

Relatório de Projeto de Sistemas Operacionais Embarcados

Lucas Guimarães Borges
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Brasília

Ryan Augusto Brandão Salles
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Brasília

Resumo—O resumo deve ressaltar o objetivo, o método, os resultados e as conclusões do documento. A ordem e a extensão destes itens dependem do tipo de resumo (informativo ou indicativo) e do tratamento que cada item recebe no documento original. Não separe o texto do resumo em parágrafos.

I. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira desempenha um papel estratégico na economia nacional, sendo responsável por aproximadamente 23,2% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2024 [1]. No DF, em 2024, segundo dados de Dataviva, cerca de 21% das exportações estaduais foram produtos agrícolas [2]; uma participação econômica significativa, possivelmente apontando que uma otimização do modelo de produção adotado poderia beneficiar não só os produtores, mas o restante da sociedade. A figura 1 apresenta as exportações econômicas do Distrito Federal de forma gráfica para melhor análise.

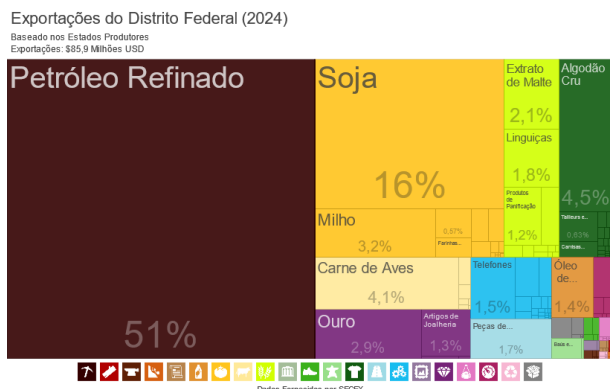


Figura 1. Adaptado de Dataviva (2025) [2].

Segundo a revisão bibliográfica realizada por Tschiedel e Ferreira, a agricultura de precisão é uma filosofia de gerenciamento de um campo agrícola que busca otimizar a produção utilizando sensores para obter dados sobre o clima e a terra e subsequentemente aumentar a capacidade do administrador de aplicar os insumos de forma correta, ou seja, onde são mais necessários para sustentar a produção [3]. A partir dessa definição, é possível correlacionar o entendimento do clima de uma determinada região.

Uma breve pesquisa acerca das propostas do mercado para a obtenção de leituras meteorológicas locais revela que as soluções de estante tem um grande enfoque na obtenção dos dados, todavia falhando em prover análises mais detalhadas de possíveis mudanças temporais ou emitir alertas para seus

usuários, apresentando um vácuo tecnológico capaz de ser explorado. A solução mais comum encontrada pela equipe pode ser exemplificada pelo modelo FT0350 da Gevanti [4], uma estação meteorológica que possui sensores para coleta de dados e um display para apresentação dos dados imediatamente coletados, todavia carece de uma forma de reter esses dados e analisá-los.

O objetivo do trabalho apresentado por meio desse relatório é o projeto e execução de um protótipo de sistema computacional integrado com sensores capazes de prover análises simples para seu usuário utilizando técnicas de machine learning, tais como redes neurais. Em outras palavras, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma estação meteorológica compacta para os fins de coleta e análise de dados, capaz de comunicar ao usuário final do sistema possíveis alertas e resultados. Além de já demonstrar resultados em outras áreas, segundo a revisão bibliográfica realizada por Benos et. al., redes neurais aplicadas a um ambiente rural aparentam ser um tópico em constante progresso [5], permitindo uma oportunidade de estudo de vantagens e dificuldades apresentadas durante o desenvolvimento do sistema pretendido.

Para esse fim, será utilizado o SoC (System on a Chip) Raspberry Pi 3 Modelo B [6] e sensores específicos a serem detalhados posteriormente na lista de materiais, capazes de coletar dados climáticos e ambientais voltados para a aplicação agrícola. Além disso, o sistema incorpora um modelo de inteligência artificial que processa os dados localmente e envia os resultados para um servidor local, possibilitando a visualização em dashboards interativos.

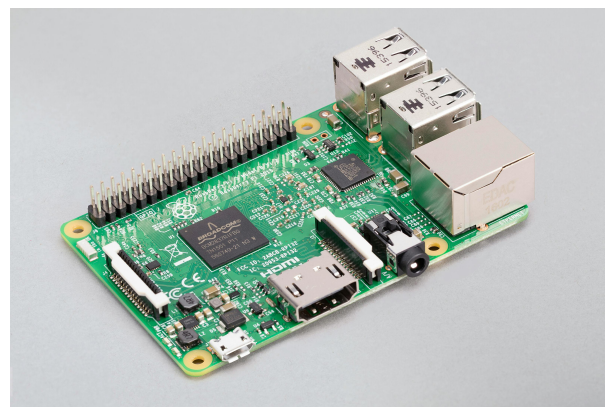


Figura 2. Raspberry Pi 3 Modelo B [6].

II. SOLUÇÃO PROPOSTA

A. Descrição de hardware

Nesta Subseção, apresente as informações necessárias para se replicar o *hardware* desenvolvido neste trabalho. Justifique suas escolhas, explicando tudo textualmente, e inclua:

- Uma **lista de materiais** (BOM, do inglês *bill of materials*) com os componentes necessários para a montagem do circuito [7].
- Um **diagrama de blocos**, que fornece uma visão geral de como os circuitos discretos de um dispositivo ou sistema interagem. Os circuitos são representados por blocos, e suas relações são indicadas por linhas de interconexão, às vezes com setas [8].
- Um ou mais **diagramas esquemáticos**, que incluem todos os componentes de um circuito, com cada componente tendo seu próprio símbolo específico [9].

A fim de obter uma solução mínima, todavia com todas as capacidades necessárias para concluir os objetivos traçados ao longo da introdução, o sensor BME280 foi escolhido com base em suas capacidades e o custo benefício apresentado.

Após uma breve análise da especificação técnica do sensor, foi determinado que ele será capaz de operar nos ambientes propostos, bem como exposto ao ar livre sem apresentar riscos a sua operação. Capaz de comunicação por meio de protocolo I2C ou SPI, o sensor provê leituras de temperatura, umidade e pressão com resolução adequada ao conjunto de dados disponível em domínio público por meio do INMET[10], que disponibiliza suas leituras em ponto flutuante de 2 casas decimais. Ademais, o componente possui documentação suficiente na comunidade de usuários do Raspberry Pi para que seja possível o desenvolvimento do software sem a necessidade de manualmente escrever a interface, sendo meramente necessário conectar o sensor corretamente.

A fim de controlar o sensor, guardar leituras, calcular médias e executar um modelo de aprendizado de máquina, será utilizado o SoC Raspberry Pi 3 Model B (RPI3B) [6], o qual, considerando que foi provido como empréstimo pela instituição, não aparecerá na BOM. O RPI3B possui um processador ARM com 4 núcleos, que serão utilizados para prover poder de multiprocessamento suficiente para sustentar uma solução de software que utilize largamente as capacidades do sistema simultaneamente possibilitando não necessitar de mais periféricos e possibilitando que o usuário utilize um aparelho celular ou computador para monitorar o funcionamento do sistema, contanto que tenha acesso à internet. Em outras palavras, a interface humano-computador será realizada por meio de um site. No mais, as necessidades de armazenamento do sistema são supridas facilmente por um cartão SD, o qual também foi obtido por meio de empréstimo com a instituição.

Em termos de memória provida pelo sistema, o SoC conta com 1Gb de RAM, suficiente para carregar um interpretador Python com modelos de análise computacional

periodicamente para prover análises mais detalhadas da evolução da temperatura com o passar do tempo e/ou carregar o servidor, que será descrito em detalhes na seção de proposta de software.

A figura 3 apresenta um esquemático de circuito de como a conexão foi realizada entre o SoC e o sensor e a tabela I apresenta a Lista de Materiais utilizada pelo projeto.

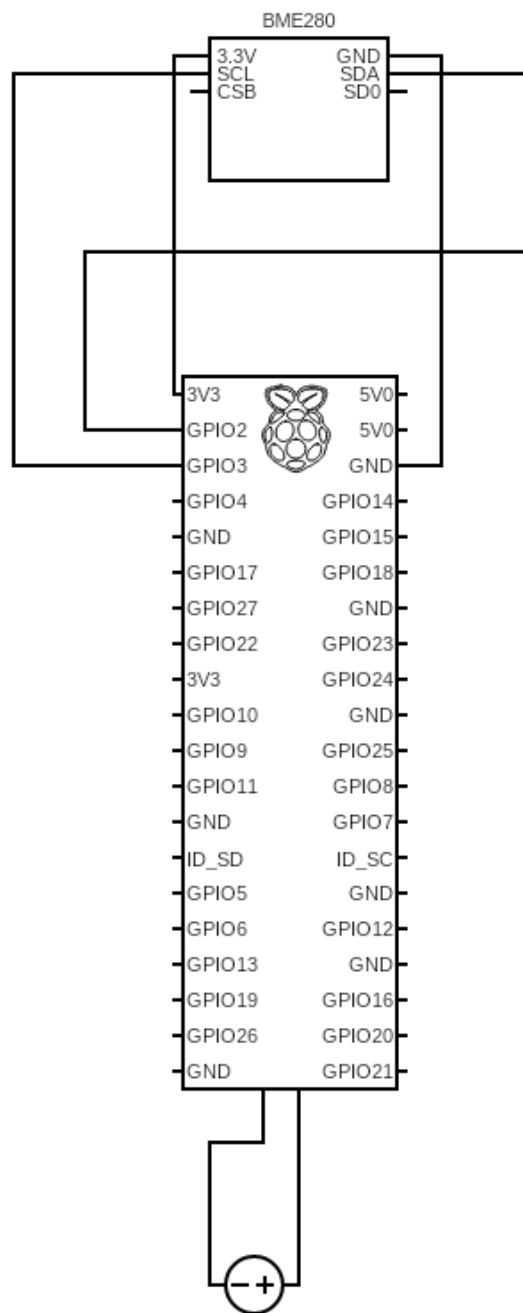


Figura 3. Esquemático de conexão do RPI3B com o sensor BME280

Por fim, a Figura 4 apresenta o diagrama de blocos do

Tabela I. LISTA DE MATERIAIS.

Componente	Preço unitário	Quantidade
Módulo Sensor BME280	R\$ 52,90	1
Cabo Jumper Fêmea/Fêmea	R\$ 0,20	4
Total	R\$ 53,70	

sistema, representando os principais componentes de hardware que serão utilizados para correto e completo funcionamento.

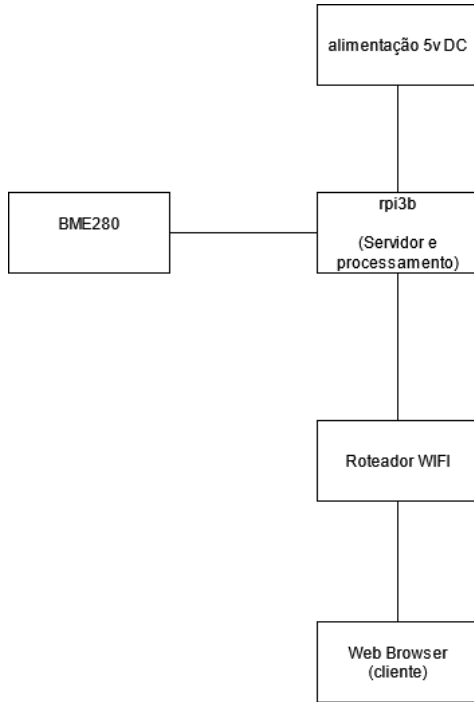


Figura 4. Diagrama de blocos do sistema proposto

B. Descrição de software

O software funciona como uma estação meteorológica baseada no sensor BME280, integrada a um Raspberry Pi através de comunicação I2C. O processo inicia com a inicialização do barramento e a calibração do sensor, realizando leituras periódicas em uma thread dedicada para não bloquear o servidor web. Os dados coletados passam por validação, sendo posteriormente enviados para um sistema de inteligência artificial em desenvolvimento, responsável por análises preditivas e detecção de padrões climáticos. O sistema mantém os últimos valores em cache, registra logs de eventos e erros, e expõe uma API REST em JSON, facilitando a integração com aplicações externas.

Além disso, conta com um dashboard web desenvolvido em HTML5, CSS e JavaScript, permitindo ao usuário visualizar informações e a coleta de dados. A aplicação é executada como um serviço systemd, configurado para iniciar automaticamente. Por fim, sua arquitetura é baseada em threads, onde a principal executa o servidor Flask responsável pelas requisições HTTP, enquanto uma thread secundária realiza a coleta contínua dos dados do sensor.

A fim de prover um esquema de processamento de dados mais completo, foi proposto um modelo de rede neural recorrente (RNN). Esse tipo de rede possui como vantagem permitir

que os valores de saída sejam capazes de afetar os demais. Por exemplo, um determinado valor de saída 1 poderá afetar o valor 2, o 2, o 3 e assim por diante, tal como apresentado no diagrama da Figura 5. Idealmente, esse modelo de rede neural permitirá que o estado anterior da temperatura seja capaz de afetar os próximos resultados, todavia, caso a performance não esteja como esperada, o modelo será alterado ou descartado em favor de outros tipos, tais como um modelo convolucional.

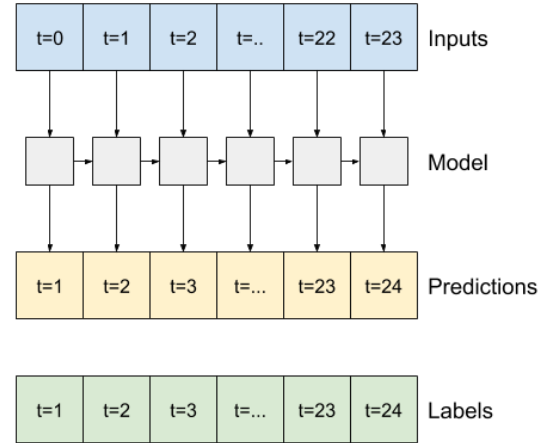


Figura 5. Fonte: adaptado de GOOGLE(2025)[11]

Idealmente, levando em consideração que os dados disponíveis em domínio público possuem granularidade de apenas hora em hora, totalizando 24 medições diárias, é possível que o modelo será ativado para processamento apenas uma vez por hora, permitindo que mais que um modelo utilize o tempo de processamento ocioso.

1) *Coleta de Dados:* A coleta de dados é realizada através de comunicação I2C com o sensor BME280, utilizando uma taxa de amostragem configurável de 60 segundos por padrão:

- **Inicialização I2C:** O sistema tenta estabelecer comunicação no endereço padrão 0x76
- **Calibração do sensor:** Carregamento dos parâmetros de calibração específicos do chip BME280
- **Validação da conexão:** Leitura de teste para confirmar o funcionamento adequado do sensor
- **Loop de coleta:** Execução em thread separada para não bloquear o servidor web

2) *Processamento de Dados:* Os dados coletados passam por um pipeline de processamento que incluirá filtragem e processamento por modelo de rede neural:

- **Validação inicial:** Verificação de integridade dos dados recebidos do sensor
- **Processamento por rede neural:** Os dados processados serão enviados para um modelo em desenvolvimento para análise preditiva e detecção de padrões climáticos

3) Armazenamento e Transmissão:

- **Armazenamento em memória:** Cache dos últimos valores para acesso via API REST
- **API REST:** Endpoints padronizados (/api/data, /api/status) para integração com sistemas externos

4) Interface com o Usuário:

- **Dashboard web:** Interface HTML5/CSS/JavaScript
- **Controle dos sensores:** Botões para iniciar/parar coleta de dados

5) Inserção no Sistema Operacional:

- **Serviço systemd:** Criação de serviço nativo (bme280-station.service) para inicialização automática

O instalador automatizado (install.py) configura todas as dependências, permissões e serviços necessários.

6) Arquitetura de Threads:

- **Thread principal:** Servidor Flask para requisições HTTP
- **Thread de coleta:** Loop independente para leitura do sensor

O fluxograma do software descrito pode ser visualizado na figura 6. Os códigos podem ser encontrados no seguinte repositório: github.com/lcsgborges/Trabalho-SOE-2025.2.

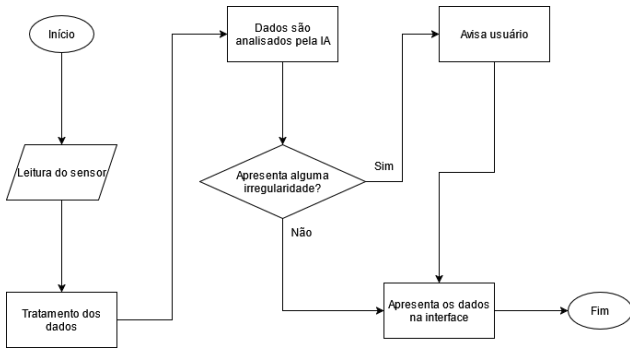


Figura 6. Fluxograma do software

III. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os experimentos deverão validar o funcionamento do protótipo desenvolvido, comparando o que se espera dele com o que foi possível alcançar. Explique os experimentos definidos, seguido de uma análise crítica dos resultados esperados e obtidos. Em caso de divergências, aponte as possíveis causas. Explique claramente tudo o que foi feito.

Serão esperados os seguintes resultados para cada ponto de controle:

- **PC1:** proposta do projeto, sem resultados práticos;
- **PC2:** funcionamento básico de cada parte fundamental, mostrando com quaisquer linguagens de

programação que é possível conectar estas partes ao Raspberry Pi;

- **PC3:** refinamento do protótipo em linguagem C/C++;
- **PC4:** refinamento do protótipo em linguagem C/C++.

Fazendo uma analogia do projeto com a montagem de um quebra-cabeças, o PC1 corresponderia à escolha do quebra-cabeças, o PC2 seria a disposição de todas as peças sobre a mesa, e os PCs 3 e 4 seriam a montagem do quebra-cabeças.

A partir do PC2, os grupos deverão apresentar em sala de aula o funcionamento atualizado do sistema, e aproveitar os resultados documentados nos PCs para compôr esta Seção na entrega final. Desta maneira, os pontos de controle indicam com clareza se o trabalho do grupo está adiantado ou atrasado em relação à Entrega Final¹.

A Tabela II apresenta a pontuação dada a cada uma das Seções e Subseções na avaliação final deste trabalho, bem como os pontos de controle onde elas serão pré-avaliadas.

Tabela II. AVALIAÇÕES DESTES TRABALHOS

Seção	Pontuação final	Pré-avaliação
Abstract	1	—
I. Introdução	1	PC1
II-A. Descrição de Hardware	2	PC2, PC3 e PC4
II-B. Descrição de Software	3	PC2, PC3 e PC4
III. Resultados Experimentais	2	PC2, PC3 e PC4
IV. Conclusões	1	—
Total	10	

IV. CONCLUSÕES

Retome sucintamente os principais pontos do relatório: descrição do problema, solução utilizada e resultados obtidos. Em seguida, revise o que se pôde aprender com este projeto, e apresente passos futuros.

REFERÊNCIAS

- [1] C. da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e Cepea/USP. (2025, Apr.) Pib do agronegócio fecha 2024 com crescimento de 1,81%. [Online]. Available: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/pib-do-agronegocio-fecha-2024-com-crescimento-de-1-81>
- [2] DataViva – Governo de Minas Gerais / Ministério da Economia. (2025) Imports/exports – tree map. [Online]. Available: https://www.dataviva.info/pt/build_graph/secex/3df/all/all?view=Imports/Exports&graph=tree_map
- [3] M. Tschiedel and M. F. Ferreira, “Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens,” *Ciência Rural*, vol. 32, no. 1, p. 159–163, Feb 2002. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000100027>
- [4] Gevanti, “Gevanti Estação Meteorológica Sem Fio, Sensor 9 Em 1 E Display Lcd.”
- [5] L. Benos, A. C. Tagarakis, G. Dolias, R. Berruto, D. Kateris, and D. Bochtis, “Machine learning in agriculture: A comprehensive updated review,” *Sensors*, vol. 21, no. 11, 2021. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/11/3758>
- [6] Raspberry Pi Foundation, “Raspberry Pi 3 Model B,” Disponível em <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b/> (04/09/2025).

¹Desenvolvendo bem os quatro PCs, o grupo poderá chegar à entrega final com pouco trabalho por fazer.

- [7] Wikipedia Contributors, “Bill of materials,” Disponível em https://en.wikipedia.org/wiki/Bill_of_materials (01/08/2025).
- [8] —, “Block diagram,” Disponível em https://en.wikipedia.org/wiki/Block_diagram (01/08/2025).
- [9] Fábio Souza, “Aprenda a interpretar um diagrama esquemático,” Disponível em <https://www.embarcados.com.br/interpretar-um-diagrama-esquematico/> (01/08/2025).
- [10] I. N. de Meteorologia. (2025, Oct.) Página principal. [Online]. Available: <https://portal.inmet.gov.br/>
- [11] Google. (2025) Time series forecasting. [Online]. Available: https://www.tensorflow.org/tutorials/structured_data/time_series

APÊNDICE

Esta seção não é obrigatória. Apêndices e anexos são materiais complementares ao texto que só devem ser incluídos quando forem imprescindíveis à compreensão deste:

- Apêndices são textos elaborados pelo autor a fim de complementar sua argumentação.
- Anexos são os documentos não elaborados pelo autor, que servem de fundamentação, comprovação ou ilustração, como mapas, leis, estatutos etc.