

APLICAÇÕES DE SISTEMAS EMBARCADOS NO CONTEXTO AGRÍCOLA

Wagner Gabriel Oliveira de Souza¹
Douglas Francisco Ribeiro²

Resumo

A agricultura é um importante setor econômico para o Brasil e cada vez mais ela se beneficia da tecnologia da informação, buscando mecanização e automação dos processos e atividades desempenhadas na agricultura, uma importante ferramenta para se obter êxito nesses processos é a implantação de sistemas embarcados nas atividades agrícolas, devido sua versatilidade e baixo custo de implementação. O presente artigo trata-se de uma revisão bibliográfica que destaca as aplicações de sistemas embarcados no contexto agrícola através de análise de estudos de caso, exibiremos seu funcionamento e seus benefícios nas atividades desempenhadas, assim como seus impactos na eficiência e desafios de sua implantação.

Palavras-chave: Agricultura, Sistema embarcados, Tecnologia da informação.

Abstract

Agriculture is an important economic sector for Brazil and it increasingly benefits from information technology, seeking mechanization and automation of processes and activities performed in agriculture. An important tool to achieve success in these processes is the implementation of embedded systems in agricultural activities, due to their versatility and low cost of implementation. This paper is a literature review that highlights the applications of embedded systems in the agricultural context through the analysis of case studies. It will be shown their operation and their benefits in the activities performed, as well as their impacts on the efficiency and challenges of their implementation.

Keywords: Agriculture, Embedded systems, Information technology.

1 Introdução

Sistema embarcado são sistemas computacionais, feitos para a execução de alguma tarefa em um sistema maior, sendo integrados em vários produtos e equipamentos, visando o controle ou monitoramento de uma determinada funcionalidade, ou processo. (SOUZA, 2022).

¹ Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Fatec Taquaritinga

² Professor Ensino Superior, Mestre em Ciências

Os sistemas embarcados possuem grande presença em nosso cotidiano, estando presente nos mais diversos dispositivos usados em nosso dia a dia, como o smartphone ou no automóvel que usamos para nos locomover.

Levando em consideração essa enorme presença de sistemas embarcados e o fato de que o Brasil é uma das grandes potências do agronegócio mundial (GOMES, 2022), leva-nos a pensar nos equipamentos e atividades em que há o uso de sistemas embarcados no meio agrícola.

A eletrônica embarcada está presente em várias frentes na agricultura, entre elas, podemos destacar, o monitoramento de solo, meteorologia, mapeamento de áreas, navegação de diversos equipamentos, computadores de bordo para realizar o controle de equipamentos, apontamento e monitoramento dos mesmos, equipamentos de processamento da lavoura, equipamento laboratorial ou de diagnóstico, entre muitos outros (FERNANDES, 2017).

Para a implantação dessas, além de outras tecnologias, é usado o ramo da agricultura de precisão, que pode ser definida como o uso de práticas agrícolas com base nas tecnologias de informação e ferramentas da mecanização e automação, considerando a variabilidade do espaço e do tempo sobre a produtividade das culturas, constituindo dessa forma uma ferramenta capaz de auxiliar os produtores em tomada de decisões (BASSOI et al, 2019).

Neste artigo buscaremos enfatizar, mostrar e explicar os usos de sistemas embarcados nos mais diversos maquinários, ressaltando suas funcionalidades e benefícios, através da análise de estudos de caso.

2 Fundamentação Teórica

Neste tópico será realizada a abordagem de conceitos necessários para uma melhor compreensão do artigo por um todo.

2.1 Sistemas embarcados: conceitos e características

De acordo com CHASE e ALMEIDA (2007, p. 13), o termo “Embarcado” se origina do fato dos sistemas serem projetados e desenvolvidos geralmente para funcionarem independentes de qualquer fonte de energia fixa (geradores ou tomadas).

Um sistema é considerado embarcado quando este é projetado e dedicado a uma única tarefa específica em um sistema maior, com o objetivo de controlar e monitorar determinadas funções ou processos. (SOUZA, 2023)

Por fazer parte de algum dispositivo ou sistema maior, costuma ser pequeno para ocupar menos espaço, que por sua vez afeta sua capacidade operacional, sendo bem reduzida. (NOLETO, 2020)

Esses sistemas são geralmente projetados visando o baixo custo e simplicidade, sendo constituídos por um limitado conjunto de componentes, como microcontroladores, sensores e atuadores. (SOUZA, 2023)

De acordo com REIS (2015), os sistemas embarcados são baseados principalmente em microcontroladores. Alguns utilizam microprocessadores (mais complexos), e chips para processamento dedicado, como chips DSP (Digital Signal Processing).

Os microcontroladores são dispositivos computacionais compactos e altamente eficientes, que integram em um único chip várias funcionalidades essenciais. Eles incluem interfaces de entrada/saída tanto digitais quanto analógicas, periféricos importantes como memória RAM e memória FLASH, interfaces de comunicação serial, conversores analógico/digital e temporizadores/contadores (CHASE; ALMEIDA, 2007, p.13)

Os microprocessadores são componentes especializados no processamento de informações, dotados de capacidade para realizar cálculos matemáticos e endereçar memória externa. Eles utilizam barramentos de dados, controle e endereços para acessar os periféricos de entrada e saída e dependem de circuitos integrados externos, como memória para armazenar dados e executar programas, conversores analógico/digital para aquisição de dados analógicos e outros periféricos necessários, de acordo com a aplicação do sistema (CHASE; ALMEIDA, 2007, p.13)

Os sistemas embarcados operam por meio de um conjunto de instruções denominado código de programação, que define seu funcionamento. Esse código é redigido em linguagens de programação como C, C++ ou Assembly e posteriormente carregado no microcontrolador do sistema embarcado para execução. (SOUZA, 2023).

Dentre diversas opções de microcontroladores disponíveis no mercado, podemos destacar o microcontrolador assim como sua plataforma Arduino e os microcontroladores ESP, os quais comentaremos a seguir.

2.2 Arduino e ESP

Começando pelo Arduino, ele foi criado em 2005, na Itália, com o intuito de se criar um circuito de prototipagem com baixo custo e que ao mesmo tempo possuísse uma interface simples para que se pudesse realizar sua aplicação na educação em escolas públicas. (DA SILVA; ARAUJO; CAVALCANTE, 2019, p. 36-46)



Fontes: TORELLA, [s.d]

O Arduino é constituído pelo microcontrolador ATMEL, além de circuitos de entrada e saída com programação realizada através de IDE (Integrated Development Environment, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) que por sua vez faz uso de linguagem de programação baseada em C/C++. (MAKIYAMA, 2019)

Com um programa desenvolvido para Arduino, os usuários podem facilmente criar comandos de entrada e saída com apenas dois comandos básicos necessários para executar um programa funcional, o comando `setup()` que, inserido no começo, configura, inicializa e define as portas digitais e lógicas, e o comando `loop()`, que é uma chamada para repetir um bloco de instruções ou aguardar até seu desativamento (DA SILVA; ARAUJO; CAVALCANTE, 2019, p. 36-46).

Agora falando sobre o ESP, é uma família de microcontroladores que teve seu surgimento em meados de 2014, pela empresa chinesa ESPRESSIF com o lançamento do ESP8266, e mais tarde em 2016 foi lançado o ESP 32 (TORELLA, s.d.).



Fontes: TORELLA, [s.d]

O sucesso com ambos os microcontroladores se dá devido aos mesmos possuírem WI-FI já integrado no microcontrolador.

Dentre as placas que utilizam os microcontroladores da família ESP, destacam-se o ESP-WROOM-32 que faz o uso do ESP 32, e a placa NodeMCU ESP8266 que utiliza o microcontrolador ESP8266, os quais ambos podem ser programados com o uso da IDE do Arduino, com a utilização dos comandos `setup()` e `loop()` anteriormente citados (TORELLA, [s.d.] ; SOUZA, 2022).

2.3 Agricultura: conceito e importância

De acordo com CAMPOS ([s.d.]) a agricultura é a prática econômica que envolve a cultivo de alimentos, como o plantio de grãos e a produção de frutas.

No Brasil, a agricultura é uma importante base econômica, por ser o setor responsável pelo abastecimento tanto do mercado interno quanto externo, fornecendo não apenas alimentos, mas também matérias-primas para indústrias e consumidores, além de possuir um papel importante na geração de empregos, sendo o setor que em 2020 empregou aproximadamente 16,94 milhões de brasileiros (AGROPÓS, [s,d]).

A agricultura pode ser dividida em diversos tipos, esta separação é feita de acordo com o emprego de diferentes práticas e técnicas na realização do plantio e da colheita, dentre elas está a agricultura de precisão a qual abordaremos no tópico a seguir. (GUITARRARA, [s.d])

2.4 Agricultura: conceito e importância

BASSOI et al.(2019), afirma que a agricultura de precisão envolve práticas agrícolas que utilizam tecnologias de informação, mecanização e automação, levando em conta a variabilidade do espaço e do tempo para melhorar a produtividade das culturas.

O conceito da agricultura de precisão emergiu antes da era da Revolução Industrial, representando uma abordagem destinada a otimizar o rendimento das colheitas. Essa abordagem considera diversos fatores, como localização geográfica e qualidade do solo, como meios de aprimorar a produção agrícola (LAMPARELLI, 2022).

A base para a atual forma da agricultura de precisão se originou no início do século XX. Contudo, foi somente durante os anos 1980, nos Estados Unidos e na Europa, com o progresso de microcomputadores, sensores e softwares, que a agricultura de precisão se tornou realizável para os agricultores (LAMPARELLI, 2022).

A agricultura de precisão pode também ser citada como caso de sucesso no emprego da automação, diversos dispositivos que são utilizados na agricultura de precisão são equipamentos e máquinas com grande utilização de eletrônica e sistemas digitais. Dentre as tecnologias que impulsionaram a adoção crescente da agricultura de precisão e o sucesso da automação, estão os receptores GNSS, também conhecidos como Sistema de Posicionamento Global (GPS), utilizado em Tratores, adubadoras, colhedoras de café ou pulverizadores possibilitando o controle remoto através de software para agricultura de precisão (AIRES, 2020; BASSOI et al., 2019).

Além da tecnologia GPS, é comum o uso de Drones para captura de imagens que fornecem informações fundamentais para o produtor e Sensores capazes de realizar diagnósticos de variabilidade do solo, identificando porções com manchas,

diferenças climáticas, compactação, fluxo de pragas, e erro no manejo de insumos (AIRES, 2020).

2.5 Integração de sistemas embarcados na agricultura de precisão

Dentre as integrações de sistemas embarcados na agricultura de precisão, podemos destacar o computador de bordo desenvolvido pelas empresas Innalogics e PUCRS, que motivadas pela necessidade de soluções nacionais para as demandas de computadores de bordo baseados em GPS para máquinas agrícolas, desenvolveram o projeto agritec.(DA SILVA, Felipe et al., [s.d.]).

O equipamento em questão busca, um aprimoramento na eficiência do processo produtivo visando redução de perdas na etapa de preparo do solo, na plantação, aplicação de insumos, e colheita da safra. Esse tipo de computador de bordo tem a função de sinalizar uma trajetória pré-determinada para o condutor de uma máquina agrícola. desta maneira evita-se perdas, de sementes e de combustível, uma vez que se impede que a máquina passe diversas vezes na mesma área (DA SILVA, Felipe et al., [s.d.]).

3 Procedimentos Metodológicos

A respeito do procedimento metodológico adotado para o presente artigo, tratase de uma revisão bibliográfica com natureza do método qualitativa, desta forma através de análises de diversos artigos e relatos, buscaremos mostrar os benefícios, impactos e aplicações que os sistemas embarcados possuem no contexto agrícola

4 Resultados e discussão

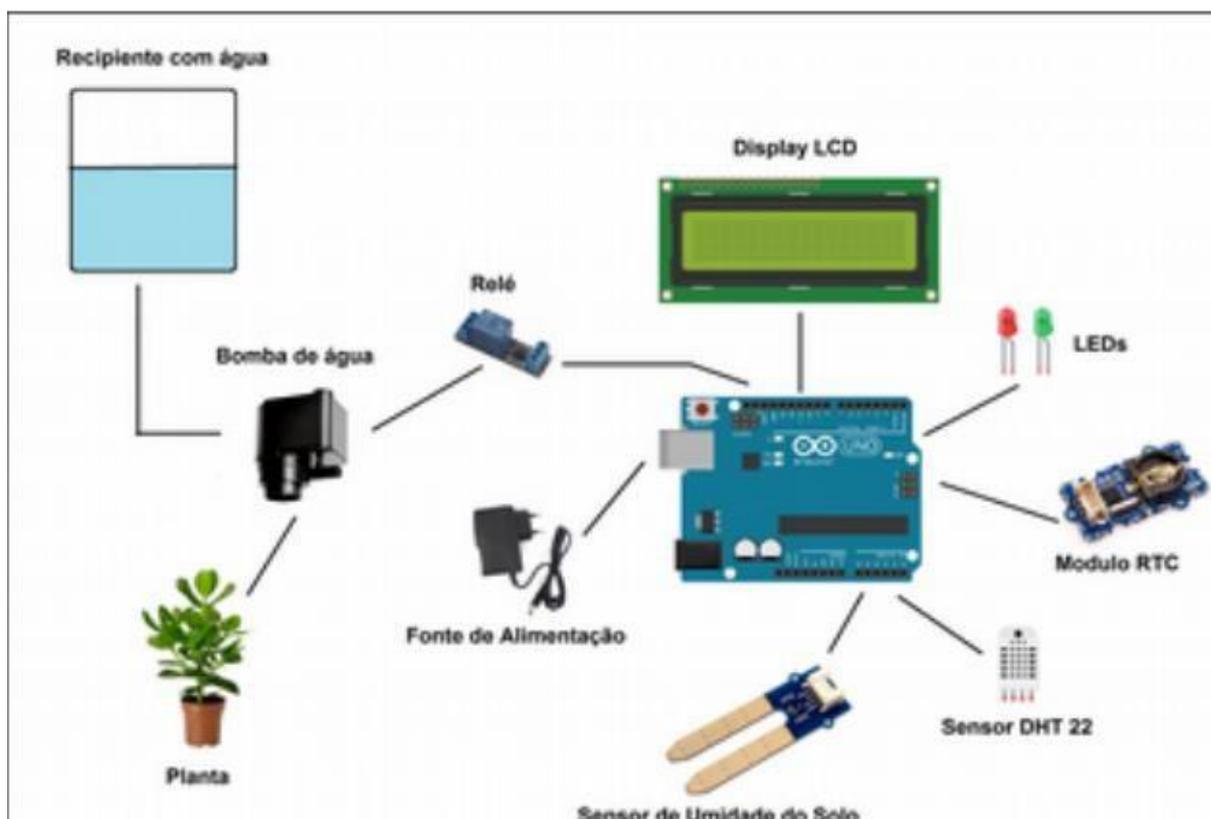
Neste tópico serão abordados exemplos de aplicações de sistemas embarcados em atividades agrícolas, destacando seu funcionamento, componentes e os resultados alcançados, assim como os benefícios e desafios de sua implantação no campo.

4.1 Aplicações de sistemas embarcados no contexto agrícola

Os sistemas embarcados podem ser aplicados nas mais diversas atividades agrícolas, tais como monitoramento de solo, meteorologia, mapeamento de áreas, navegação de equipamentos diversos, computadores de bordo, apontamento e monitoramento, equipamentos para processamento da lavoura, entre outras. (FERNANDES, 2017)

Sabendo de sua vasta aplicabilidade, podemos destacar seu uso na irrigação da terra para o cultivo, com o projeto de automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino, desenvolvido por DA CUNHA e DA ROCHA (2015, p.62-74).

Tal Projeto foi desenvolvido visando implementar um sistema de irrigação automatizado com foco na agricultura familiar, que fosse acessível ao agricultor. Para isso foi utilizada a plataforma Arduino, juntamente com sensores DHT22 para a medição da temperatura e umidade do solo, com o objetivo de determinar a quantidade de água que deve ser adicionada ao solo, esta que é despejada através de uma bomba submersível ligada a um relé. O protótipo também conta com um display LCD para a exibição de dados referentes a temperatura e umidade do ar e do solo, além de expor dados a respeito do acionamento da bomba submersível (DA CUNHA; DA ROCHA, 2015, p. 62-74)



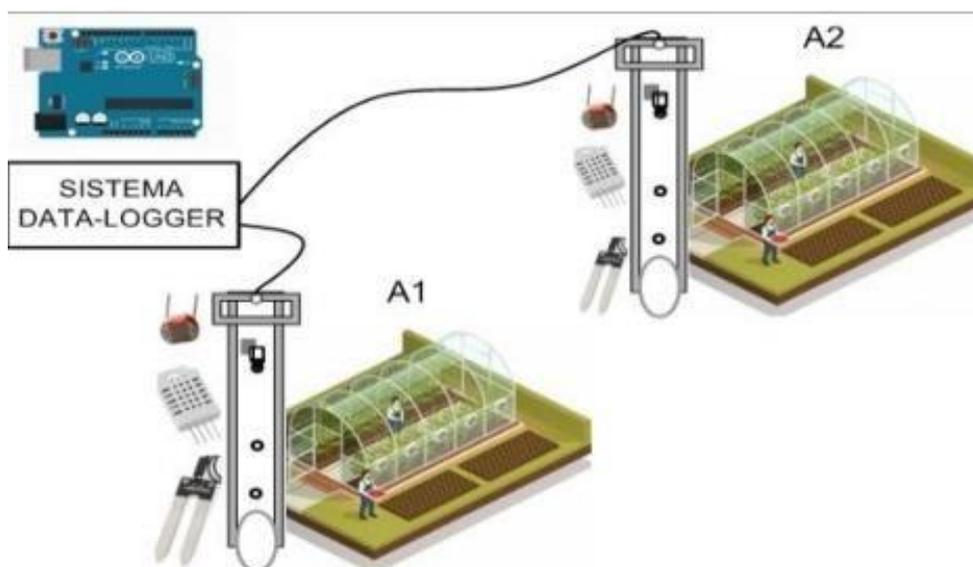
Fonte: DA CUNHA; DA ROCHA, 2015, p. 62-74

Em testes o sistema interpretou corretamente o índice de umidade do solo e realizou a ativação da bomba de água durante 1 segundo, até que a faixa de umidade estivesse na condição adequadas. Ao final do projeto obteve-se sucesso na implementação do Arduino no processo de irrigação, com baixo custo e possibilitando a prevenção de desperdício de água e energia além de melhorar a produção e otimizar o tempo gasto. (DA CUNHA; DA ROCHA, 2015, p. 62-74).

A coleta de dados e o monitoramento ambiental, são atividade agrícola que pode ser desempenhada por protótipos de sistemas embarcados, com isso podemos citar o protótipo de MARQUES FILHO, RODRIGUES e PONTE (2021), que desenvolveu um sistema de coleta de dados micro ambientais para casas de vegetação visando o baixo custo. Esse protótipo seria capaz de realizar a obtenção de dados relacionados à luminosidade, umidade tanto do solo quanto do ar e a temperatura no ambiente agrícola.

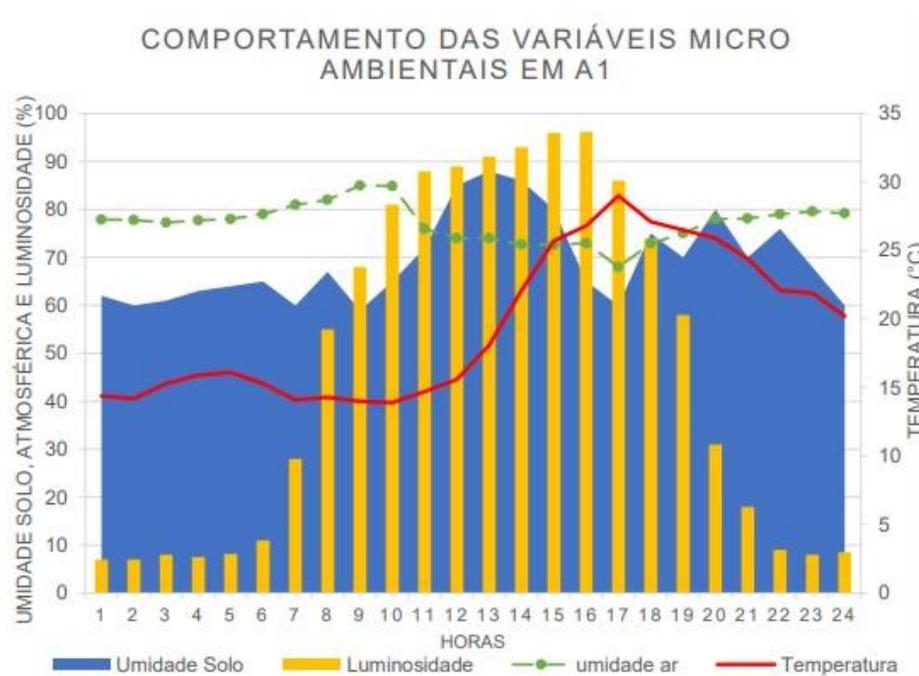
Para a construção do aparato, foram escolhidos componentes priorizando o gasto mínimo possível, ao final utilizou-se a plataforma Arduino, junto de sensores FC28 para a verificação da umidade do solo, sensores DHT-22 para verificar a umidade do ar e a temperatura e como sensor de radiação, escolheu-se o LDR, para o monitoramento e verificação da luminosidade. (MARQUE FILHO; RODRIGUES; PONTE, 2021)

O dispositivo teve sua aplicação testada em duas casas de vegetação de modelo túnel alto de 50m², porém com diferenças relacionadas a estrutura. Na primeira casa (A1) um havia mecanismos de controle ambiental de ventilação e irrigação representando desta maneira um ambiente mais automatizado com uso de ferramentas mais tecnológicas, diferente da segunda casa (A2) que não possuía os mecanismos citados na primeira casa (A1), com o manejo da irrigação realizado de maneira manual assim representando um ambiente sem nenhum tipo de tecnologia empregado. (MARQUE FILHO; RODRIGUES; PONTE, 2021)

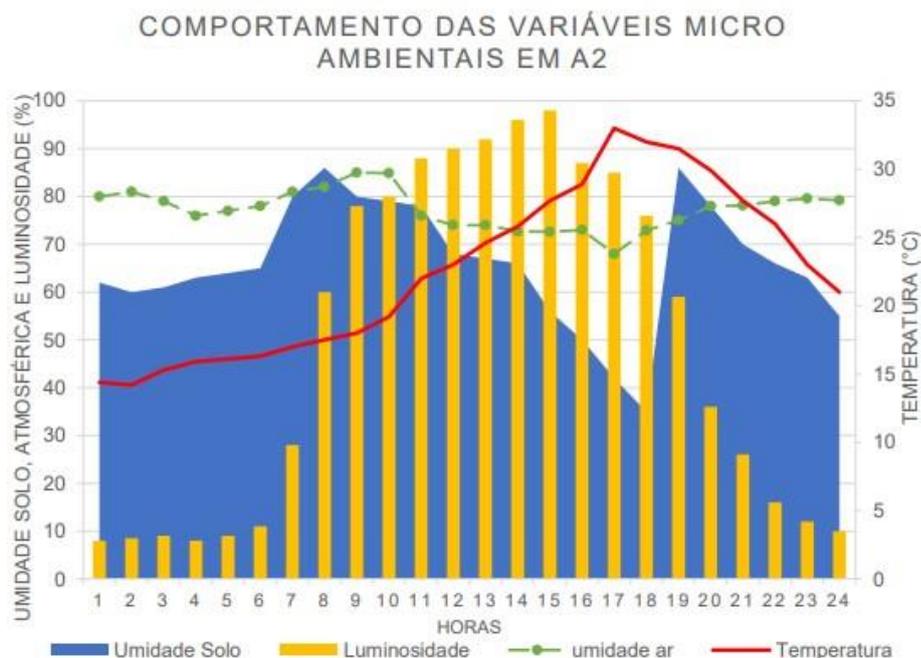


Fontes: MARQUE FILHO; RODRIGUES; PONTE, 2021

Os resultados do teste forem armazenados em formato .LOG em um cartão SD, e posteriormente foram convertidos em formato .XML para a criação de planilhas e gráficos, que exibiram os seguintes resultados:



Fontes: MARQUE FILHO; RODRIGUES; PONTE, 2021



Fontes: MARQUE FILHO; RODRIGUES; PONTE, 2021

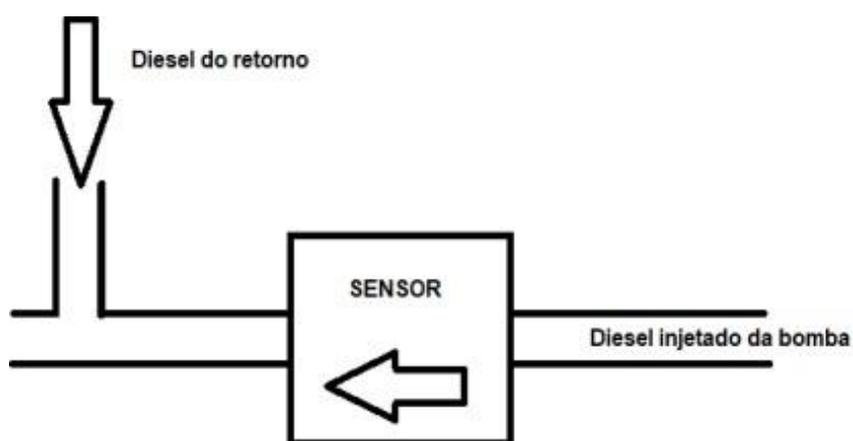
Ao final do teste, foi possível realizar a criação do protótipo, e obter sucesso em seu funcionamento, realizando as leituras dos elementos desejados, e os exibindo de maneira simples e eficiente ao produtor, desta maneira o auxiliando na tomada de decisões, além de também ser bem-sucedido no proposito de baixo custo.

Os protótipos de sistemas embarcados não se limitam apenas na leitura de informações como úmida e temperatura para o cultivo, também podem estar presentes na verificação e monitoramento de veículos usados no campo, como é o caso do projeto desenvolvido por DOS SANTOS et al. (2022, p. 36045-36054), que utilizou do Arduino ATmega 2560 para o desenvolvimento de um sistema embarcado para o monitoramento de desempenho energético de tratores.

O Projeto possui o objetivo de informar o consumo de combustível, a fim de se identificar a melhor combinação entre rotação do motor e marchas presando reduzir os custos de produção aumentando a produtividade e reduzindo os impactos ambientais (DOS SANTOS et al., 2022, p. 36045-36054).

Para isso, além do Arduino, fez-se o uso de um fluxômetro de combustível FLOWMATE OVAL MIII, para contabilizar a quantia do volume de combustível por unidade de tempo (DOS SANTOS et al., 2022, p. 36045-36054).

Para a realização do teste utilizou-se um trator modelo JohnDeere 6110 J 4x4, este que passou pela instalação do fluxômetro na linha de alimentação de combustível, sendo acoplado logo após o primeiro filtro de combustível, além do fluxômetro, conectou-se um T no retorno dos bicos e bomba injetora, afim de representar o sistema em um circuito fechado, por fim colocou-se antes e após o fluxômetro uma mangueira, desta maneira garantindo que o fluxo de combustível passaria pelo medidor de forma laminar. (DOS SANTOS et al., 2022, p. 36045-36054).



Fonte: DOS SANTOS et al., 2022

Na execução do teste houve o uso das marchas A1, B1, B3 e C1, ao final obteve-se os seguintes resultado:

Tratamento	Média	CV (%)
Marcha A1	20,63	0,79
Marcha B1	21,88	1,32
Marcha B3	22,34	1,79
Marcha C1	22,77	1,45

Fonte: DOS SANTOS et al., 2022, p. 36045-36054

Por fim, o dispositivo se mostrou funciona conseguindo realizando os procedimentos de comunicação com o sensor e registro junto do armazenamento de informações relacionadas ao consumo em cartão SD. (DOS SANTOS et al., 2022, p. 36045-36054).

4.2 Impactos na eficiência e produtividade agrícola

A implantação de tecnologia nas frentes agrícolas traz consigo impactos para a produção agrícola, tornando-a mais eficiente e precisa, trazendo maior facilidade aos produtores.

A prova desses impactos são os protótipos anteriormente citados, podemos destacar no protótipo de irrigação, uma melhora na utilização de recursos como energia e água, usando-os de maneira econômica e eficiente para o cultivo.

O protótipo de coleta de dados oferece melhora para a tomada de decisões, uma vez que o produtor possui informações importante que afetam o desenvolvimento das plantas. Com os dados obtidos é possível determinar se há necessidade de melhoria nas instalações para melhor ambiente de desenvolvimento do plantio. O sistema de monitoramento de desempenho energético para tratores também traz impactos a eficiência, uma vez que o aparato realiza leituras do consumo de combustível para o produtor, desta maneira ajudando na busca de uma maneira de condução eficiente e econômica.

4.3 Benefícios e desafios da adoção de sistemas embarcados na agricultura

A adoção de sistemas embarcados oferece diversos benefícios, como melhor aproveitamento dos recursos e a obtenção de informações a respeito de consumo de recursos, assim como a qualidade do solo e verificações do ambiente, como foi possível verificar nos exemplos anteriormente citados.

Entre os desafios da adoção desses sistemas, podemos destacar o ambiente adverso e as condições em que operam, condições como temperatura de operação, que diz respeito aos equipamentos submetidos a temperaturas muito baixas ou altas. Além da temperatura, há também complicações a respeito de conectividade e consumo de baterias. (FERNANDES, 2017)

Considerações Finais

Por fim, tendo em vista todos os exemplos anteriormente citados no presente trabalho, fica claro que os sistemas embarcados representam uma importante ferramenta no contexto agrícola no desempenho de várias atividades assim como a obtenção de informações valiosas para a tomada de decisões, obtenção de maior

eficiência e economia de recursos, que geram redução de custos e facilidade ao produtor agrícola.

Referências

- AGROPÓS. História da agricultura e sua importância! Disponível em: <<https://agropos.com.br/historia-da-agricultura/>>. Acesso em: 8 set. 2023.
- AIRES, R. Agricultura de precisão: saiba o que é e como utilizar, 2020. Disponível em: <<https://www.myfarm.com.br/agricultura-de-precisao/>>. Acesso em: 9 ago. 2023.
- BASSOI, Luís Henrique et al. Agricultura de precisão e agricultura digital. 2019.
- CAMPOS, M. Agricultura. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/agricultura.htm>>. Acesso em: 7 set. 2023.
- CHASE, Otavio; ALMEIDA, F. Sistemas embarcados. Mídia Eletrônica. Página na internet:< www.sabajovem.org/chase>, capturado em, v. 10, n. 11, p. 13, 2007.
- DA CUNHA, Kianne Crystie Bezerra; DA ROCHA, Rodrigo Vilela. Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino. Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, v. 1, n. 2, p. 62-74, 2015.
- DA SILVA, FELIPE AUGUSTO et al. COMPUTADOR DE BORDO PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO
- DA SILVA, Rogério Oliveira; ARAUJO, Warley Monteiro; CAVALCANTE, Maxwell Machado. Visão geral sobre microcontroladores e prototipagem com arduino. Tecnologias em Projeção, v. 10, n. 1, p. 36-46, 2019.
- DOS SANTOS, Thaís Souza et al. Desenvolvimento de um sistema embarcado de baixo custo para monitoramento de desempenho energético de trator. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 5, p. 36045-36054, 2022.
- FERNANDES, G. Sistemas Embarcados Impulsionam a Agricultura de Precisão, 2017. Disponível em: <<https://embarcados.com.br/sistemas-embarcados-agricultura-de-precisao/>>. Acesso em: 30 set. 2023.
- GOMES, Washington Thadeo Siqueira. Germina: um sistema embarcado com ênfase em agricultura de precisão. 2022.
- GUITARRARA, Paloma. "O que é agricultura?"; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-agricultura.htm>>. Acesso em 07 de setembro de 2023.

LAMPARELLI, R. A. C. Agricultura de precisão. Portal Embrapa, 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/avanco-tecnologico/agricultura-de-precisao>>. Acesso em: 8 ago. 2023.

MARQUES FILHO, Aldir Carpes; RODRIGUES, Jean Paulo; PONTE, Gabriel Buligon Dal. Plataforma Arduino aplicada no desenvolvimento de um sistema de coleta de dados micro-ambientais em casas de vegetação. 2021.

Makiyama, M. O que é arduino, para que serve, benefícios e projetos [Exemplos]; Victor Vision, 2022. Disponível em: <<https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 29 de ago 2023

NOLETO C. Sistemas embarcados: o que são, características e exemplos de aplicação! , 2020. Disponível em : <https://blog.betrybe.com/tecnologia/sistemas-embarcados/> .Acesso em: 27 de jul 2023.

Reis F. Introdução aos Sistemas Embarcados, 2015. Disponível em: <http://www.bosontreinamentos.com.br/electronica/electronica-geral/introducao-aos-sistemas-embarcados/> . Acesso em 31 de Jul de 2023.

SOUZA, F. Sistema embarcado - Conceitos e exemplos. Embarcados, 2022. Disponível em: <Sistema embarcado - Conceitos e exemplos (embarcados.com.br)>. Acesso em: 17 maio. 2023

SOUZA, F. Como programar o ESP32 na Arduino IDE? - Embarcados. Embarcados, 2022. Disponível em: <Como programar o ESP32 na Arduino IDE? - Embarcados>. Acesso em: 7 set. 2023

TORELLA, M. Arduino ou ESP: Descubra a melhor opção! Disponível em: <<https://lobodarobotica.com/blog/arduino-ou-esp-descubra-a-melhor-opcao/>>. Acesso em: 3 set. 2023.