

# Sistemas Embarcados e suas aplicações na agricultura IOT: revisão bibliográfica

## *Embedded Systems and their applications in agriculture IOT: bibliographic review*

Victor Emanuel Almeida\*

Marco Aurélio Guerra Pedroso†

9 de janeiro de 2021

### Resumo

O constante avanço da tecnologia, e especialmente, o barateamento dos custos dos componentes elétricos, tem sido fundamental no surgimento e ampla utilização das práticas de IOT. Nesse cenário, singularmente, nos últimos anos tem sido visto uma ampla divulgação e expansão das tecnologias no campo. Tais tecnologias apresentam grande potencial mas tem-se visto limitadas pela falta de existência de um corpo consolidado de conhecimento, o que por sua vez leva a uma má aplicação de técnicas e padrões, dificultando a otimização e compatibilidade entre estes sistemas. Assim, a proposta do presente artigo é gerar, a partir de uma revisão bibliográfica, uma base de boas práticas e conteúdos úteis que tem sido responsáveis pelo sucesso de alguns dos sistemas já implantados e dos quais se tem registro acadêmico. Dessa forma, o artigo serviu para verificar os avanços tecnológicos no campo, permitindo observar a sua precedência na mudança das práticas agrícolas. Principalmente, foi observado o sucesso e as possibilidades que o sensoramento do solo e as plataformas de tomada de decisão oferecem. O que nos leva a concluir que a chegada das novas tecnologias ao campo é um processo definitivo e que cada vez mais ira se destacar no meio agrícola.

**Palavras-chave:** Agricultura, Internet das coisas, Tomada de decisão, Sensoramento.

---

\*“Estudante do curso de Ciências da Computação do Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Foz do Iguaçu, Brasil.”

†“Estudante do curso de Ciências da Computação do Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Foz do Iguaçu, Brasil.”

# Abstract

The constant advancement of technology, and especially, the lower costs of electrical components, has been fundamental in the emergence and wide use of IOT practices. In this scenario, singularly, in recent years there has been a wide dissemination and expansion of technologies in the field. Such technologies have great potential but have been limited by the lack of a consolidated body of knowledge, which in turn leads to a poor application of techniques and standards, making optimization and compatibility between these systems difficult. Thus, the purpose of this article is to generate, based on a bibliographic review, a base of good practices and useful content that has been responsible for the success of some of the systems already in place and of which there is an academic record. In this way, the article served to verify technological advances in the field, allowing to observe its precedence in changing agricultural practices. Mainly, it was observed the success and the possibilities that the soil sensing and the decision making platforms offer. Which leads us to conclude that the arrival of new technologies in the field is a definitive process and that it will increasingly stand out in the agricultural environment.

**Keywords:** Agriculture, Internet of things, Decision making, Sensing.

## 1 Introdução

Tendo em vista a crescente popularização da internet, melhorias nos protocolos de comunicação e a maior capacidade do hardware, abre-se espaço para integrar a rede diversos dispositivos ou “coisas”, até então nunca imaginados, tais como geladeiras, televisores, entre outros. Esse conceito é chamado de internet das coisas, “*internet of things*” (IOT), e segundo [TZOUNIS et al.](#) o setor agrícola será um dos mais afetados pelos avanços dessa área.

Observando esse potencial, porém notando as muitas ideias, métodos e sistemas diferentes que realizam funções similares, faz-se necessário que se analise o que o mundo tem feito para implementar sistemas IOT em áreas agrícolas.

## 2 Conceitos e características

Antes de abordar as principais tecnologias, bem como os principais e mais atuais estudos relacionados a IOT, faz-se necessário elucidar alguns pontos.

- Estrutura do IOT: baseada em três camadas ([TZOUNIS et al., 2017](#))
  1. A de percepção que seria uma camada de sensores, hardware, que obtém-se dados relevantes a respeito dos fenômenos meteorológicos tais como clima, temperatura do solo, umidade do ar, entre outros.
  2. A camada de rede, camada a qual é responsável por se comunicar com os outros dispositivos. Possuindo diversos protocolos de comunicação tais como **Ipv4** e **Ipv6** ([SOARES, 2019](#)).

3. A de aplicação, camada a qual trás sentido aos dados coletados pelos sensores, pois é nesse momento que ocorre o processamento dos dados, nessa revisão bibliográfica essa camada será responsável principalmente por mostrar ao agricultor informações relevantes de forma simples e compreensível, bem como informá-lo qual o melhor momento para plantar (KATH; PEMBLETON, 2019), ou em quais lugares da plantação tem doenças (TRILLES et al., 2019).

### 3 Materiais e Métodos

O objetivo deste trabalho é reunir um corpo básico de conhecimento sobre os sistemas embarcados e suas possíveis aplicações na agricultura. Para isso foi realizada uma revisão explanatória do assunto. Tentando, dessa forma, condensar a narrativa da literatura incluindo artigos indexados nas plataformas digitais, e publicados no período entre os anos de 2010 e 2020. Tal período foi escolhido, devido ao fato do desenvolvimento das tecnologias no campo serem recentes.

Dessa forma, foi iniciada uma fase de definição das principais questões a serem utilizadas na elaboração do domínio da busca. As questões abordadas foram:

1. Que plataformas de tomada de decisão estão presentes no mercado agrário hoje em dia? - *decision-making, platforms, agricultural*
2. Que modelos de extração e compilação de informação existem? - *models, compilation of information, agricultural*
3. Que mecanismos de sensoriamento do solo são conhecidos? - *soil-sensing, mechanisms, knowledge*
4. Quais dados do solo são de interesse na toma de decisão? - *soil data, interest, making the decision.*

Tabela 1 – Palavras chave e delineamento da pesquisa

|   | Pergunta principais  | Palavras chave                                   | Algoritmo   |
|---|--|--|---|
| 1 | Que plataformas de tomada de decisão estão presentes no mercado agrário hoje em dia? | decision-making, platforms, agricultural         | (“decision-making” and “platforms” and “agricultural”))         |
| 2 | Que modelos de extração e compilação de informação existem?                          | models, compilation of information, agricultural | (“models” and “compilation of information” and “agricultural”)) |
| 3 | Que mecanismos de sensoriamento do solo são conhecidos?                              | soil-sensing, mechanisms, knowledge              | (“soil-sensing” and “mechanisms” and “knowledge”))              |
| 4 | Quais dados do solo são de interesse na toma de decisão?                             | soil data, interest, making the decision         | (“soil data” and “interest” and “making the decision”))         |

Fonte: Autoria Própria.

| Ocorrências | Palavra(s) chave      |
|-------------|-----------------------|
| 4           | wireless sensor       |
| 4           | precision agriculture |
| 4           | internet of things    |
| 4           | sensor network        |
| 2           | soil moisture         |
| 2           | precision viticulture |

Já numa segunda etapa, foi realizado o processo de busca dentro da plataforma Science Direct <<https://www.sciencedirect.com/>>, sendo preciso acessar finalmente os artigos através do portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) com acesso remoto pela comunidade acadêmica federada (CAFe).

Uma vez em posse dos artigos, foi necessária uma análise preliminar destes, nas fontes de busca mencionadas. Para isso, foram avaliados os títulos e resumos. E, dessa forma, apurar ainda mais a seleção. Finalmente foram enumerados os artigos que formaram parte da amostra, foram registrados em um outro arquivo específico, modo tabela, que contem dados da revista, base de dados, idioma, ano de publicação, objetivos, resultados e conclusões destes.

## 4 Plataformas de tomada de decisão (camada de aplicação)

Em relação às plataformas de tomada de decisão segundo a pesquisa de KATH; PEMBLETON até onde sabe-se no ano de 2019 não havia nenhuma plataforma ou *framework* que baseando-se na temperatura do solo fornecesse dados dinâmicos para informar em tempo real decisões agrônômicas dependentes do solo, tal como momento do plantio, irrigação entre outros.

Considerando essa lacuna do conhecimento, desenvolveu-se uma ferramenta de suporte à decisão da temperatura do solo, “*temperature decision support tool*”, seguindo uma metodologia de cinco passos:

1. Comparação dos dados climáticos e ambientais, conseguindo a variabilidade em larga escala da temperatura do solo.
2. Comparação das temperaturas médias em séries históricas.
3. Comparar variáveis preditoras de clima com as medições realizadas, obtendo previsões.
4. Transformar o sistema para funcionar em tempo real.
5. Investigações a longo prazo.

Com o objetivo de aumentar a precisão utiliza-se nove variáveis preditoras de clima, sendo elas: temperatura máxima, radiação diária, diferença entre temperatura máxima e mínima, taxa pluviométrica, latitude, elevação, conteúdo de água do solo, difusão térmica do solo, dia do ano.

Este sistema foi desenvolvido em Shiny (R), e possui uma alta taxa de predição de 92% de validação cruzada  $R_2$ ,  $RMSE = 1,91$ , tendência percentual =  $-0,01$ . Com essas taxas de predição pode-se auxiliar os agricultores de algodão a realizarem o plantio no momento certo, classificando o solo como “bom” após três dias com temperaturas acima de  $14^{\circ}\text{C}$ , dessa maneira após utilizar dados de variáveis preditoras supracitadas recomenda-se ou não o plantio.

Outro sistema de apoio à decisão desenvolvido por [TRILLES et al.](#), com o objetivo de monitorar vinhedos para encontrar e tratar “míldio” (mofo). O míldio é uma doença fúngica causada pela *plasmopara viticola oomycete*, doença essa que causa muito prejuízo nas vinícolas ([TRILLES et al., 2019](#)). Doença essa muito estudada, sendo assim nessa pesquisa baseando-se nos modelos já existentes de detecção a acompanhamento do fungo, buscou-se a automatização dos mesmos.

O principal modelo utilizado para descobrir qual o momento mais propício de aparecimento do míldio foi o de Goidanich ([GOIDANICH; GIAVARINI; WILSON, 1964](#)), também chamado de “regra dos três dez” pois quando a temperatura média ultrapassa  $10^{\circ}\text{C}$ , a germinação ultrapassa os 10 cm e o volume de chuva superior a 10 mm, este é o momento propício para uma primeira contaminação da vinha. Sabendo desses dados expostos por Goidanich ([GOIDANICH; GIAVARINI; WILSON, 1964](#)) percebe-se a necessidade de monitorar três fenômenos, sendo eles: temperatura, umidade e índice pluviométrico, sendo assim precisando de três sensores.

Para desenvolver essa plataforma o autor utilizou o sistema “*Sense Our Environment*” (SEnviro), uma plataforma que utilizando-se de software e hardware livres visa baixar o custo e aumentar a eficiência energética dos sensores ([TRILLES et al., 2019](#)). O SEnviro contém suas funcionalidades melhor explicado em outra pesquisa ([TRILLES et al., 2015](#)) e como já citado nessa seção possui todos os códigos fonte disponível ao público no github ([GONZÁLEZ et al., 2016 - 2020](#)).

Em relação a hardware utilizou-se os sensores de temperatura, umidade e pluviométrico, além de uma bateria alimentada por um painel solar. Para controlar e enviar os dados utilizados no sistema utilizou-se uma placa Arduino LinkIt ONE e para comunicação o módulo “*Sensor Data Management*” (SDM).

Com a estação concluída iniciou-se os testes, detectando em 96,9% de maneira precisa em que houve o alerta de infecções. Através disso, os agricultores puderam aplicar o tratamento de controle de praga apenas quando necessário, reduzindo assim a quantidade de produtos químicos no solo, a quantidade de horas gastas para verificação e correção de doenças dentro do vinhedo bem como os custos da plantação.

## 5 Sensoreamento (camada de percepção)

Tendo em vista a vasta variabilidade dos sensores utilizados nas diversas pesquisas apresentadas, agregamos os melhores resultados a cerca dos sensores.

Tabela 2 – Resultados do uso de sensores

| Citação               | Sensor(es)                         | Resultado   |
|-----------------------|------------------------------------|---|
| (KIZITO et al., 2008) | EC-5 e ECH 2 O-TE                  | Medindo a umidade do solo a uma frequência de 70 MHz                                      |
| (SHARMA et al., 2017) | Hydra probes, 5TM e TDR CS616      | A partir dos testes, Hydra probes foi o melhor sensor para medição da temperatura do solo |
| (MORAIS et al., 2019) | IEEE 1451, SensorML ou TransducerM | Compatibilidade com o framewok mySense  |

Fonte: Autoria Própria.

## 6 Considerações Finais

Portanto, percebe-se a vasta área de aplicação de sistemas embarcados para implementações de fazendas inteligentes, tendo em vista que apenas abordando poucos tópicos tais como Plataformas de tomada de decisão, como citado na seção 4 e seus sensores, como citado na seção 5.

Outrossim a partir dos sistemas de previsão tais como (KATH; PEMBLETON, 2019), (TRILLES et al., 2019) auxiliaram produtores agrícolas a terem uma maior eficiência na hora de plantar, colher e obter mais informações a respeito da plantação sem o trabalho de verificar manualmente.

Em relação aos sensores, percebeu-se uma grande variedade tanto em relação a preços precisões entre outros. Dessa forma cada em aplicação deve-se analisar qual a opção mais viável não existindo sensor perfeito para todas as aplicações, mas sim sensor perfeito para uma aplicação específica.

## Referências

GOIDANICH, G.; GIAVARINI, I.; WILSON, E. O. **Manuale di Patologia vegetale**. [S.l.]: Edizioni Agricole, 1964. v. 2. Citado na página 5.

GONZÁLEZ, A. et al. **Geospatial Technologies Research Group**. 2016 – 2020. Disponível em: <<https://github.com/GeoTecINIT/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2020. Citado na página 5.

KATH, J.; PEMBLETON, K. G. A soil temperature decision support tool for agronomic research and management under climate variability: Adapting to earlier and more variable planting conditions. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 162, p. 783 – 792, 2019. ISSN 0168-1699. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169918317629>>. Acesso em: 3 de dezembro de 2020. Citado nas páginas 3, 4 e 6.

KIZITO, F. et al. Frequency, electrical conductivity and temperature analysis of a low-cost capacitance soil moisture sensor. **Journal of Hydrology**, v. 352, n. 3, p. 367 – 378, 2008. ISSN 0022-1694. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169408000462>>. Acesso em: 3 de dezembro de 2020. Citado na página 6.

MORAIS, R. et al. mysense: A comprehensive data management environment to improve precision agriculture practices. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 162, p. 882 – 894, 2019. ISSN 0168-1699. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016816991831648X>>. Acesso em: 3 de dezembro de 2020. Citado na página 6.

SHARMA, H. et al. Soil moisture sensor calibration, actual evapotranspiration, and crop coefficients for drip irrigated greenhouse chile peppers. **Agricultural Water Management**, v. 179, p. 81 – 91, 2017. ISSN 0378-3774. Special Issue on Improving Agricultural Water Productivity to Ensure Food Security under Changing Environments Overseen by: Brent Clothier. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377416302487>>. Acesso em: 3 de dezembro de 2020. Citado na página 6.

SOARES, R. F. R. D. **Comparação entre protocolos da camada de aplicação para IoT**. Dissertação (B.S. thesis) — Brasil, 2019. Citado na página 2.

TRILLES, S. et al. Senviro: a sensorized platform proposal using open hardware and open standards. **Sensors**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 15, n. 3, p. 5555–5582, 2015. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/15/3/5555/htm>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2020. Citado na página 5.

TRILLES, S. et al. Development of an open sensorized platform in a smart agriculture context: A vineyard support system for monitoring mildew disease. **Sustainable Computing: Informatics and Systems**, 2019. ISSN 2210-5379. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210537918302270>>. Acesso em: 3 de dezembro de 2020. Citado nas páginas 3, 5 e 6.

TZOUNIS, A. et al. Internet of things in agriculture, recent advances and future challenges. **Biosystems Engineering**, v. 164, p. 31 – 48, 2017. ISSN 1537-5110. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511017302544>. Acesso em: 3 de dezembro de 2020. Citado na página 2.