

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

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

Victor Emanuel Almeida\*

1 de fevereiro de 2021

### Resumo

Escrever resumo

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

### Abstract

Escrever resumo

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

## 1 Introdução

Introduzir o assunto de IOT, terminando com citação

Mostrar a relevância da pesquisa, como verificar o que o mundo tem feito deve nos mostrar as melhores práticas bem como as últimas tecnologias disponíveis.

---

\*“Estudante de Ciência da Computação na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus de Foz do Iguaçu-PR, Brasil.” <<http://www.unioeste.br/>>

## 2 Conceitos e características (Mudar nome)

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

### 2.1 O que é IOT

O termo *Internet of Things (IOT)*, em português internet das coisas foi elaborado pelo britânico, Kevin Ashton, em 1999<sup>[1]</sup> e se refere de forma geral a uma rede que conecta diversas “coisas” a internet, através de software, com o objetivo de trocar informações<sup>[2]</sup>, tais “coisas” podem ser sensores, microcontroladores ou até mesmo objetos que nunca imaginamos tais como geladeiras, televisores, entre outros.

### 2.2 Por que usar IOT na agricultura

Segundo Tzounis et al.<sup>[1]</sup> A agricultura é um dos setores que deve ser altamente influenciado pela internet das coisas pela necessidade de eficiência na gestão de recursos bem como o amadurecimento das técnicas de agricultura de precisão, conceito de gestão agrícola surgido no início dos anos 1980<sup>[3]</sup>, que seria a arte e ciência de usar tecnologia avançada para aumentar a produção agrícola<sup>[4]</sup>, a qual necessita das últimas tecnologias da área somado a muita computação para obter medições não invasivas em tempo real de forma rápida, precisa e confiável de diversas variáveis como (monitoramento do solo, do ar, da água, das plantas, dos animais, da irrigação. . . )<sup>[5]</sup> e para obter previsões apoiando assim a tomada de decisão, tais previsões serão abordadas na seção 6 e as medições precisas e confiáveis na seção 4.

Outro fator importante que torna o setor agrícola tão favorável ao uso de internet das coisas é por serem grandes áreas que precisam de constante monitoramento e controle, nas palavras de Talavera et al.<sup>[5]</sup> esses fatores o torna “candidatos ideais”.

### 2.3 As camadas do IOT

A estrutura do *internet of things* é baseada em três camadas<sup>[1]</sup> principais bem como uma camada intermediária, sendo:

- **Camada de percepção:** É uma camada que envolve sensores, hardware e obtém-se dados relevantes a respeito dos fenômenos meteorológicos tais como clima, temperatura do solo, umidade do ar, entre outros.
- **Camada de comunicação:** Responsável por enviar os dados coletados pela camada de percepção supracitada para servidores ou aplicações na nuvem, de forma geral para algum tipo de armazenamento. Possuindo diversos protocolos de comunicação tais como **Ipv4** e **Ipv6**<sup>[6]</sup>.
- **Camada de aplicação:** camada a qual trás sentido aos dados coletados pelos sensores, pois é nesse momento que ocorre o processamento dos dados e a apresentação dos mesmos. 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<sup>[7]</sup>, ou em quais lugares da plantação tem doenças<sup>[8]</sup>.

- **Middleware:** camada intermediária a qual facilita a interação da camada de aplicação com a de percepção<sup>[1]</sup>, fornecendo ferramentas que permitem abstrações em relação a camada de percepção e possibilitando a integração de softwares recentes com o legado<sup>[1]</sup>. No caso da pesquisa de [Sawant, Durbha e Jagarlapudi](#)<sup>[9]</sup> essa integração é feita a partir de um *Web processing Service* que padroniza as entradas e saídas e também por diversos serviços para refinar os dados obtidos dos sensores, fazendo assim o pré-processamento das medições, explicado com muitos detalhes na seção 2.2 de seu trabalho.

### 3 Materiais e Métodos

Perguntar

Tabela 1 – Palavras chaves que se repetem

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

Tabela 2 – Ano de publicação dos artigos Qualis A

Ano de publicação	Quantidade de artigos
2008	1
2014	1
2015	2
2016	1
2017	4
2018	1
2019	3

## 4 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.

### 4.1 Umidade do solo

A literatura sobre a umidade do solo é muito extensa e está se desenvolvendo rapidamente, tornando difícil apresentar o estado da arte<sup>[10]</sup> no que diz respeito à essa variável-chave, sendo essa definida pela água presente no solo<sup>[10]</sup>, normalmente na parte superior, porém em diversos casos práticos pode-se obter o valor da umidade em diferentes profundidades, visando maior precisão e compreensão de outros fatores meteorológicos, como apresentado no trabalho de [Sharma et al.](#)<sup>[11]</sup>.

Segundo [Kizito et al.](#)<sup>[12]</sup>, os métodos mais aceitos para medição da umidade do solo são *time domain reflectometry (TDR)* em português reflectometria no domínio do tempo e os métodos que medem a capacitância, sendo esses utilizados pela maioria dos sensores modernos.

Analisando esses sensores o autor supracitado<sup>[12]</sup> realizou diversos testes alterando parâmetros como salinidade do solo, condutividade elétrica, temperatura entre outros, com os sensores EC-5 e ECH<sub>2</sub>O-TE, chegando a seguinte conclusão, que após a devida calibração medições realizadas a uma frequência de 70 MHz obtém-se dados expressivos, sendo essa a frequência mais eficiente, pois acima dela o gasto energético e eletrônico não resultam em maior precisão. Sendo assim para cada sensor deve ser achado a frequência ideal de medição na qual o custo é minimizado e a precisão é aumentada.

Esses sensores de umidade que medem a capacitância apesar de seguirem o mesmo princípio de funcionamento, podem variar muito de preço e precisão. Por exemplo, caso seja necessário uma elevada precisão bem como outros dados tais como salinidade e temperatura será utilizado um sensor mais caro como o utilizado por [Sharma et al.](#)<sup>[11]</sup> para medições precisas o suficiente para agendar irrigação por gotejamento em estufas, tais medições foram feitas com 2 sensores Hydra probes, um a 15 cm de profundidade e outro medindo desses 15 cm até a superfície.

Como já comentado no parágrafo anterior os sensores variam muito de preço e funcionalidades. Sendo assim não existe um sensor perfeito ou universal para todo tipo de projeto, dessa maneira faz-se necessário que se avalie o orçamento bem como as funcionalidades e precisão exigidas, para auxiliar nisso é apresentada a tabela 3. Nessa tabela é apresentado o nome do sensor seguido de seu preço, bem como o nível de precisão de 3 variáveis, a temperatura do solo, condutividade elétrica e umidade, por fim cita-se um trabalho no qual é utilizado o sensor.

Tabela 3 – Comparando sensores de umidade do solo.

Sensor	Preço	Temp.	Cond. E	Umid.	Autor
Hydra Probe ECH <sub>2</sub> O	440 - 800 RS	± 1°C	01 - 1.5 S/m	0.03 WFV	<a href="#">Sharma et al.</a> <sup>[11]</sup> <a href="#">Kizito et al.</a> <sup>[12]</sup>

## 5 Rede (camada de comunicação)

Atualmente são implementadas muitas redes de sensores sem fio (RSSF) para auxiliar a agricultura de precisão<sup>[9]</sup>, sendo assim esses sensores necessitam de comunicação para exportar os dados coletados da maneira mais eficiente, gastando a menor quantidade de recursos de rede, energia<sup>[1]</sup>. Nessa seção iremos abordar alguns dos protocolos que ligam dispositivos IOT.

### 5.1 Bluetooth Low Energy (BLE)

Assim como o Bluetooth tradicional o BLE é um sistema de comunicação via rádio, porém arquitetado para operar com pouco gasto de energia<sup>[13]</sup>, Segundo o estudo [Cho et al.](#)<sup>[14]</sup> de chegando ao ponto de dispositivos que possuem baterias do tamanho de moedas

operarem por meses. E segundo o site oficial do Bluetooth<sup>[13]</sup> o gasto de energia do BLE é de 1% a 50% do Bluetooth clássico.

O BLE torna-se uma opção viável para comunicação de curta distância pelo fato de operar com 3 canais<sup>[14]</sup> que buscam dispositivos próximos, restabelecendo a comunicação quando encontrados, apesar de possuir no total menos canais que o Bluetooth tradicional, cada canal possui a mesma frequência de transferência, 2.4 GHz, essas e outras características tornam o Bluetooth Low Energy mais simples e econômico para transferências robustas de dados a curtas distâncias<sup>[14]</sup>.

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

Apesar de existir iniciativas que visem plataformas de tomada de decisão mais universais e interoperáveis tais como o mySense<sup>[15]</sup> (software livre) e o SenseTube<sup>[9]</sup> (software proprietário), a maioria das plataformas de tomada de decisão abaixo tendem a resolver um único problema específico ou servem apenas para pesquisas

De acordo com a pesquisa de Kath e Pembleton<sup>[7]</sup> 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 agrônomicas 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.](#)<sup>[8]</sup>, 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<sup>[8]</sup>. 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<sup>[16]</sup>, também chamado de “regra dos três dez” pois quando a temperatura média ultrapassa 10°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<sup>[16]</sup> 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<sup>[8]</sup>. O SEnviro contém suas funcionalidades melhor explicado em outra pesquisa<sup>[17]</sup> e como já citado nessa seção possui todos os códigos fonte disponível ao público no github<sup>[18]</sup>.

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.

## 7 Considerações Finais

## Referências

- 1 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 nas páginas 2, 3 e 4.
- 2 Chen, S. et al. A vision of iot: Applications, challenges, and opportunities with china perspective. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 1, n. 4, p. 349–359, 2014. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6851114>>. Acesso em: 16 de janeiro de 2021. Citado na página 2.
- 3 LÓPEZ, J. A. et al. Gaia2: A multifunctional wireless device for enhancing crop management. **Agricultural Water Management**, v. 151, p. 75 – 86, 2015. ISSN 0378-3774. New proposals in the automation and remote control of water management in agriculture: agromotic systems. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377414003436>>. Acesso em: 3 de dezembro de 2020. Citado na página 2.
- 4 MESAS-CARRASCOSA, F. et al. Open source hardware to monitor environmental parameters in precision agriculture. **Biosystems Engineering**, v. 137, p. 73 – 83, 2015. ISSN 1537-5110. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511015001208>>. Acesso em: 3 de dezembro de 2020. Citado na página 2.
- 5 TALAVERA, J. M. et al. Review of iot applications in agro-industrial and environmental fields. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 142, p. 283 – 297, 2017. ISSN 0168-1699. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169917304155>>. Acesso em: 3 de dezembro de 2020. Citado na página 2.
- 6 SOARES, R. F. R. D. **Comparação entre protocolos da camada de aplicação para IoT**. Monografia (Bacharelado em Sistemas de Informação) — Departamento de Estatística e Informática, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <[https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/2149/1/tcc\\_raphaelfeliperamosduartesoares.pdf](https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/2149/1/tcc_raphaelfeliperamosduartesoares.pdf)>. Acesso em: 10 de dezembro de 2020. Citado na página 2.
- 7 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 2 e 5.
- 8 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 2 e 6.



- 9 SAWANT, S.; DURBHA, S. S.; JAGARLAPUDI, A. Interoperable agro-meteorological observation and analysis platform for precision agriculture: A case study in citrus crop water requirement estimation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 138, p. 175 – 187, 2017. ISSN 0168-1699. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169916304082>>. Acesso em: 3 de dezembro de 2020. Citado nas páginas 3, 4 e 5.
- 10 ROMANO, N. Soil moisture at local scale: Measurements and simulations. **Journal of Hydrology**, v. 516, p. 6 – 20, 2014. ISSN 0022-1694. Determination of soil moisture: Measurements and theoretical approaches. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169414000328>>. Acesso em: 3 de dezembro de 2020. Citado na página 3.
- 11 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 nas páginas 3 e 4.
- 12 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 4.
- 13 BLUETOOTH Radio Versions. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/radio-versions/>>. Acesso em: 1 de fevereiro de 2021. Citado nas páginas 4 e 5.
- 14 CHO, K. et al. Performance analysis of device discovery of bluetooth low energy (ble) networks. **Computer Communications**, v. 81, p. 72 – 85, 2016. ISSN 0140-3664. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366415003886>>. Acesso em: 1 de fevereiro de 2021. Citado nas páginas 4 e 5.
- 15 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 5.
- 16 GOIDANICH, G.; GIAVARINI, I.; WILSON, E. O. **Manuale di Patologia vegetale**. [S.l.]: Edizioni Agricole, 1964. v. 2. Acesso em: 10 de dezembro de 2020. Citado na página 6.
- 17 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 6.



18 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 6.