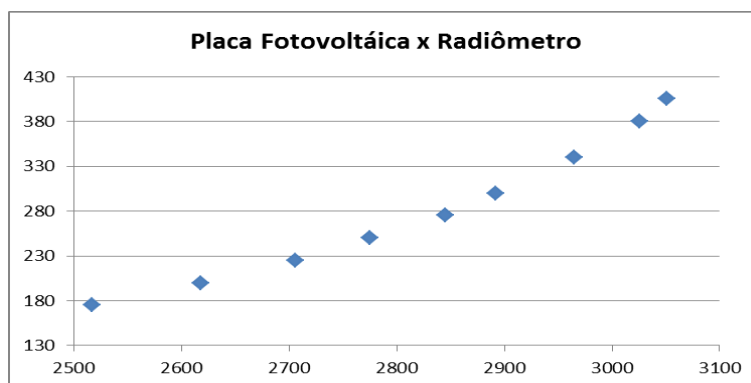


Figura 7 – Relação placa fotovoltaica e radiômetro.

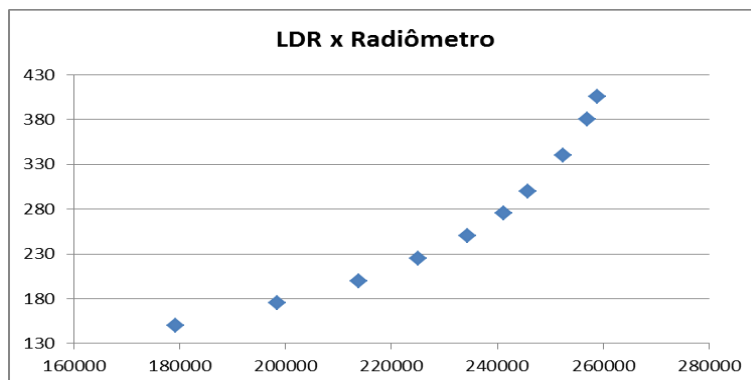


Figura 8 – LDR x Radiômetro.

Por fim, é possível verificar que os valores obtidos estão correlacionados com o instrumento comercial, o radiômetro. Devendo, com base nesses resultados, aplicar uma metodologia para utilização destes instrumentos de menores custos, com maior abrangência.

#### 4. Conclusões

A estimação da medição da radiação solar pode ser apresentada através do sensor LDR, bem como através de placas fotovoltaicas, devido a resultados apresentados concordantes com o radiômetro. O sistema de aquisição de dados, formado com a utilização da plataforma Arduino possibilitou o armazenamento de informações em milivolts e de resistência, de forma prática e eficiente. Por fim, os valores envolvidos no sistema desenvolvido e apresentado neste trabalho e o valor para aquisição do instrumento utilizado para a medição de referência são discrepantes. Tornando mais viável o aperfeiçoamento e estudo de implementações que contemplem o sistema desenvolvido.

#### Bibliografia

ARDUINO. HomePage. Disponível em: <<http://arduino.cc/>>. Acesso em: 6 nov. 2016.  
MAXIM, I. DS1307 - 64 x 8 , Serial , I<sup>2</sup>C Real-Time Clock. Disponível em: <<http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2016.

DOCTRONICS. LDR - voltage dividers. Disponível em: <<http://www.doctrronics.co.uk/voltage.htm>>. Acesso em: 06 nov. 2016.

JENSEN, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução da 2ed. por (pesquisadores do INPE): José Carlos N. Epiphanyo (coordenador); Antonio R. Formaggio; Athos R. Santos; Bernardo F. T. Rudorff; Cláudia M. Almeida; Lênio S. Galvão. São José dos Campos: Parêntese. 2009.

Leite, M.R.; Brito, J.L.S. Avaliação de desempenho do Algoritmo Sebal na modelagem térmica da bacia do Rio Vieira no norte de Minas Gerais. Revista Brasileira de Cartografia, v. 65, n. 1, p. 161-174, 2012.

TELECO, I. EM T. Seção: tutoriais redes opticas. Rede de sensores sem fio: camadas. Disponível em: <[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrssf/pagina\\_5.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrssf/pagina_5.asp)>. Acesso em: 9 nov. 2016.