



UFAM

Universidade Federal do Amazonas

Instituto de Computação - IComp

ICC035 - Tópicos Especiais em Programação IV

**Monitoramento Contínuo da
Temperatura de Corpos Hídricos com
IoT: Um Experimento Prático
Utilizando Sensor NTC e Arduino**

Setembro 2024

Manaus – AM



Universidade Federal do Amazonas
Instituto de Computação - IComp

ICC035 - Tópicos Especiais em Programação IV

Monitoramento Contínuo da Temperatura de Corpos Hídricos com IoT: Um Experimento Prático Utilizando Sensor NTC e Arduino

Relatório do monitoramento da temperatura de corpos hídricos com IoT solicitado pelo Prof. Dr. Edjair de S. Mota, como avaliação parcial da disciplina Tópicos Especiais em Programação IV.

Discentes:

André Valente de Cristo - 22251132

André Kaoru Lins Hirosaki - 22251133

Hugo Carvalho de Moraes - 22251131

Setembro 2024
Manaus – AM

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	IoT e Monitoramento Ambiental	1
1.2	Fundamentos Teóricos	1
1.3	Objetivo	2
2	Materiais e Métodos	2
2.1	Lista Materiais	2
2.2	Metodologia	5
3	Resultados	6
4	Discussão	7
5	Conclusão	13

1 Introdução

1.1 IoT e Monitoramento Ambiental

A Internet das Coisas (IoT) pode ser descrita como a conexão de objetos do dia a dia, como smartphones, TVs com Internet, sensores e atuadores, à Internet, onde os dispositivos estão interligados de forma inteligente, possibilitando novas formas de comunicação entre as coisas e as pessoas, e entre as próprias coisas [4].

Um dos usos de dispositivos IoT é como parte de redes de sensores sem fio (WSNs), ao lado de métodos de monitoramento e controle baseados em inteligência artificial (IA), para fazer funções como gerenciamento de lixo, controle de temperatura e controle de poluição. Esse tipo de sistema, devido ao uso de IA, IoT e sensores sem fio, é conhecido como sistema de Monitoramento Ambiental Inteligente (SEM) [6].

Muito trabalho vem sendo feito para proteger o meio ambiente visando uma agricultura sustentável, crescimento e uma sociedade saudável. Portanto, o principal objetivo de sistemas SEM é enfrentar os desafios causados pelos efeitos indesejáveis no meio ambiente por meio de um monitoramento inteligente, de modo que todos os indicadores-chave de crescimento, incluindo a saúde da sociedade, sejam bem regulados [6].

1.2 Fundamentos Teóricos

O Arduíno coleta os valores através de uma porta analógica que deve ser especificada na fase de codificação. A função `analogRead()` faz a leitura de um dos pinos analógicos especificados. A placa Arduino possui um conversor analógico-digital 10 bits de 6 canais (8 canais nos Mini e Nano, 16 no Mega, 7 canais em placas MKR). Isso significa que este irá mapear tensões entre 0 e a tensão operacional (5V or 3.3V) para valores inteiros entre 0 e 1023. No Arduino UNO, por exemplo, isso permite uma resolução entre leituras de: 5 volts / 1024 unidades, ou .0049 volts (4.9 mV) por unidade [2].

O Arduíno usa o um termistor para coleta dos dados que é NTC 10K MF58. O termistor, nome derivado do termo resistor termicamente sensível, é um sensor muito preciso e econômico para medição de temperatura. Estes sensores são, normalmente, usados em uma faixa de -55 a +200 graus Celsius, mas há termistores que podem ter a faixa de medição de cerca de 0,01 kelvin a 2000 kelvins (-273,14 graus a 1726,85 graus Celsius). O primeiro termistor NTC foi descoberto em 1833 por Michael Faraday (1791-1867), que relatou o comportamento semicondutor do sulfeto de prata. Faraday notou que a resistência do sulfeto de prata diminuiu drasticamente com o aumento

da temperatura (Esta foi também a primeira observação documentada de um material semiconductor). Como os primeiros termistores eram de difícil produção e as aplicações para a tecnologia eram limitadas, a produção comercial de termistores não começou até a década de 1930 quando um termistor comercialmente viável foi inventado por Samuel Ruben (1900-1988) [3].

Para a obtenção da temperatura a partir da resistência, é utilizada a equação de parâmetro β , uma equação derivada da equação de Steinhart-Hart. A equação de Steinhart-Hart é uma expressão empírica que foi determinada como sendo a melhor expressão matemática para a relação de temperatura e de resistência de termistores NTC, pois fornece uma boa aproximação da temperatura real e é útil em toda a faixa de temperatura de trabalho do sensor. Abaixo está a equação:

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{\beta} * \ln\left(\frac{R_t}{R_0}\right)$$

Onde:

- T é a temperatura a ser medida (em Kelvin);
- T0 é a temperatura de referência (em Kelvin) de 25 °C (25 °C = 298.15 K);
- Ro é a resistência do termistor em To;
- Rt é a resistência do termistor;
- β é o parâmetro Beta ou B, fornecido pelo fabricante em sua especificação.

1.3 Objetivo

Desenvolver uma aplicação prática em IoT para a medição contínua da temperatura de um corpo hídrico, utilizando um sensor de temperatura NTC 10K MF58 conectado a um Arduino Uno, aplicando os conceitos básicos de sensores, coleta de dados e monitoramento.

2 Materiais e Métodos

2.1 Lista Materiais

Os materiais utilizados foram:

- Um Arduino Uno
- Um sensor de temperatura NTC 10K MF58
- Uma protoboard
- Um resistor de 10 k Ω
- 6 jumpers
- Um cabo do Arduino USB 2.0 A/b
- Um notebook Dell Inspiron 15
- Um termômetro simples de mercúrio
- Um copo de vidro com água
- Uma caixa de papelão
- Uma extensão de 10 metros

Na Figura 1 encontra-se todos os itens descritos acima.

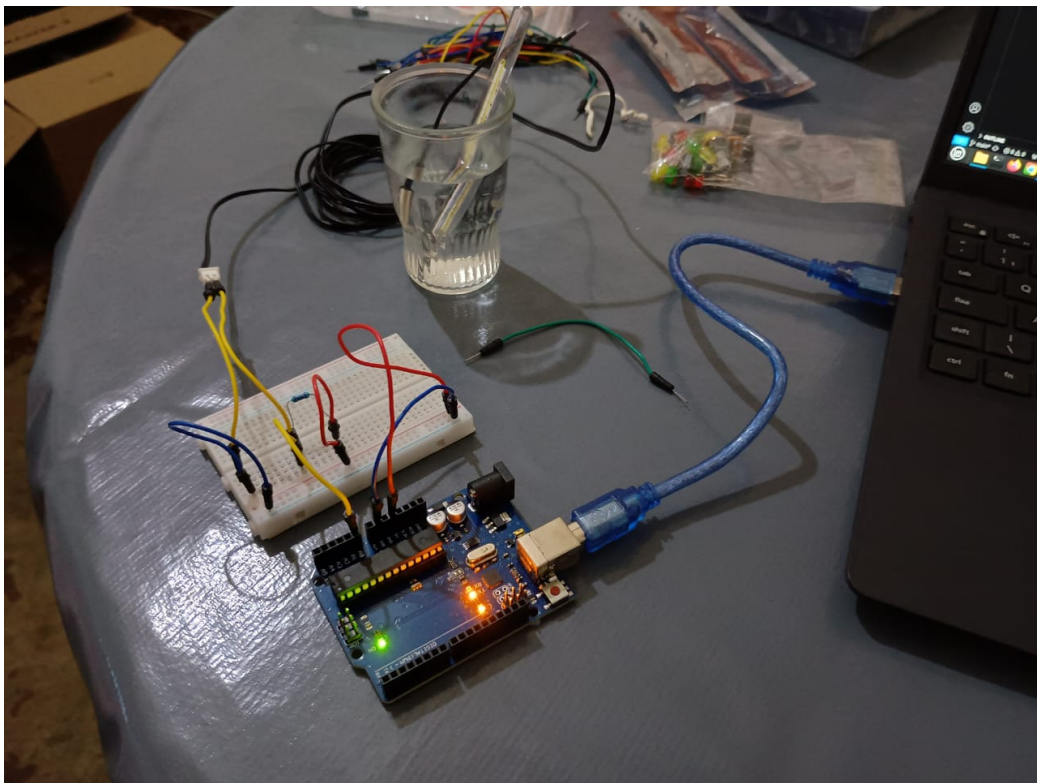


Figura 1: Materiais

2.2 Metodologia

O planejamento foi montar o circuito ilustrativo da Figura 2 na protoboard fazendo as conexões entre o sensor, que fica dentro do copo de vidro, o arduino. O arduino deve ficar um período de 24h funcionando e conectado ao notebook, enviando os dados da leitura a cada segundo para porta Serial, para que possam ser lidas e armazenadas no formato CSV no notebook. Além disso, deve-se verificar a cada hora exata a temperatura no termômetro de mercúrio para comparação com os valores obtidos pelo sensor. A caixa de papelão servirá para proteger o notebook no local que é aberto mas fica sob uma tenda pra proteger da chuva.

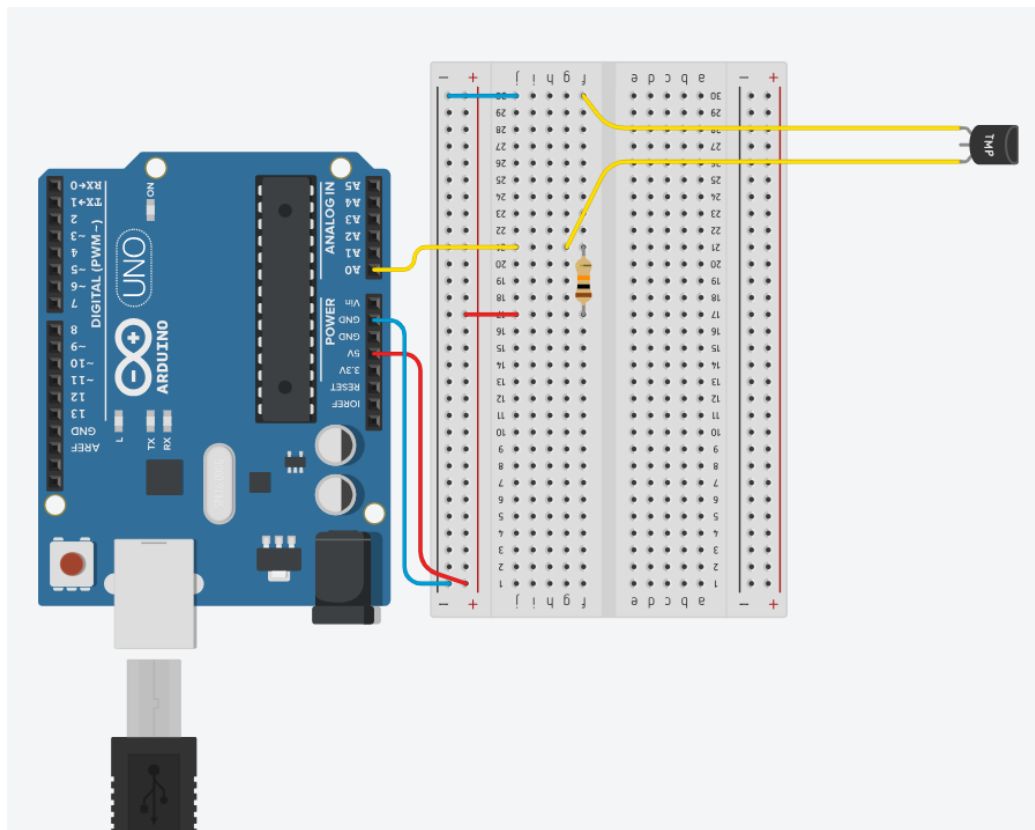


Figura 2: Circuito Ilustrativo no Tinkercad

Ao final das medições será realizada análise dos dados e plotagem dos gráficos, o código utilizado para medição e análise dos dados desse experimento pode ser encontrado em [5].

3 Resultados

O experimento teve 68801 medições. A variação de temperatura pode ser observada nos gráficos da Figura 3 e Figura 4.

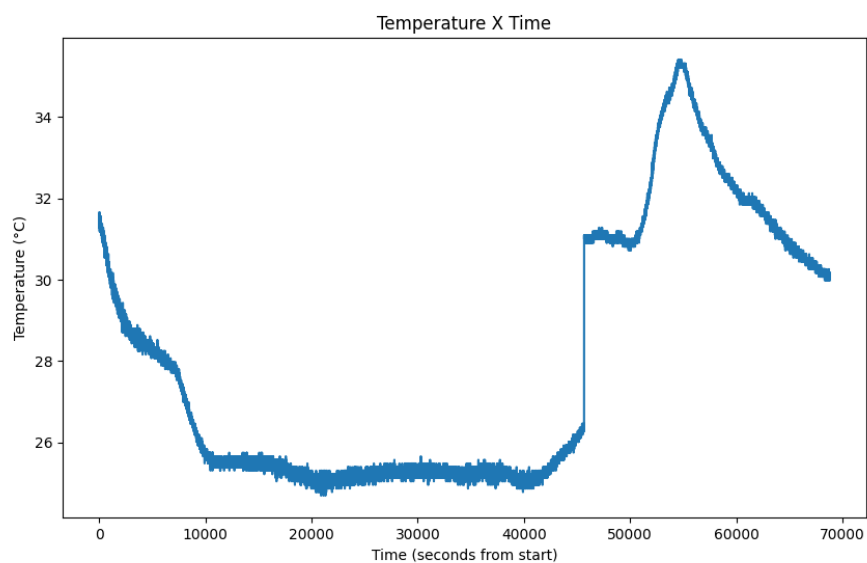


Figura 3: Temperatura e tempo, dados brutos

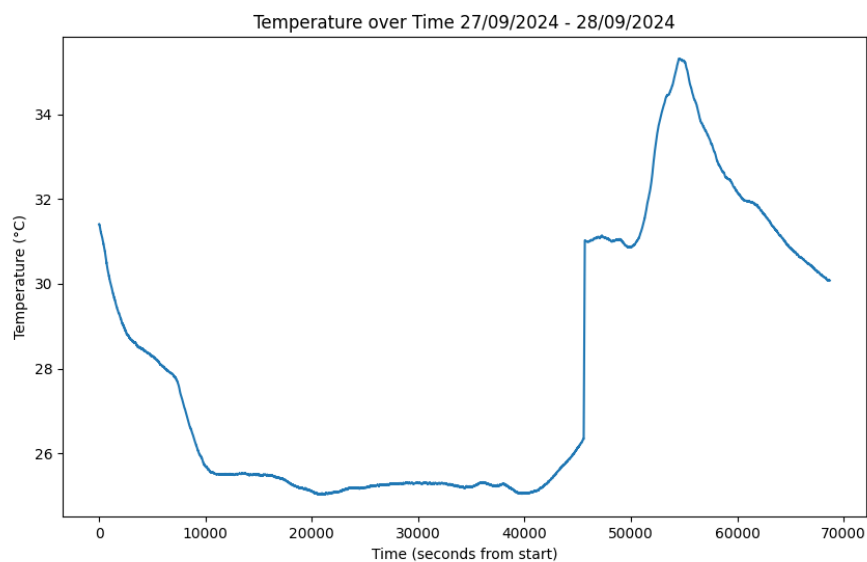


Figura 4: Temperatura e tempo com suavização média móvel

4 Discussão

O procedimento foi primeiramente montar o Arduino como mostra na Figura 5 e conferir se os valores lidos pelo código estavam condizentes com o termômetro ou se apresentavam algum erro.

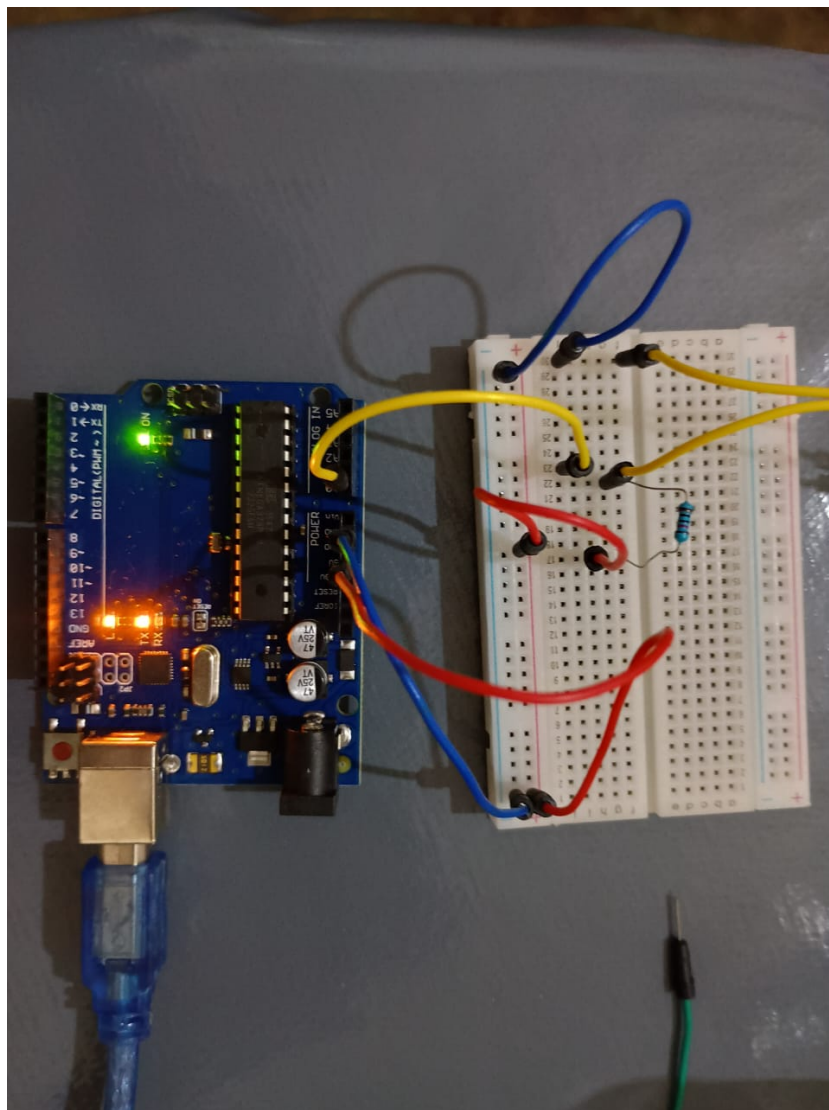


Figura 5: Circuito Montado

E estão foi montado o esquema para ficar monitorando a temperatura como mostra na Figura 6.

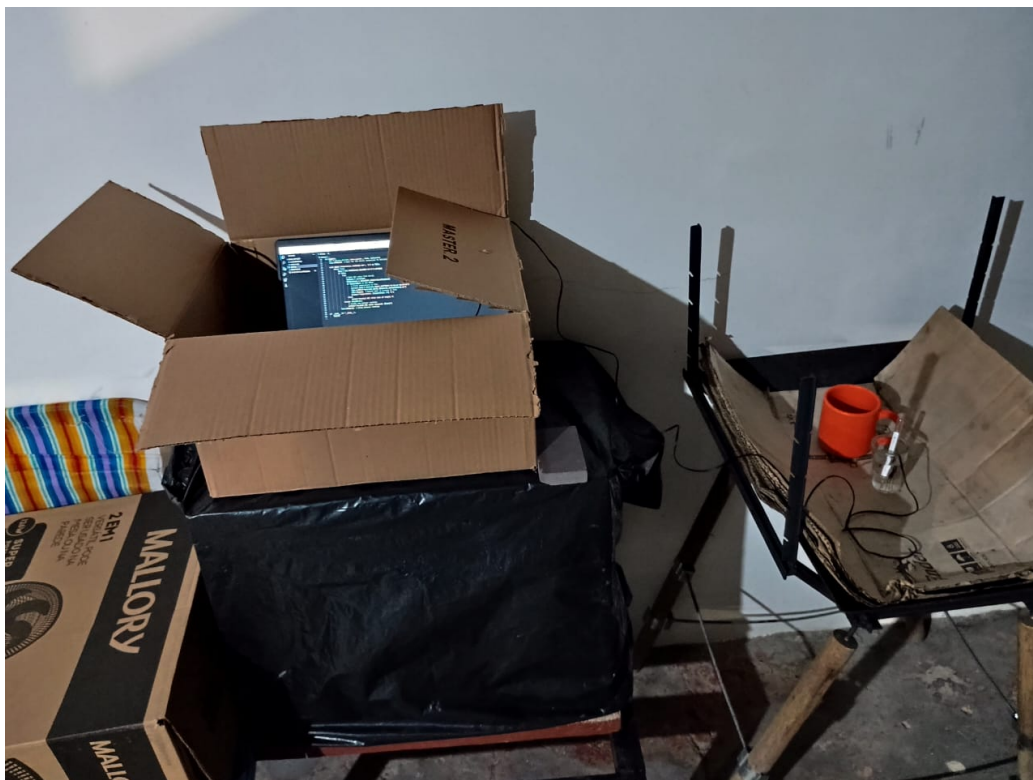


Figura 6: Montagem

Os registros dos dados começaram oficialmente às 19:24:08 da noite na sexta-feira do dia 27/09/2024 quando a primeira temperatura foi medida. Um esquema especial precisou ser montado pois o Arduino media a temperatura através do sensor e enviava diretamente para o computador através da porta de conexão USB. O circuito foi então deixado para ser retirado no dia seguinte (28/09/2024) mais ou menos durante o mesmo horário para que os resultados pudessem ser avaliados. O computador ficou ligado através de uma extensão para que não descarregasse durante a coleta de dados.

Houveram vários desafios para o registro da temperatura. Primeiro, uma chuva bem forte caiu no dia em questão mais ou menos 1 hora após o início dos registros com ventos fortes e relâmpagos, o que causou grande preocupação com a segurança do computador e do Arduino com o senso. Além disso, um dos vizinhos da casa onde o experimento foi realizado possuía vários gatos que ocasionalmente entravam nos perímetros da casa e da área do experimento, agravando a preocupação de que algo pudesse interromper o experimento ou mesmo causar danos ao Arduino e/ou computador.

Por isso, o computador foi armazenado em uma caixa de papelão e envolto em um plástico para que a água não atingisse o seu interior e também pudesse

ficar protegido de gatos ou outros animais que pudessem de alguma forma arruinar a coleta de dados.



Figura 7: Experimento no segundo dia pela manhã

Um termômetro de mercúrio foi utilizado juntamente com o copo de vidro com água onde o sensor estava lendo os valores como uma forma de validar os dados como mostra na Figura 8. No entanto o termômetro não registrou corretamente os valores de temperatura, ficando parado em 37 graus Celsius durante praticamente todo o período de registro das temperaturas mostrado na Figura 8.



Figura 8: Copo com água, sensor e termômetro

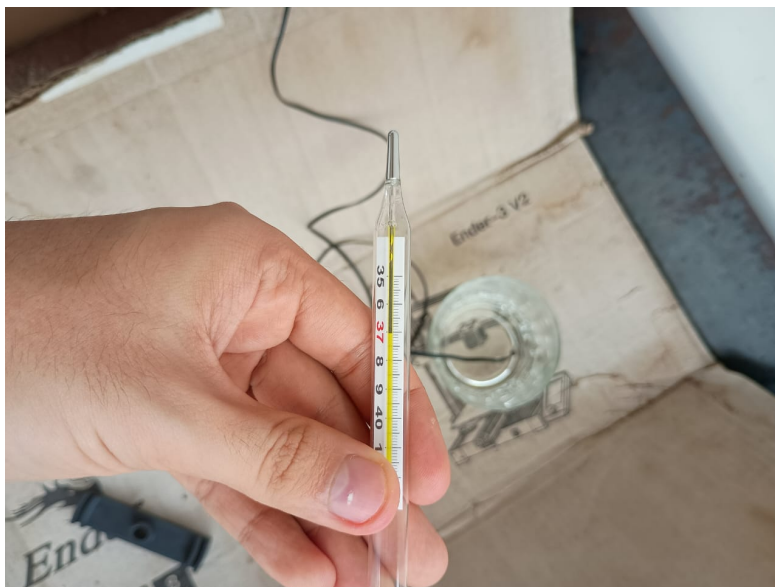


Figura 9: Termômetro

Na Figura 10 está um registro feito às 14:58 do dia 28/09/2024 que foi o horário em que os raios solares estavam incidindo diretamente no copo com água, ocasionando um pico nas leituras de temperatura.



Figura 10: Raios solares incidindo diretamente no copo

Houve um problema nos registros das temperaturas por volta das 8 horas do dia 28/09/2024 até mais ou menos 13 horas pois o computador apresentou um pequeno problema e só voltou a registrar após intervenção. Por isso o gráfico apresenta um sobressalto entre os registros 40000 e 50000.

Como não foi possível comparar os valores obtidos pelo sensor com o termômetro, foi buscado na internet algum site que registra temperatura de alguma região de Manaus próxima de onde foi feito o experimento, e foi encontrado dados que permitiram uma comparação interessante [1]. Foram plotados os gráficos de ambas medições na Figura 11.

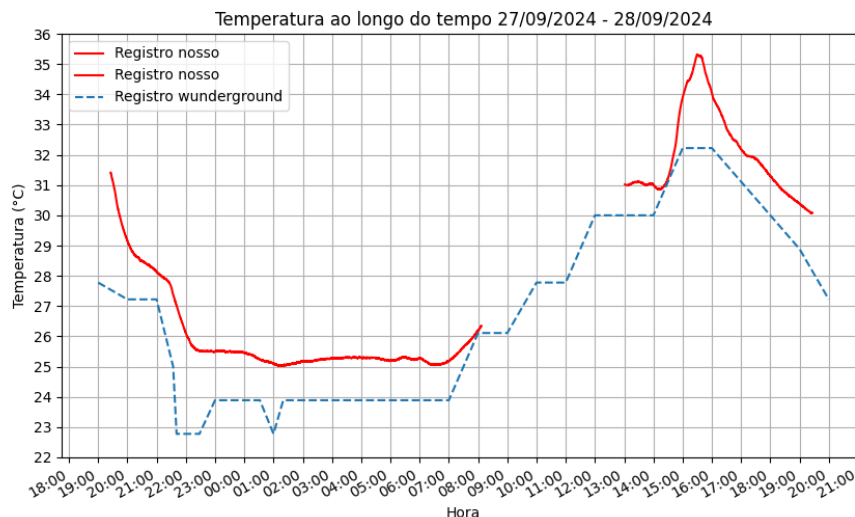


Figura 11: Gráfico com as medições do experimento e do site wunderground

Por exemplo, durante a madrugada do dia 28 as temperaturas atingiram mais ou menos 26 graus e esse valor só foi subir a partir das 8h, o momento em que ocorreu a falha no experimento e foi necessário uma pequena intervenção. Após isso o pico foi registrado por volta de 15h o que está condizente com o registro realizado encontrado no site.

5 Conclusão

Com os resultados que obtemos percebemos que há sim uma boa coerência com os dados registrados e disponíveis pela wunderground, apesar de haver uma diferença absoluta de temperatura a variação dela ao longo do tempo foi bem coerente. Essa variação absoluta de temperatura pode ter ocorrido devido a alguns possíveis fatores como o local a região onde o nosso sensor foi colocado não haver muita circulação de ar, ou talvez não esteja totalmente calibrado pois a equação utilizada não é tão precisa. Por outro lado, o sensor que obteve os dados do wunderground pode estar em uma região mais aberta em que circula mais ar. Ainda assim, percebe-se que existem muito fatores que influenciam a medição e a maneira que elas devem ser realizadas devem se basear no objetivo dela.

Apesar dos problemas encontrados, foi possível aprender como funciona de maneira simplificada o monitoramento de temperatura. Percebe-se que

existem áreas que estudam cada segmento desse experimento, seja o sensor, a placa responsável por captar esses dados, o circuito elétrico, a comunicação dos dados, o armazenamento, entre outras áreas. O que torna esse experimento interdisciplinar o que permitiu maior aprendizagem.

Referências

- [1] Weather history for manaus, SBEG, on september 28, 2024, 2024. Accessed: 2024-10-02.
- [2] Arduino. `analogread()`. Disponível em <https://www.arduino.cc/reference/pt/language/functions/analog-io/analogread/> (Acesso em setembro 2024).
- [3] Blog Eletrogate. Termistor ntc para controle de temperatura. Disponível em <https://blog.eletrogate.com/termistor-ntc-para-controle-de-temperatura/> (Acesso em setembro 2024).
- [4] Aarti Rao Jaladi, Karishma Khithani, Pankaja Pawar, Kiran Malvi, and Gauri Sahoo. Environmental monitoring using wireless sensor networks(wsn) based on iot. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(1):1371–1378, 2017.
- [5] Hugo Moraes, André Hirosaki, and André Cristo. $Icc035_{t_{epvi_{iot}}}$, 2024.
- [6] Silvia Liberata Ullo and G. R. Sinha. Advances in smart environment monitoring systems using iot and sensors. *Sensors*, 20(11), 2020.