

# Relatório: Estação Meteorológica

Autores:

Diogo Cintra

Luís Pinheiro

Matheus Sant'Ana

São Paulo

2019












## 1. Introdução

Este relatório tem como objetivo analisar e demonstrar o funcionamento e a calibração de uma estação meteorológica desenvolvida pelo grupo com o uso do Arduino e sensores de temperatura (LM35), temperatura e umidade (DHT22), luminosidade (LDR) e de pressão (BMP180), para demonstrar os dados em um LCD, ainda conectado ao Arduino, que foi programado para isso. O uso das facilidades do FabLab para o seu desenvolvimento foi necessário para a conclusão do projeto.

## 2. Materiais

Os materiais usados foram:

- Placa Arduino UNO
- Sensor de temperatura LM35
- Sensor de temperatura e umidade DHT22
- Sensor de pressão BMP180
- Sensor de luminosidade LDR
- LCD
- Jumpers
- Protoboard
- Resistor de 10k $\Omega$
- Resistor de 100k $\Omega$
- USB B

1. LM35	2. DHT22	3. BMP180
		
4. LDR	5. LCD	6. Jumpers
		
7. Protoboard	8. Resistor de 10k $\Omega$	9. Resistor de 100k $\Omega$
		
10. Arduino UNO	11. USB B	
		

### 3. Metodologia da coleta de dados

Para que os dados necessários aos cálculos fossem obtidos, foi necessário realizar diversas medidas a fim de obter uma melhor calibração dos sensores a serem utilizados na estação meteorológica. Para isso, foi utilizado um código que realizava duas mil medições por componente.

No caso do LM35, para cada um dos seis fornos com temperaturas diferentes, o código citado, além de realizar as medidas, também já calculava a média, desvio padrão e a incerteza padrão. A incerteza do tipo A foi obtida a partir da razão do desvio padrão pela raiz do número de medidas. Já a do tipo B possuía mais de uma incerteza: a inerente ao LM35, que é  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , e a inerente ao ARDUINO UNO, que corresponde a duas vezes o peso do bit menos significativo, o que resulta em um valor de  $\pm 0,21505^{\circ}\text{C}$ .

Assim, a incerteza B obtida foi de aproximadamente  $\pm 0,71^{\circ}\text{C}$ . Com ambas as incertezas calculadas, foi possível obter a incerteza padrão. Vale ressaltar também que o tempo que o LM35 foi mantido em cada forno variou entre três a cinco minutos, até que a temperatura fosse estabilizada.

A calibração do DHT22 também contou com um código que realizava duas mil medições de cada solução salina saturada e calculava automaticamente a média, o desvio padrão e a incerteza padrão. Como incerteza do tipo B, foi considerado um erro de  $\pm 2\%$  de umidade relativa e  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  de temperatura, inerentes ao sensor.

Foram medidas as umidades de seis frascos contendo diferentes soluções salinas. Para manter o sensor dentro do frasco, utilizou-se quatro jumpers macho-fêmea (colocados em cada um dos pinos do DHT22 de VCC, Output, sustentação e GND) que foram envoltos em fita para evitar que eles se desprendessem dos pinos do sensor. O tempo esperado foi até que as medições de umidade estivessem aproximadamente estabilizadas, ou seja, aproximadamente dois minutos.

No caso do DHT22, foi necessário também interpolar as umidades; ou seja, obter um valor para a umidade da temperatura ambiente tomando como base umidades relativas de referência (no dia das medições, a temperatura ambiente era aproximadamente  $23^{\circ}\text{C}$ , e, assim, foram utilizadas como referências as umidades relativas de  $25^{\circ}\text{C}$  e  $20^{\circ}\text{C}$ ).

Devido à capacidade desse sensor de medir tanto umidade quanto temperatura, ele possui duas incertezas, como já citado previamente. Portanto, para confeccionar a curva de calibração, optou-se por transferir as incertezas para um eixo só (no caso, o eixo x possui os valores verdadeiros enquanto que o eixo y tem uma incerteza maior) a fim de simplificar o processo. Para isso, um eixo w que contém as temperaturas ambientes medidas foi criado, pois assim é possível obter quais pontos de temperatura serão utilizados no cálculo da taxa de variação da umidade relativa (%) por temperatura (graus °C), utilizando os respectivos pontos utilizados na interpolação que dependem da umidade e temperatura medidas.

dx/dw	sigma w	$\sigma w \rightarrow x$	dy/dx	$\sigma w \rightarrow y$	$\sigma y+w$
-0,1	0,5	0,05	1	0,05	2,000625
1,6	0,5	0,8	1	0,8	2,154066
0	0,5	0	1	0	2
-0,7	0,5	0,35	1	0,35	2,030394
-0,04	0,5	0,02	1	0,02	2,0001
-0,06	0,5	0,03	1	0,03	2,000225

O próximo passo foi transferir a incerteza da temperatura do eixo w para o eixo x, por meio do cálculo a seguir, em que a incerteza do eixo w de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  (incerteza do tipo B de temperatura do DHT22) foi também considerada.

Agora, com o objetivo de transferir a incerteza do eixo w (que, por sua vez, também possui a incerteza do eixo x) para o eixo y, os mesmos passos foram seguidos; no entanto, o valor da taxa de variação entre os valores do eixo y e do eixo w foi aproximado para o número um segundo critérios subjetivos que julgaram o quanto o sensor estava calibrado.

Após a realização desses cálculos, ainda era necessário que a incerteza transferida ( $w \rightarrow x \rightarrow y$ ) fosse combinada com a original do eixo y, resultando na transferência aumentada.

Assim, foi possível fazer o Método dos Mínimos Quadrados e uma curva de calibração em um gráfico de dispersão da umidade relativa medida (eixo y, com a incerteza aumentada) pela umidade relativa interpolada (eixo x, valores que carecem de incertezas).

## 2. Calibração

O processo de calibração do transdutor LM35 e DHT22 pode ser dividido em 3 etapas: 1. Coleta dos dados; 2. MMQ com propagação de incerteza; 3. Cálculo da função inversa.

### DHT22

1.

Valor Lido pelo transdutor (%)	Valor interpolado (%)
19,09999	8,102
35,69975	23
38,89921	32,825
75,79847	54,822
79	75,23
80,40026	85,213

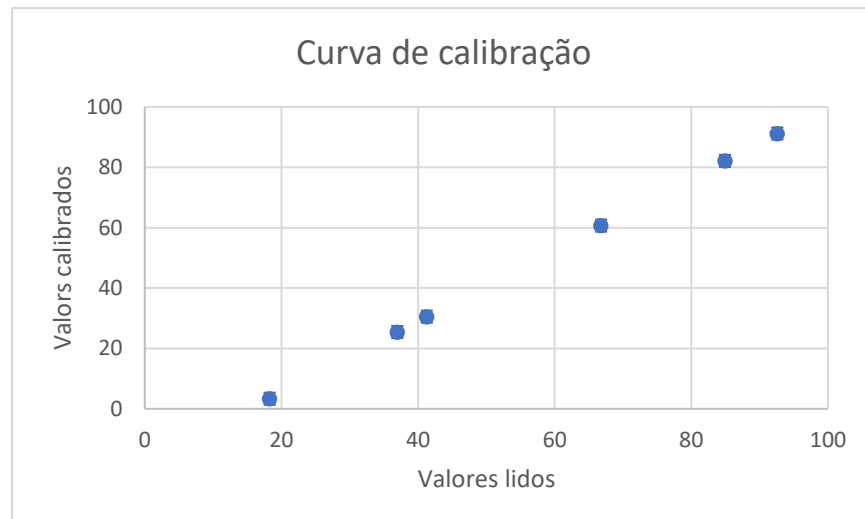
2. Após efetuar o cálculo do MMQ com propagação das incertezas, foi obtido os valores dos coeficientes “a” e “b”.

$$a = 0,84$$

$$b = 15,44$$

3. Com os coeficientes calculados pode-se efetuar o procedimento para achar a função inversa.

$$f(x) = \frac{x-15,44}{0,84}$$



### LM35

1.

	Forno 1	Forno 2	Forno 3	Forno 4	Forno 5	Forno 6
<b>Média</b>	5,89129	14,88718	24,9382	34,20931	44,40413	55,05457
<b>Desvio Padrão</b>	6,62138	5,20809	9,37378	3,55549	0,25713	4,42352
<b>Incerteza Padrão</b>	0,53243	0,52452	0,55272	0,51757	0,51146	0,52091
<b>Temperatura do forno</b>	4,88	15,4	25,2	35,31	45,47	57,46

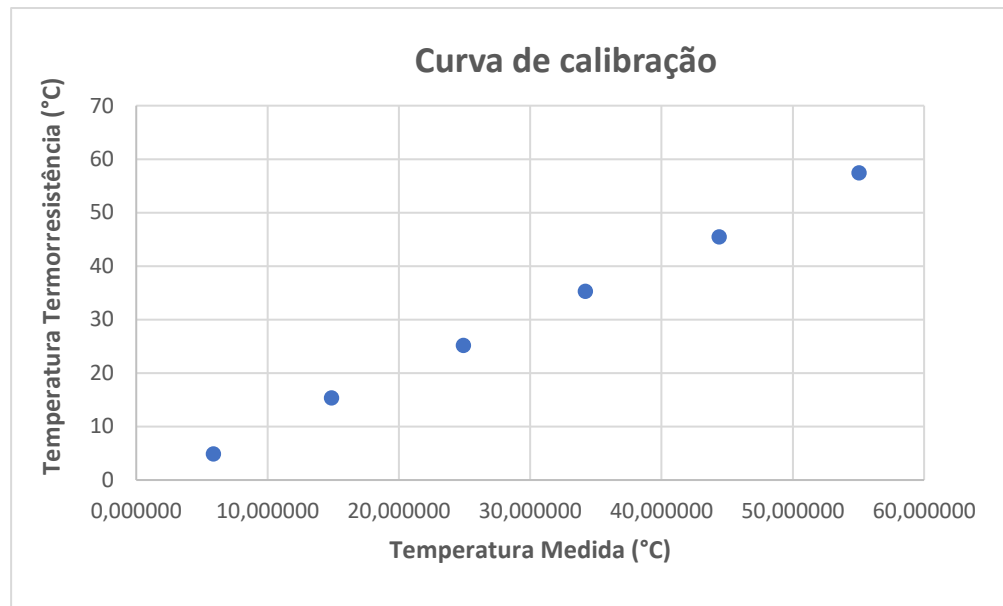
2. Após efetuar o cálculo do MMQ com propagação das incertezas, foi obtido os valores dos coeficientes “a” e “b”.

$$a = 0,94$$

$$b = 0,92$$

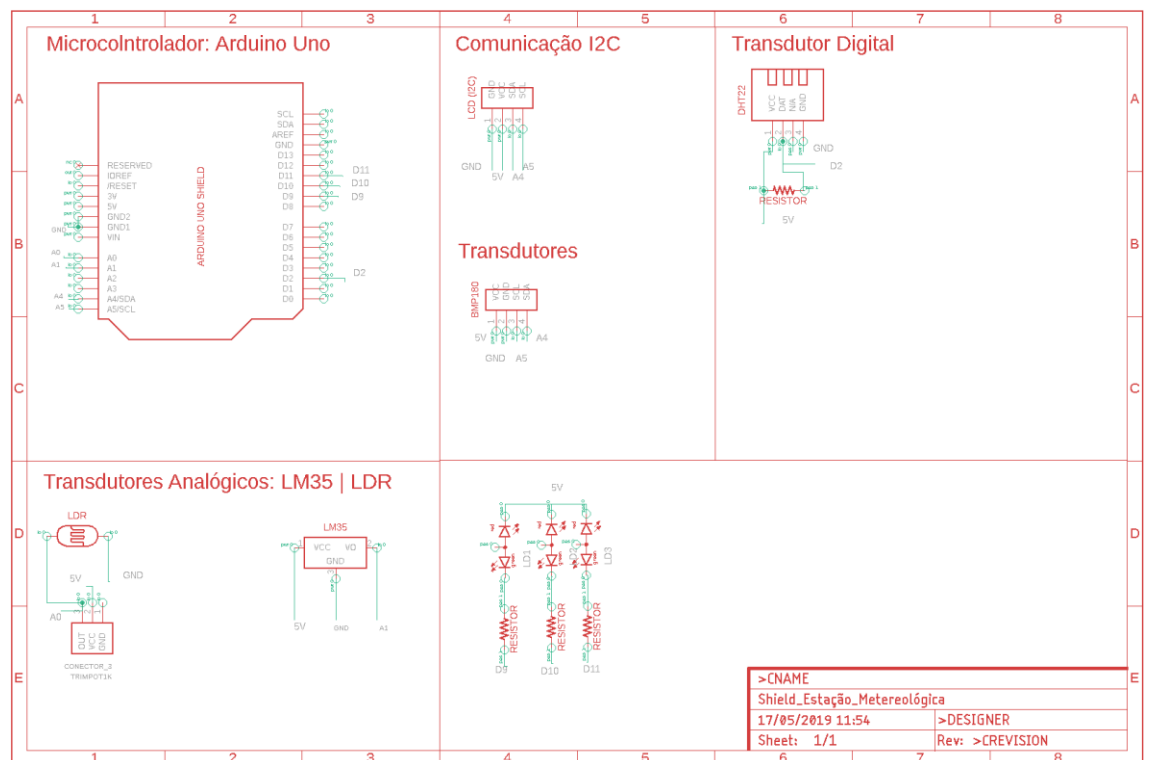
3. Com os coeficientes calculados pode-se efetuar o procedimento para achar a função inversa.

$$f(x) = \frac{x-0,92}{0,94}$$



### 3. Confeção da PCB e Diagrama esquemático

Para elaborar uma shield a fim de reduzir o tamanho da estação meteorológica e aprimorar a visualização dos dados, foi necessário a utilização do software Eagle. Antes de desenvolver o layout da shield foi esquematizado o diagrama elétrico do circuito, como pode-se observar abaixo.





A partir do diagrama esquemático acima, o software permite a confecção do layout da shield. Após alguns tutoriais, como pode-se observar abaixo, foi finalizado a etapa do software. Como adicional, foi implementado três led branco para substituir uma lanterna, ou seja, quando a luminosidade abaixar a intensidade do led aumenta.

