

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS (UEG)  
CÂMPUS NORDESTE  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE POSSE (UNU POSSE)  
INSTITUTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**APLICAÇÃO DE INTERNET DAS COISAS (IoT) NA AGRICULTURA DE  
PRECISÃO**

Autor: Klebio de Jesus

Orientador: MSc. Ronaldo Ferreira da Silva

Coorientador: Ma. Cecília Cândida Frazão Vieira

POSSE – GO

2021

**KLEBIO DE JESUS**

**APLICAÇÃO DE INTERNET DAS COISAS (IOT) NA AGRICULTURA DE  
PRECISÃO**

Trabalho apresentado como requisito parcial  
para a Conclusão do Curso de Bacharelado  
em Sistemas de Informação da Universidade  
Estadual de Goiás – Unidade Universitária de  
Posse-GO.

Orientador: MSc. Ronaldo Ferreira da Silva  
Coorientador: Ma. Cecília Cândida Frazão  
Vieira

**POSSE – GO**

**2021**

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

### **APLICAÇÃO DE INTERNET DAS COISAS (IOT) NA AGRICULTURA DE PRECISÃO**

---

Prof. MSc. Ronaldo Ferreira da Silva  
Universidade Estadual de Goiás (UEG)

---

Prof. Ma. Cecília Cândida Frazão Vieira  
Instituto Federal de Brasília (IFB)

---

Prof. Esp. Daniel de Sousa Santos  
Universidade Estadual de Goiás (UEG)

---

Prof. Esp. Givanilde de Assis dos Santos Oliveira  
Universidade Estadual de Goiás (UEG)

Posse, 18 de março de 2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

dk63a      de Jesus, Klebio  
            Aplicação de Internet das Coisas (IoT) na  
Agricultura de Precisão / Klebio de Jesus; orientador  
Ronaldo Ferreira da Silva; co-orientador Cecília  
Cândida Frazão Vieira . -- Posse-GO, 2021.  
            54 p.

            Graduação - Sistemas de Informação -- Unidade de  
Posse, Universidade Estadual de Goiás, 2021.

            1. IoT. 2. Agricultura de Precisão. 3. Análise de  
Dados. 4. Variáveis Climáticas. I. Ferreira da Silva,  
Ronaldo, orient. II. Cândida Frazão Vieira , Cecília,  
co-orient. III. Título.

## DEDICATÓRIA

Aos meus, pessoas que de certa forma  
contribuíram para que eu chegasse à  
conclusão desse trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem sua graça eu nada seria. A minha querida família que sempre me depositou a motivação e encorajamento necessário para cumprir meus propósitos. Aos meus professores, e em especial aos meus orientadores que me ensinaram a trilhar esse caminho que, embora árduo, tornou-me ainda mais capaz de almejar a vitória trazendo comigo toda uma lição para vida. Agradeço também a *startup SiriNEO Technologies* pelo apoio no fornecimento de hardware essencial para o desenvolvimento do experimento.

## EPÍGRAFE

“A persistência é o caminho do êxito”.

(Charles Chaplin)

## RESUMO

Com a constante evolução tecnológica que a humanidade vivencia, a Internet das Coisas (IoT - *Internet of things*) se caracteriza como uma dessas evoluções. Essa tecnologia se baseia na conexão de diversos objetos à internet, criando uma rede interconectada de dispositivos dotados de sensores que podem capturar dados de diversas áreas, como na saúde, lazer, educação e segurança e transmiti-los para utilização em diversas aplicações. Para a agricultura essa tecnologia não é diferente e pode contribuir especialmente no ganho de produtividade e redução de custos com perdas decorrentes de fenômenos previsíveis, tais como os relacionados ao cometimento de pragas e crises hídricas, o presente trabalho tem a finalidade de criar um arcabouço dotado de sensores para capturar variáveis climáticas e relacionadas ao solo e documentar a sua aplicação na agricultura de precisão. Esses sensores estarão especificamente interligados a uma rede com protocolos de comunicação como *ZigBee*, *Bluetooth*, *LoRa*, *Wi-Fi* dentre outros. Após capturados esses dados serão armazenados em um banco de dados possibilitando a criação de um *dataset* (conjunto de dados) que poderá ser utilizado por aplicações de propósitos diversos tais como estatísticas e previsões. Nessa infraestrutura haverá também a possibilidade de automatizar o processo de irrigação (caso haja) do qual a intervenção humana será parcialmente dispensada, isso devido as medições realizadas com sensores de umidade de solo e dos volumes chuvosos. Todas essas informações serão visualizadas em tempo real através de um painel visual acessível por meio da Internet.

**Palavras-chave:** IoT, Agricultura de Precisão, Análise de Dados, Variáveis Climáticas.



## ABSTRACT

*With the constant technological evolution that humanity experiences, the Internet of Things (IoT) stands out as one of these evolutions. This technology is based on the connection of many objects to the internet, creating an interconnected network of devices equipped with sensors that can capture data from different areas, such as health, leisure, education and security, and perform a transmission for use in several applications. For agriculture, this technology is not different and can contribute especially to the productivity gain and cost reduction due to losses resulting from predictable phenomenon's, such as those related to the pests attack and water crises. The present work has the purpose of creating a framework endowed with sensors to capture climatic and soil-related variables and document their application in precision agriculture. These sensors will be specifically connected to a network with communication protocols such as ZigBee, Bluetooth, LoRa, Wi-Fi, among other. After being captured, these data will be stored in a database allowing the creation of a dataset that can be used by applications with different purposes such as statistics and predictions. In this infrastructure there will also be the possibility to automate the irrigation process (case any) from which human intervention will be partially dispensed, due to the measurements carried out with sensors for soil moisture and rainy volumes. All this information will be visualized in real time through a visual panel accessible via the Internet.*

**Keywords:** *IoT, Precision Agriculture, Data Analysis, Climatic Variations.*

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Trecho de código para liberação do <i>Cross-Origin</i> (domínio cruzado). .....                       | 24 |
| Figura 2: Estrutura de assinatura MQTT. ....                                                                    | 25 |
| Figura 3: Estrutura de encaminhamento MQTT .....                                                                | 26 |
| Figura 4: Componentes que possibilitam a aplicação de Internet das Coisas (IoT) a agricultura de precisão. .... | 29 |
| Figura 5: Instalação do experimento. ....                                                                       | 32 |
| Figura 6: Esquema do experimento para coleta e armazenamento de dados. ....                                     | 37 |
| Figura 7: Dados serializados em formato <i>JSON</i> disponibilizados para consumo.....                          | 39 |
| Figura 8: Plataforma para visualização dos dados coletados em tempo real.....                                   | 40 |
| Figura 9: <i>Dataset</i> criado pelo experimento e disponibilizado pela plataforma Web..                        | 41 |
| Figura 10: Experimento físico implantado na Unidade Universitária de Posse. ....                                | 42 |
| Figura 11: Esquema para armazenamento e disponibilização dos dados climáticos.....                              | 47 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1: Lista de componentes que poderão ser utilizados para a criação de infraestruturas baseadas em Internet das Coisas (IoT)..... | 32 |
| Quadro 2: Dados estatísticos de temperatura.....                                                                                       | 43 |
| Quadro 3: Dados estatísticos da umidade do ar .....                                                                                    | 44 |
| Quadro 4: Dados estatísticos da umidade do solo .....                                                                                  | 45 |

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

AP - Agricultura de Precisão

BLE - *Bluetooth Low Energy*

bps - *bits* por segundo

BR/EDR - *Basic Rate/Enhanced Data Rate*

CPD - Centro de Processamento de Dados

CSS - *Cascading Style Sheets*

CSV - *Comma-separated-values*

GB - Gigabyte

GHz – *Gigahertz*

GIS - *Geographic Information System*

GPS - *Global Positioning System*

hPa – Hectopascal

HS - *High Speed*

HTTP - *HyperText Transfer Protocol*

HTML - *Hyper Text Markup Language*

IBM - *International Business Machines Corporation*

IDE - *Integrated Development Environment*

IEEE - *Institute of Electrical and Electronic Engineers*

IoT – Internet das Coisas

IP - *Internet Protocol*

ISM - *Industrial Scientific Medical*

J2EE - *Java 2 Enterprise Edition*

JSON - *JavaScript Object Notation*

kbps - *kilobits* por segundo

LAN - *Local Area Networks*

LoRaWan - *Long Range Wide Area Network*

M2M - *Machine-to-Machine*

mA – Miliampère

mbps - *megabits por segundo*

MHz - Megahertz

MQTT - *Message Queuing Telemetry Transport*

P&G - *Procter & Gamble*

PDF - *Portable Document Format*

PDO - *PHP Data Objects*

PHP - *Hypertext Preprocessor*

RAM - *Random Access Memory*

RF - *Radio Frequency*

RFID - *Radio Frequency Identification*

SGBDR - *Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional*

SIG - *Sistemas de Informações Geográficas*

TCP - *Transmission Control Protocol*

V - Volts

VoD - *Video on Demand*

WLAN - *Wireless Local Area Network*

WPAN - *Wireless Personal Area Network*

## SUMÁRIO

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                           | <b>13</b> |
| <b>1.1 Apresentação.....</b>                                                        | <b>13</b> |
| <b>1.2 Problema.....</b>                                                            | <b>14</b> |
| <b>1.3 justificativa.....</b>                                                       | <b>16</b> |
| <b>1.4 Objetivos .....</b>                                                          | <b>17</b> |
| 1.4.1 Objetivos gerais.....                                                         | 17        |
| 1.4.2 Objetivos específicos.....                                                    | 17        |
| <b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>                                                | <b>18</b> |
| <b>2.1 Internet das Coisas (IoT).....</b>                                           | <b>18</b> |
| <b>2.2 Aplicações e tecnologias de IoT .....</b>                                    | <b>19</b> |
| <b>2.3 Protocolos de comunicação.....</b>                                           | <b>19</b> |
| 2.3.1 ZigBee .....                                                                  | 20        |
| 2.3.2 Bluetooth .....                                                               | 20        |
| 2.3.3 LoRa.....                                                                     | 21        |
| 2.3.4 Wi-Fi.....                                                                    | 22        |
| <b>2.4 Protocolos da camada de aplicação no modelo de referência TCP/IP .....</b>   | <b>22</b> |
| 2.4.1 Protocolo HTTP .....                                                          | 23        |
| 2.4.2 Protocolo MQTT .....                                                          | 25        |
| <b>2.5 Agricultura 4.0: A Agricultura de Precisão (AP) .....</b>                    | <b>26</b> |
| 2.5.1 Agricultura de Precisão (AP) e Internet das Coisas (IoT) .....                | 27        |
| <b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                                                  | <b>30</b> |
| <b>3.1 Caracterização do estudo.....</b>                                            | <b>31</b> |
| <b>3.2 Local de aplicação da pesquisa.....</b>                                      | <b>31</b> |
| <b>3.3 Componentes e características para uma infraestrutura de sensores IoT ..</b> | <b>32</b> |
| <b>3.4 Procedimentos experimentais e técnicos .....</b>                             | <b>35</b> |
| <b>3.5 Variáveis de estudo.....</b>                                                 | <b>36</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                                               | <b>36</b> |
| <b>4.1 Diagramas didáticos do experimento.....</b>                                  | <b>37</b> |
| <b>4.2 Análise estatística dos dados coletados.....</b>                             | <b>43</b> |
| 4.2.1 Dados estatísticos da temperatura.....                                        | 43        |
| 4.2.2 Dados estatísticos da umidade do ar .....                                     | 44        |
| 4.2.3 Dados estatísticos da umidade do solo .....                                   | 45        |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4.3 Dataset e disponibilização de dados para consumo.....</b> | <b>46</b> |
| <b>4.4 Desafios técnicos encontrados no experimento .....</b>    | <b>47</b> |
| <b>5 CONCLUSÃO .....</b>                                         | <b>49</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                          | <b>50</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Apresentação

O mundo está em constante evolução. O desenvolvimento tecnológico se torna cada vez mais acessível a todos. A Internet se encontra na lista dessas inovações tendo muito a contribuir, se tornando a base necessária para o surgimento de inúmeras outras tecnologias.

Dessa forma, a Internet evoluiu de um mecanismo para interligação de informações militares e acadêmicas para aplicações de vídeo sob demanda (VoD), redes sociais, comércio eletrônico e uma infinidade de outras aplicações. À luz da evolução da Internet, atualmente, são incontáveis os serviços que podem ser acessados na *Web* (CONCEIÇÃO e COSTA, 2019, p. 2).

Diante da afirmação de Costa *et al.* (2018), é possível compreender que nas últimas décadas a Internet tem progredido continuamente, se iniciou originalmente como uma rede acadêmica e posteriormente se transformou uma rede global. O fato de fazer parte de um sistema de comunicação aberto marca seu rápido desenvolvimento, e com isso se tornou a responsável por mover conhecimento em vários campos, abrindo oportunidades para novos serviços e conexões.

Esse avanço da internet permitiu a concepção do termo Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things* – *IoT*).

Está cada vez mais em evidencia a utilização dessa inovação em dedicação as mais diversas áreas da convivência humana, a agricultura sendo uma das áreas que mais crescem no cenário mundial passou a demonstrar grande interesse em buscar novas tecnologias.

O agronegócio atual se encontra em um nível de evolução bem acima em comparação a alguns anos atrás, devido, principalmente, a adoção de inovações a fim de se obter melhorias em seus processos de produção.

O crescente desenvolvimento de novas técnicas ligadas ao manejo das culturas, novos equipamentos e insumos mais eficientes têm proporcionado ganhos significativos no rendimento das culturas (SOARES FILHO e CUNHA, 2014).

A aplicações de Internet das Coisas (IoT) na agricultura de precisão, que nada mais é do que uma categoria pertencente ao agronegócio, pode ser feito com a utilização de tecnologias de baixo custo, permitindo uma grande variedade de



aplicações e a agregação de valor científico a área em questão, tais aplicações abrangem grandes possibilidades como por exemplo, a automação de serviços (como a irrigação) e também a coleta, tratamento, armazenamento e análise de dados capturados por meio de sensores, trazendo como consequência a redução de custos e aumento da produtividade.

Molin (2004, p. 2) destaca que a ideia fundamental é de que o produtor possa identificar as regiões de altas e de baixas produtividades dos talhões e possa administrar essas diferenças com os mesmos critérios agronômicos já dominados, porém com grau de detalhamento maior, portanto em escala compatível.

De frente a todos esses fatos é perceptível que o produtor deseja uma melhor produtividade, com custos reduzidos e possibilidade de maximizar os lucros e que seja constante o retorno de informações sobre a sua produção, para isso a aplicação de tecnologias como as apresentadas neste trabalho é fundamental, tornando a produção agrícola subsidiada por inovação, inserindo-se na denominada Agricultura 4.0.

## **1.2 Problema**

As áreas do agronegócio recebem reforços tecnológicos para dar início a sua evolução, no entanto, a agricultura em si ainda necessita preencher muitas lacunas para transformar o cenário atual em algo sustentável.

Conforme a afirmação de Moraes *et al.* (2017), o setor do agronegócio desempenha um papel fundamental na economia, em termos de geração de riqueza e emprego, pois nos últimos anos para tornar uma fazenda rentável e com desenvolvimento sustentável, foram necessárias mudanças no modelo atual, promovendo o desenvolvimento apoiado por novos recursos técnicos disponíveis.

A necessidade de modernização é uma consequência natural a qualquer área de produção, seja ela qual for, esse fato faz com que haja uma dependência constante de inovações tecnológicas, pois do contrário, uma série de problemas podem surgir.

Na produção agrícola atual, vários problemas podem existir, e muitos deles podem ser de difícil solução, trazendo diferentes situações complexas que necessitam de respostas cada vez mais rápidas. Dentre tais fatos destacam (i) alto custo para aprimoramento, (ii) falta de mão-de-obra especializada, (iii) fraca mecanização e automação de tarefas, (iv) impactos naturais resultantes de condutas inadequadas e de aplicação de substâncias de formas incorretas e demasiadas, dentre outros.

Esses argumentos já mencionados não são as únicas preocupações para a agricultura, sendo que há também a existência de algumas deficiências como (i) a necessidade em se obter uma tomada de decisão precisa para tempos de escassez das chuvas, (ii) a necessidade em se obter a precisão nas informações que devem ser coletadas constantemente, (iii) a preocupação com o aumento da produtividade (iv) e a necessidade de economia dos recursos hídricos.

Segundo Moraes *et al.* (2017) um fato bastante importante refere-se ao consumo de água no agronegócio, que é imenso, sendo que a irrigação na agricultura é apontada como a maior consumidora dos recursos hídricos no mundo. Conforme a complementação de Antonelli (2012), um fato muito importante é que as empresas agrícolas consomem grandes quantidades de água, e a irrigação agrícola é considerada a maior consumidora de água do mundo. De acordo com a pesquisa, a taxa de desperdício devido à má gestão e consumo impróprio de água é responsável por quase 50% das despesas totais da indústria agrícola.

Nagai (2019) afirma que na agricultura convencional, o uso de insumos químicos aumenta continuamente, elevando o custo de produção, sem melhorar a produtividade e a qualidade do produto.

De acordo com Artuzo *et al.* (2017), os recursos naturais são limitados, muitos dos quais não renováveis, e os preços dos insumos agrícolas sobem consideravelmente a cada período, trazendo uma forte competitividade do mercado. É possível inferir que os meios tecnológicos que possam apresentar o desenvolvimento desses recursos devem ser cada vez mais colocados em uso, para melhorar a qualidade de vida e a eficiência da proteção ambiental.

Em meio a essas realidades existentes no âmbito agrícola mundial, é possível identificar que a necessidade de uma medida deve ser aplicada para amenizar esse quadro, para isso propõe-se a aplicação de Internet das Coisas (IoT) na agricultura afim de se obter a quebra dessas problemáticas como (i) o esgotamento da água, (ii) o empobrecimento da fertilidade do solo com as altas taxas de aplicação de insumos (iii) a necessidade de excelência ao se produzir alimentos, dentre outros.

A internet das Coisas (IoT) apresenta-se como uma das soluções possíveis e economicamente viáveis para tais problemas, tendo em vista que o seu surgimento ocorreu devido a situações em que era necessário coletar, tratar, armazenar e disponibilizar grandes volumes de dados para automação de atividades, e tomada de medidas que amenizem os problemas citados anteriormente.

Conforme explicam Moraes *et al.* (2017), o uso de sensores permite verificar com precisão dados como umidade e temperatura, além de acessar facilmente dados estatísticos de forma a orientar os agricultores para a tomada de decisões e promover o desenvolvimento agrícola sustentável em uma ampla gama de formas, evitando o desperdício de recursos naturais, consequentemente com a medida certa de umidade do solo há maior produtividade e queda de danos por excesso de umidade no plantio.

A agricultura de precisão com a integração da Internet das Coisas (IoT) tornou-se uma realidade que está ao alcance de todos, já que a proposta em torno dessa ideia apresenta benefícios à produção agrícola com custos reduzidos.

Afirmam Moraes *et al.* (2017), que a agricultura inteligente ou agricultura de precisão pode usar o gerenciamento de recursos apoiado pela tecnologia, para transformar investimento em maneiras de aumentar a produção e reduzir os custos operacionais, isso tudo graças ao avanço de muitas tecnologias e principalmente em termos de tecnologia IoT.

Dessa forma, essa pesquisa tem como problema norteador a falta de informações climáticas que possam ser aproveitadas a favor de melhorias na agricultura como: melhor época para plantar, melhor época para aplicação de insumos, irrigação automatizada, redução do desperdício de recursos (água, insumos, mão de obra). Isso traz para a atualidade o termo Agricultura de Precisão (AP), que demonstra cada vez mais a importância da agregação do desenvolvimento tecnológico para a agricultura.

### **1.3 justificativa**

Este trabalho aponta fatos para demonstrar a viabilidade do uso de Internet das Coisas (IoT) no âmbito da produção agrícola, essas informações foram absorvidas de revisões bibliográficas para balizar seu valor científico.

A medida que a população do planeta continua a crescer, o mais importante é que as pessoas se tornem administradores da terra e de seus recursos (EVANS, 2011).

É visto que atualmente todos os setores tendem a se modernizar, com base nesse fato a arte de cultivar não foge dessa premissa. A agricultura apresenta a necessidade de utilizar da precisão que os recursos tecnológicos oferecem, fazendo

com que a agricultura de precisão utilizando recursos de Internet das Coisas (IoT) seja cada vez mais acessível aos produtores.

De acordo com Gonçalves *et al.* (2018), depois de adotar esse mecanismo em uma grande variedade de plantações, os líderes e gestores responsáveis pelo produto estão cada vez mais comprometidos em tornar seus negócios eficientes e superprodutivos, pois acreditam ter percebido a necessidade e a praticidade da modernização em seus objetivos.

No decorrer desse trabalho, serão apresentados vários problemas enfrentados pelos grandes, médios ou pequenos produtores, trazendo sempre a menção de que a solução pode ser apresentada na utilização de recursos disponíveis na Internet das Coisas (IoT).

## **1.4 Objetivos**

Essa obra engloba uma serie de objetivos, dos quais partem desde as características presentes em tecnologia, Internet das Coisas (IoT) e agricultura de precisão até que se chegue em um ponto específico que é a aplicação da tecnologia demonstrando a possibilidade de se utilizar a Internet das Coisas (IoT) na agricultura de precisão.

### **1.4.1 Objetivos gerais**

Desenvolver e documentar uma aplicação para atuar na agricultura de precisão utilizando Internet das Coisas (IoT).

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Desenvolver infraestrutura de sensores IoT.
- Realizar medições temporais de temperatura, umidade relativa do ar, umidade do solo, nível de chuva, volume chuvoso, direção e velocidades dos ventos, pressão atmosférica, altitude.
- Armazenar os dados referentes às condições climáticas capturados em um Banco de dados.
- Disponibilizar os dados armazenados em um painel visual com acesso por

meio da internet.

- Realizar cálculos estatísticos (média, mínima, máxima) referentes a tais dados, e apresentá-los graficamente.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Para Santos (2012), revisão da literatura consiste em um trabalho comparativo que permite o progresso do pesquisador em relação ao seu tópico, bem como a avaliação do tratamento dado por outros estudiosos ao assunto pesquisado.

Todo trabalho de levantamento bibliográfico deve transmitir de forma consistente e fundamentada a teoria em torno de um problema proposto.

Santos (2012), define que na etapa de revisão da literatura o processo de pesquisa acadêmica permite o reconhecimento de aspectos relacionados ao conhecimento científico produzido acerca de determinado assunto. Isso traz à tona toda uma preocupação em documentar várias opiniões de diferentes autores, que por sua vez pode seguir ou não uma concordância entre ideias.

### 2.1 Internet das Coisas (IoT)

O termo Internet das Coisas (IoT) foi utilizado pela primeira vez por Kevin Ashton em 1999 em uma apresentação que fez na Procter & Gamble (P&G), fazendo vínculo a nova ideia de RFID (*radio frequency identification* – identificação por radiofrequência) (ASHTON, 2009). Por se tratar de uma tecnologia nova à época, a Internet das Coisas (IoT) teve a atenção e os olhares futurísticos de grandes apreciadores e desenvolvedores de tendências tecnológicas no mundo inteiro voltados para si.

Santos *et al.* (2016) destacam que a Internet das Coisas, em poucas palavras, nada mais é que uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam), mas com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet. Isso permite a utilização de funcionalidades, informações e serviços oferecidos por diversos objetos por meio da internet.

Gonçalves (2018), complementa que a Internet das Coisas (IoT) é uma rede de objetos físicos, veículos, residências e empresas, que integrados com tecnologia

de internet das comunicações, coletam e transmite dados por sensores e conexão à rede.

## 2.2 Aplicações e tecnologias de IoT

Ao combinar a capacidade da próxima evolução da Internet (IoT) para sentir, coletar, transmitir, analisar e distribuir dados em grande escala, com a maneira das pessoas processarem informações, a humanidade obterá o conhecimento e a sabedoria necessários não apenas para sobreviver, mas para prosperar nos próximos meses, anos, décadas e séculos (EVANS, 2011, p. 7).

Santos *et al.* (2016) afirmam que, cada vez mais vem sendo extensa a lista de objetos com capacidade de se conectarem a grande rede, tais como TV's, automóveis, *webcams*, *laptops*, *smathphones* e outros objetos domésticos. Isso possibilita a inclusão das mais diversas áreas, permitindo o surgimento de alguns novos termos como:

- *Healthcare* (Saúde): Atividades *fitness* que se resume no monitoramento e controle da frequência cardíaca, e funções vitais durante os exercícios. A realização do monitoramento das condições de saúde dos pacientes em hospitais e casas de apoio.

- *Smart Home* (Casas inteligentes): Várias medições de consumo, auxílio para a economia de energia, controle de funcionalidades de equipamentos presentes na residência.

- *Smart Cities* (Cidades inteligentes): Monitoramento da estrutura dos prédios e edifícios com base em suas vibrações e condições materiais. Monitoramento as redes elétricas trazendo iluminação inteligente para que ela se adapte à rua. Segurança remota com monitoramento de vídeo e medidas contra incêndio. E outras funcionalidades como o monitoramento de espaços para estacionamento, e até mesmo facilitar a coleta de lixo com base na detecção dos níveis de resíduos a serem coletados.

## 2.3 Protocolos de comunicação

De acordo com Brito *et al.* (2018, p 59), os protocolos refletem um análogo a idiomas, como o inglês por exemplo, de forma que ocorra a troca de informações

efetivamente, os dispositivos envolvidos na comunicação devem conhecer o mesmo “vocabulário e a estrutura de linguagem”.

Complementa Silva (2019, p. 9), que as redes de comunicação sem fio têm um papel crucial frente à grande variedade de aplicações e dispositivos que devem gerar requisitos de computação e conectividade diversos.

Ao desenvolver uma tecnologia IoT e utilizar um protocolo de comunicação dos quais podem ser citados o *ZigBee*, *Bluetooth*, *LoRa* ou *Wi-Fi*, é necessário seguir o padrão de desenvolvimento em que a tecnologia de comunicação se baseia, de modo a evitar que futuros problemas como incompatibilidade e queda de comunicação venham a surgir.

### 2.3.1 *ZigBee*

O padrão *ZigBee* definido por Santos *et al.* (2016) é baseado na especificação do protocolo IEEE 802.15.4 para a camada de enlace podendo operar em frequências como 2.4 GHz (faixa ISM), 868 MHz ou 915 MHz e podendo alcançar a uma taxa máxima de até 250 kbps (kilobits por segundo). As suas principais características são o baixo consumo de energia, baixa taxa de transmissão e baixo custo de implementação, e o seu alcance máximo é de 100m (BRITO *et al.*, 2018, p 67).

### 2.3.2 *Bluetooth*

Conforme explica Costa e Mendes (2006), o *Bluetooth* é uma tecnologia muito disseminada no mundo atualmente, devido ao seu uso em celulares, *palms*, *laptops*, computadores, fones de ouvido e outros dispositivos.

Para Silva (2019, p. 9) o *Bluetooth* é um padrão de comunicação sem fio destinado a conectar diferentes dispositivos fixos, portáteis e móveis e transferir dados em curtas distâncias.

*Bluetooth* é o padrão de redes sem fio para conexões de curta distância que foi lançado em 1999 com a versão 1.0 pelo Bluetooth SIG (*Bluetooth Special Interest Group*), grupo formado por grandes empresas como *Ericsson*, *Intel*, *IBM*, *Toshiba*, *Nokia*, *Lucent*, *Motorola* e outras. Por solicitação do SIG o IEEE 802 adotou as especificações do Bluetooth como um *standard* IEEE 802.15.1 para “*Wireless Personal Area Network*” (WPAN) (COSTA; MENDES, 2006).

Conforme explica Santos *et al.* (2016), o *Bluetooth* se divide em dois grupos: *Bluetooth* clássico que por sua vez se divide em *Basic Rate/Enhanced Data Rate* (BR/EDR), que são as versões 2.0 ou anteriores e o *Bluetooth High Speed* (HS), versão 3.0; e o *Bluetooth Low Energy* (BLE), versão 4.0 ou superior. As versões mais antigas do *Bluetooth*, focadas em aumentar a taxa de comunicação, tornou o protocolo mais complexo e, por consequência, não otimizado para dispositivos com limitações energéticas. Ao contrário das versões anteriores, o BLE possui especificação voltada para baixo consumo de energia, permitindo dispositivos que usam baterias do tamanho de moedas.

O BLE na visão de Gomez *et al.* (2012, p 11735), opera na banda de 2,4 GHz *Industrial Scientific Medical* (ISM) e define 40 canais de radiofrequência (RF) com espaçamento de canal de 2 MHz. Existem dois tipos de canais BLE RF: canais de publicidade e canais de dados. Canais de publicidade são usados para descoberta de dispositivos, estabelecimento de conexão e transmissão de *broadcast*, enquanto canais de dados são usados para comunicação bidirecional entre dispositivos conectados.

### 2.3.3 LoRa

A especificação *LoRaWAN* (*Long Range Wide Area Network*) foi projetada para criar redes de longa distância, numa escala regional, nacional ou global, formada por dispositivos operados por bateria e com capacidade de comunicação sem fio (SANTOS, *et al.*, 2016, p. 10).

A arquitetura da rede *LoRa* é baseada na topologia estrela, na qual um dispositivo central, o roteador recebe e envia dados para os dispositivos finais da rede. O roteador deve ser conectado à Internet através de *Wi-Fi*, *Ethernet*, rede de celular ou satélite, visando enviar os dados recebidos dos dispositivos finais para uma base de dados (PEREIRA, 2019, p. 27).

Para Santos *et al.* (2016), A taxa de sua comunicação alcança valores entre 300 bps a 50 kbps. O consumo de energia na *LoRaWan* é considerado pequena, o que permite aos dispositivos se manterem ativos por longos períodos. A frequência utilizada pela *LoRaWan* é a ISM sub-GHz que faz com que as ondas eletromagnéticas penetrem grandes estruturas e superfícies, a distâncias de 2 km a 5 km em meio urbano e 45 km no meio rural.



### 2.3.4 Wi-Fi

A tecnologia *Wi-Fi* é uma solução de comunicação sem fio bastante popular, pois está presente nos mais diversos lugares, fazendo parte do cotidiano de casas, escritórios, indústrias, lojas comerciais e até espaços públicos das cidades (SANTOS *et al.*, 2016, p. 8).

O *Wi-Fi* segue padrão IEEE 802.11.b, g,n, 2.4 GHz., sinal de Rádio Frequência por difusão, médias distâncias (dezenas de metros), com alta qualidade e flexibilidade (LEITE *et al.*, 2017, p. 5).

## 2.4 Protocolos da camada de aplicação no modelo de referência TCP/IP

As redes de computadores são o núcleo da comunicação, onde empresas, casas, fazendas, universidades, hospitais, entre outros ambientes, podem interconectar vários computadores e dispositivos entre si por meio das tradicionais redes LAN e WLAN, quando conectados na internet ou estão em locais distantes geograficamente (BRITO *et al.*, 2018. P. 57).

As redes possuem várias aplicações tais como: computadores ligados a sistemas distribuídos Intercursos, utilizando servidores sem limites de localidade no globo terrestre, aplicações comerciais, aplicações domésticas, acesso a informações remotas, comunicação entre pessoas, entretenimento interativo, comércio eletrônico, usuários com dispositivos móveis como: *notebook*, *smartphones*, *wearable technology* e *gadgets* (CONCEIÇÃO e COSTA, 2018, p. 57).

De acordo com Comer (2015), a Internet depois que começou a utilizar o modelo de referência TCP/IP, o uso de um protocolo específico não é mais algo obrigatório. Isso possibilita a essa camada fornecer serviços específicos para as aplicações, tornando possível o desenvolvimento de infinitos protocolos a fim de atender aos requisitos de diferentes aplicações (CONCEIÇÃO e COSTA, 2019, p. 2).

Ao desenvolver uma infraestrutura baseada em Internet das Coisas (IoT) em que seus dados sejam transmitidos via rede sem fio, logo, há a necessidade da utilização de um protocolo que seja o responsável pela comunicação de dispositivos, com isso podem ser citados os protocolos HTTP e o MQTT que apresentam boas respostas a esse tipo de situação.

### 2.4.1 Protocolo HTTP

HTTP, do inglês *Hyper Text Transfer Protocol*, é um protocolo de comunicação da camada de aplicação baseado na transmissão de documentos hipertexto, trafegando sob o protocolo TCP/IP. Seu funcionamento baseia-se em requisição e resposta (GOBI, 2019, p. 34).

De acordo com Gourley *et al.* (2002), o HTTP possui o suporte para vários comandos de requisição, dos quais são chamados de métodos ou verbos HTTP. Esses métodos são responsáveis por realizar a comunicação entre cliente e servidor.

Conforme Gobi (2019) alguns dos métodos mais utilizados estão descritos a seguir:

*GET* - Utilizado para obter informações. Ocorre o envio de determinado dado do servidor para o cliente.

*POST* - Utilizado para envio de dados através do corpo da requisição do cliente para o servidor, possibilitando ao servidor o armazenamento dos mesmos.

*PUT* - Cria ou altera um determinado dado no servidor. Sua principal característica é ser idempotente, onde pode-se chamar mais de uma vez o verbo *PUT* sem ocasionar inconsistências ou duplicidades.

*DELETE* - Requisita a remoção de um dado do servidor.

*PATCH* - Requisita alteração de somente determinados campos em um elemento no servidor, evitando o envio desnecessário de todo o elemento.

*HEAD* - Retorna o cabeçalho de uma resposta, sem o corpo.

Para utilizar o protocolo HTTP em Internet das Coisas (IoT) é necessário seguir os padrões de desenvolvimento que o próprio protocolo HTTP solicita que seja utilizado. Ao implementar um código em C/C++ que será responsável por definir o funcionamento de cada sensor assim como realizar o processamento dos dados, sua estrutura deverá conter vários comandos, dentre eles está a definição do cabeçalho HTTP para que nele contenha as informações e *status* de conexão e o formato dos dados que iram passar por ele através da rede. A seguir a Figura 1 dará um exemplo de definição de cabeçalho HTTP no código em linguagem C/C++:

Figura 1: Trecho de código para liberação do *Cross-Origin* (domínio cruzado).

```
client.println("HTTP/1.1 200 OK");  
client.println("Content-Type: application/json");  
client.println("Access-Control-Allow-Origin: *");  
client.println("Connection: close");  
client.println();
```

Fonte: Autor.

Primariamente, o código escrito na linguagem C/C++ que está gravado no microcontrolador cria um cliente a cada vez que uma conexão é estabelecida, desse modo o cabeçalho do HTTP deve estar presente nessa conexão.

O cabeçalho HTTP que foi gravado no cliente terá seu início em “HTTP/1.1 200 OK”, isso quer dizer que a conexão será estabelecida com sucesso caso retorne o código “200” seguido de um “OK”, em sua próxima linha o trecho “*Content-Type: application/Json*” define os tipos de dados que irão transitar pelo cliente através do protocolo HTTP, nesse caso o formato dos dados “JSON” será levado até o receptor dos dados. JSON significa *JavaScript Object Notation*, consiste em um formato compacto, aberto e independente, sendo utilizado para troca de informações entre sistemas.

A terceira linha que contém a definição “*Acess-Control-Allow-Origin: \**” consiste no comando que desabilita o controle de domínio cruzado, permitindo que o receptor obtenha os dados que estão sendo transmitidos de um outro dispositivo sem ser bloqueado pelos mecanismos de segurança do navegador, por exemplo. Nesse caso esse dispositivo é a infraestrutura de sensores do qual está realizando a transmissão dos dados. Por fim, assim que enviados todos os dados presentes no cliente o comando “*Connection: close*” define então o fechamento da conexão, e com isso o receptor irá permanecer aguardando a abertura de uma nova conexão e o recebimento de um novo cabeçalho.

O HTTP é só mais um dos protocolos que podem ser utilizados para tal comunicação, no ecossistema de aplicações IoT existem uma variedade de protocolos e cada um deles possuem características próprias de funcionamento.

### 2.4.2 Protocolo MQTT

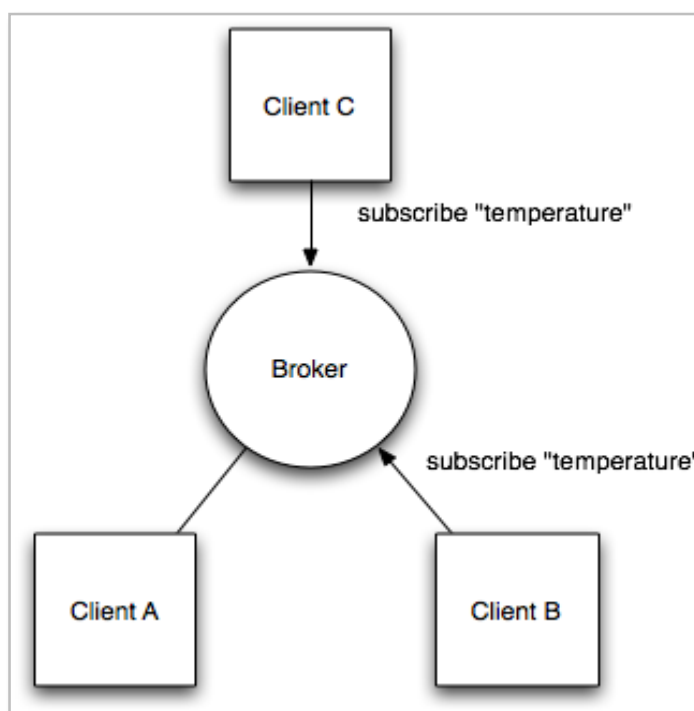
Criado em 1999 pela IBM, MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), é um protocolo aberto de mensagens projetado para comunicação M2M, na qual deve lidar com alta latência, instabilidade na comunicação e baixa largura de banda (TORRES *et al.*, 2016, p. 2806).

O MQTT é um protocolo de transporte fim-a-fim, ou seja, permite a comunicação de entidades de um mesmo nível em sistemas finais. O MQTT é baseado em um modelo *publish-subscriber*, onde clientes publicam (*publish*) informações que podem ser acessadas por outros clientes (*subscribers*) (MENEZES *et al.*, 2017, p. 48).

Segundo Jaffey (2014) o MQTT possui um modelo cliente/servidor, em que cada sensor é um cliente e se conecta a um servidor, conhecido como *broker*, por meio de TCP. Cada mensagem é publicada em um endereço, conhecido como tópico. Os clientes podem se inscrever em vários tópicos. Cada cliente inscrito em um tópico recebe todas as mensagens publicadas no tópico.

Como exemplo, Jaffey (2014) demonstra através das imagens (2 e 3) o seu funcionamento seguindo a linha de raciocínio utilizando três clientes e um corretor principal:

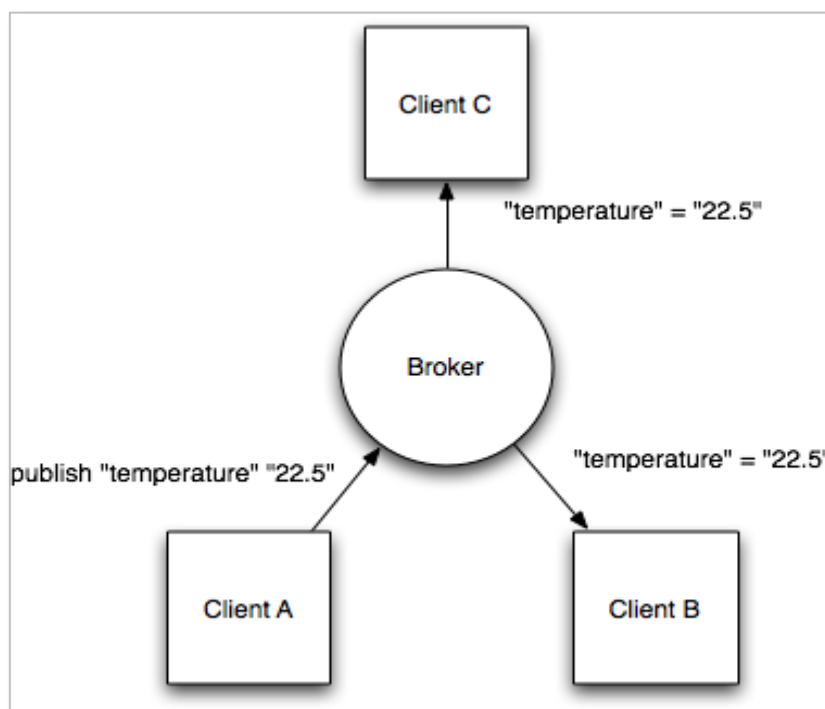
Figura 2: Estrutura de assinatura MQTT.



Fonte: Jaffey (2014)

Todos os três clientes abrem conexões TCP com o *broker*. Os clientes B e C assinam o *topic temperature*.

Figura 3: Estrutura de encaminhamento MQTT



Fonte: Jaffey 2014

Posteriormente, o Cliente A publica um valor de 22.5 para o tópico *temperature*. O *broker* encaminha a mensagem a todos os clientes assinados.

Através dessa ilustração é possível entender o funcionamento dinâmico do protocolo MQTT, que atualmente é bastante utilizado no desenvolvimento de tecnologias IoT.

## 2.5 Agricultura 4.0: A Agricultura de Precisão (AP)

Agricultura 4.0 é um termo derivado da Indústria 4.0, aplicada a agricultura, referindo-se à utilização de tecnologia de ponta na produção de alimentos. Essa tecnologia possibilita a maximização da utilização de recursos naturais, utilizando-se, por exemplo, menos água na irrigação ou insumos na adubagem do solo. Auxiliando também na adaptação de sementes e plantas às condições mais adversas, ampliando possíveis áreas de cultivo (RIBEIRO *et al.*, 2018, p.1).

De acordo com Villafuerte *et al.* (2018), a inserção de tecnologias da informação e aplicativos na agricultura, demonstra cada vez mais o surgimento da “Agricultura Digital”. Essa revolução tecnológica busca agregar inteligência a dispositivos, sensores e equipamentos, automatizando operações agrícolas, racionalizando o uso de insumos e melhorando a gestão agrícola das fazendas, possibilitando atingir novos níveis de produtividade no campo.

Agricultura Digital permite criar simulações computacionais de como diferentes culturas agrícolas se comportam em diferentes condições, usando os dados coletados e através do uso de técnicas de inteligência artificial, identifica padrões e conhecimentos importantes para a tomada de decisão sobre que tipo de variedade plantar, onde plantar, e com que quantidade de insumos, por exemplo, evitando o desperdício de insumos e reduzindo custo na propriedade rural (VILLAFUERTE *et al.*, 2018, p. 4).

A quarta revolução da agricultura de acordo com Vasconcelos (2018, p. 85), engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação, como o compartilhamento de dados (*blockchain*), edição de genomas (*Crispr*) e Inteligência Artificial, aplicadas aos diversos processos que ocorrem nas lavouras. O conceito envolve fazendas totalmente monitoradas por meio de sensores que são interligados à internet (Internet das Coisas) e geram um grande volume de dados que serão filtrados, armazenados em um sistema de nuvens e, posteriormente, analisados.

O papel da Agricultura 4.0 passa a ser essencial para garantir que as próximas gerações possam ser alimentadas com qualidade. Para isso, é preciso que ocorra uma transformação na forma como produzimos alimento (VASCONCELOS, 2018, p. 86).

#### 2.5.1 Agricultura de Precisão (AP) e Internet das Coisas (IoT)

Agricultura de precisão de acordo com Lamparelli (2016) é o conjunto de técnicas que permitem o gerenciamento localizado dos cultivos. O Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sistema de Informações Geográficas (GIS) e máquinas de aplicação localizada de insumos a taxas variáveis são algumas das ferramentas que tratam, especificamente, cada ponto da propriedade agrícola. Para essa tarefa, cada particularidade do solo é considerada. O resultado é a otimização dos gastos da produção agrícola.

A AP modifica a forma de analisar os campos e corrigir os problemas de acordo com uma avaliação da média dos indicadores de interesse (nutrientes disponíveis no solo, pragas, doenças, água, etc.) para uma nova forma que visa considerar a necessidade específica de um ponto bem definido no espaço (PRADO, 2018, p. 46).

A agricultura digital, que inclui tecnologias como Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial, chega para auxiliar os produtores a resolverem os problemas que surgem no campo, aumentando a assertividade nas tomadas de decisões e a agilidade na resolução de problemas para evitar os danos e as perdas da produção (VASCONVELOS, 2018, p. 88);

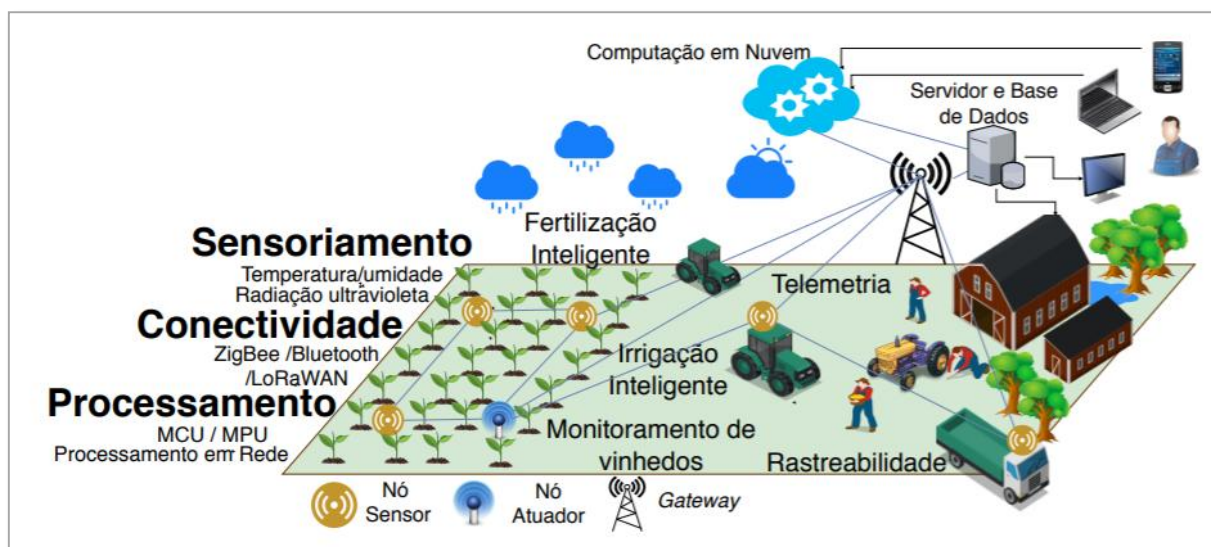
A Internet das Coisas (IoT) é uma combinação de diversas tecnologias, complementares que viabilizam a integração de objetos do ambiente físico ao mundo virtual. Esta tecnologia que pode prover diversos serviços, como monitoramento de temperatura, coordenadas geográficas, agregação de dados, colaboração e inteligência; tornando possível gerenciar operações a centenas de quilômetros de distância, rastrear bens que cruzam o oceano ou detectar a ocorrência de pragas ou doenças na plantação (VILLAFUERTE, 2018, p. 153).

A atividade que se refere a aplicação de Internet das Coisas (IoT) na agricultura de precisão poderá se tornar cada vez mais popular entre os agricultores, já que os mesmos poderão obter a chance de perceber o aumento significativo em sua produção, trazendo uma diminuição de custo em seus processos dos quais foram substituídos por essas tecnologias.

De acordo com Sundmaeker *et al.* (2016), no agronegócio, a Internet das Coisas (IoT) surgiu como um mecanismo poderoso que pode ajudar a controlar todos os níveis da cadeia alimentar. Uma ferramenta que pode combinar inspeção e monitoramento da produção, analisar o crescimento das safras, controlar o desempenho da tecnologia animal dos animais, avaliar o processamento de alimentos, prever e tomar medidas preventivas relacionadas às variáveis agrometeorológicas, inferir o controle de pragas e infecções e melhorar a compreensão e o manejo da agronomia de medidas, tecnologia avançada de operação remota e monitoramento da rastreabilidade do produto e das condições de transporte para garantir melhor qualidade dos alimentos.

Afirma Chase (2013), alguns dados preliminares estimam que existem atualmente 5 bilhões de dispositivos inteligentes no mundo, e a previsão para 2020 é que haverá 50 bilhões de objetos conectados.

Figura 4: Componentes que possibilitam a aplicação de Internet das Coisas (IoT) a agricultura de precisão.



Fonte: Silva (2019, p 07).

- **Sensoriamento:** Essa seria a primeira parte de uma infraestrutura de sensores e atuadores, a qual são retiradas as informações para que se possa trabalhá-las logo adiante.

Os sensores realizam o monitoramento do ambiente em que o objeto está inserido. São responsáveis por lidar com grandezas físicas como umidade, temperatura, pressão, entre outras. Já os atuadores são dispositivos que produzem movimento, atendendo comando que podem ser manuais, mecânicos ou elétricos (ZABADAL e CASTRO, 2017, p. 4).

- **Processamento:** Ao obter dados originados de sensores o próximo passo seria processá-los, e esse papel pertence aos componentes de processamento que estão interligados aos sensores e atuadores. Composta por uma memória interna que armazena dados e programas, além de um microcontrolador e um conversor analógico digital para receber sinais dos sensores (ZABADAL e CASTRO, 2017, p 4). De fato, essa estrutura consegue recolher e processar os dados de acordo com a definição de sua programação, porém esses componentes citados anteriormente não apresentam alto poder computacional para que esses dados possam chegar a uma escala maior de armazenamento e processamento, com isso faz-se necessário o uso da Computação em Nuvem para que esse grande fluxo de dados receba o devido tratamento



totalmente fora da sua rede de origem.

- Conectividade: Consiste em um meio de comunicação com ou sem fio. Na utilização de meio sem fio, comumente é usado uma plataforma de rádio de baixa potência e custo (ZABADAL e CASTRO, 2017, p 4).

O transporte de dados e a interligação ao meio externo, é de total responsabilidade da comunicação que a infraestrutura utiliza.

A agricultura de precisão demonstra por si só a sua grande importância e necessidade para a população mundial, devido ao fato da sua contribuição positiva para um aumento da produtividade, economia e menor agressividade ao meio ambiente. Isso se dá ao fato de a agricultura de precisão permitir a análise detalhada de cada área, tornando possível determinar as suas necessidades e deficiências, assim como também evitar gastos excessivos de insumos e de recursos hídricos, permitindo um maior lucro por parte do produtor e uma maior preservação dos recursos naturais.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos científicos possuem como premissa básica a reprodutibilidade dos resultados alcançados, possibilitando desta forma a validação, ou não, do objeto estudado. Fonseca (2002) destaca que “*methodos* significa organização, e *logos*, estudo sistemático, pesquisa, investigação; desta forma, metodologia é o estudo dos caminhos que devem ser percorridos para concretizar uma pesquisa ou um estudo, ou para se fazer ciência”. Para Silva (2005) metodologia é:

[...] um conjunto de etapas ordenadamente dispostas que você deve vencer na investigação de um fenômeno. Nessas etapas estão incluídos desde a escolha do tema, o planejamento da investigação, o desenvolvimento metodológico, a coleta e a tabulação de dados, a análise dos resultados, a elaboração das conclusões e até a divulgação de resultados.

Desta forma a metodologia possibilita a elaboração sistemática, organizada e pormenorizada dos caminhos que devem ser percorridos para investigação de um problema. Todavia para conclusão deste trabalho foram realizadas as seguintes etapas: (i) revisão da literatura, (ii) construção e programação do hardware (placas e sensores) (iii) criação da infraestrutura de rede para persistência dos dados e (iv)

integração com uma Plataforma *Web*<sup>1</sup> para visualização e disponibilização dos dados em tempo real (Figura 8).

Para fundamentação teórico-conceitual deste trabalho foram utilizados artigos publicados em revistas e congressos, houve também a utilização de resenhas e *sites* especializados na temática deste trabalho para busca de uma base conceitual sólida.

Em todos os trabalhos utilizados nessa revisão literária e que se relacionam ao tema Internet das Coisas (IoT), houve uma generalização muito grande das ideias expostas, por parte dos autores, evidenciando consenso pelos estudiosos da área.

Para a obtenção desses dados foram analisados aproximadamente 70 trabalhos incluindo artigos, resenhas, *sites* e relatórios, dos quais 34 delas houveram aproveitamento de ideias que retratam o tema proposto, trazendo de forma clara e sucinta as ideias centrais contribuindo em maior parte para a construção deste estudo.

A escolha dos trabalhos utilizados nessa pesquisa se baseia na utilização de palavras-chave como: *tecnologia e agricultura*, e *Internet das Coisa (IoT) e agricultura de precisão*.

### 3.1 Caracterização do estudo

Esse estudo é caracterizado por desenvolver e documentar uma aplicação para a agricultura de precisão utilizando Internet das Coisas (IoT), baseando-se em revisões bibliográficas para a obtenção do embasamento teórico em torno do tema principal que é a Aplicação de Internet das Coisas (IoT) na agricultura de precisão, seguida da construção e programação de um arcabouço experimental e instalação física.

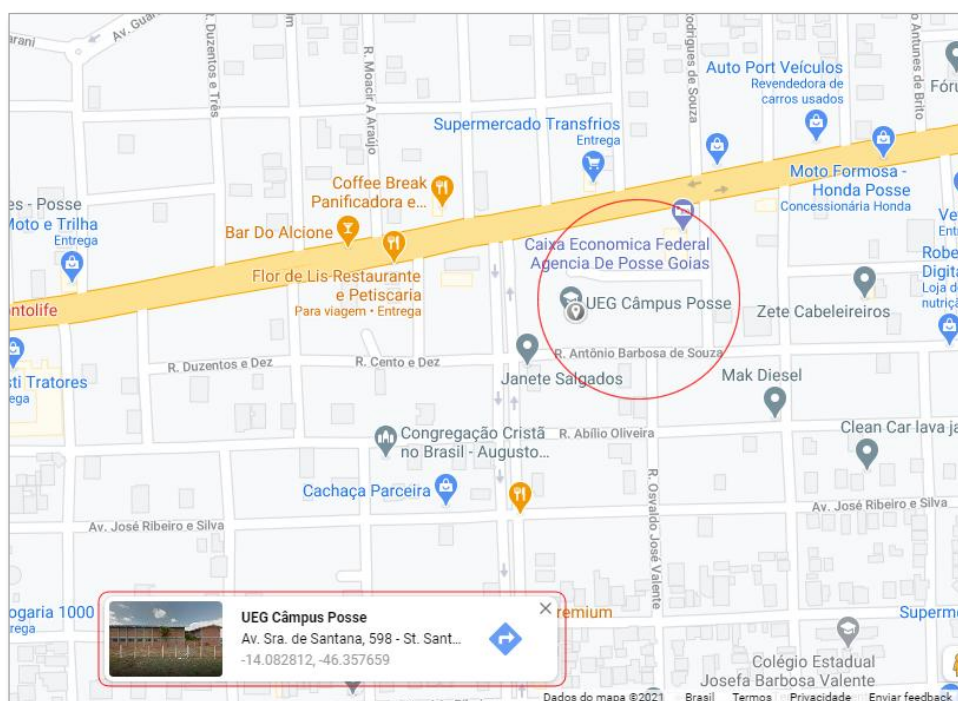
### 3.2 Local de aplicação da pesquisa

A infraestrutura de sensores IoT que compõe a parte experimental desse trabalho foi desenvolvido no Centro de Processamento de Dados (CPD) da Unidade Universitária de Posse (Figura 5).

---

<sup>1</sup> A plataforma *Web* é um módulo adicional desenvolvido com a finalidade de ilustrar a visualização e disponibilização de dados climáticos em tempo real e não faz parte deste trabalho.

Figura 5: Instalação do experimento.



Fonte: Google Maps

O experimento foi implantado conforme as coordenadas  $14^{\circ}04'58.1''S$   $46^{\circ}21'27.6''W$  -14.082812, -46.357659, de acordo com as informações do Google Maps.

### 3.3 Componentes e características para uma infraestrutura de sensores IoT

Para colocar essa ideia em prática, foi necessária a conjugação de uma série de componentes eletrônicos, conforme mostra o Quadro 1. Essa pode ser utilizada como referência para criar ou reproduzir um projeto de infraestrutura de sensores IoT envolvendo a medição das condições do ambiente, semelhante a esta pesquisa.

Quadro 1: Lista de componentes que poderão ser utilizados para a criação de infraestruturas baseadas em Internet das Coisas (IoT).

| Componente     | Descrição                                                                                                | Especificações                                     |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Computador     | Máquina dotada de um processamento capaz de realizar inúmeras operações sejam elas paralelamente ou não. | 4GB de RAM ou superior, processador i3 ou superior |
| Servidor Web e | Computador com boa                                                                                       | 8GB de Memória RAM ou                              |

|                             |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                    |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Banco de Dados              | capacidade de processamento e alta disponibilidade para receber os dados do experimento, armazenar e disponibilizar na <i>Web</i>                                                                    | superior; Processador com 4 núcleos físicos ou superior; Clock interno acima de 2.8GHz; Capacidade de armazenamento secundário com 1TB ou superior |
| Arduino Beta                | Ambiente de desenvolvimento de código aberto que facilita a gravação e o upload de códigos em microcontroladores de placas e que pode ser utilizado para qualquer placa Arduino ou semelhantes.      | Versão Beta ou 1.8.13                                                                                                                              |
| Eclipse IDE                 | Um ambiente de desenvolvimento que pode ser utilizado para a criação de aplicações tanto desktops quanto Web trabalhando com diversas linguagens como Java, C/C++, PHP, Python e plataforma Android. | Suporte para J2EE                                                                                                                                  |
| Placa <i>Beesp-MF</i>       | Placa de componentes eletrônicos desenvolvida para diversas aplicações que necessitem dos sensores nela integrados tornando possível utilizar quantos estiverem disponíveis.                         | <i>Beesp-MF</i> v1.0<br>Alimentação: 3,3 – 5 V                                                                                                     |
| <i>Wrombee</i> <sup>2</sup> | Placa dotada de microcontrolador específica para utilização dos protocolos wi-fi e <i>bluetooth</i>                                                                                                  | Esp32 wroom (espressif) v1.<br>Alimentação 3,3 v                                                                                                   |
| Placa TiBEE                 | Adaptador USB para permitir a comunicação das placas a serem gravados os códigos com a utilização de um computador.                                                                                  | TiBEE v1.0<br>Alimentação: 3,3 – 5 V                                                                                                               |
| Roteador                    | Dispositivo que possibilita a conexão e envio de dados de dispositivos para outros dispositivos utilizando tecnologia sem fio.                                                                       | 150 mbps ou superior                                                                                                                               |
| DHT11                       | Sensor de umidade e temperatura capaz de medir a temperatura entre 0 e 50 graus Celsius e umidade de 20% a 90%.                                                                                      | Alimentação: 3,5 – 5.5 V<br>Dimensões: 23 x 12 x 5mm                                                                                               |
| Higrômetro (Sonda)          | Sensor que mede a umidade do solo.                                                                                                                                                                   | Alimentação: 3,3 – 5 V<br>Dimensões: 6 x 1,5 cm                                                                                                    |

<sup>2</sup> A placa *Wrombee* foi desenvolvida pela *SiriNEO Technologies*, startup especializada em hardware para IoT, com sede na cidade de Goiânia-GO e fornecida para desenvolvimento deste experimento por meio de parceria com a UEG Posse. Mais informações sobre a *SiriNEO Technologies* <https://linktr.ee/sirineotechnologies>.

|                      |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                   |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LM393                | Sensor que realiza a leitura dos dados fornecidos pelo Higrômetro (Sonda).                                                                | Alimentação: 3,3 – 5 V<br>Dimensões: 3 x 1,5 cm                                                                                                                   |
| Sensor de chuva      | Sensor que mede se há chuva naquele local e sua intensidade.                                                                              | Alimentação: 3,3 – 5 V<br>Saída: 100 mA<br>Dimensões: 41 x 55 mm                                                                                                  |
| Relé                 | Um interruptor eletromecânico que recebe um pulso para ativar ou interromper a passagem de corrente que alimenta determinado dispositivo. | Alimentação: 5V<br>Tensão máxima de carga: 240V<br>Dimensões: 34 x 27 x 17mm                                                                                      |
| Biruta Arduino       | Sensor responsável por informar a direção dos ventos.                                                                                     | Modelo: DV10<br>Material: Alumínio<br>Alimentação: 5 V<br>Dimensões 25 x 25 cm                                                                                    |
| Pluviômetro Arduino  | Sensor que mede o volume chuvoso realizado a partir das gotas de chuva que caem em seu interior.                                          | Modelo: PB10<br>Material: Alumínio<br>Tensão: 5 V<br>Dimensões: 160 x 117 mm                                                                                      |
| Anemômetro Arduino   | Sensor que informa a velocidade dos ventos.                                                                                               | Modelo: SV10<br>Material: Alumínio<br>Tensão: 5 V<br>Velocidade max: 120km/h<br>Dimensões: 39 x 27 cm                                                             |
| BMP180               | Sensor capaz de medir a temperatura e a pressão atmosférica.                                                                              | Alimentação: 1.8 - 3.6 V<br>Faixa de leitura de pressão: 300 – 1100hPa<br>Conexão: I2C<br>Dimensões: 13 x 10 mm                                                   |
| Multiplexador        | É uma placa capaz de aumentar a quantidades de portas de sinais analógicos ou digitais para a leitura de dados.                           | Modelo: CD74HC4067<br>Alimentação: 1.2 – 6 V                                                                                                                      |
| Fonte de Alimentação | Dispositivo capaz de fornecer energia na intensidade necessária para a alimentação de outras tecnologias.                                 | Alimentação: 110 – 240 V<br>Saída: 5 V                                                                                                                            |
| Fios Jumpers         | Fios com encaixes em suas extremidades para conectar sensores ou dispositivos a outras placas.                                            | Conectores: Macho e Fêmea<br>Extensão: 10 – 30 cm                                                                                                                 |
| Bomba D'água         | Dispositivo movido a eletricidade que realiza a distribuição da Água com determinada força fazendo o uso de encanações.                   | Modelo: JT160A<br>Alimentação: 4 – 6 V<br>Vazão de água: ~0,6 - 1,5 l/m<br>Diâmetro da entrada: ~8,5mm<br>Diâmetro da saída: ~6,7mm<br>Dimensões: 43 x 28 x 37 mm |
| Medidor de Vazão     | Sensor capaz de realizar a medição da vazão dos                                                                                           | Alimentação: 5 -24 V<br>Pressão máxima: 2,0 Mpa                                                                                                                   |

líquidos que passam pelo seu interior.

Dimensões: 2,5 x 1,4 x 1,4 cm

Fonte: Autor.

Para elaboração dessa lista foram utilizadas comparações de preços dos quais constatou-se que uma infraestrutura meteorológica de sensores desenvolvida através da utilização dos componentes elencados custa aproximadamente 10% do valor comercial de estações meteorológicas ofertadas no mercado atual, apontando viabilidade econômica para pequenos agricultores.

### 3.4 Procedimentos experimentais e técnicos

Uma vez que funcionando e implantado no ambiente adequado de teste em uma determinada área experimental e utilizando-se como exemplo os componentes listados anteriormente no Quadro 1, iniciou-se a fase de coleta dados climáticos persistindo-os em dispositivo de armazenamento secundário com auxílio de um banco de dados e criação do *dataset*.

A arquitetura geralmente utilizada para o desenvolvimento dessa tecnologia segue uma sequência de tarefas até chegar ao seu pleno funcionamento, (i) é necessário que todos os sensores estejam acoplados e ligados na placa de suporte (*Beesp-MF*); (ii) esta placa tem integrada em si uma outra placa com os requisitos, tais como (iii) microcontrolador e (iv) adaptador para conexões sem fio para prover a conexão, gravar e processar os dados. Para este experimento foi utilizada a placa *Wrombee*.

A placa *Wrombee* é composta por um microcontrolador que recebe o código com as instruções para o seu funcionamento escrito na Linguagem C, para acesso aos dados lidos dos sensores e a conversão analógica para digital de dados.

O código presente no microcontrolador, acionará também os recursos necessários para permitir a conexão Wi-Fi com a rede especificada em seu cabeçalho. Um cliente é criado, e logo em seguida os dados começam a ser capturados através dos sensores.

Todos os dados são entregues a plataforma *Web* através do protocolo utilizado, e é nessa etapa de recebimento dos dados que a aplicação irá persistir os dados em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SGBDR). Esta

plataforma foi desenvolvida fora da infraestrutura de sensores, como um módulo *front-end* independente e não faz parte deste trabalho. Para este trabalho foi desenvolvida utilizando a linguagem PHP, no entanto pode ser desenvolvida com qualquer outra tecnologia para aplicações *Web* dentre elas J2EE, Python, etc. Com a infraestrutura de leitura e persistência dos dados em operação, o experimento está apto criar o *dataset* onde poderá ser realizado os cálculos estatísticos, dentre eles médias, medianas, moda, desvio-padrão dos valores numéricos lidos pelos sensores sob as variáveis climatológicas.

### 3.5 Variáveis de estudo

São inúmeros os conjuntos de dados a serem estudados quando se refere a aplicação de Internet das Coisas (IoT) na agricultura de precisão, vale ressaltar que quanto mais variáveis a serem medidas, mais completa se tornará a análise, portanto podem ser demonstradas as seguintes variáveis como exemplo: temperatura, umidade relativa do ar, umidade do solo, intensidade chuvosa, direção, e velocidade dos ventos, níveis chuvosos, vazão da água que será utilizada para a irrigação, pressão atmosférica e altitude.

Esse conjunto de dados, se analisados corretamente, aplicando conhecimentos de meteorologia, podem oferecer um panorama da situação climatológica e contribuir para tomadas de decisões, ou até mesmo ser utilizado para criação de séries históricas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento bibliográfico feito apontou aspectos relevantes para os estudos englobando tecnologias de Internet das Coisas (IoT) voltadas para a agricultura de precisão, isso ficou perceptível pela quantidade relevante de informações que comprovem os benefícios de sua utilização.

Ao concretizar o projeto, várias dessas informações foram levadas em consideração. Isso fez com que se chegasse a um protótipo para que possibilitou aferir a aplicação desta tecnologia em um protótipo.

É importante também apontar algumas dificuldades encontradas na implementação da tecnologia, dentre elas (i) utilização do protocolo para comunicação

dos sensores com o *gateway*, ou seja, o protocolo Wi-Fi não é o mais recomendado, tanto pelo consumo de energia, como pelo alcance reduzido; (ii) a alimentação de energia e autonomia também foi um desafio, sendo necessário o acoplamento de placa de energia solar. Contudo, são limitações passíveis de superação conforme citações feitas no decorrer desse trabalho. Estes desafios e algumas soluções estão detalhadas na seção **4.4 Desafios técnicos encontrados no experimento**.

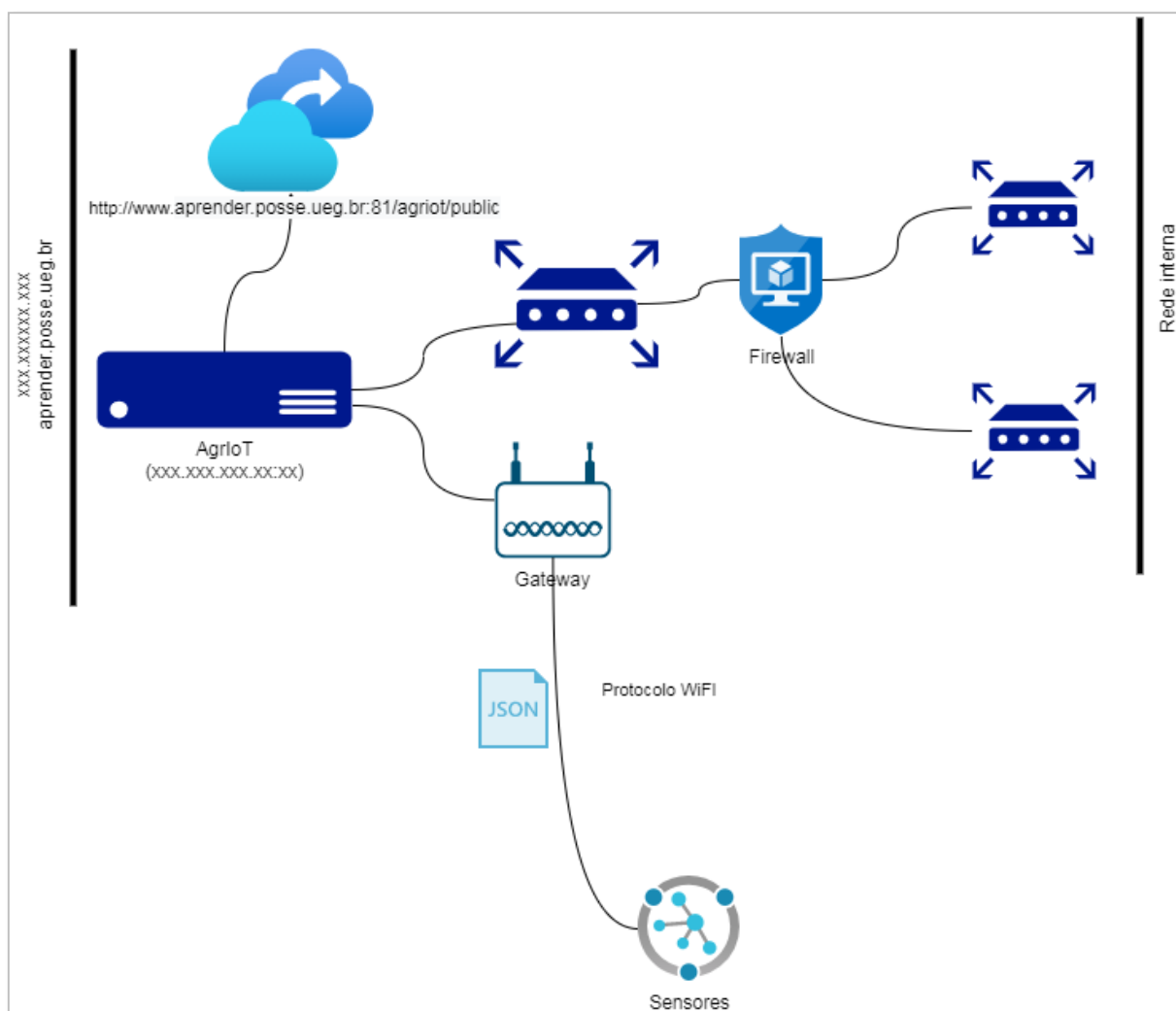
Com o protótipo em funcionamento e em fase de testes suas funcionalidades indicam que é possível coletar diversos dados com os sensores e aplicação de cálculos estatísticos, podendo ainda o *dataset* criado ser utilizado para aplicações preditivas, por exemplo. Estas análises não fazem parte do escopo desta pesquisa.

#### **4.1 Diagramas didáticos do experimento**

Para entender melhor o funcionamento da arquitetura da infraestrutura de sensores é necessário observar a Figura 6 abaixo.



Figura 6: Esquema do experimento para coleta e armazenamento de dados.



Fonte: Autor.

Os sensores estão interligados a uma placa maior da qual possui o poder do processamento dos dados em seu microcontrolador, esse componente é o responsável por criar o cliente, serializar os dados em um formato JSON e enviá-los ao servidor por meio da conexão *Wi-Fi* com o *gateway*, este é ligado em um servidor *Web* implementado para persistência de dados com um banco de dados relacional (Figura 11) e hospedagem da plataforma para visualização e disponibilização de dados em tempo real (Figura 8).

Abaixo na Figura 7 se encontra o texto JSON na forma que é transmitido ao servidor.

Figura 7: Dados serializados em formato JSON disponibilizados para consumo.

```
[{"id": "4656", "data": "2021-03-28", "hora": "00:10:08", "temperatura": null, "umidade_ar": null, "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "direcao_vento": "NOROESTE", "pressao_atmosferica": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4657", "data": "2021-03-28", "hora": "00:20:08", "temperatura": "25.40", "umidade_ar": "59.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "direcao_vento": "NOROESTE", "pressao_atmosferica": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4658", "data": "2021-03-28", "hora": "00:30:08", "temperatura": "25.70", "umidade_ar": "58.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "direcao_vento": "NOROESTE", "pressao_atmosferica": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4659", "data": "2021-03-28", "hora": "00:50:08", "temperatura": "25.80", "umidade_ar": "56.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "direcao_vento": "NOROESTE", "pressao_atmosferica": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4660", "data": "2021-03-28", "hora": "01:10:08", "temperatura": "25.90", "umidade_ar": "56.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "direcao_vento": "NOROESTE", "pressao_atmosferica": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4661", "data": "2021-03-28", "hora": "01:20:08", "temperatura": "25.30", "umidade_ar": "57.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4662", "data": "2021-03-28", "hora": "01:30:09", "temperatura": "25.50", "umidade_ar": "58.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4663", "data": "2021-03-28", "hora": "01:50:08", "temperatura": "24.50", "umidade_ar": "62.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4664", "data": "2021-03-28", "hora": "02:10:08", "temperatura": "23.90", "umidade_ar": "65.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4665", "data": "2021-03-28", "hora": "02:20:08", "temperatura": "24.20", "umidade_ar": "64.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4666", "data": "2021-03-28", "hora": "02:30:08", "temperatura": "24.80", "umidade_ar": "60.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4667", "data": "2021-03-28", "hora": "02:50:08", "temperatura": "23.70", "umidade_ar": "65.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4668", "data": "2021-03-28", "hora": "03:10:08", "temperatura": "23.60", "umidade_ar": "62.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}, {"id": "4669", "data": "2021-03-28", "hora": "03:20:08", "temperatura": "23.50", "umidade_ar": "60.00000", "umidade_solo": "100.00000", "chuva": "0.00000", "altitude": null, "sinal": null}
```

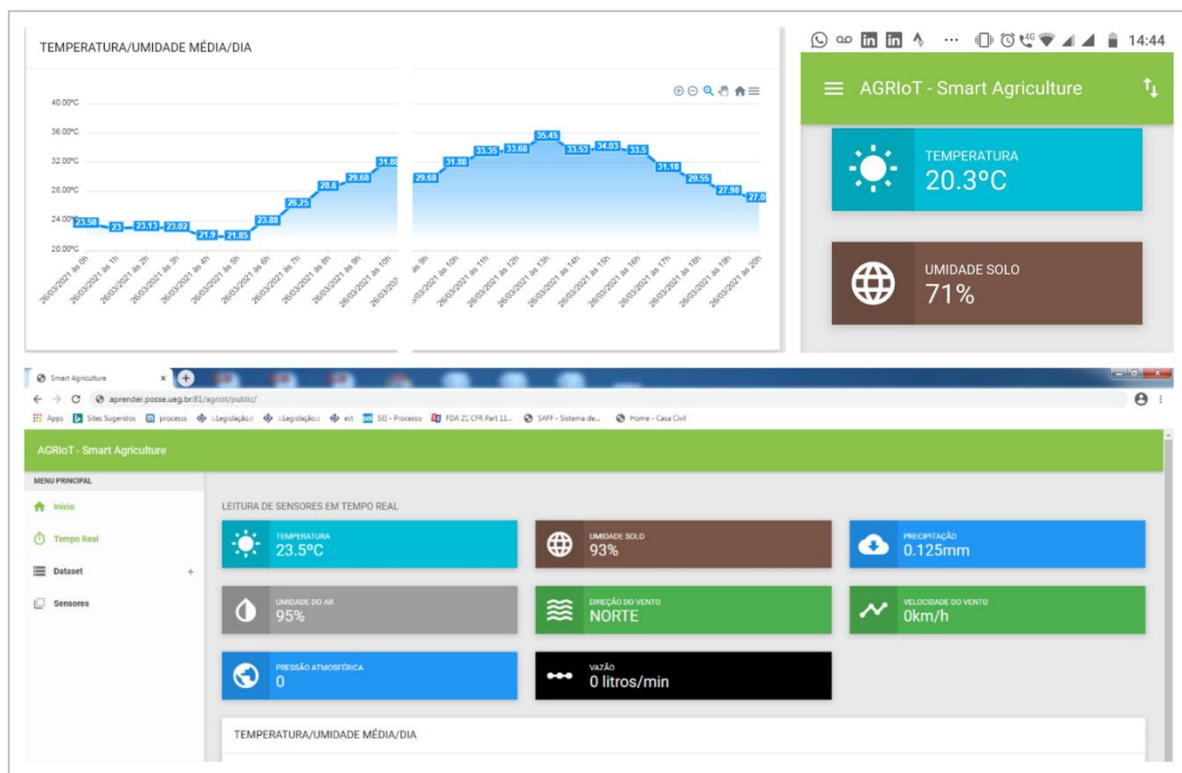
Fonte: Experimento de Coleta de Dados Climáticos - *Smart Agriculture* (2021).

Após serializado e transmitido através da rede, os dados podem ser utilizados por qualquer aplicação<sup>3</sup> que seja desenvolvida para esta finalidade, nesse caso o servidor utiliza esses dados na plataforma criada para analisar todos os dados que foram capturados pelos sensores.

<sup>3</sup> Os dados serializados estão disponíveis neste endereço:

<http://aprender.posse.ueg.br:81/agriot/public/index.php/dataset/json>

Figura 8: Plataforma para visualização dos dados coletados em tempo real.



Fonte: Experimento de Coleta de Dados Climáticos - *Smart Agriculture* (2021).

A plataforma *Web* acessa os dados disponibilizados pelo servidor HTTP embarcado no experimento e os armazena no servidor (Figura 11). Uma vez persistidos é possível apresentá-los de várias formas, incluindo *cards*, gráficos, tabelas, formatos serializados (JSON) e outros formados como CSV, XLSX, PDF, TXT.

A análise destes dados não faz parte do escopo deste trabalho, seja ela estatística ou preditiva, no entanto pode ser feita por profissionais de outras áreas, já que estão disponibilizados na *Web*.

Figura 9: *Dataset* criado pelo experimento e disponibilizado pela plataforma *Web*.

AGRIoT - Smart Agriculture

**DATASET**

Copiar CSV Excel PDF Imprimir JSON 10 registros resultados por página Pesquisar

Mostrando de 1 até 10 de 4.550 registros Anterior 1 2 3 4 5 ... 455 Próximo

| ID ↑↓ | Data ↑↓    | Hora ↑↓  | Temperatura ↑↓ | Umidade Ar ↑↓ | Umidade Solo ↑↓ | Chuva ↑↓ | Velocidade Vento ↑↓ | Direção Vento ↑↓ | Pressão Atmosférica ↑↓ |
|-------|------------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------|------------------------|
| 4550  | 26/03/2021 | 21:30:08 | 26.20          | 64.00000      | 100.00000       | 0.00000  | null                | NOROESTE         | 0.00000                |
| 4549  | 26/03/2021 | 21:20:08 | 26.30          | 62.00000      | 100.00000       | 0.00000  | null                | NOROESTE         | 0.00000                |
| 4548  | 26/03/2021 | 21:10:15 | 26.30          | 62.00000      | 100.00000       | 0.00000  | null                | NOROESTE         | 0.00000                |
| 4547  | 26/03/2021 | 20:50:08 | 26.90          | 61.00000      | 100.00000       | 0.00000  | null                | NOROESTE         | 0.00000                |
| 4546  | 26/03/2021 | 20:30:08 | 26.90          | 59.00000      | 100.00000       | 0.00000  | null                | NOROESTE         | 0.00000                |
| 4545  | 26/03/2021 | 20:20:09 | 27.00          | 58.00000      | 100.00000       | 0.00000  | null                | NOROESTE         | 0.00000                |
| 4544  | 26/03/2021 | 20:10:08 | 27.30          | 57.00000      | 100.00000       | 0.00000  | null                | NOROESTE         | 0.00000                |
| 4543  | 26/03/2021 | 19:50:08 | 27.50          | 56.00000      | 100.00000       | 0.00000  | null                | NOROESTE         | 0.00000                |

Fonte: Experimento de Coleta de Dados Climáticos - *Smart Agriculture* (2021).

A Figura 9 mostra a plataforma *Web* exibindo o *dataset* criado pelo experimento e as possibilidades de extração dos dados em diversos formatos.

Figura 10: Experimento físico implantado na Unidade Universitária de Posse.



Fonte: Autor

A imagem ilustra a instalação do experimento, com os componentes físicos acoplados e os sensores conectados ao *gateway* por meio do protocolo *Wi-Fi*, conforme a seguir (i) pluviômetro; (ii) célula solar para alimentação (energia); (iii) anemômetro (velocidade do vento) integrado a biruta (direção do vento); (iv) placa *Beesp-Mf* com microcontrolador e plugada aos sensores; (v) sensor de umidade do solo.

## 4.2 Análise estatística dos dados coletados

Com base na captura dos dados conforme mostrado na Figura 7, todas as informações poderão ser tratadas com a utilização de fórmulas matemáticas que demonstrarão o resultado apurado de todos os dados capturados.

### 4.2.1 Dados estatísticos da temperatura

Quadro 2: Dados estatísticos de temperatura.

| Data       | Hora     | Temperatura (°C) | Mínima | Máxima | Média | Mediana | Moda  |
|------------|----------|------------------|--------|--------|-------|---------|-------|
| 16/02/2021 | 17:30:08 | 25,80            | 25,70  | 30,00  | 27,66 | 27,40   | 27,40 |
| 16/02/2021 | 17:20:08 | 25,70            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 17:10:08 | 27,40            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 16:50:08 | 26,50            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 16:30:08 | 26,90            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 16:20:08 | 28,40            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 15:50:08 | 27,40            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 15:30:08 | 27,30            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 15:20:08 | 27,40            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 15:10:08 | 27,00            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 14:50:09 | 26,70            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 14:30:08 | 28,60            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 14:20:08 | 30,00            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 14:10:08 | 29,30            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 13:50:08 | 29,90            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 13:30:08 | 29,20            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 13:20:08 | 27,70            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 13:10:08 | 27,50            |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 12:50:08 | 26,80            |        |        |       |         |       |

Fonte: Experimento de Coleta de Dados Climáticos - *Smart Agriculture* (2021).



## 4.2.2 Dados estatísticos da umidade do ar

Quadro 3: Dados estatísticos da umidade do ar

| Data       | Hora     | Umidade do Ar (%) | Mínima | Máxima | Média | Mediana | Moda  |
|------------|----------|-------------------|--------|--------|-------|---------|-------|
| 16/02/2021 | 17:30:08 | 95                | 67,00  | 95,00  | 84,37 | 86,00   | 95,00 |
| 16/02/2021 | 17:20:08 | 95                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 17:10:08 | 92                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 16:50:08 | 95                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 16:30:08 | 95                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 16:20:08 | 76                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 15:50:08 | 86                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 15:30:08 | 95                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 15:20:08 | 83                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 15:10:08 | 95                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 14:50:09 | 95                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 14:30:08 | 76                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 14:20:08 | 69                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 14:10:08 | 71                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 13:50:08 | 67                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 13:30:08 | 71                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 13:20:08 | 86                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 13:10:08 | 78                |        |        |       |         |       |
| 16/02/2021 | 12:50:08 | 83                |        |        |       |         |       |

Fonte: Experimento de Coleta de Dados Climáticos - *Smart Agriculture* (2021).

### 4.2.3 Dados estatísticos da umidade do solo

Quadro 4: Dados estatísticos da umidade do solo

| Data       | Hora     | Umidade do Solo (%) | Mínima | Máxima | Média | Mediana | Moda        |
|------------|----------|---------------------|--------|--------|-------|---------|-------------|
| 16/02/2021 | 17:30:08 | 85                  | 85,00  | 98,00  | 94,53 | 95,00   | 95,00;96,00 |
| 16/02/2021 | 17:20:08 | 93                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 17:10:08 | 94                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 16:50:08 | 95                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 16:30:08 | 96                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 16:20:08 | 95                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 15:50:08 | 96                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 15:30:08 | 98                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 15:20:08 | 96                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 15:10:08 | 95                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 14:50:09 | 93                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 14:30:08 | 95                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 14:20:08 | 94                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 14:10:08 | 97                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 13:50:08 | 94                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 13:30:08 | 93                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 13:20:08 | 96                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 13:10:08 | 95                  |        |        |       |         |             |
| 16/02/2021 | 12:50:08 | 96                  |        |        |       |         |             |

Fonte: Experimento de Coleta de Dados Climáticos - *Smart Agriculture* (2021).

Para os dados demonstrado nos Quadros 2, 3 e 4, é importante frisar como o aproveitamento de seus dados será realizado, abaixo segue informações:

- Média: corresponde à média obtida das informações coletadas ao longo do período que o usuário solicitar. Exemplo: 10 dias, 30 dias, 90 dias.
- Mediana: Demonstra os dados que se encontra no centro de uma pesquisa definida por um período.
- Moda: Pode ser utilizado para demonstrar qual valor medido é apresentado com maior frequência, e isso permite realizar a análise de qual é o valor que se apresenta predominantemente, bem como saber também qual o período exato em que esse valor mais predomina.

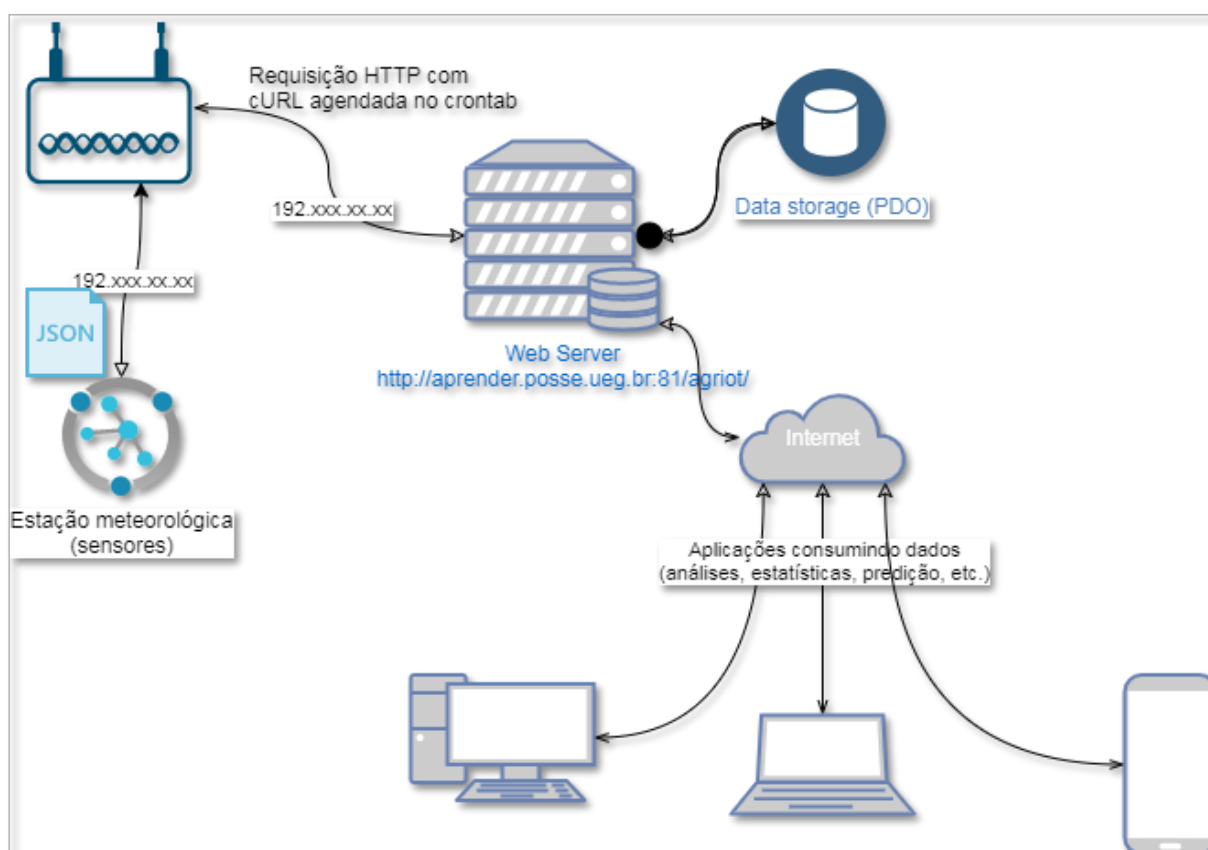
Com base nos dados primários disponibilizados, é possível fazer outros cálculos estatísticos, dentre eles desvio médio, distribuição binominal cumulativa, correção entre dois conjuntos, etc.



### 4.3 Dataset e disponibilização de dados para consumo

Para receber e persistir os dados coletados, foi criada uma estrutura composta por um servidor *Web* com Apache/2.4.41, Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SGBDR) MariaDB 10, conforme mostram as Figuras 6 e 11.

Figura 11: Esquema para armazenamento e disponibilização dos dados climáticos.



Fonte: Autor.

Os dados capturados pelos sensores são persistidos no servidor de banco de dados utilizando PDO<sup>4</sup> (*PHP Data Object*).

As requisições feitas pelo protocolo HTTP, executadas por meio do cURL<sup>5</sup> são realizadas em um intervalo de tempo, configurado no programa de agendamento de comandos do sistema operacional (*crontab*). Desta forma cada requisição retorna um *array JSON* que são persistidos e disponibilizados para consumo de aplicações diversas.

<sup>4</sup> Extensão da linguagem PHP, que usa o modelo orientado a objetos, para acesso e manipulação de banco de dados.

<sup>5</sup> Biblioteca e uma ferramenta de linha de comando para transferir dados usando vários protocolos, incluindo HTTP.

#### 4.4 Desafios técnicos encontrados no experimento

É fato que para o funcionamento adequado de uma infraestrutura de sensores baseado em Internet das Coisas (IoT) necessita crucialmente de conexão a uma rede que se estabeleça a Internet, assim como também é necessário que se possua a devida alimentação e um hardware que ofereça desempenho para o projeto.

Para o desenvolvimento deste experimento, houve o início de uma implementação prática do tema, e ao longo desse desenvolvimento surgiram alguns desafios dos quais as soluções foram buscadas com base em informações técnicas em diversas fontes.

No início da implementação foram utilizadas uma placa Arduino UNO para carregar e executar o código escrito em linguagem C/C++ e outra placa (*Shield Ethernet*) para realizar a conexão com a internet com a utilização de cabos de rede, e carregar a página simples criada através da linguagem HTML. Com isso, foi verificado que as limitações de memória e de processamento presentes na placa Arduino impediriam que a sua implantação fosse concluída.

Para solução a esse problema, houve a necessidade de utilização de uma outra placa (*Beesp-MF*) para oferecer melhor conexão aos sensores, com isto, seria dispensado as duas placas utilizadas anteriormente, já que a *Beesp-MF* possui suporte para outras placas possibilitando a conexão por meio de cabos *jumpers* que demandaria bem menos dificuldade para plugar todos os sensores. Quanto a conexão com a Internet essa mesma placa (*Beesp-MF*) permite a utilização da placa *Wrombee* que é responsável por estabelecer a conexão através de seu microcontrolador.

Após desenvolvimento dos códigos em linguagem C/C++ e a plataforma para visualização das informações, houve a identificação de um problema decorrente a placa utilizada para realizar a conexão.

A *Wrombee* possui 20 pinos incluindo pinos de alimentação e de retorno. Esses pinos podem ser utilizados sem restrições para a criação de infraestruturas de sensores de forma *offline*. Para fazer uso da conexão com a internet, devido à o seu grande consumo de energia, a quantidade de pinos para a utilização cairia para apenas 2 pinos, número inferior a quantidade de sensores a serem utilizados.

Diante desse novo desafio a solução encontrada seria a utilização de uma placa denominada multiplexador<sup>6</sup>, que consiste em uma placa que é responsável pela expansão da quantidade de portas, com ela seria possível obter várias entradas para uma única saída disponível na *Beesp-Mf*.

Quanto a alimentação de todo esse sistema, esse parece um desafio bastante difícil de se resolver, porém, com a utilização de uma pequena placa solar, e uma bateria de 5 *volts* a alimentação da infraestrutura de sensores pode ser suprida.

Quando se trata de conexão, esse sim é um problema bastante complexo. É necessário que obtenha uma rede próximo a placa que irá estabelecer conexão, no caso da *Wrombee* a rede *Wi-Fi* é necessária, porém a área de abrangência da rede é bastante pequena, então, é sugerido a utilização de outra placa (*LoRaWan*) acompanhada de outro protocolo que seria a rede *LoRa* que oferece maior alcance e economia de energia.

---

<sup>6</sup> Dispositivo que seleciona as informações de duas ou mais fontes de dados em um canal único vetorizado.

## 5 CONCLUSÃO

A utilização de tecnologia no campo é uma realidade irreversível, e cada vez mais torna-se necessário para maximizar a produtividade, no entanto, os custos de uso dessas tecnologias tornam-se um fator limitante quanto ao uso por produtores menores. A proposta apresentada nesse trabalho mostrou que é possível conjugar tecnologia de ponta, aliando conceitos da tecnologia da informação e desta forma criar soluções acessíveis também aos pequenos agricultores.

O fato é que há a necessidade de sustentação tecnológica por qualquer que seja os níveis de abrangência do produtor, mais o que torna a agricultura de precisão tão inovadora pode torná-la dispendiosa de fato, desse modo cabe aos produtores buscarem ideias que possam superar esse quadro, e para isso existe a tecnologia. A falta de conhecimento prático e teórico na área tecnológica, ou talvez o receio de conhecer novas possibilidades no campo dificulta a busca por tecnologias acessíveis, e por esse modo de pensar, a tão necessária inovação na forma de produzir alimentos deixa de alcançar os níveis de produtividade, com preservação do meio ambiente e otimização de recursos, distantes.

O acesso a informações que apontam a aplicação da Internet das Coisas (IoT) ligada a Agricultura de Precisão (AP) é de suma importância para que os produtores saibam que existem tecnologias criadas para o seu auxílio e que por muitas vezes o seu custo de aplicação pode ser reduzido, conforme apontado neste trabalho.

É possível desenvolver tecnologias capazes de realizar leituras de diferentes variações climáticas, com muitos componentes que podem ser adquiridos através da Internet e de baixo custo, como demonstrado ao longo dessa revisão. Os dados que são capturados pelos sensores e processados pela central demonstram-se informações de grande valor para os agricultores que tanto buscam por desenvolvimento.

É importante destacar também que esta pesquisa limitou-se a capturar dados climáticos por meio de sensores e aplicação de IoT e armazená-los, é primordial que trabalhos futuros deem sequência aos apontamentos aqui feitos, tais como melhoria da rede com aplicação de outros protocolos além do Wi-Fi, maior autonomia elétrica, aplicação de análises preditivas e estatísticas ao *dataset* criado, são algumas possibilidades de continuidade.



<<https://www.ufrgs.br/cienagro/wp-content/uploads/2018/10/Internet-das-coisas-IOT-um-estudo-explorat%C3%B3rio-em-agroneg%C3%B3cios.docx-Cain%C3%A3-Lima-Costa.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

COSTA, Rafael Antonio A.; MENDES, Luis Augusto M. **Evolução das Redes Sem Fio: Um Estudo Comparativo Entre Bluetooth e ZigBee**. 2006. Artigo – Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC), Faculdade Regional de Ciências Exatas e Sociais de Barbacena (FACEC) Campus Magnus, Barbacena-MG. Disponível em: <<https://ri.unipac.br/repositorio/wp-content/uploads/2019/07/Rafael-Ant%C3%B4nio-Asiatiany-Costa.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2020.

EVANS, Dave. **A Internet das Coisas: Como a Próxima Evolução da Internet está Tudando Tudo**. Disponível em: <[https://www.cisco.com/c/dam/global/pt\\_br/assets/executives/pdf/internet\\_of\\_things\\_iot\\_ibsg\\_0411final.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf)>. Acesso em: 3 mar. 2020.

FONSECA J. J. S. **Metodologia da Pesquisa Científica**. Universidade Estadual do Ceará, 2002. Apostila.

GOBI, Leonardo. **Projeto de Implementação de Solução IoT Modular com Contingência Local**. 2019. Monografia (Bacharel em Ciência da Computação na Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul-RS. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/6307/TCC%20Leonardo%20Gobi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 1 abr. 2020.

GOMEZ, Carles; OLLER, Joaquim; PARADELLS, Josep. Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology. **Journal Sensors**, v.12, p. 11734-11753, 2012.DOI:10.3390/s120911734 disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/12/9/11734>>. Acesso em: 25 out. 2020.

GONÇALVES, Claudiana F. B.; CAMPOS, Maria Eduarda; ROCHA, Náguila; OLIVEIRA, João Paulo L. **Um Estudo Sobre a Influência da IoT no Agronegócio**. Revista Gestão, inovação e empreendedorismo, Ribeirão Preto,v. 1, n. 1, p. 25-35, 2018. Disponível em: <<http://ojs.faculademetropolitana.edu.br/index.php/revista-gestao-inovacao/article/view/9/2>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

GOURLEY, David; TOTTY, Brian; SAYER, Marjorie, reddy Sailu; AGGARWAL, Ansbu. **HTTP: The Definitive Guide**. 1. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2002. Disponível em: <<https://391hh7jcv9.pdcn6.xyz/dl2.php?id=156760262&h=ee1f2dd4bad6e04f242e2b5cc79faa47&u=cache&ext=pdf&n=Http%20the%20definitive%20guide>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

JAFFEY, Toby. **MQTT E CoAP, Protocolos IoT**. Disponível em:<[http://www.eclipse.org/community/eclipse\\_newsletter/2014/february/article2.php](http://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php)>. Acesso em: 5 jan. 2021.

LAMPARELLI, Rubens Augusto C. **Agricultura de Precisão**. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_72\\_711200516719.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_72_711200516719.html)>. Acesso em: 22 fev. 2020.

LEITE, JR Emiliano; MARTINS, Paulo S.; URSINI, Edson L. **A Internet das Coisas (IoT): Tecnologias e Aplicações**. In: Brazilian Technology Symposium. 1., Campinas, dezembro de 2017. Disponível em: <<https://www.lcv.fee.unicamp.br/images/BTSym-17/Papers/76926.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2021.

MENEZES, Anderson Roberto F.; BARBOSA, Rafael Antonio T.; LIMA, Mayka S. NASCIMENTO, Sidney C. **Internet das Coisas e os Principais Protocolos**. Revista Expressão Científica, Aracaju, v. 2, n. 1, p. 43-56, 2017. Disponível em: <[https://aplicacoes.ifs.edu.br/periodicos/index.php/REC/article/download/270/192/#:~:text=O%20MQTT%20%C3%A9%20um%20protocolo,por%20outros%20clientes%20\(subscribers\)>](https://aplicacoes.ifs.edu.br/periodicos/index.php/REC/article/download/270/192/#:~:text=O%20MQTT%20%C3%A9%20um%20protocolo,por%20outros%20clientes%20(subscribers)>)>. Acesso em: 14 mar. 2020.

MOLIN, José Paulo. **Tendências da Agricultura de Precisão no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. Disponível em: <<http://www.ler.esalq.usp.br/download/TEC%202004.12.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2020.

NAGAI, Kunio. **Cooperhúmus: O Plantio Sustentável do Alho**. Disponível em: <<http://www.nutrisafra.com.br/noticias/cooperhumus-o-plantio-sustentavel-do-alho/#:~:text=Na%20agricultura%20convencional%20o%20uso,em%20cuidar%20de%20suas%20causas>>>. Acesso em: 14 mar. 2020.

PEREIRA, Emanuel A. **Implementação de um Dispositivo para Rede de Sensores Sem Fio LoRa® Utilizando Energia Solar**. 2019. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) - Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Quixadá, 2019. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/49730>>. Acesso em: 14 mar. 2020.

PRADO, Henrique. **Precisão na Agricultura**. Revista Fonte, Belo Horizonte, v. 15, n. 20, p. 46-48, dez. 2018. Disponível em: <[https://www.prodemge.gov.br/images/com\\_arismartbook/download/26/revista\\_20.pdf](https://www.prodemge.gov.br/images/com_arismartbook/download/26/revista_20.pdf)>. Acesso em: 29 abr. 2020.

PRUDENTE, Eduardo G.; GAMA, Carlos Eduardo F.; PRUDENTE, Wello Wagner. **Implantação da IoT na Agricultura de Precisão para Eficiência Hídrica na Irrigação**. In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17., Santo Amaro, 2017. Disponível em: <<http://conic-semesp.org.br/anais/files/2017/trabalho-1000024621.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

RIBEIRO, Josiana G.; MARINHO, Douglas Y.; ESPINOSA, Waldo M. **Agricultura 4.0: Desafios à Produção de Alimentos e Inovações Tecnológicas**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2018, Catalão, 2018. Disponível em:

<[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/AGRICULTURA\\_4.0\\_DESAFIOS\\_%C3%80\\_PRODU%C3%87%C3%83O\\_DE\\_ALIMENTOS\\_E\\_INOVA%C3%87%C3%95E\\_S\\_TECNOL%C3%93GICAS.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/AGRICULTURA_4.0_DESAFIOS_%C3%80_PRODU%C3%87%C3%83O_DE_ALIMENTOS_E_INOVA%C3%87%C3%95E_S_TECNOL%C3%93GICAS.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2020.

SANTOS, Bruno P.; SILVA, Lucas A. M.; CELES, Clayson S. F. S.; BORGES NETO, João B.; PERES, Bruna S.; VIEIRA, Marcos Augusto M.; VIEIRA, Luiz Filipe M.; GOUSSEVSKAIA, Olga N.; LOUREIRO, Antonio A. F. **Internet das Coisas: da Teoria à Prática**. In: Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 31., 2016. Disponível em: <<https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2020.

SANTOS, Valdeci. **O que é e como fazer revisão da literatura na pesquisa teológica**. Fides reformata (Impresso), v. 17, n. 1, p. 89-104, 2012. Disponível em: <<https://cpaj.mackenzie.br/wp-content/uploads/2020/01/6-O-que-%C3%A9-e-como-fazer-%E2%80%9CRevis%C3%A3o-da-literatura%E2%80%9D-na-pesquisa-teol%C3%B3gica-Valdeci-Santos.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2020.

SILVA, Clerisson S. **Um Estudo sobre Tecnologias de Comunicação sem fio para Aplicação de IoT em Agricultura de Precisão**. 2019. Dissertação (Pós-Graduação em Computação) – Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ. Disponível em: <<http://www.ic.uff.br/PosGraduacao/frontend-tesesdissertacoes/download.php?id=924.pdf&tipo=trabalho>>. Acesso em: 25 nov. 2020.

SOARES FILHO, Romeu; CUNHA, João P. A. R. **Agricultura de Precisão: Particularidades de sua Adoção no Sudoeste de Goiás – Brasil**. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 35, n 4, p. 689-698, jul./ago., 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p689-698/2015>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SUNDMAEKER, Harald. *et al.* **Internet of Food and Farm 2020**. In: O. Vermesan, & P. Friess (Eds.), *Digitizing the Industry: Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Worlds*. (Série River Publishers em comunicações; Vol. 49). River Publishers, 2016, p. 129-150. Disponível em: <[http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Digitising\\_the\\_Industry\\_IoT\\_IERC\\_2016\\_Cluster\\_eBook\\_978-87-93379-82-4\\_P\\_Web.pdf#Page=154](http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Digitising_the_Industry_IoT_IERC_2016_Cluster_eBook_978-87-93379-82-4_P_Web.pdf#Page=154)>. Acesso em: 12 fev. 2020.

TORRES, Andrei B. B.; ROCHA Atslands R.; SOUZA, José Neuman. Análise de Desempenho de Brokers MQTT em Sistema de Baixo Custo. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 36., 2016, Porto Alegre. **Anais Workshop em Desempenho de Sistemas Computacionais e de Comunicação - WPerformance**. Porto Alegre: PUCRS, 2016. p. 2804-2815. Disponível em: <<https://ebooks.pucrs.br/edipucrs/anais/csbc/assets/2016/wperformance/05.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2020.

VASCONCELOS, Mariana. **A Era da Agricultura 4.0**. Revista Fonte, Belo Horizonte, v. 15, n. 20, p. 85-89, dez. 2018. Disponível em:



<[https://www.prodemge.gov.br/images/com\\_arismartbook/download/26/revista\\_20.pdf](https://www.prodemge.gov.br/images/com_arismartbook/download/26/revista_20.pdf)>. Acesso em: 7 fev. 2021.

VILLAFUERTE, Andrés. **Agricultura 4.0: Estudo de Inovação Disruptiva no Agronegócio Brasileiro**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGICAL INNOVATION, 9., 2018, Aracaju. Anais eletrônicos [...]. Aracaju: API/UFS, p. 150-162, 2018. D.O.I.: 10.7198/S2318-3403201800010018. Disponível em: <<http://www.api.org.br/conferences/index.php/ISTI2018/ISTI2018/paper/download/567/276>>. Acesso em: 7 fev. 2021.

ZABADAL, Bernardo M.; CASTRO, Bianca Francinny L. M. **IoT e Seus Principais Desafios**. Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação, v. 3, n. 1, 2017. Disponível em: <<http://rinte.ifsp.edu.br/index.php/RInTE/article/view/333>>. Acesso em: 12 fev. 2021.