



# ANÁLISE E INTEGRAÇÃO DE SENSORES PARA MONITORAMENTO DE BIOPROCESSOS BASEADO EM ARDUÍNO E LÓGICA FUZZY

## Autores

Rostam Monteiro Lôbo Souza da Silva  
Rodrigo de Paula Monteiro (Orientador)

## Afiliações

Escola UNICAP ICAM TECH - Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP) Rua do Príncipe, 526, Boa Vista Recife, Pernambuco, Brasil

## 1 Introdução

Os biorreatores são recipientes passíveis de monitoramento e análise de parâmetros, como temperatura, pH e dióxido de carbono (CO2), entre outros. Contudo, esses dispositivos geralmente apresentam custos elevados, podendo chegar até 90 mil reais em alguns casos. Portanto, no presente trabalho, foi feita a utilização de sensores de baixo custo associados ao microcontrolador Arduino UNO e ao sistema de inferência fuzzy (SIF). O objetivo é reduzir o custo e facilitar a aquisição de simulações para o monitoramento de bioprocessos de temperatura, pH e dióxido de carbono.

## 2 Objetivo

- **Geral** - O estudo tem como objetivo montar, avaliar e testar protótipos com sensores de baixo custo e aplicar técnicas de lógica fuzzy para o monitoramento de bioprocessos.

### • Específicos

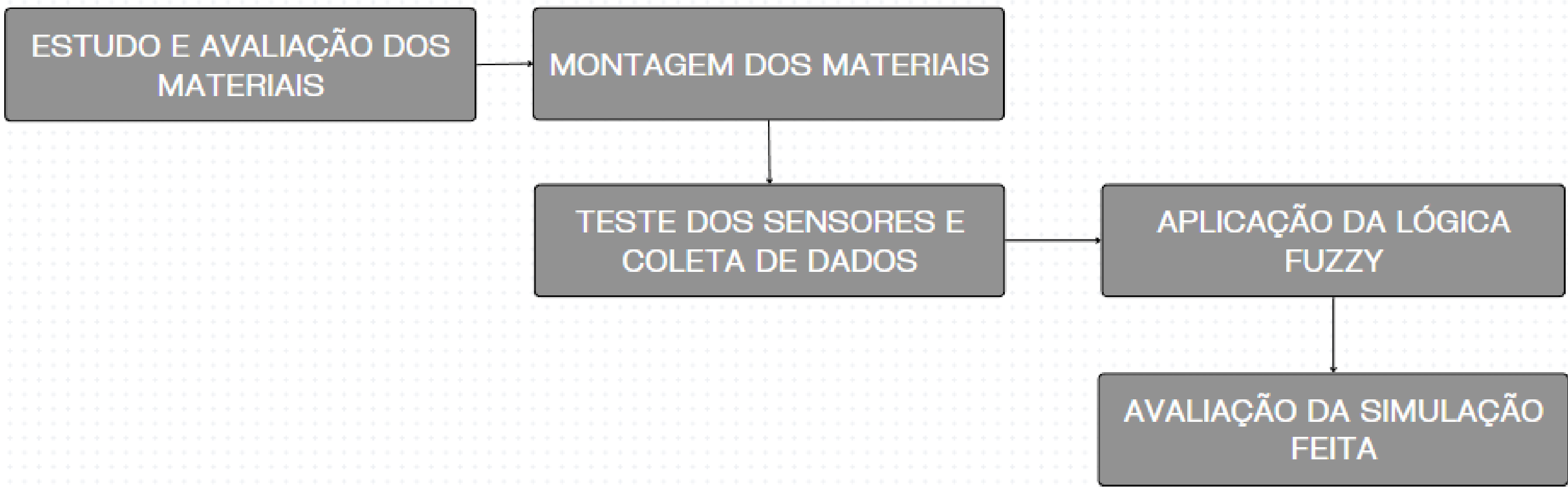
- Conectar e configurar individualmente a fiação dos sensores ao Arduino.
- Programar os sensores.
- Testar os sensores.
- Programar o Arduino com as regras de inferência fuzzy.
- Testar os sensores após as aplicação da lógica fuzzy.

## 3 Metodologia

Para avaliar se a hipótese feita no trabalho é uma análise precisa e eficaz, faz-se necessário garantir alguns passos para tal, como mostra o fluxograma ao lado.:

1. Estudo e avaliação dos materiais: Foi realizado o estudo e avaliação dos materiais, levando em consideração a viabilidade econômica do projeto (imagem logo abaixo do fluxograma).
2. Montagem dos Materiais: Foi realizada a montagem dos protótipos utilizando os sensores e o microcontrolador Arduino UNO. Durante esse processo, foi feita a organização da fiação, programação e montagem correta dos sensores.
3. Teste dos Sensores e coleta de dados: Após a montagem e programação dos sensores com o Arduino, foram testados os fluxos básicos de cada sensor para garantir a estabilidade e o poder de análise dos mesmos. Com isso, foi possível obter os dados gerados nos testes.
4. Aplicação da lógica Fuzzy: Com os protótipos testados, foi realizada a aplicação da lógica fuzzy. Nessa etapa, são executados os passos de fuzzificação e inferência utilizando a plataforma de simulação de dados do Toolbox Fuzzy do MATLAB.
5. Análise dos resultados: Após a fuzzificação e a criação das regras de inferência, é realizado o método de defuzzificação. Nesse estágio, é possível analisar a superfície gráfica e os resultados fornecidos pela Toolbox Fuzzy do MATLAB. Os resultados são comparados com a codificação do sensor aplicada juntamente com as regras de inferência, verificando se os dados são compatíveis ou não.

Após a conclusão de todos os passos e com os gráficos e análises dos dados em mãos, podemos determinar se os sensores foram eficazes no processo de monitoramento de bioprocessos.



	Modelo	Tensão	Precisão	Tempo de resposta	Preço
Sensor De Temperatura DS18B20	DS18B20	3.0-5.5V±0.1V	±0.5°C na faixa de -10 a +85°C	<750ms	R\$: 15
Sensor De Gás MQ-135	PH-4502C	5.0V±0.1V	10 ~ 1000ppm	1s	R\$: 25
Sensor De ph ph-4502c	MQ-135	5V ±0.2V	0,00 ~ 14,00 pH	5s	R\$: 60
Kit Arduino	ARDUINO UNO	5.0V	Velocidade do Clock: 16MHz		R\$: 63
Total					R\$:163

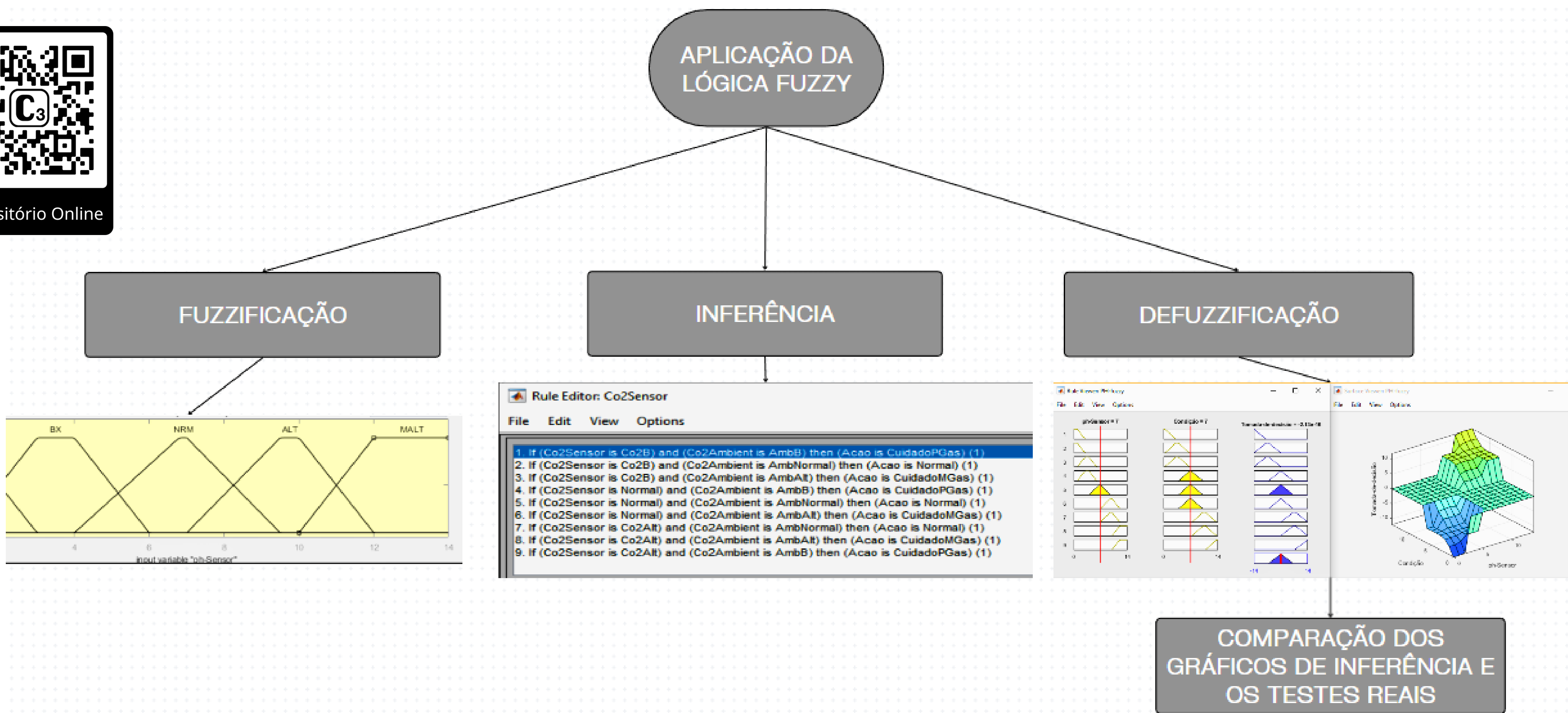
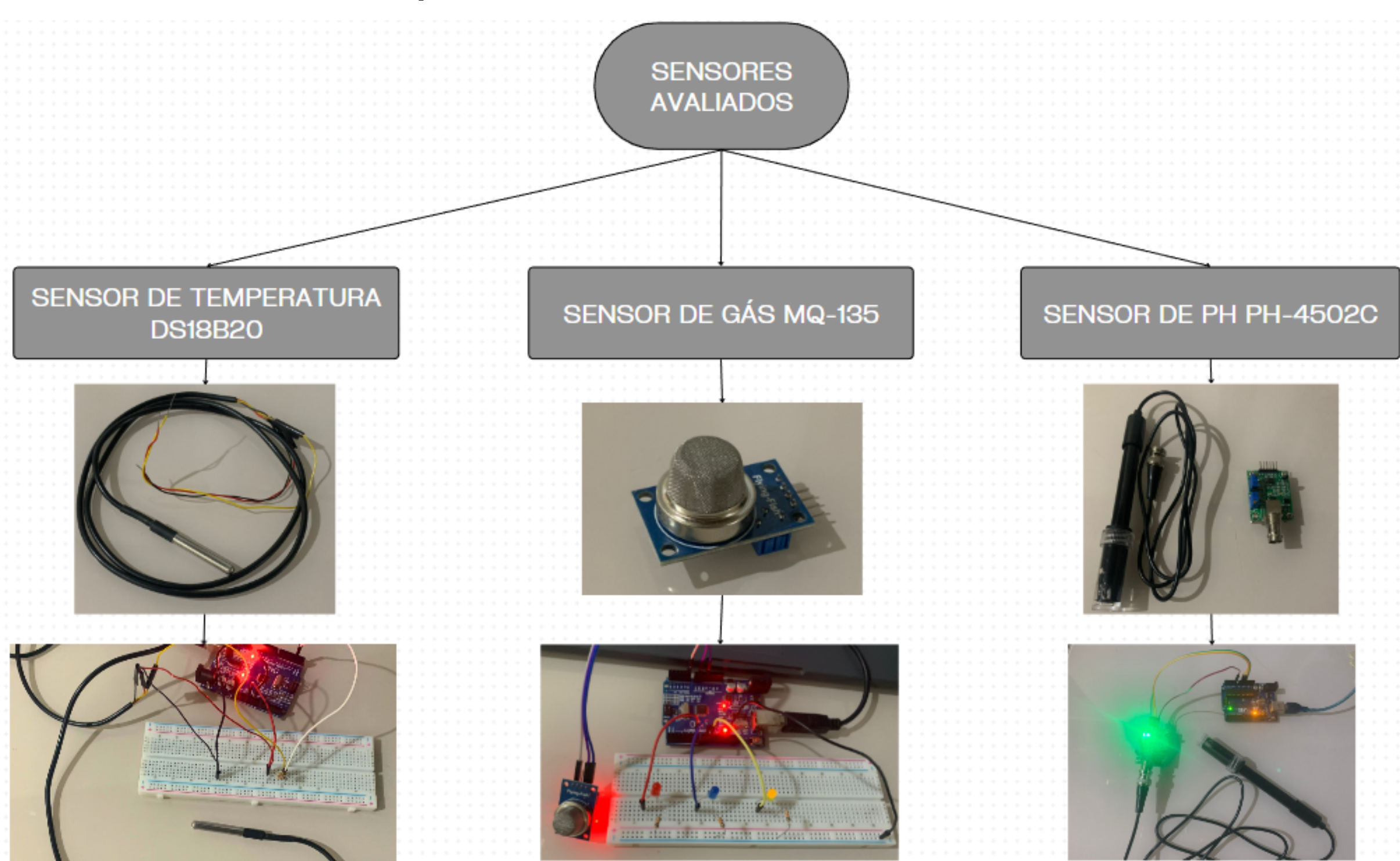
## 4 Resultados

Os testes realizados nos sensores seguiram um critério de avaliação, no qual cada um passou por uma análise individual. Isso foi feito para garantir o poder de avaliação do meio em que estão coletando os dados. O código dos sensores, imagens da aplicação dos testes e mais informações podem ser encontrados no QR code abaixo.

No processo de aplicação da lógica fuzzy, temos três níveis de aplicação: fuzzificação, inferência e defuzzificação. Em seguida, é feita a comparação dos dados reais com os dados fornecidos pela simulação da aplicação da lógica fuzzy no Toolbox do MATLAB. Para obter informações e imagens mais detalhadas, consulte o QR code abaixo.



Repositório Online



## 5 Conclusão

- Este trabalho analisou a integração de sensores para monitoramento de bioprocessos utilizando Arduino e lógica fuzzy.
- O sistema implementado permitiu a coleta de dados em tempo real de diferentes sensores e a aplicação da lógica fuzzy para tomar decisões precisas.
- Os testes realizados foram bem-sucedidos, demonstrando a eficácia e viabilidade dessa abordagem que ficou num total de 163 reais.
- Em trabalhos futuros, pretende-se implementar e integrar os sensores utilizados na pesquisa(temperatura, ph e dióxido de carbono) com os de pressão e turbidez em um biorreator de vidro de 5 litros, com um volume útil de 4 litros, operando em condições que visem a criação de uma rede neural para a operação automática do sistema operando com arduino e lógica fuzzy.