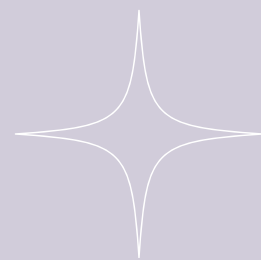


ENTREGA

FINAL

PROJETO DE CALIBRAÇÃO DE SENSOR

AUTORAS: JULIANA DE SOUZA BISPO & SOFIA VICTÓRIA BISPO DA SILVA



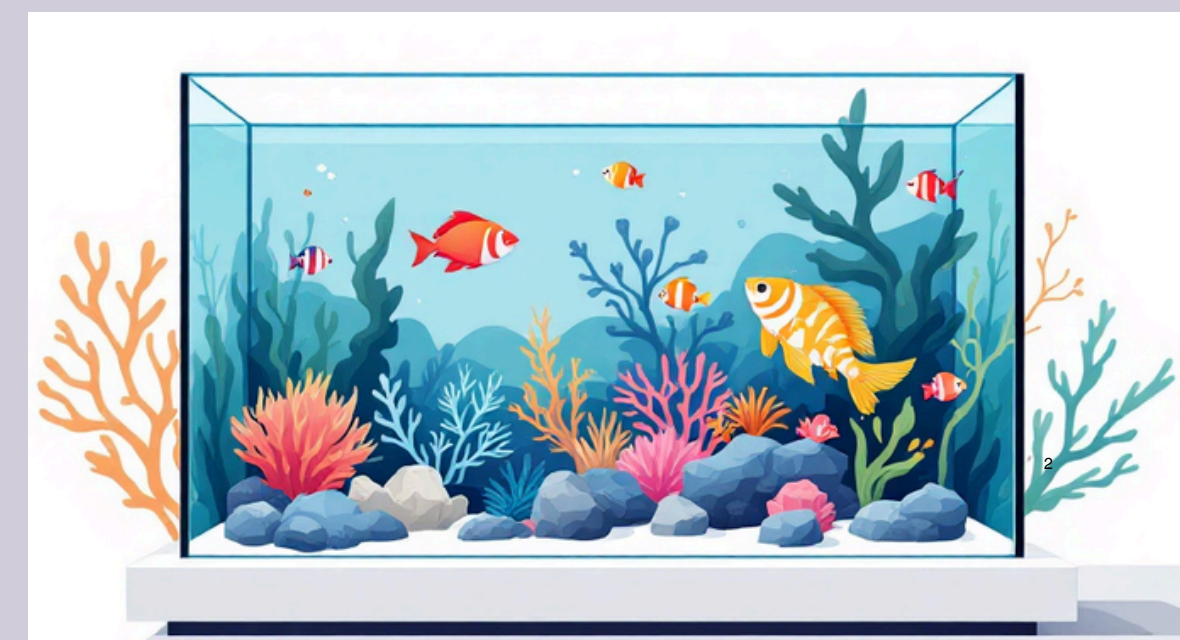
UNB - FCTE

Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO

A medição precisa de temperatura é crucial em diversas áreas, da automação industrial à medicina e monitoramento ambiental. A confiabilidade dos dados é vital para segurança e eficiência.

A motivação prática deste trabalho é o monitoramento térmico de aquários e ecossistemas aquáticos, onde a estabilidade da temperatura é essencial para a saúde de peixes e corais, que não toleram variações superiores a 5°C.





UNB - FCTE

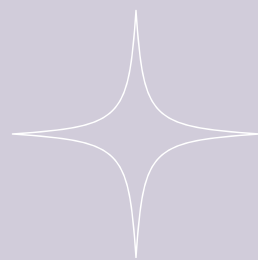
Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

SENSOR ESCOLHIDO: DS18B20



Por que o DS18B20?

- Waterproof: Encapsulamento em aço inox ideal para imersão contínua
- Digital (1-Wire): Comunicação robusta sem necessidade de conversores ADC externos.
- Custo-benefício: Acessível para projetos de monitoramento distribuído.



Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

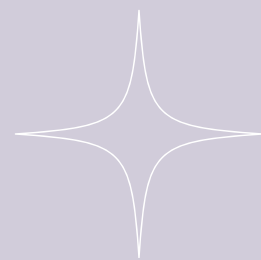
UNB - FCTE

REFERÊNCIA

Termômetro Digital TP101

- Faixa de Medição -50°C a $+300^{\circ}\text{C}$ / -58°F a $+572^{\circ}\text{F}$;
- Resolução: $0.1^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$;
- Exatidão: $(\pm 1^{\circ}\text{C})$ para a faixa $(-20$ a $80^{\circ}\text{C})$;





UNB - FCTE

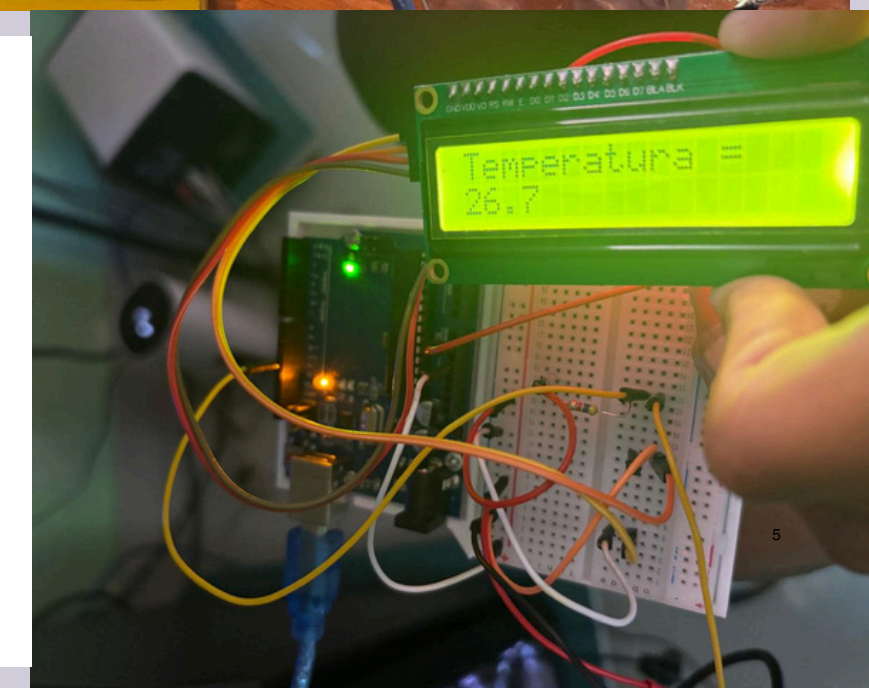
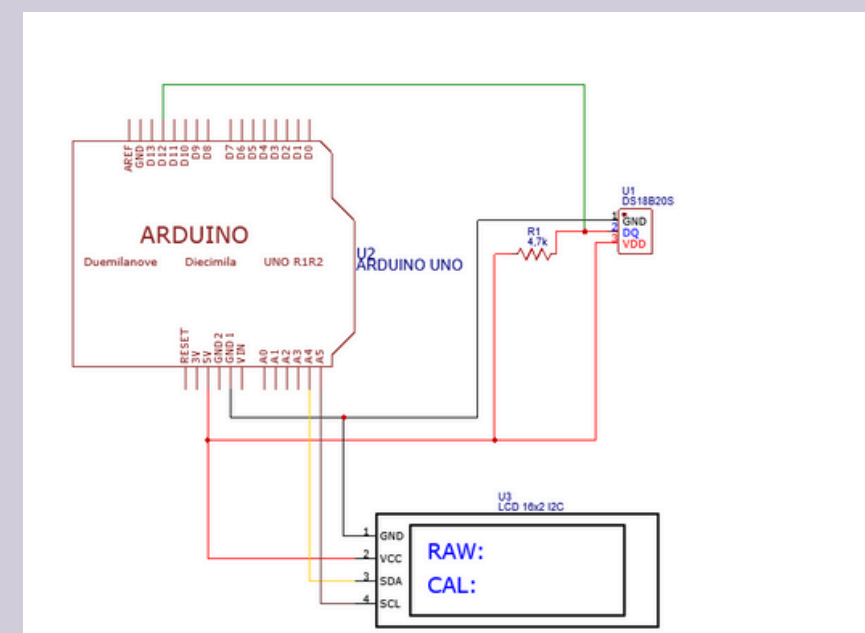
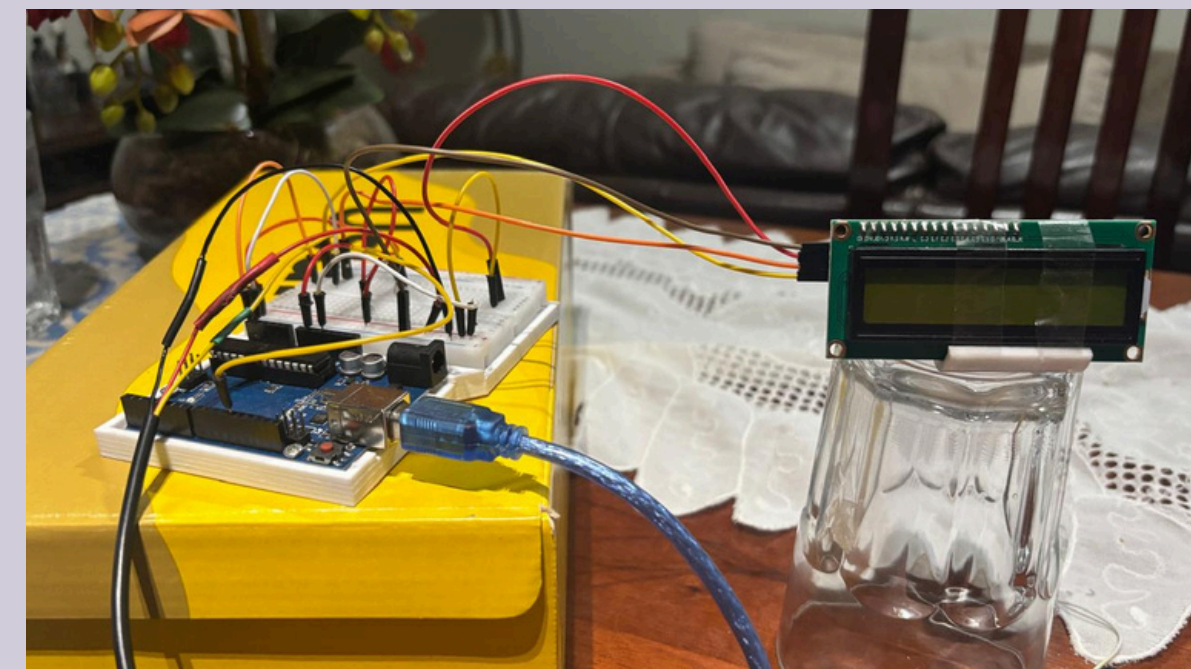
Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

IMPLEMENTAÇÃO DO HARDWARE

ARQUITETURA DO SISTEMA

O circuito foi desenvolvido utilizando a plataforma Arduino Uno como unidade de processamento.

- Resistor Pull-up: 4.7k Ω (Essencial para o barramento de dados).
- Interface Visual: Display LCD 16x2 via protocolo I2C.
- Conexão: Pino D12 para dados do sensor.





UNB - FCTE

Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE

Comparativo lógico entre a versão de teste e a versão final compensada

Código 1: Leitura Simples

```
// Variáveis globais
float temperatura = 0.0;

void setup{
  //Define resolução do sensor
  sensor.setResolution(enderecoSensor, 12);
  lcd.clear();
}

void loop() {
  //Solicita leitura de temperatura
  sensor.requestTemperatures();
  temperatura = sensor.getTempC(enderecoSensor); //Lê temperatura

  // Armazena valor bruto
  temperatura = sensor.getTempC(addr);

  // Mostra no LCD
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0); // Coluna 0, linha 0
  lcd.print("Temp: ");
  lcd.print(temperatura,1); // Busca temperatura para dispositivo
  lcd.print((char)223); // Símbolo de grau
  lcd.print("C");
}
```

Código 2: Com calibração

```
// Coeficientes da Regressão Linear
const float M = 1.0357;
const float B = -0.9344;

/**
 * float aplicarCalibracao(float leituraBruta) {
 *   // T_corrigida = m * T_bruta + b
 *   return (M_COEFICIENTE * leituraBruta) + B_COEFICIENTE;
 * }
 */

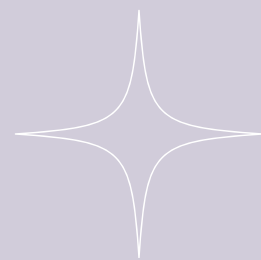
void setup{
  // Define resolução do sensor
  sensor.setResolution(enderecoSensor, 12);
  lcd.clear();
  Serial.println("Calibracao Aplicada: T_corr = 1.0357 * T_bruta - 0.9344");
}

void loop() {
  sensor.requestTemperatures(); // Solicita leitura de temperatura
  temperatura_bruta = sensor.getTempC(enderecoSensor); // Lê temperatura

  // --- PASSO PRINCIPAL: APLICAÇÃO DA CALIBRAÇÃO ---
  temperatura_calibrada = aplicarCalibracao(temperatura_bruta);

  // Mostra no LCD
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0); // Coluna 0, linha 0
  lcd.print("T Bruta: ");
  lcd.print(temperatura_bruta,1); // Busca temperatura bruta
  lcd.print("C");

  lcd.setCursor(0,1); // Coluna 0, linha 1
  lcd.print("T Calibrada: ");
  lcd.print(temperatura_calibrada,1); // Busca temperatura calibrada
  lcd.print((char)223); // Símbolo de grau
  lcd.print("C");
}
```

UNB - FCTE

Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

METODOLOGIA DE CALIBRAÇÃO

1. Preparação dos Recipientes

- Três copos com água em diferentes condições térmicas:
 - Temperatura ambiente
 - Água gelada do filtro
 - Água aquecida

2. Inserção dos Sensores

- Sensores DS18B20 e TP101 imersos simultaneamente em cada copo.

3. Estabilização das Leituras

- Leitura registrada a cada 1 minuto.

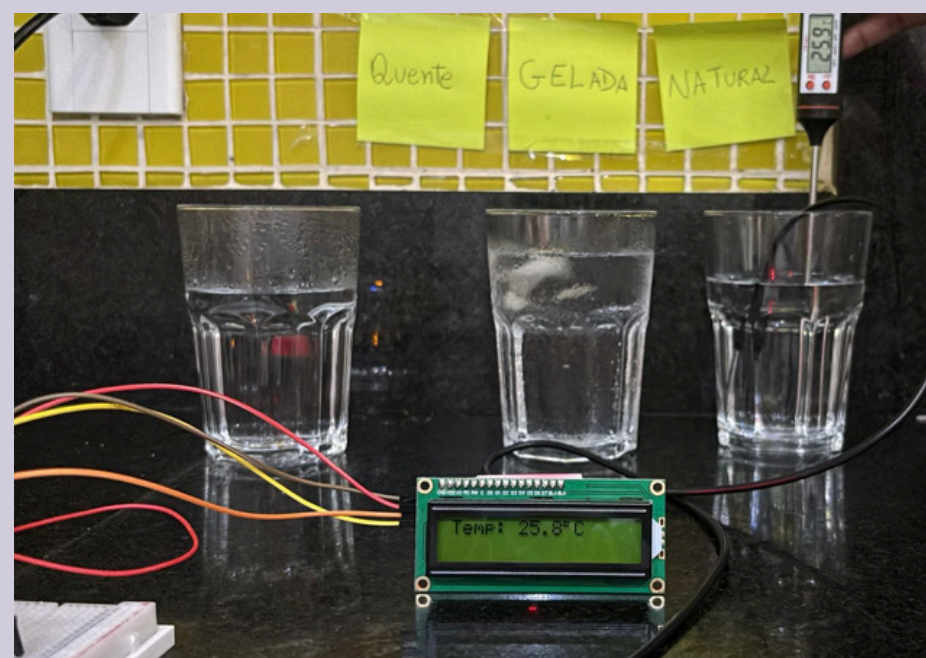
4. Intervalo entre Medições: Os sensores foram retirados e deixados em repouso por 10 minutos para retornarem à temperatura ambiente.

5. Repetição do Procedimento

- O processo foi repetido para os três copos de água, assegurando dados consistentes.

6. Registro e Análise

- Medições dos sensores DS18B20 e TP101 registradas na Tabela.
- Cálculo da porcentagem de erro do sensor.



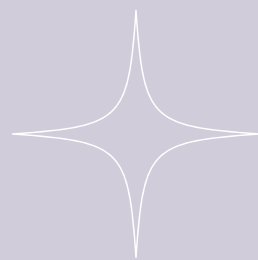


RESULTADOS PRÉ-CALIBRAÇÃO

Dados coletados comparando a leitura bruta do sensor com a referência.

Condição	Referência TP101 (°C)	Sensor DS18B20 (°C)	Erro Relativo (%)	Desvio (°C)
Água Fria	4.66	5.46	17.16%	-0.8
Natural	26.80	26.70	0.37%	0.1
Quente	70.13	68.63	2.13%	1.5

Nota-se um erro significativo nas extremidades da faixa de operação.



UNB - FCTE

Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS

Foi aplicada Regressão Linear (Mínimos Quadrados):

$$T_{\text{corrigida}} = 1.0357 \cdot T_{\text{sensor}} - 0.9344$$

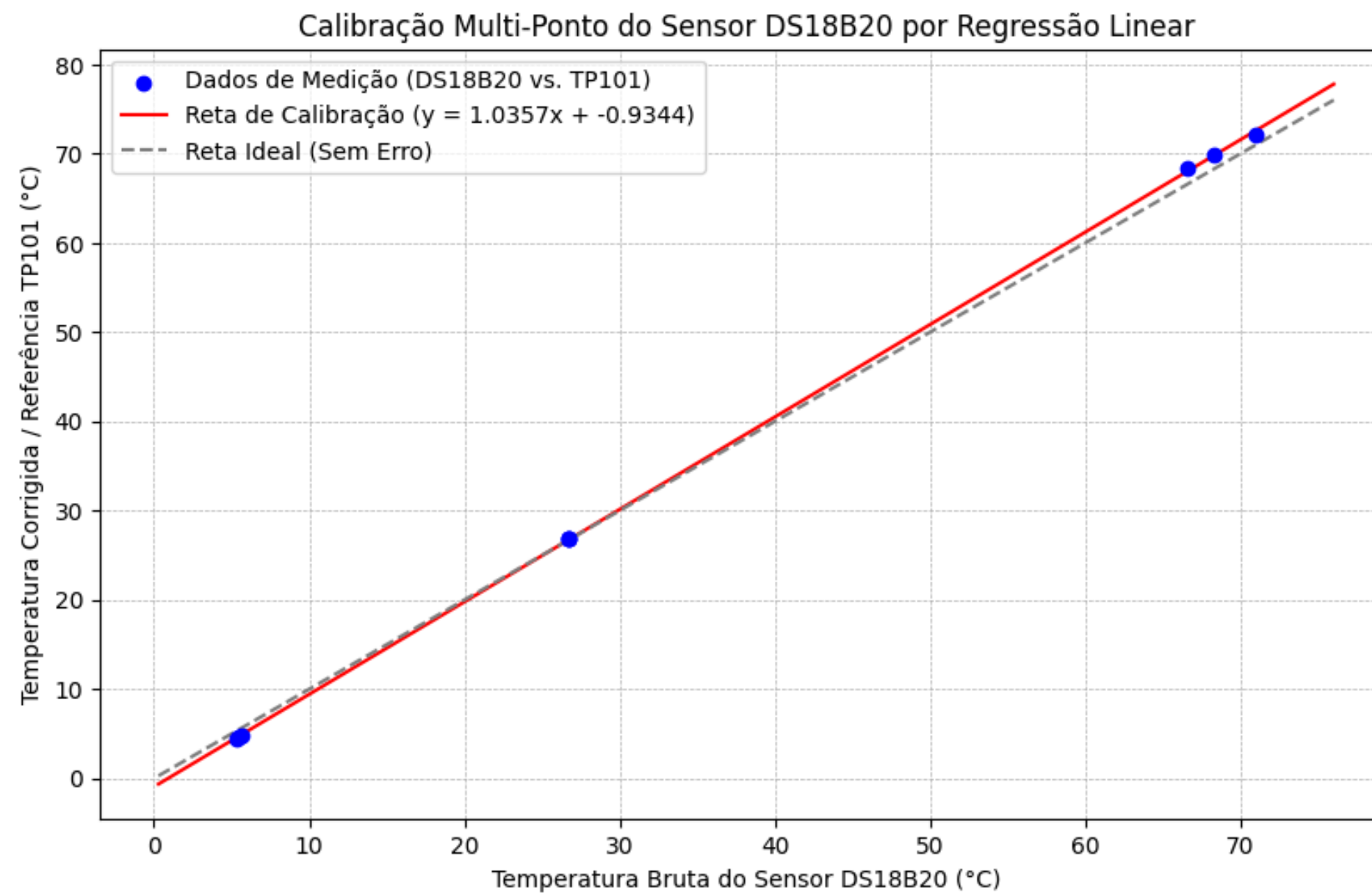
- Obtida via script Python
- Ajuste reduz tendência de erro em altas/baixas temperaturas



UNB - FCTE

Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

CURVA DE CALIBRAÇÃO





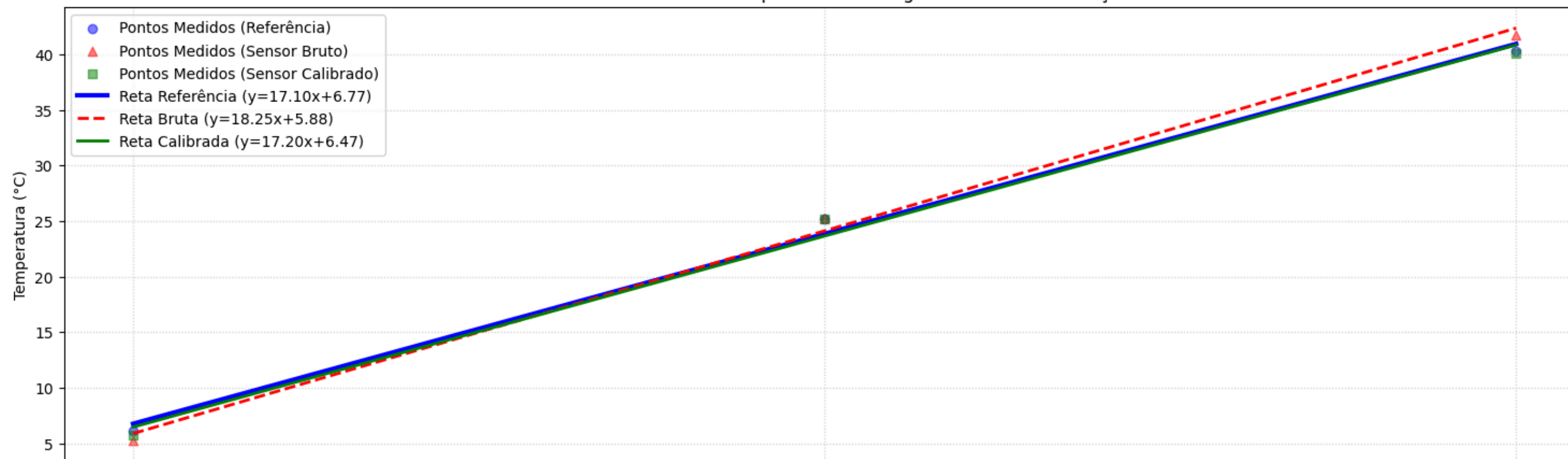
UNB - FCTE

Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

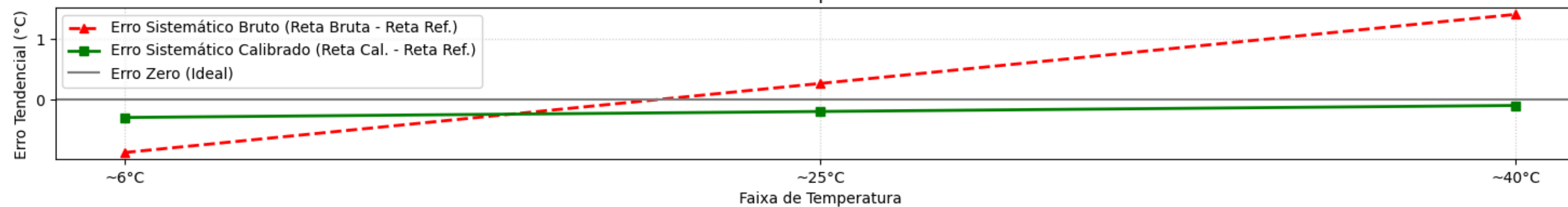
IMPLEMENTAÇÃO DE COMPENSAÇÃO

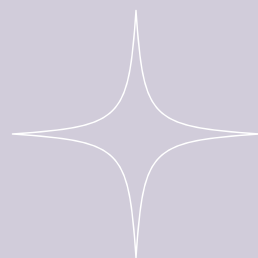
Análise de Tendência e Erro Sistemático do Sensor de Temperatura

Retas de Tendência de Temperatura ao Longo das Faixas de Medição



Erro Sistemático Calculado a partir das Retas de Tendência





UNB - FCTE

Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

RESULTADO DA COMPENSAÇÃO

Condição	Referência TP101 (°C)	CALIBRADO	DESCALIBRADO
Água Fria	6.1	5.7	5.3
Natural	25.2	25.2	25.3
Quente	40.3	40.2	41.8
Desvio Médio	-----	0.20	0.85



Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

UNB - FCTE

DISCUSSÃO

- Sensor apresentou erro maior nas temperaturas extremas
- Compensação corrigiu erro
- Método de comparação direta com TP101 foi eficaz
- Repetição garantiu boa confiabilidade



UNB - FCTE

Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

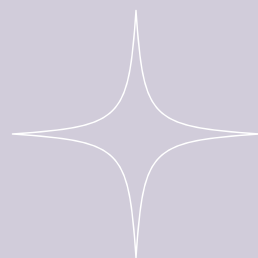
CONCLUSÕES E MELHORIAS FUTURAS

Conclusões

- Sistema completo montado e validado
- Calibração + compensação melhoram fortemente o desempenho
- Sensor atende à aplicação de monitoramento de aquários

Melhorias Futuras

- Envio de dados para nuvem com ESP32
- Alerta de temperatura crítica



UNB - FCTE

Faculdade Ciências e Tecnologia em Engenharia

DEMONSTRAÇÃO DO SENSOR

