

# TPM-AGRO: IOT E MACHINE LEARNING APLICADOS A FAZENDAS VERTICAIS

Palavras-Chave: IOT, MACHINE LEARNING, FAZENDAS VERTICAIS

Autores:

Victor de Andrade Gomes, FEEC - UNICAMP  
Dr. Omar Carvalho Branquinho, FEEC - UNICAMP  
Prof. Dr. Paulo Cardieri (Orientador), FEEC - UNICAMP

## Introdução

É esperado que a população mundial cresça de 8 para 9,7 bilhões até 2050 [1]. Concomitantemente, será necessário um aumento na produção global de alimentos, evitando, assim crises de abastecimento. Contudo, estima-se que 98,8% das calorias consumidas na dieta humana venham de fontes cultivadas em solo [2]. Por ser um recurso finito, cujo aproveitamento não segue a mesma taxa do crescimento populacional global [2], espera-se que técnicas alternativas de cultivo sejam exploradas, de modo a otimizar colheitas e simultaneamente reaproveitar espaços físicos.

Nesse contexto, surgem as fazendas verticais - um dos ramos da agricultura urbana [3] onde há o plantio de espécies em estantes empilhadas umas sobre as outras e em ambiente controlado (incidência de luz, temperatura, umidade, pH e afins são fatores controláveis), o que otimiza o crescimento das plantas [4]. Dentre as técnicas utilizadas nas fazendas verticais, destaca-se a aeroponia (Figura 1), que consiste no cultivo de plantas sem incorporá-las no solo, onde uma solução nutritiva é aspergida em uma câmara fechada, permitindo o crescimento de raízes em suspensão [4, 5].

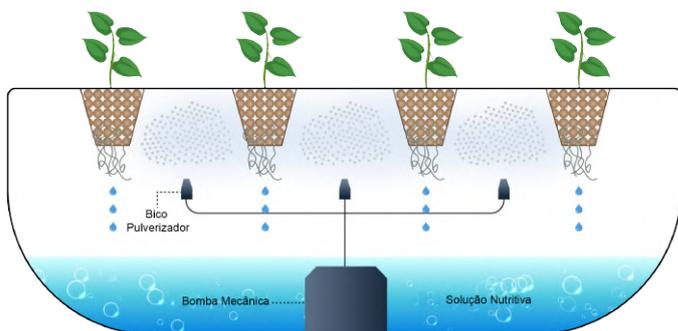


Figura 1: Diagrama de um cultivo em aeroponia. Adaptada de [6].

O cultivo de plantas em aeroponia pode reduzir o consumo de água em até 98%, nutrientes em até 50% e requer 45% menos tempo de colheita quando comparado à cultivos em agricultura convencional (plantações no solo) [7]. Ademais, elimina o uso de pesticidas e aumenta os proventos da colheita em taxas entre 45% a 75% [7]. Entretanto, a necessidade de um controle preciso do ambiente tornam a aeroponia uma solução de alto custo e restrita a pessoas com experiência técnica na área, limitando

seus impactos positivos.

Analisando o cenário externo, vê-se que a Internet das Coisas, dentre várias possibilidades, torna possível construir redes de equipamentos capazes de sentir e controlar ambientes (salas domésticas, setores fabris, fazendas, etc.) [8–10]. Ademais, técnicas de

*Machine Learning* permitem treinar modelos computacionais para gerir processos onde múltiplas variáveis influenciam o fenômeno de interesse [11].

Assim, o presente projeto propõe-se a desenvolver um sistema de controle automático e em tempo real para cultivos em aeroponia, atrelando uma rede de dispositivos *IoT* a uma solução em *Machine Learning*.

## Metodologia

O presente projeto segue a *Three-Phase Methodology* para projetos em *IoT* (TpM-Pro) [12], que segmenta o desenvolvimento de uma solução *IoT* em três fases: Compreensão do negócio, Levantamento de Requisitos e Implementação (Figura 2).

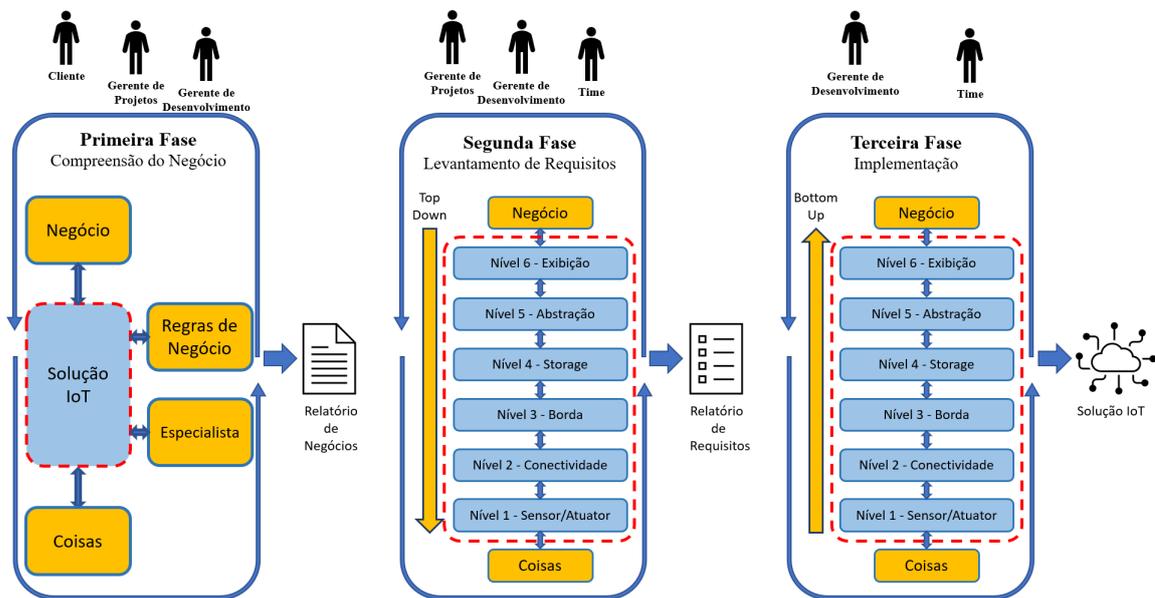


Figura 2: As três fases da TpM-Pro [13].

Na Fase 1, especialistas do Instituto Agrônômico (IAC) na área de agricultura urbana foram consultados por meio de entrevistas com intuito de levantar as necessidades, contextos e oportunidades relacionadas à integração de *IoT*, *Machine Learning* e aeroponia. Assim, foram definidas as regras da solução a ser implementada, o que deve ser monitorado, e quais requisitos devem ser atendidos, com todas essas informações sendo registradas em um documento-guia. Pensando inicialmente em uma validação básica da proposta, definiu-se que as variáveis monitoradas serão somente incidência de luz, temperatura e umidade no ambiente de cultivo. Serão controladas a incidência de luz e o bombeamento de solução nutritiva.

Na Fase 2, delimitou-se os requisitos funcionais e não funcionais do projeto, elencados para cada etapa da implementação da solução, de acordo com a TpM-Pro (Exibição, Abstração, Armazenamento, Borda, Conectividade e Sensor/Atuador). Com base em tais requisitos, definiu-se os modelos dos dispositivos a serem utilizados no projeto. Para a medição de temperatura e umidade, será utilizado o sensor DHT22. O sensor de incidência de luz será formado por um conjunto de Resistores Dependentes de Luz (*LDRs*) e o elemento de controle de luminosidade será um painel de LED. O bombeamento da solução nutritiva será feito por uma bomba d'água modelo CF-2201A da fabricante RHONDA-MAQ. Para realizar a leitura dos elementos sensores e envio do sinal de controle dos

dispositivos atuadores, escolheu-se o módulo microcontrolador Seeeduino Grove da Seeedstudio. Para conter o algoritmo de aprendizagem de máquina e definir os sinais de controle do processo, escolheu-se um Raspberry Pi. Dado o fácil acesso e rápido crescimento, o cultivo de teste escolhido é o alface. O diagrama funcional do protótipo proposto pode ser visto na Figura 3.

O sistema proposto trata-se de um processo que recebe vários dados e, com base neles, produz um sinal de saída catalogado e conhecido (ligar ou desligar o atuador em questão). Assim, o algoritmo de *Machine Learning* que melhor se aplica ao cenário é o de classificação em multi-classes (*Multi-classes classification*) para redes neurais profundas (*Deep Neural Networks, DNNs*), como já explorado em técnicas alternativas de agricultura urbana [14, 15].

Com todo o escopo definido, tornou-se possível iniciar a Fase 3, que trata da implementação física do projeto/confecção da caixa de aeroponia piloto.

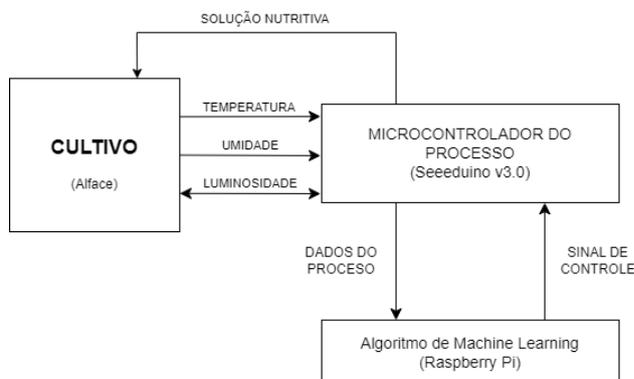


Figura 3: Diagrama funcional do protótipo proposto. Setas unidirecionais indicam envio de informação. Setas bidirecionais indicam envio e recepção de informação.

## Resultados

O dispositivo de leitura de temperatura e umidade funcionou como o esperado em testes de validação realizados fora da caixa de aeroponia (Figura 4), assim como o dispositivo de controle de luminosidade.

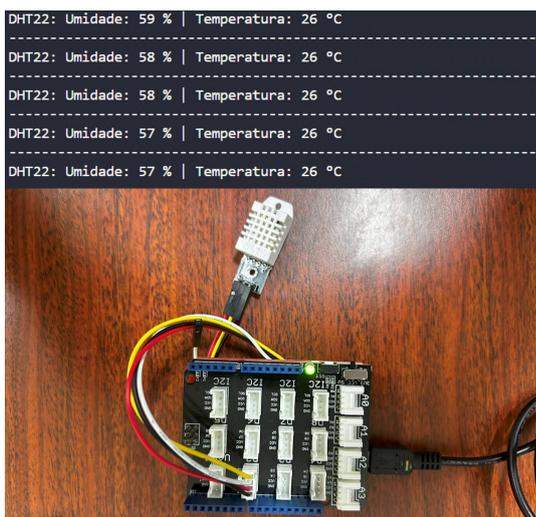


Figura 4: Exibição das leituras de temperatura e umidade. Há também uma fotografia da montagem física, composta pelo sensor DHT22 (objeto branco com pequenos furos) e a placa de desenvolvimento *Seeeduino Grove* abaixo dele.

O protótipo (Figura 5) ainda está na fase de montagem, tendo-se iniciado as instalações eletrônicas.



Figura 5: Protótipo piloto da caixa de aeroponia. Os galões na esquerda contém a solução nutritiva a ser utilizada. A caixa transparente é a caixa de Aeroponia. No interior, há o sistema de aspersão de solução nutritiva. Na lateral, está acoplada a bomba hidráulica para envio de solução nutritiva para as mangueiras de aspersão. Os potes pretos dentro da caixa são os potes de cultivo, que serão posteriormente instalados na tampa.

Como a caixa ainda está na fase de montagem, o desenvolvimento do algoritmo de *Machine Learning* ainda não foi iniciado. Contudo, a estrutura de desenvolvimento do algoritmo bem como as técnicas a serem utilizadas para o tratamento de dados e posterior classificação já foram estudadas e dominadas. Espera-se que a partir dos dados coletados, seja possível desenvolver um sistema de controle com taxa de precisão superior a 85%, similar ao observado em [15].

## Conclusões

Embora o presente projeto não esteja concluído, este segue dentro do cronograma esperado. Os sensores de temperatura e umidade apresentaram precisão e repetibilidade satisfatórias em testes contínuos de 7 horas de medição, mostrando-se suficientes para coletar os dados do ambiente. Espera-se que o treinamento do modelo de *Machine Learning* conte com mais de 3000 amostras de dados, a fim de obter-se a precisão superior a 85%. A caixa de aeroponia encontra-se 75% concluída em sua montagem mecânica. Com a conclusão deste projeto, espera-se que soluções em agricultura urbana possam ser mais difundidas, especialmente para o público geral. Contribuir com o desenvolvimento do setor de Agricultura Urbana significa fomentar ações sustentáveis para garantir a preservação dos recursos naturais (e finitos) do planeta. Empregar *IoT* e *Machine Learning* para tal, significa utilizar tecnologias computacionais como ferramentas resolutoras de problemas. Pensando nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Agenda 2030, o presente projeto encontra-se alinhado com os tópicos: (i) 2.4 e 2.a (ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável) e (ii) 9.5 e 9.b (ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura) [16].

## Referências

- [1] U. Nations, “World population prospects 2022: Summary of results,” 2022.
- [2] P. M. Kopittke, N. W. Menzies, P. Wang, B. A. McKenna, and E. Lombi, “Soil and the intensification of agriculture for global food security,” *Environment international*, vol. 132, p. 105078, 2019.
- [3] M. Bailkey and J. Nasr, “From brownfields to greenfields: Producing food in north american cities,” *Community Food Security News. Fall*, vol. 2000, p. 6, 1999.
- [4] J. Birkby, “Vertical farming. attra sustainable agriculture,” *National Center for Appropriate Technology, IP516*. <https://attra.ncat.org/attra-pub-summaries>, 2016.
- [5] H. Mytton-Mills, “Reimagining resources to build smart futures: an agritech case study of aeroponics,” *Smart futures, challenges of urbanisation, and social sustainability*, pp. 169–191, 2018.
- [6] J. Garner, “What is aeroponics? everything you need to know!,” Jul 2022.
- [7] N. Spinoff, “Progressive plant growing has business blooming,” *Environmental and Agricultural Resources. New York: NASA Spinoff*, pp. 64–77, 2006.
- [8] D. Pavithra and R. Balakrishnan, “Iot based monitoring and control system for home automation,” in *2015 global conference on communication technologies (GCCT)*, pp. 169–173, IEEE, 2015.
- [9] D. Raposo, A. Rodrigues, S. Sinche, J. Sá Silva, and F. Boavida, “Industrial iot monitoring: Technologies and architecture proposal,” *Sensors*, vol. 18, no. 10, p. 3568, 2018.
- [10] A. A. Araby, M. M. Abd Elhameed, N. M. Magdy, N. Abdelaal, Y. T. Abd Allah, M. S. Darweesh, M. A. Fahim, H. Mostafa, *et al.*, “Smart iot monitoring system for agriculture with predictive analysis,” in *2019 8th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST)*, pp. 1–4, IEEE, 2019.
- [11] K. G. Liakos, P. Busato, D. Moshou, S. Pearson, and D. Bochtis, “Machine learning in agriculture: A review,” *Sensors*, vol. 18, no. 8, p. 2674, 2018.
- [12] L. C. B. Ferreira, P. R. Chaves, R. M. Assumpção, O. C. Branquinho, F. Fruett, and P. Cardieri, “The three-phase methodology for iot project development,” *Internet of Things*, vol. 20, p. 100624, 2022.
- [13] R. Assumpção, *Didactic strategy for IoT education and integration of blockchain and smart contracts with the use of TpM*. PhD thesis, Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, 2023.
- [14] R. Rayhana, G. Xiao, and Z. Liu, “Internet of things empowered smart greenhouse farming,” *IEEE Journal of Radio Frequency Identification*, vol. 4, no. 3, pp. 195–211, 2020.
- [15] M. Mehra, S. Saxena, S. Sankaranarayanan, R. J. Tom, and M. Veeramanikandan, “Iot based hydroponics system using deep neural networks,” *Computers and electronics in agriculture*, vol. 155, pp. 473–486, 2018.
- [16] U. Nations, “The 17 goals — sustainable development,” Sep 2015.