

GERENCIAMENTO DE DADOS AGRÍCOLAS COM FARMBEATS

FARM DATA MANAGEMENT WITH FARMBEATS

Osmar de Araújo Dourado Júnior

Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – Campus Machado

osmar.junior@ifsuldeminas.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-5326-7062>

João Victor Tabchoury de Barros Santos

Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – Campus Machado

joao.tabchoury@ifsuldeminas.edu.br

<https://orcid.org/0009-0004-3239-2114>



DOI: 10.18406/2359-1269v11n32024405

Recebido em: 01/05/2023

Aprovado em: 13/06/2024

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de descrever a experiência de monitoramento de dados ambientais que influenciam no crescimento e na produtividade de vegetais cultivados no Campus Machado do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais. O sistema de eletrônica embarcada denominado Farmbeats, o qual consta de um *hardware* dedicado e sensores para medição e aquisição de dados de temperatura e umidade do ar e do solo e de luz solar, foi escolhida para fazer o monitoramento. A coleta e análise de dados quantitativos seguiu procedimentos técnicos de agricultura de precisão voltadas à análise de cultura de frutas. Foram realizadas medições e gerados relatórios e gráficos dos dados adquiridos. Um modelo de aprendizado de máquinas foi construído com o auxílio da ferramenta Lobe.ai com o objetivo de fornecer informações qualitativas tendo em vista prever deficiências de nutrientes em plantas e identificar pragas em áreas de plantio. A experiência visa a mostrar que esta tecnologia pode ser utilizada por qualquer profissional da área de agricultura.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Sistemas embarcados. Inteligência Artificial. Farmbeats.

ABSTRACT

The objective of this work is to describe the experience of monitoring environmental data that influence the growth and productivity of vegetables grown at the Machado Campus of the Federal Institute of Southern Minas Gerais. The embedded electronics system called Farmbeats, which consists of dedicated hardware and sensors for measuring and acquiring air and soil temperature and humidity data and sunlight, was chosen for monitoring. The collection and analysis of quantitative data followed technical procedures of precision agriculture aimed at the analysis of fruit crops. Measurements were taken and reports and graphs were generated from the acquired data. A machine learning model was built with the help of the Lobe.ai tool in order to provide qualitative information in order to predict nutrient deficiencies in plants and identify pests in planting areas. The experience aims to show that this technology can be used by any professional in the field of agriculture.

Keywords: Precision agriculture. Embedded systems. Artificial intelligence. Farmbeats.

Introdução

O setor de Olericultura do Campus Machado possui estufas onde são cultivados frutos diversos como o maracujá e limão, além de hortaliças como o agrião. O ambiente de estufas representa uma proteção contra condições climáticas e fatores ambientais prejudiciais, tais como chuva e vento, além de oferecer condições estáveis de temperatura e exposição solar propícias ao crescimento do cultivo. O conhecimento das condições ambientais no interior da estufa é fundamental para a escolha das técnicas adequadas para manter as culturas ali desenvolvidas em conformidade com os limites requeridos para o crescimento saudável dos vegetais, que por sua vez se traduz em uma produtividade de mudas e/ou frutos economicamente viável.

Este trabalho visa a apresentar uma solução para monitoramento de variáveis ambientais importantes para o desenvolvimento das culturas, por meio de dados de medições provenientes de sensores instalados próximos aos vasos dentro dos quais as mudas estão sendo cultivadas. A visualização e análise de dados como temperatura, umidade e luminosidade torna simples o gerenciamento das culturas, uma vez que os relatórios ilustrados por gráficos e registrados em tabelas com os valores das medições das grandezas físicas, permitem a tomada de decisão para a técnica de manejo mais adequada com vistas ao desenvolvimento das mudas. Isso se traduz em um controle preciso da cultura ali desenvolvida.

A tecnologia de agricultura de precisão Farmbeats (2023) foi empregada neste trabalho com o propósito de monitorar a produção de mudas nas estufas do setor de Olericultura do Campus Machado, pois combina o conhecimento dos técnicos e alunos sobre a área de plantio com a tomada de decisões orientada por dados. Neste trabalho são agregadas habilidades correntemente adotadas na Indústria 4.0 como operação da tecnologia no processamento de dados provenientes de sensores agrícolas, aprendizado de máquina e Inteligência Artificial (IA), com o objetivo de resolver problemas da vida real resultando pois na melhoria e aumento da produtividade de uma área agrícola através de uma ferramenta acessível e de reduzida complexidade.

Neste trabalho será mostrado como qualquer profissional da área de agronomia, representando um usuário do FarmBeats (FB), desenvolveu o pensamento da integração da IA com a agricultura e como ele obteve dados de uma maneira automatizada, bem como analisou e chegou a conclusões através de ferramentas gráficas e de técnicas de Aprendizado de Máquinas, mesmo que ele não seja um programador ou profissional capacitado em Ciência de Dados, por meio de um conjunto de experimentos.

O programa FarmBeats *for Students* (FARMBEATS, 2023) foi desenvolvido para trazer os fundamentos de Inteligência Artificial (IA) Internet das Coisas (Internet of Things – IoT), aprendizado de máquina, ciência de dados e o mundo emergente da IoT para o público geral. Desenvolvido em parceria com a National FFA (*Future Farmers of America*) e a *Microsoft*, o programa combina um kit de hardware de baixo custo composto de sensores e um computador dedicado

Raspberry Pi (RASPBerry, 2023). FB acompanha um programa de treinamento composto de materiais didáticos e atividades gratuito projetado para dar aos utilizadores uma experiência prática na construção de um sistema de monitoramento de plantio. FB é composto de um sistema embarcado com o computador Raspberry Pi (RPI), o qual é equipado com sensores atmosféricos e ambientais para entender a saúde do solo, por meio de transmissão, visualização e análise dos dados do sensor, os quais são registrados na planilha eletrônica *Excel*. Em seguida, o *Excel* é usado para construir um agente para automatizar uma área de plantio. Por fim, usando o aplicativo de aprendizado de máquina que não requer conhecimentos de programação Lobe.ai (LOBE, 2023), os usuários constroem modelos para analisar a saúde das plantas e problemas de nutrientes, bem como identificar pragas em sua área de plantio.

Desenvolvimento

Estudos da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação apontam que devido ao crescimento exponencial da população mundial, será necessário elevar em 70% a produção de alimentos em 2050 (FAO, 2015), levando à diminuição das terras agrárias e ao esgotamento dos recursos naturais finitos. Logo, a necessidade de aumentar o rendimento agrícola tornou-se crítica.

No artigo de Vasisht et al. (2017) é apresentado o FB. Trata-se de uma plataforma para agricultura que permite a coleta contínua de dados de vários sensores. É mostrado como o sistema do FB possibilitou aplicações da agricultura de precisão em duas fazendas dos EUA, nas quais foi feito um levantamento de informações sobre cada local da fazenda, como a temperatura e umidade do solo, níveis de nutrientes e outras por meio da implantação de rede de sensores.

O Artigo de Fraise et al. (2022) tem como objetivo apresentar as abordagens de previsão de rendimento de culturas com base em IA e dá exemplos de como a técnica pode melhorar potencialmente a previsão de rendimento nos níveis do campo e regional.

FarmBeats

FB é um sistema de monitoramento voltado à agricultura que consiste em um computador RPI, sensores que monitoram as condições atmosféricas e de solo e um relé atuador. Este conjunto executa quatro funções

- Coletar os dados dos sensores
- Transmitir os dados para uma planilha
- Gerenciar os arquivos de registro de dados (*data logger*)
- Gerenciar o agente.

O computador Raspberry Pi 3 modelo B+ é responsável por coletar os dados dos sensores e transmiti-los à planilha *Excel*, bem como por gerenciar o *data logger* e o atuador automático.

Os dados dos sensores são transmitidos através de uma porta serial ao complemento do *Excel* denominado *Microsoft Data Streamer*.

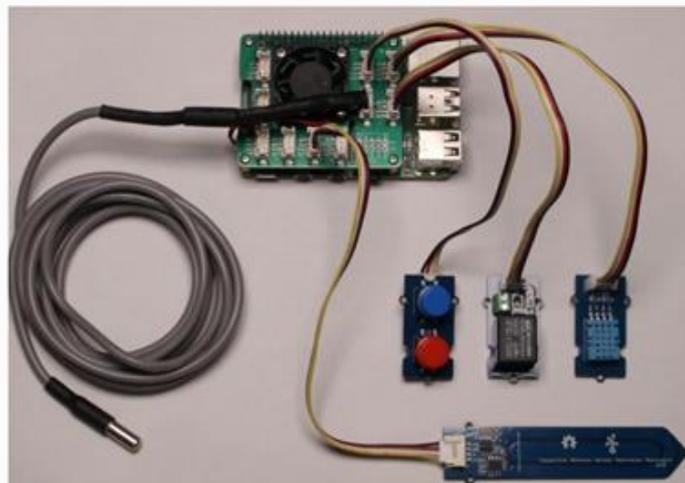
O *data logger* armazena os dados adquiridos dos sensores a cada instante em um arquivo para análise posterior.

O agente pode ser configurado de duas maneiras

- a. Como um indicador que informa quando certas condições de solo e/ou ambientais são atingidas.
- b. Como um atuador automático para então controlar um dispositivo externo, como uma bomba d'água, ventilador ou lâmpada. Dessa maneira o agente pode automatizar a análise de dados e executar tarefas com base nos dados dos sensores.

A Figura 1 exibe o *hardware* do FB com seus sensores conectados ao RPi, da esquerda para direita: sensor de temperatura do solo, sensor capacitivo de umidade do solo, botoeiras, relé e sensor de temperatura e umidade do ar.

Figura 1 – *Hardware* do FarmBeats



Fonte: FARMBEATS, 2023

A seguir serão citados exemplos da importância dos estudos que requerem as medições realizadas por FB.

- a. Umidade do solo: reflete não só o teor de água em uma determinada zona, mas também a saúde do campo. As raízes das plantas absorvem a água primeiro, de modo que sua condição depende diretamente de sua quantidade e aeração.
- b. Temperatura e umidade do ar: são considerados fatores responsáveis pelo sucesso do manejo da estufa para a produção de alimentos, haja vista que a temperatura influencia diretamente no desenvolvimento da

cultura enquanto a umidade influencia na polinização, frutificação e incidência de doenças.

- c. Fluxo luminoso: as estufas são construídas por materiais transparentes que permitem a passagem de praticamente toda a radiação solar. A luz (radiação) infravermelha é responsável por aquecer o solo da estufa. Conseqüentemente a radiação infravermelha aquece o ar das camadas inferiores da estufa, formando correntes de convecção que transportam o ar quente para as camadas superiores. A radiação ultravioleta (UV), por sua vez pode provocar danos à vegetação por meio da formação de radicais livres, bem como ao DNA. A fotossíntese também pode ser prejudicada, apesar de que haja indícios de que a radiação UV pode aumentar os níveis de clorofila (BAIA, 2015).

Material e métodos

Esta pesquisa tem caráter de investigação de pesquisa empírica (Marconi e Lakatos, 2000) qualiquantitativa, cujo objetivo é a formulação de questões com a finalidade de aumentar a familiaridade do pesquisador com o ambiente FB. Foram empregados procedimentos sistemáticos tanto para a obtenção das observações empíricas quanto para as análises de dados. Foram feitas descrições tanto quantitativas quanto qualitativas sobre as mudas internas da estufa. O procedimento de coleta de dados consistiu na configuração das ferramentas de IoT, notadamente o computador Raspberry Pi e os sensores, que permitiram a análise e estudo intensivo da influência do pequeno número de variáveis sobre a única unidade de produção, isto é, as mudas dentro da estufa investigada. Não foram requeridas técnicas probabilísticas de amostragem, apenas, como dito anteriormente, a manipulação de uma variável independente com a finalidade de descobrir seus efeitos potenciais.

Coleta de Dados

A etapa de Coleta de dados compreendeu a instalação dos sensores e a transmissão de dados, os quais são conjuntos de medições de temperatura ambiente e umidade do ar, temperatura do solo e umidade do solo e de fluxo luminoso nas faixas de luz visível, infravermelho e ultravioleta sobre a única unidade de produção, isto é, uma muda de limão *Citrus latifolia*. Após posicionar corretamente os sensores, realizaram-se as coletas, que podem ser realizadas de duas maneiras distintas.

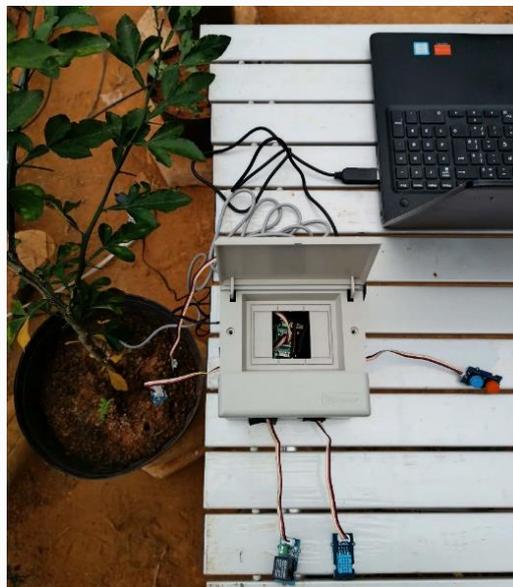
- a. Na maneira offline, o kit realiza automaticamente as medições em intervalos de 1 hora e as armazena no cartão de memória do RPi. Posteriormente, os dados são transferidos para a planilha denominada Sensors.xlsx por meio da extensão Data Streamer (2023) com o cabo serial USB-TTL (FARMBEATS, 2023) ligando um PC ao kit. A Figura 2 exhibe a conexão do RPi, que está dentro de uma caixa, ao PC via cabo USB.

- b. Na maneira online o PC e o kit ligados através do cabo serial de modo a coletar dados em intervalos de 5 segundos, os quais são exibidos em tempo real na aba Live Sensor Dashboard da planilha Sensors.xlsx (Figura 3). Ao final da coleta os dados são armazenados em uma pasta do PC.

Análise de Dados

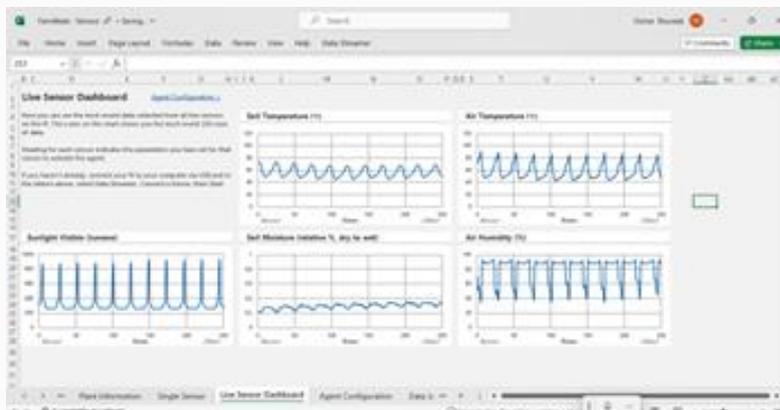
Na etapa de análise dos dados, foram obtidas bases de dados de monitoramento com o objetivo de realizar uma descrição completa da área de plantio e assim oferecer soluções para melhoria da produtividade. Como parte da experiência com agricultura de precisão, FB foi integrado à plataforma Lobe, com a qual foi construído um modelo próprio de Aprendizado de Máquinas, de maneira a prever deficiências de nutrientes em suas plantas e identificar pragas na área de plantio.

Figura 2 – Ligação do RPi ao PC via cabo USB



Fonte: O autor, 2023

Figura 3 – Planilha Sensors.xlsx



Fonte: O autor, 2023

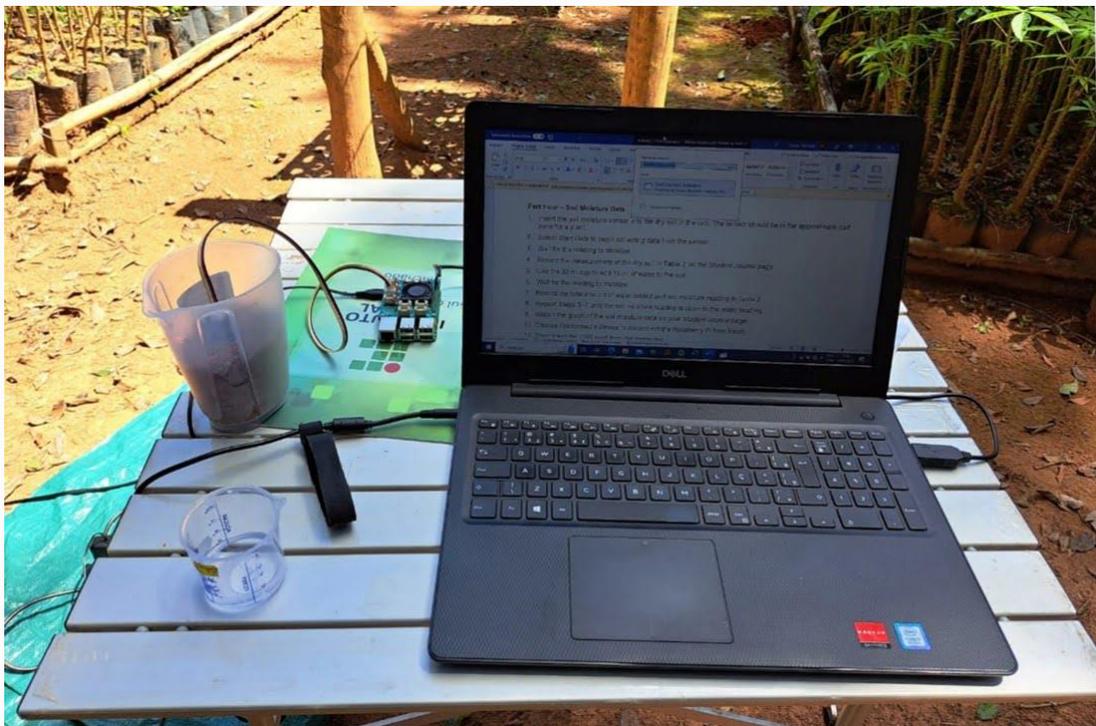


Resultados e discussão

Capacidade de retenção de água

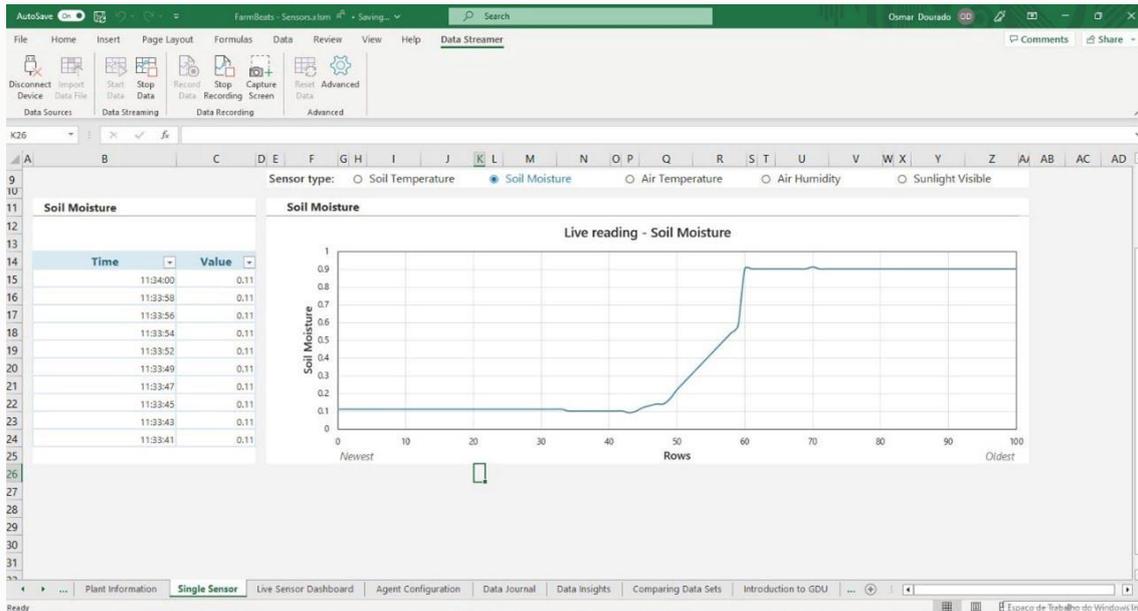
FB oferece um meio de visualização em tempo real que torna simplificada a análise da capacidade de retenção de água do solo. O solo, de textura argilosa, no qual foi cultivada a muda de Citrus, foi ensaiado adicionando-se sucessivamente 15 ml de água à amostra, até se chegar a uma umidade de 90%, situação em que recebeu 190 ml de água. A Figura 4 exibe a montagem experimental de RPi com seu sensor de umidade coletando dados e transmitindo-os em tempo real ao PC via porta USB. Como se pode observar, FB permite uma medição simplificada da umidade do solo, bastando apenas a colocação do sensor capacitivo na amostra, para que os dados sejam transmitidos para visualização no PC, bem como armazenamento deles para análise posterior. A Figura 5 exibe a tela de visualização do FB, na qual é mostrado o gráfico de umidade do solo juntamente com uma planilha onde os valores numéricos são medidos com seu respectivo instante em que está sendo feita a coleta dos dados. A análise desses dados constatou que uma amostra o solo considerado seco, que ocupou um recipiente de 250 ml, teve uma leitura de umidade 13%, mas após receber cerca de 120 ml de água, atingiu uma umidade de 83%. Acima desta umidade verificou-se que o solo ultrapassou seu limite de absorção, isto é, resultando em água em suspensão.

Figura 4 – Montagem do ensaio de capacidade de retenção de água do solo



Fonte: O autor, 2023

Figura 5 – Tela de visualização para medição de umidade do solo



Fonte: O autor, 2023

Unidades de grau de crescimento

A Figura 6 exibe RPi operando *offline* durante um período de coleta de 15 dias, na qual pode-se observar os sensores de temperatura e de umidade do solo implantados no vaso da muda de *Citrus Latifolia*, além dos sensores de temperatura e umidade do ar e sensor de iluminação. A integração simplificada desses diversos sensores a um computador compacto permite o monitoramento por vários dias, bastando haver uma ligação elétrica a um terminal AC 110V. Em caso de falta de energia, as medições prosseguem automaticamente no momento do restabelecimento da tensão na tomada.

Os parâmetros *Growing Degree Units* – GDU, representam uma medida do acúmulo de calor pelas plantas. Esses cálculos são úteis na agricultura, pois por meio da análise dos GDUs líquidos das plantas, podem-se estimar os tempos de maturação da colheita. O cálculo de GDU é mostrado na equação (1), e é definido como a diferença entre a temperatura média diária e a temperatura base da planta. $Temp_{máx}$ e $Temp_{mín}$ são as temperaturas máxima e mínima de um dado dia e $Temp_{base}$ é a temperatura base, definida como a temperatura mínima aproximada que uma planta necessita para um crescimento ativo. Para as mudas de *Citrus Latifolia*, a temperatura base foi admitida como 15° C. FB apresenta uma solução para visualização e análise do GDU, como mostrado na Figura 7. A aba 'Introduction to GDU' realiza o procedimento de análise no qual, a partir dos dados armazenados no cartão de memória do RPi, obtém as temperaturas máxima e mínima diárias, calcula o GDU, apresenta os dados na tabela e traça o gráfico com os GDUs para a muda de limão observada por um período de 12 dias. Esse gráfico permite avaliar o crescimento da planta com as temperaturas mínimas registradas diariamente. Houve dias em que a baixa temperatura resultou em um crescimento negativo da muda. Com esse gráfico pode-se fazer

uma predição do desenvolvimento da planta, comparando com os GDUs médios de um conjunto de dados completo que acompanhe o desenvolvimento da planta. Dessa forma, usa-se o valor médio para prever o número de dias que a planta levará para alcançar a maturidade e estar pronta para a colheita.

$$GDU = \frac{Temp_{m\acute{a}x} - Temp_{m\acute{i}n}}{2} - Temp_{base} \quad (1)$$

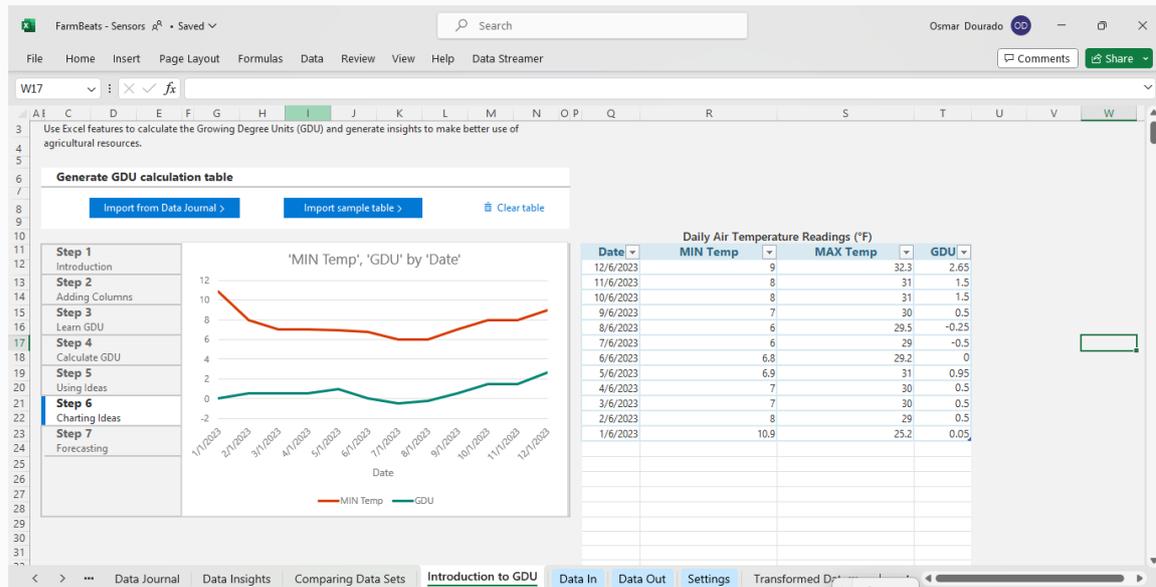
Figura 6 – RPi em operação *offline*



Fonte: O autor, 2023



Figura 7 – Unidades de grau de crescimento diário



Fonte: O autor, 2023

Monitoramento em 24 horas

O ambiente de cultivo foi monitorado por 24 horas de observação, com RPi operando *offline*, no experimento em que foram coletados dados com o objetivo de verificar se as condições para crescimento da cultura são adequadas. Na tabela 1 estão registrados os valores médios das grandezas Fluxo Luminoso, Temperatura do Ar, Umidade, Temperatura do Solo e Umidade do Solo, juntamente com os valores recomendados para crescimento da cultura em área aberta. Como se pode observar, é necessário irrigar o solo com o objetivo de adequar o cultivo. Quanto ao fluxo luminoso, não foram encontradas referências para o caso de cultivo em estufas. Somente um período de observação mais longo permitirá saber se a quantidade registrada é capaz de desenvolver a planta.

Tabela 1 – Gráfico da capacidade de retenção de água do solo

	Fluxo Luminoso	Temperatura do Ar	Umidade do Ar	Temperatura do Solo	Umidade do Solo
Estufa	308,9 lm	23,1 °C	74,4 %	21,7 °C	22,6 %
Valores Recomendados	25.000 lm	23 °C – 32 °C	> 60%	> 27 °C	≥ 50%

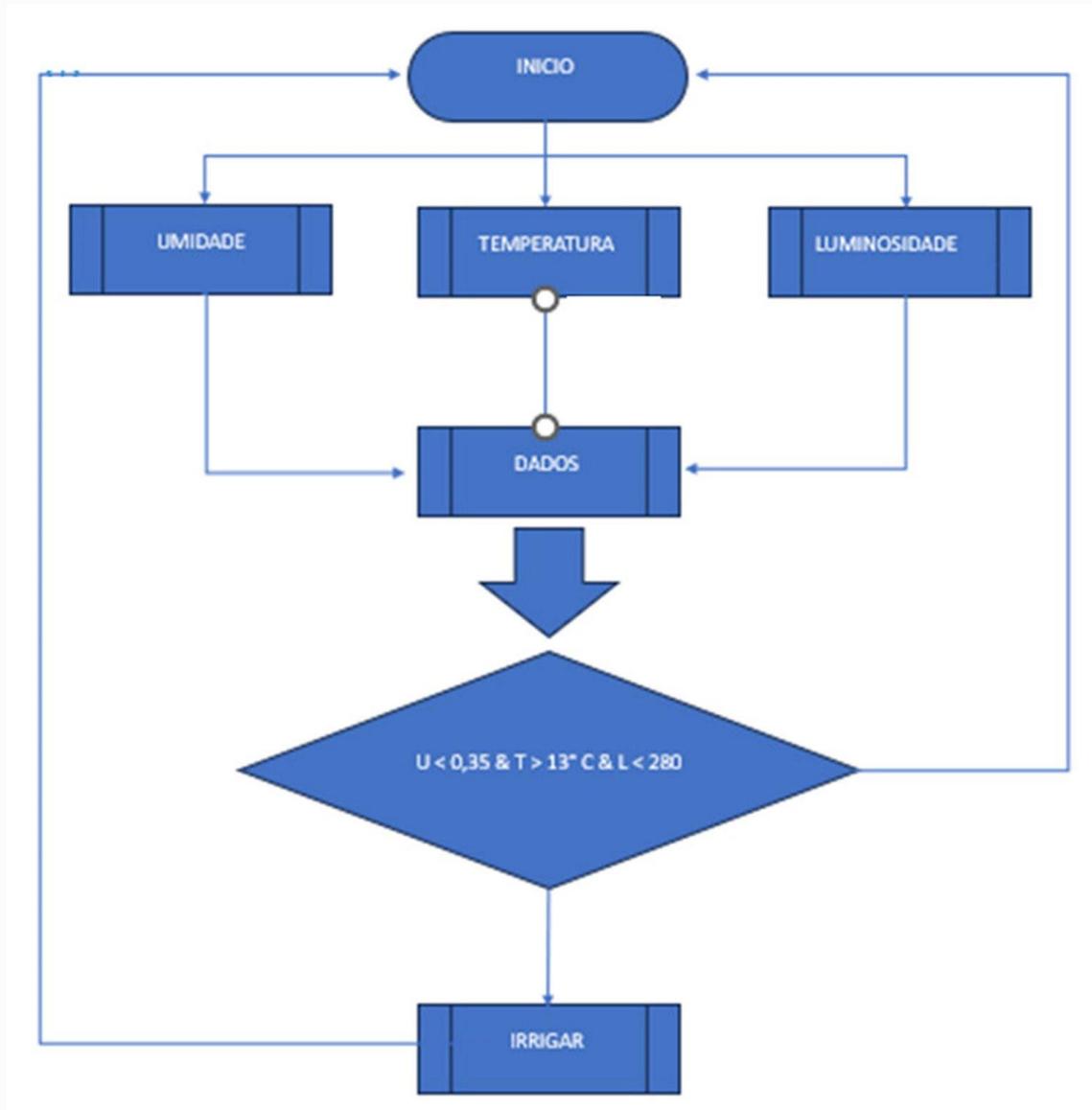
Fonte: O autor, 2023

Agente automatizador

O gráfico de fluxo da operação do agente é exibido na Figura 8, no qual a irrigação acontece seguindo os seguintes parâmetros:

- Mantém a umidade do solo acima de 35%
- A temperatura do solo deve estar acima de 13 °C
- A luminosidade deve estar abaixo de 280 lm

Figura 8 – Gráfico de fluxo do agente



Fonte: O autor, 2023

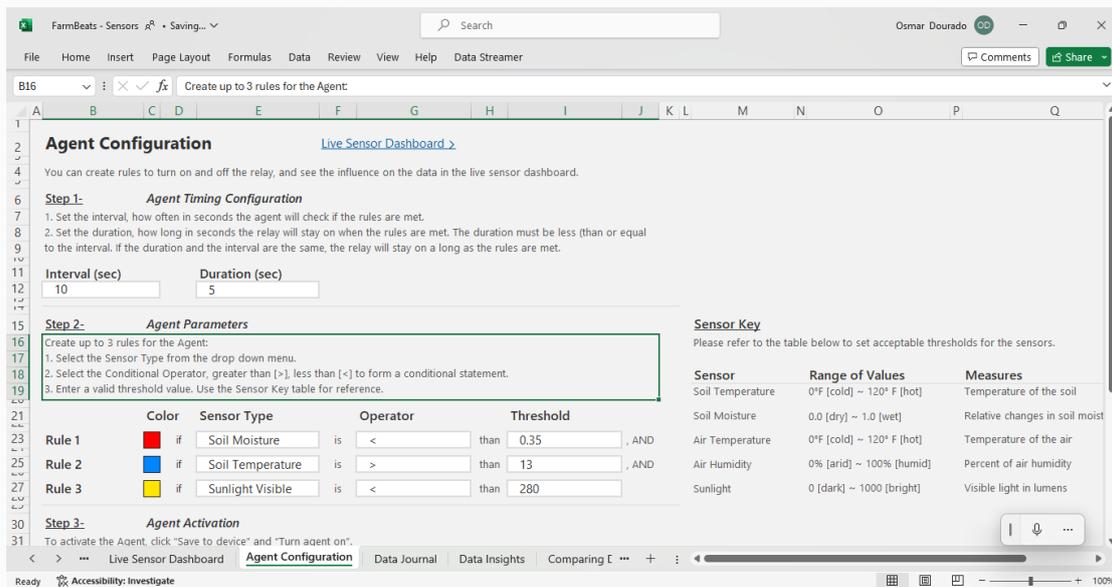
A Figura 9 exibe a tela de configuração do agente na planilha *Sensors.x/sx* com a lógica de programação para atuação do relé. Nas condições estabelecidas, o relé conectado à saída digital do RPi deverá ser acionado.



Classificação de deficiências nutricionais

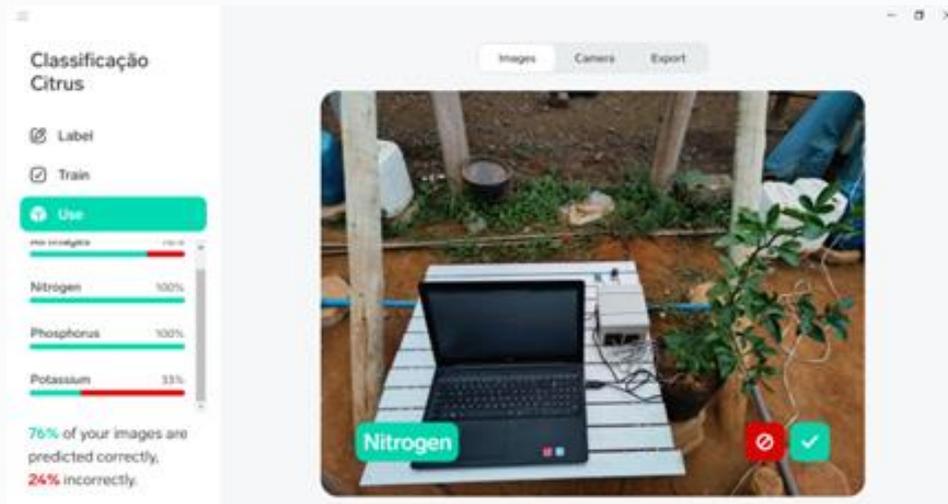
A Figura 10 apresenta a tela do classificador baseado em modelo de aprendizado de máquinas da plataforma Lobe.ai. O objetivo é identificar uma muda de Citrus quanto às principais deficiências nutricionais. O modelo de classificação foi treinado a partir de imagens de folhas com sintomas de deficiências dos seguintes minerais: Fósforo, potássio e nitrogênio. A muda em estudo foi analisada e classificada como tendo deficiência em Nitrogênio.

Figura 9 – Tela de configuração do agente da planilha *Sensors.xlsx*



Fonte: O autor, 2023

Figura 10 – Classificação da deficiência nutricional com a plataforma Lobe.ai



Fonte: O autor, 2023

Considerações Finais

FB mostrou-se um sistema robusto e versátil, uma vez que consegue substituir com bastante precisão, vários instrumentos de medida em um único computador digital compacto, projetado para permanecer durante vários dias coletando dados numéricos de grandezas físicas que representam o estado geral da plantação. O treinamento para operação de FB requereu apenas instruções para ligação dos sensores ao RPi, e para transferência dos dados. Por sua vez, os valores das grandezas temperatura, umidade e luminosidade são mostrados de maneira automática na forma de tabelas e gráficos pela planilha *Sensors.xlsx*, bem como produzindo relatórios, tais como o acompanhamento do crescimento das plantas (GDU), e tomadas de decisão, a exemplo do agente de irrigação. Isto é, do ponto de vista de utilização, FB representou uma facilidade considerável para os estudantes do bacharelado em Agronomia envolvidos nessa pesquisa. A plataforma Lobe.ai teve permitiu identificar deficiência nutricional nas mudas por meio de fotos das folhas. Sendo assim, a operação conjunta de FB e Lobe se mostraram ferramentas facilitadoras para as melhorias das condições de cultivo, que se valem de atuais técnicas de eletrônica embarcada e IA. Portanto objetivo de monitorar a cultura de *Citrus* na estufa foi atingido.

Contudo, há limitações na utilização dessas técnicas. A primeira limitação é a necessidade de transferir manualmente os dados adquiridos. A segunda é na classificação de deficiência nutricional, pois o operador deve fazer as fotos das mudas e passá-las posteriormente para o Lobe. Conseqüentemente, sugere-se como trabalho futuro, desenvolver um sistema integrado de FB e Lobe que realize as seguintes operações: fornecer em tempo real via internet, os dados de monitoramento adquiridos por FB e, simultaneamente, fazer o diagnóstico da saúde nutricional por meio de câmeras instaladas na estufa.

Referências

DATA STREAMER. **What is Data Streamer?** Disponível em <<https://support.microsoft.com/en-us/office/what-is-data-streamer-1d52ffce-261c-4d7b-8017-89e8ee2b806f>>. Acesso em 27 abr. 2023.

FAO. How to feed the world in 2050. High level expert forum. *Convened at FAO Headquarters in Rome on 12-13 October, 2009.*

FARMBEATS. **FarmBeats for Students.** Disponível em <<https://learn.microsoft.com/en-us/training/educator-center/instructor-materials/farmbeats-for-students>>. Acesso em 27 abr. 2023.

FRAISSE, C.; AMPATZIDIS, Y.; GUZMÁN, S.; LEE, W.; MARTINEZ, C.; SHUKLA, S.; SINGH, A.; YU, Z. Artificial Intelligence (AI) for Crop Yield Forecasting. **EDIS**, v. 2022, n. 2, 2022. Disponível em: <<https://journals.flvc.org/edis/article/view/129532>>. Acesso em 30 mai. 2022.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

LOBE. **What is Lobe and how is Microsoft Trying to Make AI mainstream?** Disponível em < <https://pub.towardsai.net/enter-lobe-and-how-microsoft-is-trying-to-make-ai-mainstream-419c9dfe55f5>>. Acesso em 27 abr. 2023.

VASISHT, D.; KAPETANOVIC, Z.; WON, J.; JIN, X.; CHANDRA, R.; SINHA, S.; SUDARSHAN, M.; STRATMAN, S. Farmbeats: an IoT platform for data-driven agriculture. In: USENIX Conference on Networked Systems Design and Implementation, 2017, Boston, MA, USA. **Proceedings**... Berkeley, CA, USA: USENIX, 2017. Disponível em: <<https://www.usenix.org/conference/nsdi17/technical-sessions3>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

