

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA CONTROLE E AUTOMAÇÃO

SERGIO MURILO DUARTE SILVA JUNIOR

**Relatório 1: Sensores Inteligentes**

RELATÓRIO DO PROJETO 1 DE SENSORES INTELIGENTES

CURITIBA

2021

SERGIO MURILO DUARTE SILVA JUNIOR

## **Relatório 1: Sensores Inteligentes**

Relatório do projeto 1 da disciplina de Sensores Inteligentes da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial  
para obtenção na disciplina  
no curso de Engenharia de Controle e Automação  
Prof. Dr. Marco Jose Da Silva

CURITIBA

2021

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>DESENVOLVIMENTO/VÍDEO MONTAGEM.....</b>	<b>3,11</b>
<b>CONCLUSÕES/DISSCUSSÕES.....</b>	<b>11</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O relatório aqui apresentado tem como objetivo a apresentação dos resultados decorrentes da aplicação das instruções contidas para o relatório 1.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 MONTAGEM

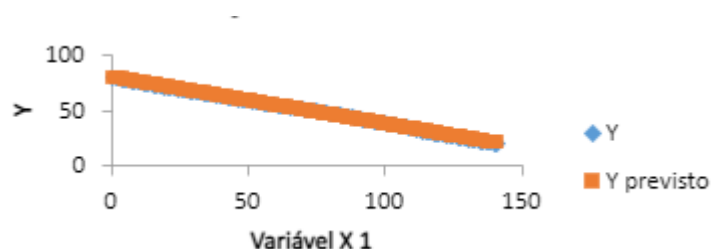
Foram utilizados jumpers, o Arduino UNO, resistores para serem utilizados como resistores de pull-up, cabos manga de 2m e três sensores. Em questão de software, foi utilizada a própria IDE do Arduino e um programa que faria a leitura dos dados da porta de comunicação que foi conectado o Arduino, para que possa ser gerado um arquivo de formato .csv e os dados sejam tratados no Excel.

Em relação à montagem, o circuito com o DS18B20 e o NTC utilizaram uma resistência como resistor de pull-up, enquanto no caso do LM35 não foi utilizado. Foram feitos alguns testes para verificar qual configuração estava funcionando melhor; o DS18B20 foi conectado em um pino digital enquanto os outros dois utilizaram as saídas analógicas. Feitas essas ressalvas, foram utilizadas as montagens comuns com esses sensores e o Arduino; com adaptações de hardware e software com o objetivo de fazer com que os três sensores tenham suas leituras lidas simultaneamente.

O vídeo solicitado com a montagem na parte B está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lQpGJdnJD2s>.

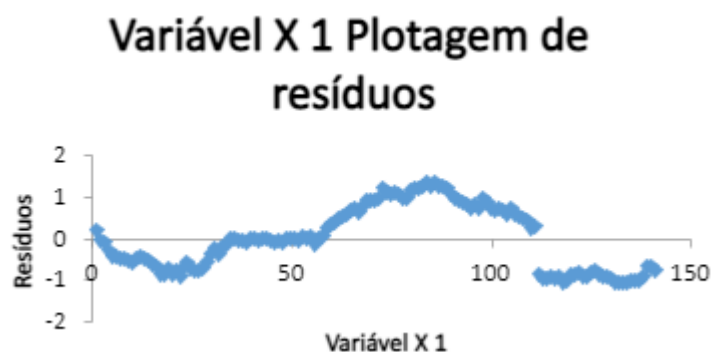
### 2.2 PARTE A

A curva abaixo, decorrente da regressão linear dos dados obtidos com o sensor DS18B20, apresenta o n° da amostra no eixo x e a temperatura observada no eixo y:



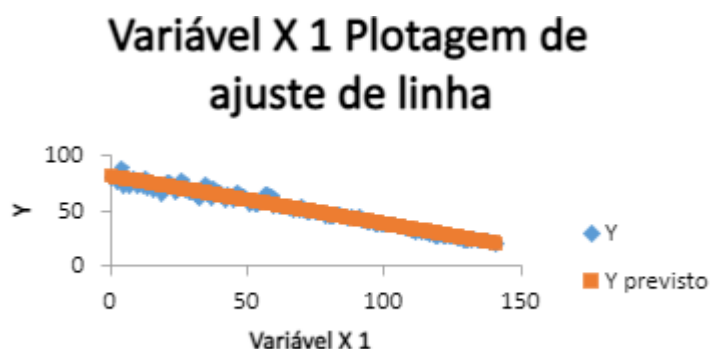
*Figura 1 – Regressão linear da Temperatura medida pelo DS18B20*

O gráfico decorrente da plotagem dos resíduos da regressão linear aponta elevada acurácia se comparado com os outros sensores, nesse estudo esse sensor nos atende como referência (como o sensor que fornece a “temperatura verdadeira” nesse estudo).:



*Figura 2 – Plot dos resíduos da regressão linear*

A superposição da regressão linear do DS18b20 com os dados do LM35 chega à seguinte curva, que relaciona a temperatura medida (os pontos) e a temperatura “verdadeira” (a reta), que subentende os dados de uma curva característica:



*Figura 3 – Leituras do LM35 em torno da reta dos “valores verdadeiros”*

É notório que a diferença entre a temperatura real e a temperatura obtida pelo LM35 é maior para temperaturas próximas do extremo de 80°C e é menor à medida que a temperatura se aproximava de 20°C. O que é condizente com a seguinte curva característica do LM35.:

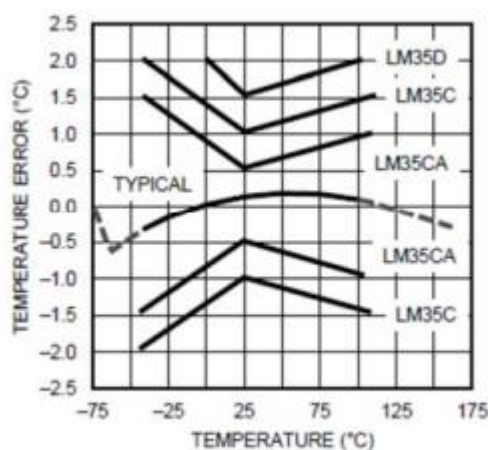


Figure 9. Accuracy vs Temperature (Ensured)

Figura 4 – Curva característica do LM35, relacionando acurácia e temperatura

Certamente a presença de ruído, perceptível e decorrente de vários fatores contribui para que o comportamento do LM35 não esteja completamente dentro do previsto pelo fabricante.

Foi também obtido um gráfico que relaciona as temperaturas obtidas pelo DS18B20 e pelo termistor:

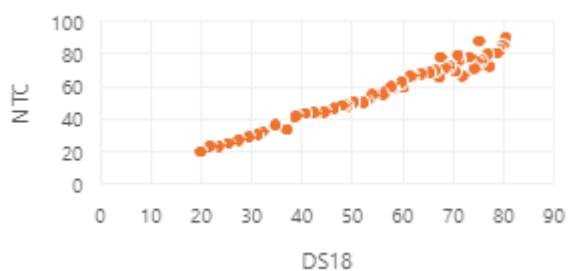


Figura 5 - Relação entre as temperaturas lidas pelo NTC e o DS18B20

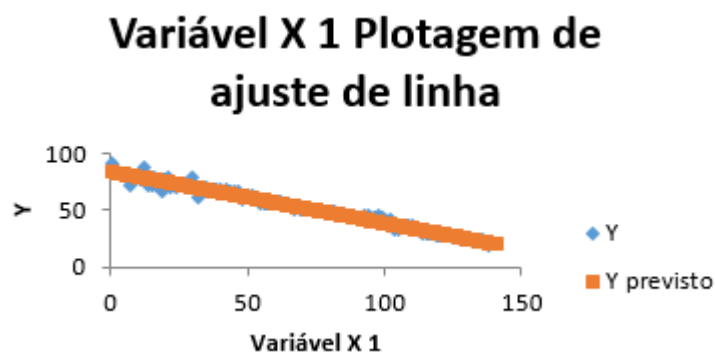


Figura 6 - Relação entre a “temperatura verdadeira” e a temperatura lida pelo NTC

Nota-se uma grande dispersão dos dados para temperaturas próximas de 80°C e menor dispersão para dados próximos de 20°C. Comportamento condizente com o encontrado na curva característica, já que é um sensor que apresenta maior sensibilidade na faixa próxima de 20°C do que na faixa de temperatura superior à 60°C.

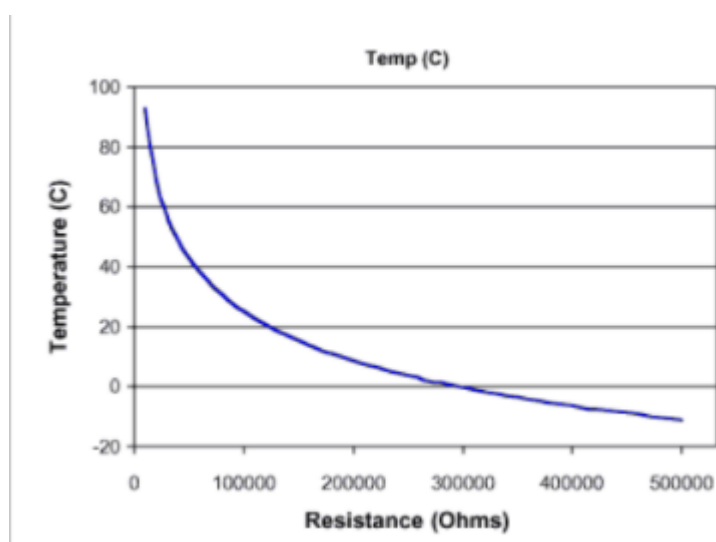


Figura 7 -

## 2.3 PARTE B

Na segunda parte, os sensores foram removidos do fluído e posicionados próximos uns dos outros, foram obtidas 752 leituras para cada sensor. As leituras foram armazenadas em um arquivo .csv com auxílio do programa Tiva Turner, que lia as informações da porta de comunicação do notebook usada para o Arduino e armazenava de maneira que possibilitou a criação de um arquivo .csv contendo todas as leituras dos sensores, para o subsequente tratamento desses dados utilizando o Excel. Pouquíssimas alterações foram realizadas de forma a adaptar o software da primeira

parte para a segunda, como por exemplo a alteração do parâmetro delay que era utilizado para o programa “esperar” uma determinada quantidade de milissegundos, que constava dentro do argumento do comando; esse parâmetro foi alterado para 60000 nesse caso para fazer com que o sistema coletasse uma amostra de cada sensor por minuto. Devido ao grande volume de dados gerados, foi utilizado o recurso de regressão linear em conjunto com ferramentas de estatística para a apresentação dos resultados.

É importante constar que, mesmo efetuando uma série de alterações nas montagens, utilizando diferentes unidades do LM35, etc; o sensor apresentou muitas oscilações em suas leituras e um elevado nível de ruído, então foram removidas algumas das leituras que poderiam ser definidas como outliers (ex: leituras acima de 30°C ou abaixo de 15°C).

O tratamento dos dados realizado utilizando o software Excel, coletados do Arduino com o auxílio do Tiva Turner, de acordo com o que é solicitado nesse relatório, consta abaixo:

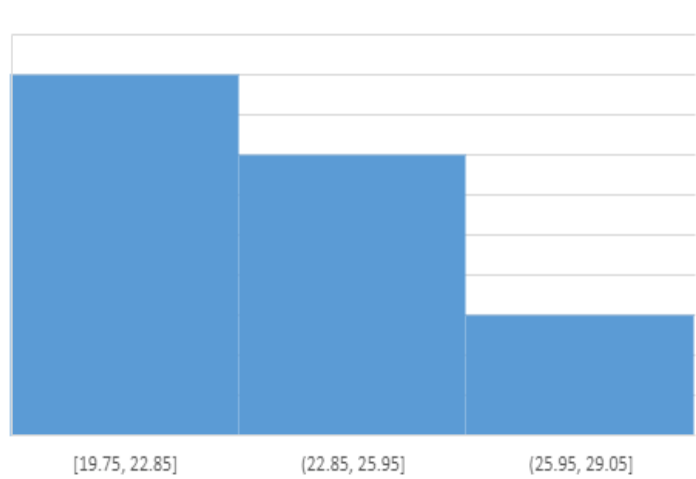


Figura 8 – Histograma das leituras do sensor DS18b20



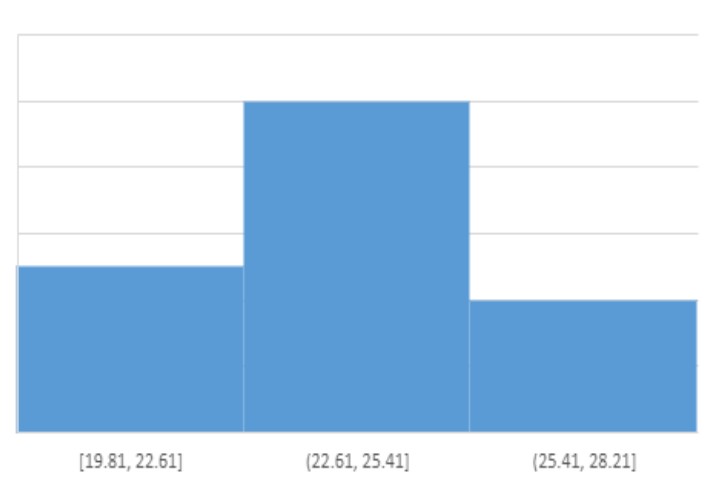


Figura 9 – Histograma das leituras do sensor LM35

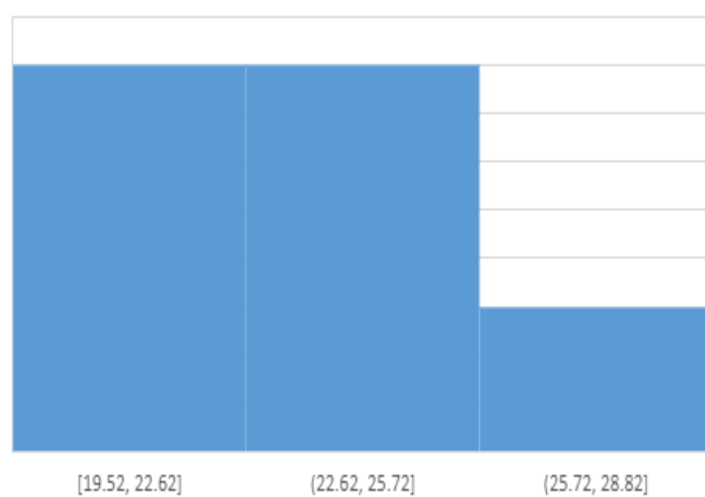


Figura 10 – Histograma das leituras do sensor termistor NTC

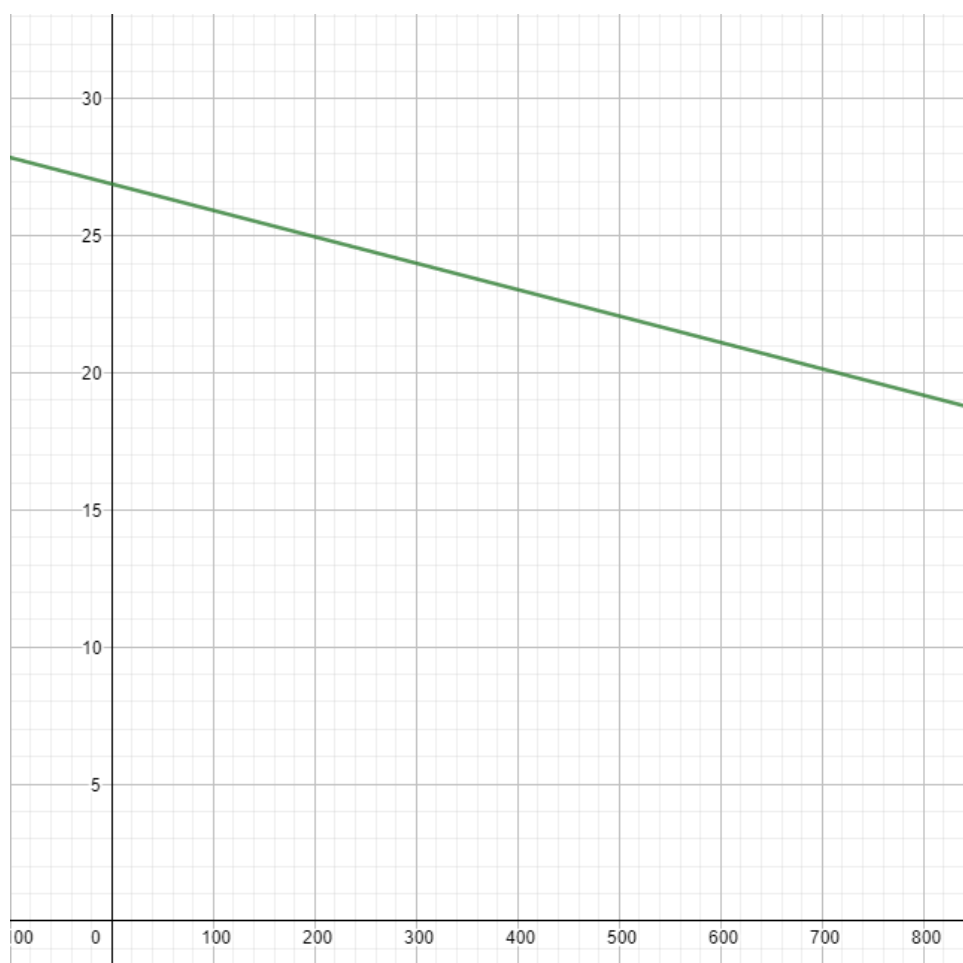


Figura 11 - Regressão linear decorrente dos dados do DS18B20 ( $f(x) = 26,8971 - 0,0096362x$ )

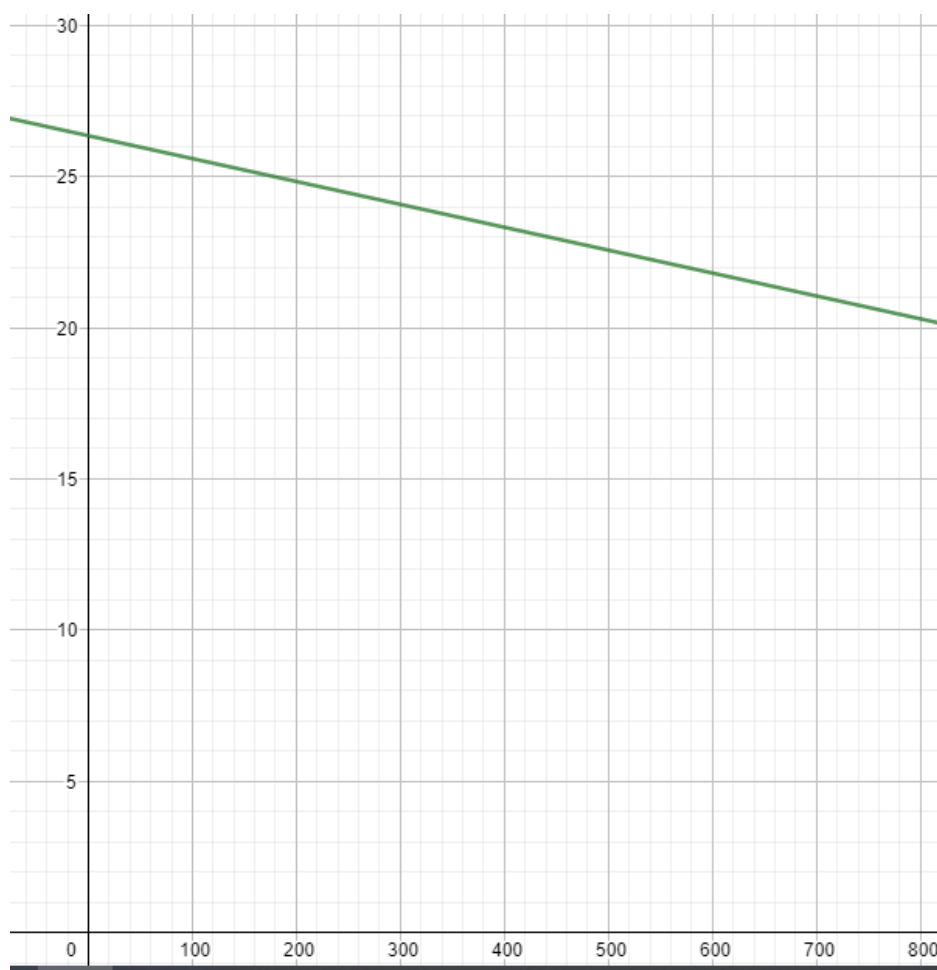


Figura 12 - Regressão linear decorrente dos dados do LM35 (  $f(x) = 26,34882 - 0,007577x$  )



Figura 13 - Regressão linear decorrente dos dados do NTC (  $f(x) = 26,63993 - 0,0093320x$  )

	DS18B20 (°C)	LM35 (°C)	NTC (°C)
Média	23,17	23,47	23,05
Desvio Padrão	2,34	3,31	2,38
Máximo	29,05	28,21	28,82
Mínimo	19,75	19,81	19,52

Tabela 1 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo do conjunto de leituras dos sensores

### 3 CONCLUSÕES/DISCUSSÕES

É perceptível, tanto pela regressão linear quanto pelos dados apresentados na tabela, que o LM35 apresentou um comportamento menos preciso e valores mais distantes da “temperatura verdadeira” em ambos os ensaios, enquanto o NTC apresentou um comportamento mais condizente com a temperatura real. O DS18B20 apresentou o comportamento mais linear e aparentemente apresentou leituras mais condizentes com a temperatura real, de maneira que foi utilizado como referência na primeira parte do estudo. Em parte, esse comportamento se justifica devido à construção dos três sensores: o DS18B20 é o mais robusto dos três e apresenta saída digital, ou seja, melhor imunidade à ruídos, devido à natureza e lógica de funcionamento do sinal digital; o NTC é simplesmente um resistor sensível à variação de temperatura, cuja sua relação entre a temperatura e a variação de sua resistência é bem conhecida e portanto pode ser utilizado como sensor. O LM35 utiliza sinal analógico, ou seja, é menos imune a ruídos e interferências vindas de fora do sistema e essa condição foi perceptível em ambas as partes do estudo. A presença de outras particularidades como: os 2m de cabo manga, as características “artesaniais” da montagem do circuito, etc; também introduziram algumas condições que fizessem com que o sistema não se comportasse de forma extremamente similar ao esperado, de acordo com as folhas de dados dos fabricantes dos componentes aqui utilizados.