

# AVALIAÇÃO DE DIFERENTES SENSORES PARA CONSTRUÇÃO DE UM PIRELIÔMETRO

**Winnie Queiroz Brandão<sup>1</sup>; Germano Pinto Guedes<sup>2</sup>; Mirco Ragni<sup>3</sup>**

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduanda em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [winnievine@gmail.com](mailto:winnievine@gmail.com)
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [germano@uefs.br](mailto:germano@uefs.br)
3. Participante do Projeto, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [mirco.uefs@gmail.com](mailto:mirco.uefs@gmail.com)

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Solar, Radiação Solar, Instrumentação.

## INTRODUÇÃO

Em decorrência da demanda por formas alternativas de energia, aquela proveniente do Sol vem crescendo significativamente de importância. Em particular, a energia solar é uma das mais importantes em comparação com outras as formas, por ser uma fonte de energia relativamente limpa.

Ao atingir a superfície terrestre, a radiação pode ser agrupada em radiação solar difusa e radiação solar direta. A primeira está relacionada a uma porção da radiação solar que atinge a superfície da terra após sofrer o espalhamento provocado por partículas e moléculas suspensas na atmosfera. A segunda corresponde à energia recebida diretamente do Sol, ou seja, que não sofreu interação com o meio. A junção da radiação solar direta com a radiação solar difusa é denominada radiação solar global, que é a energia total que chega à superfície terrestre. Para cada componente de radiação existe um sensor específico: o piranômetro é usado para medidas de radiação global, enquanto o pireliômetro mede a radiação solar direta. Para a medida de radiação difusa utiliza-se um anel sombreador, juntamente com o piranômetro, para não detectar a radiação direta [ESCOBEBO (1997)]. A intensidade da radiação difusa é calculada como sendo a diferença entre a intensidade solar global e direta (Figura 1).

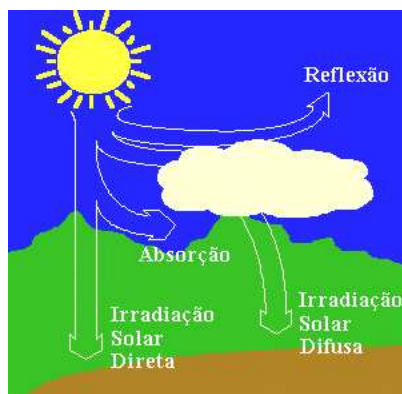


Figura 1 - Componentes da radiação solar ao nível do solo

Neste trabalho estudamos também diferentes tipos de elementos sensíveis à energia radiante, como os detectores do tipo piroelétrico, bolômetro e termopar. A função dos detectores é converter a energia radiante captada pelo sistema em sinal elétrico. Estes detectores se caracterizam em particular pelo “Tempo de Resposta”, que é o tempo entre a variação no fluxo da energia radiante incidente e a variação na intensidade do sinal gerado pelo detector [FRADEN (2004)]. O sensor termopar será mostrado com mais ênfase, pois é o principal sensor utilizado hoje nos instrumentos de medida indireta de radiação. O princípio de funcionamento de um termopar é baseado em um efeito denominado Seebeck [DIBRA.D

(2009)]. Neste contexto estudamos também a eletrônica de condicionamento de sinal e interfaces de aquisição de dados baseadas em microcontroladores [PEREIRA (2011)].

## MATERIAIS E MÉTODOS

### • Estudo do Termopar tipo K

A medida da intensidade da radiação solar é realizada indiretamente mediante o sensor termopar (Figura 2.a). Este tipo de sensor permite medir a temperatura induzida pela radiação incidente e possui vantagens como, por exemplo, baixo custo, grande intervalo de operação, entre outras. Em seguida montamos uma termopilha que é a junção de vários termopares. Em nosso trabalho usamos termopilhas com dois termopares (Figura 2.b). Esta configuração é usual na maioria dos instrumentos de medida de radiação.

Realizamos uma experiência de calibração de um termopar do tipo K. Ele é formado pela junção das ligas metálicas *Cromel* (Níquel com 10% de Cromo) e *Alumel* (Níquel com 2% de Alumínio, 2% de Manganês e 1% de Silício). Os materiais utilizados no experimento estão relacionados a seguir:

- 1- Termopar tipo K;
- 2- 1 Becker;
- 3- 1 Termômetro eletrônico;
- 4- 1 Multímetro;
- 5- 1 Bico de Bunsen

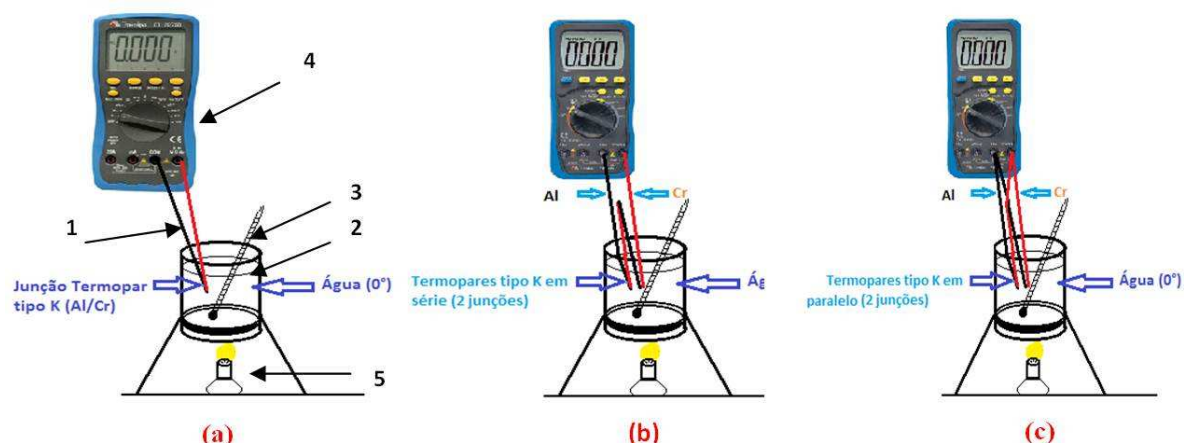


Figura 2: Montagem da experiência com o sensor termopar(a), montagem de um detector termopares em série (b) e termopares em paralelo (c).

Após reunir todo o material, montamos o aparato experimental como mostrado na Figura 2. No início do experimento colocamos a água e o termômetro no Becker, depois ligamos o multímetro com um termopar acoplado (o fio de alumínio no comum e o fio de cromo no positivo). Em seguida, acendemos o bico de Bunsen e anotamos a tensão medida pelo multímetro em função da temperatura da água. Para a montagem da termopilha fizemos a junção de dois termopares e conectamos os fios que sobraram de cada termopar no multímetro (Figura 2.b), logo após fizemos a montagem em paralelo (Figura 2.c).

### • Estudo de condicionamento de sinal

Ao término da calibração do termopar, iniciamos o estudo da eletrônica de condicionamento de sinal produzido por este sensor. Para tanto, utilizamos o programa computacional *eagle* para projetar o circuito de condicionamento de sinal (Figura 3 e 4).

Também estudamos o princípio de funcionamento da placa de aquisição de dados arduino, baseada no microcontrolador ATmega328.

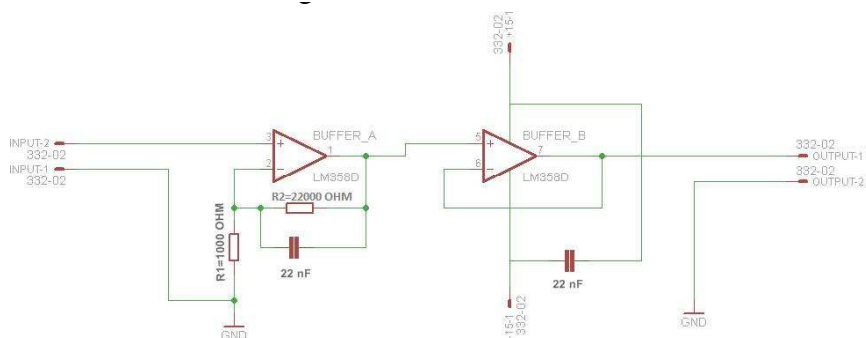


Figura 3: Circuito condicionador de sinal.

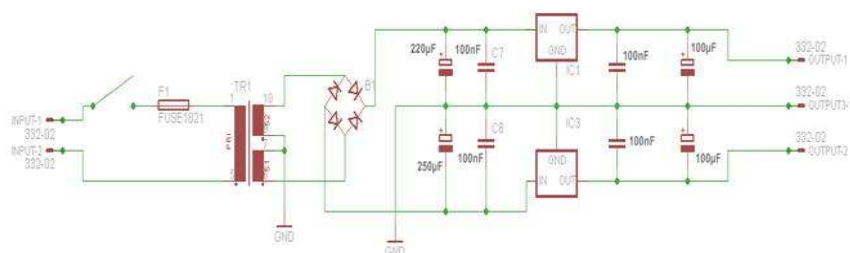


Figura 4: Circuito de alimentação

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aqui apresentamos os resultados obtidos na etapa de calibração do termopar e das termopilhas nas configurações ilustradas na Figura 2.

### • Calibração do sensor termopar

Para a configuração de apenas um termopar (Figura 2.a) coletamos os dados fornecidos pelo multímetro e pelo termômetro. O gráfico de tensão termoelétrica da junção dos dois materiais em função da temperatura foi construído usando o programa *origin*. O resultado obtido é mostrado na Figura 5.

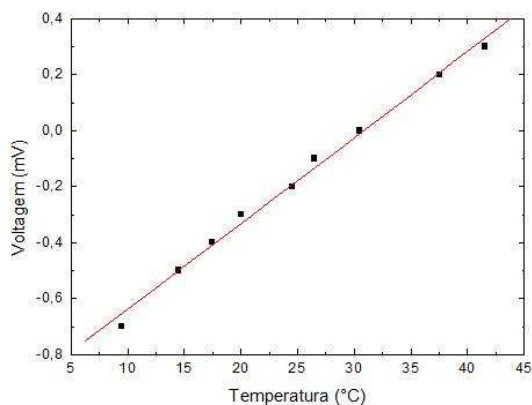


Figura 5: Curva de resposta do termopar tipo K.

Como pode ser observado, a resposta do termopar, dentro do intervalo de temperatura do experimento, apresenta comportamento linear. Conseqüentemente, a função que bem representa o andamento tensão *versus* temperatura é uma função de primeiro grau. A partir do gráfico da Figura 5 pode-se calcular a grandeza denominada de coeficiente de Seebeck ( $\alpha$ ) do

termopar, que representa a sensibilidade de resposta do par termoelétrico com a variação de temperatura. O coeficiente de Seebeck é dado pelo coeficiente angular da reta. O valor encontrado para o gráfico da Figura 5 é  $0,03 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ . Comparando com o valor da sensibilidade encontrado na literatura para o termopar tipo K a  $0^\circ\text{C}$  ( $0,04 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ ) encontramos uma diminuição da sensibilidade de 25%. Este erro percentual pode ser devido a possíveis falhas na realização das medidas. Além disso, a água usada no experimento, não sendo destilada, causa dispersão de corrente.

Para o experimento mostrado na Figura 2.b (dois termopares em série) foi coletado um conjunto de dados maior visando diminuir o erro do coeficiente de Seebeck  $\alpha$ . O resultado obtido é mostrado na Figura 6.a. No caso da configuração da Figura 2.c (dois termopares em paralelo) o resultado obtido é mostrado na Figura 6.b. As sensibilidades encontradas para estes dois casos foram, respetivamente,  $0,07 \text{ mV}/^\circ\text{C}$  e  $0,03 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ .

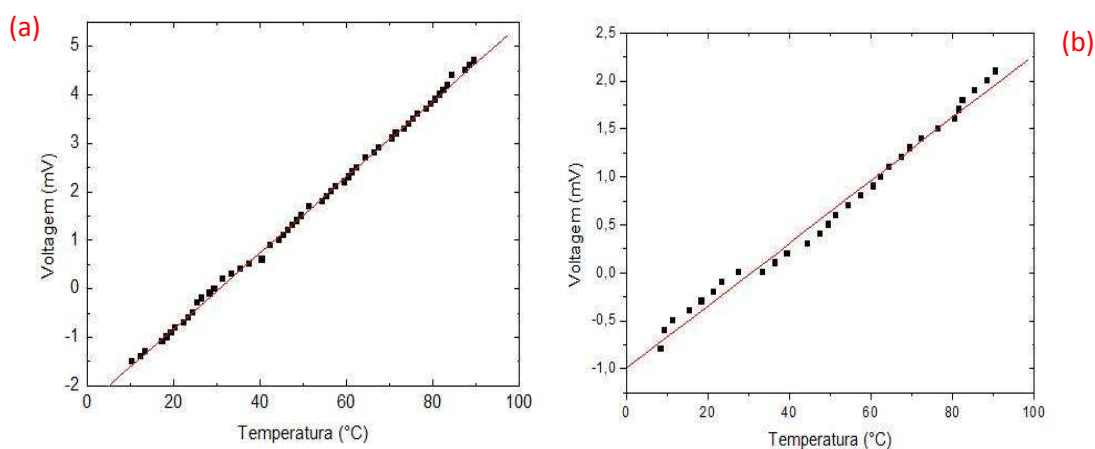


Figura 6: Curva de resposta dos termopares ligados em série (a) e em paralelo (b)

## CONCLUSÃO

Neste trabalho estudamos a radiação solar e seus instrumentos de medida, juntamente com os sensores utilizados nestes instrumentos. Utilizando um programa computacional *eagle* montamos um circuito eletrônico de condicionamento de sinal e também o princípio de funcionamento do microcontrolador arduino. Em relação ao teste com o termopar tipo K vimos que a sensibilidade encontrada é considerada boa, com o erro de 25% do valor encontrado na literatura. A segunda experiência com a termopilha mostra que a sensibilidade do termopar aumenta, e para os dois termopares montados em paralelo o resultado obtido foi o esperado, sendo a metade da sensibilidade encontrada da termopilha. Com estes testes comprovamos toda a teoria que estudada ao longo deste período. A outra parte do trabalho foi focada em realizar o estudo da eletrônica para o condicionamento de sinal. O próximo passo a ser realizado no trabalho seria fazer testes com o termopar utilizando o circuito condicionador de sinal.

## REFERÊNCIAS

- [1] ESCOBEBO. J; FRISINA. V; RICIERI. R; OLIVEIRA. A-“Radiômetros Solares com Termopilhas de Filmes Finos”-Revista Brasileira de Aplicações e Vácuo, v.16, n°1, 1997.
- [2] FRADEN, Jacob, **Handbook of modern sensors: physics, designs and applications**, 3ª Edição, 2004.
- [3] DIBRA.D et al., **Seebeck Difference – Temperature Sensors Integrated into Smart Power Technologies**, Germany, p. 216 - 219, 2009

- [4] PEREIRA. F. Curso sobre Arduino. Revista saber eletrônica v.454, p.12-15, Julho/Agosto 2011.
- [5] Fröhlich,C, **History of solar radiometry and the World Radiation Reference**, Metrologia, v. **28**, p. 111-115, 1991