

11º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2020

RADIÔMETRO SOLAR DE BAIXO CUSTO

ÁTILA N. FARO¹, DIONÍSIO I. A. DA SILVA², JHONATAS W. DA SILVA³, ELSON AVALLONE⁴

1 Graduando em Engenharia de Controle e Automação, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Catanduva, atilanegrettifaro@gmail.com

2 Graduando em Engenharia de Controle e Automação, IFSP, Câmpus Catanduva, diigorsilva@gmail.com

3 Graduando em Engenharia de Controle e Automação, IFSP, Câmpus Catanduva, wendellsilva28@outlook.com

4 Doutor em Engenharia Mecânica na UNESP - Bauru, elson.avallone@ifsp.edu.br

RESUMO: Há muito tempo a humanidade tem estudado a energia solar. Este trabalho relata o desenvolvimento, montagem e construção de um radiômetro solar de baixo custo, instrumento utilizado nas medições da radiação solar. O instrumento utiliza dois sensores digitais do tipo DS18B20 Dallas montados em uma estrutura de Tecnil, em forma de cone, para facilitar a circulação do ar ambiente. O sensor chamado quente possui uma disco de alumínio de 20 mm de diâmetro e 0,1 mm de espessura com cobertura de vidro e um sensor denominado frio com circulação forçada do ar ambiente por uma ventoinha. Os dois sensores Dallas foram conectados a uma placa Arduino MEGA, com programação especificamente desenvolvida para o projeto e os dados das temperaturas, data e hora foram gravados no cartão SD, também conectado ao Microcontrolador. O radiômetro apresenta um resultado semelhante a um radiômetro comercial com um índice de confiança de 95%, sendo esta uma calibração prévia no IPMet Bauru. Não foi possível realizar a calibração definitiva em decorrência da situação pandêmica.

PALAVRAS-CHAVE: Radiômetro; Temperatura; Irradiação; Arduino.

LOW COST SOLAR RADIOMETER

ABSTRACT: Humanity has long studied solar energy. This work reports the development, assembly and construction of a low-cost solar radiometer, an instrument used in the measurements of solar radiation. The device uses two DS18B20 Dallas digital sensors mounted on a Tecnil structure, in the shape of a cone, to facilitate the circulation of ambient air. The so-called hot sensor has an aluminum disk 20 mm in diameter and 0.1 mm thick with glass cover and a sensor called cold with forced circulation of ambient air by a fan. The two Dallas sensors were connected to an Arduino MEGA board, with programming specifically developed for the project and the temperature, date and time data were recorded on the SD card, also connected to the Microcontroller. The radiometer shows a result similar to a commercial radiometer with a 95% confidence index, this being a previous calibration in IPMet Bauru. It was not possible to perform the final calibration due to the pandemic situation.

KEYWORDS: Sensors; Temperature; Irradiation; Arduino.

INTRODUÇÃO

A radiação solar incidente na terra desempenha grande papel em muitas atividades como a agricultura e a arquitetura, sendo que o planejamento energético e o seu conhecimento é de suma importância para desenvolver tais atividades (Martins et al., 2004).

O radiômetro é um dispositivo que mede o fluxo de radiação solar incidente em uma determinada localidade na terra. O primeiro radiômetro foi inventado em 1873 pelo químico inglês Sir William

Crookes (Explicatorium,2014) e desde então, a tem havido grande desenvolvimento tecnológico, com instrumentos mais eficazes, capazes de medir a radiação global direta.

Diversos são os meios para a medição da irradiação, sendo eles por medição indireta utilizando sensores de temperatura analógicos como o LM35, descrito por Gomes et al. (2011) e também por termopilhas de filmes, apresentado no trabalho de Escobedo et al. (1997); Souza e Escobedo (1995).

Os autores Avallone et al. (2016) e Avallone et al. (2018) descrevem a construção de um radiômetro térmico utilizando dois termopares do tipo "K" ligados em série, onde o radiômetro apresentou um erro de 20,8 W/m², com um coeficiente de correlação de 0,99%.

Neste trabalho a solução encontrada parte da utilização de dois sensores Dallas DS18B20 (MAXIM INTEGRATED, 2015).

Segundo Martinazzo (2016) a vantagem no uso do sensor Dallas em relação ao LM35 é o fato de não ter a necessidade de conversão do sinal analógico para digital.

Infelizmente, o custo de radiômetros é elevado, variando entre R\$ 1.000,00 e R\$ 5.000,00, dificultando a utilização em maior escala (BARTNIKOWSKY, 2014).

O objetivo deste trabalho é construir e analisar um radiômetro solar, com um custo acessível, mantendo uma eficiência equivalente ou próxima a um equipamento comercial.

MATERIAL E MÉTODOS

O equipamento foi desenhado utilizando o software SolidWorks com suas dimensões apresentadas na FIGURA 1.

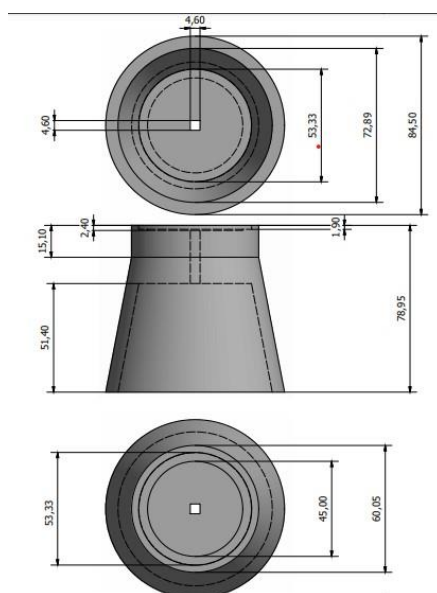


FIGURA 1. Desenho com todas as dimensões do instrumento e projeções ortogonais.

O radiômetro proposto foi usinado em nylon (TECNIL) em um torno mecânico, apresentado na FIGURA 2.



FIGURA 2. Sensor em fase de usinagem no torno mecânico.

O equipamento deste trabalho possui uma superfície superior de vidro transparente convexo e logo abaixo do vidro é instalado um disco de alumínio enegrecido de 0,1 mm de espessura, coberto com tinta fosca Sumaterm de alta absorvidade em contato físico e sob pressão a um sensor de temperatura DS18B20 Dallas (MAXIM INTEGRATED, 2015), medindo assim sua temperatura. A base do instrumento possui uma cavidade interna, onde é instalado um outro sensor DS18B20, recirculado pelo ar ambiente por uma ventoinha do tipo “cooler” de computador, proporcionando a circulação do ar.

A FIGURA 3 apresenta do diagrama esquemático do sensor de radiação solar e o sistema de refrigeração pela ventoinha.

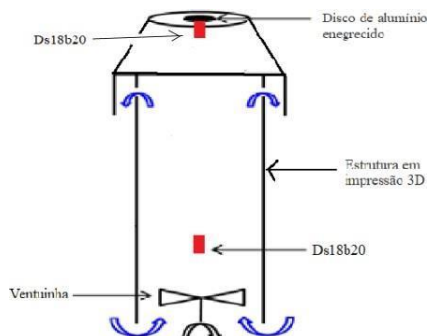


FIGURA 3. Diagrama esquemático do radiômetro, com os sensores Dallas e ventoinha instalados.

Um microcontrolador Arduino (ARDUINO, 2018) foi utilizado para medir as diferenças de temperaturas quente (superior) e fria (inferior) e unidade relógio do tipo RTC I2C (DS1307, 2016). Os dados medidos são gravados em um módulo de cartão SD (SD CARD, 2012), conforme apresentado na FIGURA 4.

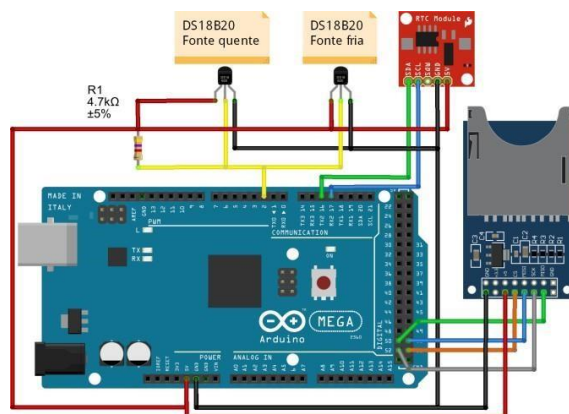


FIGURA 4. Conexões dos sensores DS18B20, “clock” RTC I2C e módulo SD a um Arduino Mega.

A Tabela 1 apresenta o formato de gravação dos dados no cartão SD.. Tabela 1. Exemplo de apresentação dos dados gravados pelo cartão SD.

Data	Hora	Temperatura quente (Tq)	Temperatura ambiente (Ta)
------	------	-------------------------	---------------------------

O sensor foi calibrado previamente no Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP Bauru gerando uma curva de calibração, em que o eixo das ordenadas representa o sensor de referência em [W/m²], e os valores da diferença de temperaturas quente e fria é apresentada no o eixo das abscissas, medida nos sensores em [°C].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A calibração prévia foi realizada entre 06:00h e 18:00h, sendo que o período de maior intensidade solar e maior correlação entre as informações foi entre 09:30h e 15:55h. As FIGURA 5 (a) e (b) apresentam a curva de calibração prévia e o funcionamento do sensor, respectivamente, comparado ao radiômetro do IPMet, modelo (CAMPBELL SCIENTIFIC, [s.d.]).

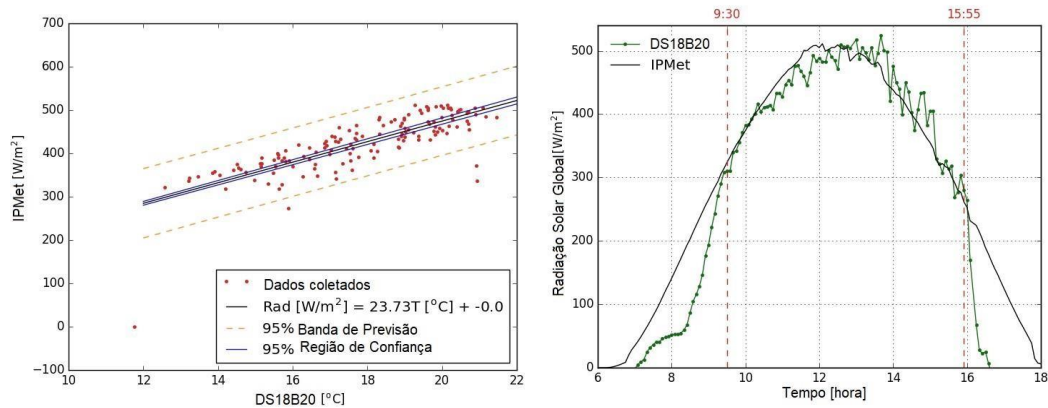


FIGURA 5. (a) Curva de calibração parcial; (b) curva de comportamento.

Pela situação atual pandêmica provocada pelo novo Corona Vírus, a calibração definitiva do sensor foi impossibilitada.

CONCLUSÕES

Com base em uma calibração preliminar, tem-se um pequeno “delay” entre os dois sensores, pois no nascer do sol o disco enegrecido ainda não encontra-se em regime térmico, além das pequenas discrepâncias causadas pela diferença de princípios dos equipamentos, que são reparadas com a curva de calibração $RAD [W/m^2] = 23,73 \times T [^\circ C]$, onde "T" é a diferença entre as temperaturas dos sensores. Ainda que apresentados pequenos atrasos na leitura, o dispositivo proposto proporciona boa correlação com o sensor de referência. O principal atrativo é o custo aproximado de R\$ 70,00 (setenta reais), em relação a um radiômetro térmico comercial, que tem seu preço comercial aproximadamente entre R\$10.000,00 (Dez mil reais) e R\$15.000,00 (Quinze mil reais). Pelo presente momento de pandemia mundial do novo Corona vírus, a calibração definitiva foi impossibilitada.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Câmpus Catanduva e ao Instituto de Pesquisas Meteorológicas de Bauru IPMet/UNESP.

REFERÊNCIAS

- ARDUINO. **Arduino**Arduino, 2018. Disponível em:
 <<https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage?from=Reference.Extended>>
- AVALLONE, E. et al. **Thermal pyranometer using the arduino platform for data acquisition**. Contemporary Problems of Thermal Engineering. **Anais...**: 044. In: CPOTE 2016 - 4 TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTEMPORARY PROBLEMS OF THERMAL ENGINEERING. Katowice - Polônia: Politechnika Slaska - ITC, 16/10 2016.
- AVALLONE, E. et al. Thermal Pyranometer Using the Open Hardware Arduino Platform. **International Journal of Thermodynamics**, v. 21, n. 1, p. 1–5, 1 mar. 2018.
- BARTNIKOWSKY, J. M. et al. Desenvolvimento de um radiômetro solar de baixo custo. Disponível em:
http://meteorologia.florianopolis.ifsc.edu.br/formularioPI/arquivos_de_usuario/201422C.pdf ESENVOLVIMENTO DE UM RADIÔMETRO DE BAIXO CUSTO. Acesso em: 10 de setembro de 2020.
- CAMPBELL SCIENTIFIC. **LI200X**Campbell Scientific, [s.d.]. Disponível em:
 <http://biogeodb.stri.si.edu/physical_monitoring/downloads/li200x.pdf>
- DREBUSHCHAK, V. A. Thermocouples, their characteristic temperatures, and simple approximation of the emf vs. T. **Thermochimica Acta**, v. 603, p. 218–226, mar. 2015.
- DS1307. **Módulo RTC I2CE** Gizmo Mechatron Central, , 2016. Disponível em:
<https://www.e-gizmo.net/oc/kits%20documents/TinyRTC%20I2C%20module/TinyRTC%20i2c%20module%20%20Technical%20Manual%20rev1.pdf>
- ESCOBEDO, J. F. et al. Radiômetros solares com termopilhas de filmes finos - I Descrição e custos. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 16, n. 1, 1997.
- GOMES, J. M.; FERREIRA, P. M.; RUANO, A. E. **Implementation of an intelligent sensor for measurement and prediction of solar radiation and atmospheric temperature**.

Sensors Journal, IEEE. **Anais...** In: INTELLIGENT SIGNAL PROCESSING (WISP), 2011 IEEE 7TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON. Floriana - Malta: 21/09 2011.

MARTINAZZO, C. A.; ORLANDO, T.. Comparação entre três tipos de sensores de temperatura em associação com Arduino. *Perspectiva*, Erechim, setembro/2016. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/42101591-Comparacao-entre-tres-tipos-de-sensores-de-temperatura-em-associacao-com-arduino.html>>. Acesso em: 5 set. 2020.

MAXIM INTEGRATED. **DS18B20** Maxim Integrated, jan. 2015. Disponível em: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

SD CARD. **Cartão SD** Cypress Semiconductor Corporation, , 8 out. 2012. Disponível em: <http://www.fecegypt.com/uploads/dataSheet/1480848837_sdcard_001-13589.pdf>

SENTELHAS, P. C. et al. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estações convencional e automática. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 2, p. 215–221, 10 dez. 1997.

SOUZA, J. L.; ESCOBEDO, J. F. Construção de um saldo radiômetro com termopilha de filme fino e avaliação de sua performance. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 10, n. 1/2, p. 29–36, 1995.

TEXAS INSTRUMENTS INC. **ADS1115** Texas Instruments Inc., , jan. 2018.

ZO, ILSUNG; JEE, JOONBUM. Analysis of the thermal dome effect from global solar radiation observed with a modified pyranometer. v. 1, n. *Current Optics e Photonics*, p. 263–270, 4 ago. 2017.