



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE QUIXADÁ
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LEONARDO ALMEIDA E SILVA

**AUTOMAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: MONITORAMENTO UTILIZANDO IOT
PARA REDUZIR O DESPERDÍCIO DE RECURSOS NA JARDINAGEM**

QUIXADÁ

2023

LEONARDO ALMEIDA E SILVA

AUTOMAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: MONITORAMENTO UTILIZANDO IOT PARA
REDUZIR O DESPERDÍCIO DE RECURSOS NA JARDINAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciência da Computação
do Campus de Quixadá da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Emanuel Ferreira
Coutinho.

QUIXADÁ

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S581a Silva, Leonardo Almeida e.
Automação e sustentabilidade : monitoramento utilizando IoT para reduzir o desperdício de recursos na
jardinagem / Leonardo Almeida e Silva. – 2023.
61 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá,
Curso de Ciência da Computação, Quixadá, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Emanuel Ferreira Coutinho.

1. Automação. 2. Internet das Coisas. 3. Jardinagem. 4. Monitoramento. 5. Sustentabilidade. I. Título.
CDD 004

LEONARDO ALMEIDA E SILVA

AUTOMAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: MONITORAMENTO UTILIZANDO IOT PARA
REDUZIR O DESPERDÍCIO DE RECURSOS NA JARDINAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciência da Computação
do Campus de Quixadá da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em: 13/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Emanuel Ferreira Coutinho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Armando Cavalcante Aguiar
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Thiago Werley Bandeira da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus amigos, por tornar esta árdua jornada menos tortuosa. Todos vocês são especiais na minha vida. À minha família, por fazer deste sonho algo possível. Mãe, você é o meu exemplo a ser seguido durante toda a vida.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, de maneira especial, à minha mãe que, além de ser um exemplo de pessoa para mim, sempre fez de tudo para que eu alçasse voos mais altos em minha carreira acadêmica e me proporcionar as melhores condições que podia para que não me faltasse nada na vida, como um dia lhe faltou.

À toda a minha família, por me auxiliar sempre que preciso, me apoiar e também torcer por mim para que este momento chegasse.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Emanuel Ferreira Coutinho, não apenas por sua excelente orientação, mas também por permanecer comigo durante todo o tempo de desenvolvimento deste trabalho mesmo tendo todos os motivos para que não o fizesse.

Ao Prof. Dr. Paulo de Tarso Guerra Oliveira, que, enquanto gestor do curso de Ciência da Computação e posteriormente do campus da Universidade Federal do Ceará (UFC) em Quixadá, não me deixou desistir da graduação mesmo nos momentos que considerei os mais difíceis.

À Prof. Dra. Paulyne Matthews Jucá, por me dar oportunidades que não imaginei ser capaz de obter durante a graduação, me apresentando e me permitindo trabalhar com o desenvolvimento de jogos, uma paixão que tenho desde criança.

Aos demais professores que conheci durante o curso, pois me mostraram as mais diferentes faces da educação e maneiras de como portar-me ou não na academia.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente me ajudaram a construir e lapidar meu caráter pessoal, que contribuíram para alcançar este objetivo, ainda que possamos ter seguido caminhos diferentes, vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Aos colegas dos grupos que participei como o Centro Acadêmico, times de futebol, vôlei, grupo do estágio, por me acolherem tão bem e fazerem eu me sentir pertencente aquele lugar.

Por fim, mas não menos importantes, a todos os amigos que fiz durante estes anos de graduação, saibam que vocês foram essenciais em momentos de extrema importância para que eu permanecesse persistindo mesmo frente a tantas adversidades enfrentadas dentro e fora da universidade. Sou muito grato por ter vocês comigo durante tanto tempo, independentemente da situação.

RESUMO

Este trabalho tem como ideia central trabalhada monitorar e controlar remotamente os fatores essenciais de um ambiente propício à prática de jardinagem. O objetivo desta abordagem é fornecer a possibilidade de gerenciar de maneira inteligente e consciente os recursos que são fornecidos em tais atividades, tendo em vista que se fazem necessárias mudanças de hábitos para o combate ao desperdício destes insumos, mais especificamente os hídricos. Não apenas isso, mas a comprovação da viabilidade de que tal gerenciamento seja eficaz e capaz de atingir bons resultados também se mostra um propósito a ser alcançado para assegurar que é um produto aplicável em ambientes reais e potencialmente escalonáveis. Para atingir tais finalidades, foi idealizado e montado um ambiente que possibilitasse a realização do estudo descrito utilizando uma série de componentes compatíveis com o paradigma de *Internet of Things*/Internet das Coisas (IoT). Com o auxílio dos sensores específicos escolhidos para a tarefa, sendo eles os de umidade do solo e luminosidade, e uma série de outros itens que interligados compõem um grande conjunto, foi realizado o monitoramento de dois solos selecionados de características distintas, onde posteriormente a análise dos dados coletados foi realizada demonstrando plena capacidade do sistema de alcançar as finalidades esperadas. É possível afirmar então que, das metas quais o trabalho se propõe, ambos são alcançados de maneira satisfatória, com algumas ressalvas eventuais, a exemplo da capacidade de reconexão à rede e outras inconsistências nas leituras, que são capazes de instigar possíveis trabalhos futuros.

Palavras-chave: Automação. IoT. Jardinagem. Monitoramento. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The central idea of this work is to remotely monitor and control the essential factors of an environment conducive to gardening. The objective of this approach is to provide the possibility to manage in an intelligent and conscious way the resources that are provided in such activities, considering that changes in habits are necessary to combat the waste of these inputs, more specifically water. Not only that, but proving the feasibility of such management being effective and capable of achieving good results is also a purpose to be achieved to ensure that it is an applicable product in real and potentially scalable environments. To achieve these ends, an environment was devised and assembled that would enable the described study to be carried out using a series of components compatible with the IoT paradigm. With the help of the specific sensors chosen for the task, which are those of soil moisture and luminosity, and a series of other items that interconnected make up a large set, the monitoring of two selected soils with distinct characteristics was carried out, where later the analysis of the data collected was performed, demonstrating the full capacity of the system to achieve the expected purposes. It is possible to state then that, of the goals that the work proposes, both are reached in a satisfactory manner, with some eventual reservations, such as the ability to reconnect to the network and other inconsistencies in the readings, which are capable of instigating possible future work.

Keywords: Automation. Gardening. IoT. Monitoring. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Áreas de atuação da Internet das Coisas	15
Figura 2 – Diagrama dos sistemas IoT conectados à plataforma	16
Figura 3 – Exemplo de aplicação da agricultura de precisão dividida em etapas.	17
Figura 4 – Tecnologias envolvidas em <i>Smart Farming</i>	19
Figura 5 – Arquitetura do sistema	21
Figura 6 – Esquema de funcionamento do projeto	23
Figura 7 – Diagrama de blocos do projeto	25
Figura 8 – Desenho da arquitetura do sistema	27
Figura 9 – Etapas da metodologia adotada.	31
Figura 10 – Diagrama de funcionamento do sistema	33
Figura 11 – Arquitetura do sistema	35
Figura 12 – Foto do sistema hidráulico	37
Figura 13 – Válvula Solenoide.	38
Figura 14 – Tomada Inteligente EKAZA 10 ampere(s) (A).	39
Figura 15 – Visualização das telas presentes no aplicativo <i>ThingShow</i>	40
Figura 16 – Visualização das telas presentes no aplicativo EKAZA.	41
Figura 17 – Sensores em teste de umidade do solo.	43
Figura 18 – Montagem do esquema para teste do sensor de luminosidade.	44
Figura 19 – Protótipo final do ambiente monitorado.	47
Figura 20 – Gráfico de umidade do solo serapilheira	49
Figura 21 – Gráfico de umidade do solo areia	50
Figura 22 – Gráfico de luminosidade incidente	50
Figura 23 – Umidade média percentual por hora em cada solo ao longo dos dias observados	51
Figura 24 – Comparação de luminosidade incidente no local por dia observado	52
Figura 25 – Exemplo do erro de reconexão	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>FAO</i>	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
<i>VSCode</i>	<i>Visual Studio Code</i>
A	ampere(s)
AWS	<i>Amazon Web Services</i>
CLP	controlador lógico programável
GB	<i>gigabyte(s)</i>
HDD	<i>hard disk drive</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IoT	<i>Internet of Things/Internet das Coisas</i>
LCD	<i>liquid crystal display/tela de cristal líquido</i>
LDR	<i>light dependent resistor/resistor dependente de luz</i>
LED	<i>light emitting diode/diodo emissor de luz</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
NF	normalmente fechado
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos
PVC	policloreto de vinila
SO	sistema operacional
SSD	<i>solid state drive</i>
TB	<i>terabyte(s)</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UFC	Universidade Federal do Ceará
V	volt(s)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	Internet das Coisas	14
2.1.1	<i>ThingSpeak</i>	15
2.2	Agricultura de precisão	16
2.2.1	<i>Irrigação de precisão</i>	18
2.3	Smart Farming	19
2.3.1	<i>Jardim/Jardinagem Inteligente</i>	20
3	TRABALHOS RELACIONADOS	21
3.1	Cloud based IoT for smart garden watering system using Arduino Uno .	21
3.2	Smart Gardening Automation using IoT With BLYNK App	22
3.3	Smart Garden Monitoring System Using IOT	23
3.4	An IoT-based Smart Garden with Weather Station System	24
3.5	Jardim Inteligente IoT - JIIOT	26
3.6	Comparativo	28
4	METODOLOGIA	30
4.1	Identificação e obtenção de recursos	31
4.2	Calibragem de sensores e código	31
4.3	Montagem do ambiente	32
4.4	Leitura e análise dos dados	32
5	PROJETO E EXPERIMENTOS	33
5.1	Núcleo de Controle	34
5.2	Sistema Hidráulico	36
5.3	Sistema Elétrico	37
5.4	Sistema de Interfaces	38
5.5	Experimento	41
6	RESULTADOS E ANÁLISES	48
6.1	Resultados	48
6.2	Análise dos resultados	51

7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	55
7.1	Considerações Finais	55
7.2	Trabalhos Futuros	57
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

A gerência e o consumo da água no nosso dia a dia são questões recorrentes há décadas. Sabemos que da superfície do planeta que habitamos, cerca de 71% é coberta exclusivamente por água, dos quais apenas 3,5% deste valor trata-se de água doce própria para consumo e que, por sua vez, apenas 31% não está em forma de gelo (WILLIAMS; TODAY, 2014). Cientes disso, no Brasil (1997) foi definida a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) que se baseia no fato de que a água é um recurso natural limitado e, por causa disso, a gestão de tais recursos é uma atividade descentralizada, na qual participam e têm responsabilidade o Poder Público, usuários e comunidades.

Uma afirmação feita por Lima (2018) diz que a evolução do consumo hídrico está associada ao crescimento populacional e ao processo evidenciado nas últimas décadas de urbanização e o desenvolvimento econômico do país. Dentre os principais setores da sociedade, aquele que se sobressai neste consumo é o setor da agricultura que, segundo divulgado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), de toda a água disponível no mundo, o processo de irrigação por ele realizado consome aproximadamente incríveis 70% do consumo de água mundial, e, no cenário brasileiro, esse número cresce para 72% (WALBERT, 2013).

Baseando-se nisso, surge a necessidade de apresentar soluções que reduzam o consumo exorbitante destes recursos por parte do setor previamente apresentado, com o propósito de "equilibrar a balança", ainda que a parcela do uso doméstico seja ínfimo se comparado aos valores da agricultura. Uma das possíveis alternativas para, ainda que indiretamente, reduzir esse consumo e gerar certo impacto no cenário da produção de alimentos é a criação de pequenos espaços dedicados a jardins e hortas para que possamos cultivar alguns dos itens mais comuns ao nosso consumo no dia a dia, já que é notável o interesse crescente de uma parcela da população em consumir alimentos livres de agrotóxicos e com custos menores, tendo em vista a diferença de preço ser acentuada entre os alimentos orgânicos e os produzidos pelo agronegócio (com agrotóxicos) (MARINO *et al.*, 2017).

Tal prática, que de maneira mais técnica pode ainda ser chamada de horticultura doméstica, nada mais é que o cultivo não profissional de plantas para recreação, saúde pessoal, economia de custos e benefícios ambientais e sociais (PENZENSTADLER *et al.*, 2018). Porém, se apenas passarmos a produzir aquilo que consumimos, o nosso consumo de água caseiro também aumentaria e todo o intuito de reduzir tal impacto seria em vão, como destaca Domene *et*

al. (2005) em uma pesquisa feita na região metropolitana de Barcelona, em que a rega de jardim pode representar até um terço do consumo doméstico anual de água e cerca de 50% (cinquenta por cento) do consumo total no verão. Além disso, Marino *et al.* (2017) nos lembra que muitas pessoas não têm tempo para cultivar uma horta em casa devido à necessidade constante e diária de cuidados com a irrigação. Então, para que isso não ocorra, podemos fazer uso de novas tecnologias para monitorar todo o ambiente, além de tomar as melhores decisões para esse tipo de espaço baseado em conjuntos de informações que podemos obter com essa abordagem.

Dentre as tecnologias citadas, a IoT, uma abreviação derivada do termo em inglês *Internet of Things*, que para Atzori *et al.* (2010) tem como ideia básica a presença generalizada ao nosso redor de uma variedade de coisas ou objetos que são capazes de interagir entre si e cooperar com seus vizinhos para alcançar objetivos comuns, é apenas um exemplo da enorme gama de possibilidades de soluções que podem ser empregadas nesta problemática.

Alguns trabalhos com abordagem semelhante já foram publicados, como é o caso de Vasconcelos *et al.* (2012) e Neto *et al.* (2016) onde sensores são utilizados, posicionados estrategicamente em algumas plantações, assim coletando dados sobre umidade e enviando via rádio frequência para um controlador lógico programável (CLP), que tem como função coletar as informações recebidas, processá-las (servindo de estação-base) e a partir disso, enviá-las a um computador pessoal, por exemplo, de modo a apresentar de maneira legível ao usuário, utilizando apenas gráficos e tabelas e necessitando de um conhecimento prévio sobre interpretação dos métodos de apresentação utilizados para lê-los corretamente e tomar as decisões que considera corretas, dependendo do que seja interpretado. Para fins de análise, na conclusão dos estudos os frutos foram colhidos e comparados entre si, levando em consideração o número de vezes que foram irrigados, percebendo-se a presença de estresse hídrico (a demanda por água é maior do que a sua disponibilidade e capacidade de renovação (PENA, 2023)) em alguns casos, definindo assim a melhor estratégia para seus casos de estudo.

1.1 Objetivos

Neste contexto, o trabalho aqui proposto busca aprimorar as abordagens apresentadas nos trabalhos supracitados. A princípio, os sensores utilizados não tratam apenas da umidade presente no solo, mas também de outros fatores um ambiente ideal como a luminosidade incidente no local durante o dia. Como um dos pontos principais, podemos destacar a conexão via Internet, não apenas dos sensores do ambiente, como também para o acesso a tais informações

independente da localização geográfica. Para que este acesso remoto seja possível, todos os dados enviados são processados em uma plataforma em nuvem de forma gratuita, ainda que com limitações, poupando o trabalho de configuração de um computador dedicado para acesso local ou mesmo um servidor, o que é outro ponto a ser destacado.

Unindo todos esses conceitos, o objetivo do trabalho é montar um sistema de monitoramento com características comuns de IoT para gerenciar um ambiente propício para as práticas comuns à jardinagem de maneira inteligente ao utilizar os recursos essenciais, de maneira principal a água que áreas deste porte demandam. Para alcançar tal meta, esta foi subdividida em propósitos menores para garantir o funcionamento de cada etapa do processo. De maneira mais específica, o trabalho desenvolvido visa os seguintes objetivos para alcançar aquilo a que se propõe:

- criar uma infraestrutura que atenda as necessidades do estudo;
- coletar e armazenar os dados obtidos pelo monitoramento;
- visualizar e analisar tais informações obtidas;
- atuar, com base nas análises, utilizando a melhor estratégia escolhida remotamente através da Internet.

O trabalho então é apresentado pela seguinte organização. O Capítulo 2, que vem logo a seguir, insere conceitos necessários para a compreensão do que é discutido ao longo do texto. Outros trabalhos que se assemelham ao aqui proposto são apresentados e discutidos no Capítulo 3. O Capítulo 4 trata dos passos necessários para atingir o objetivo do projeto. Com o objetivo claro e os passos a serem seguidos, o Capítulo 5 explana os itens selecionados e subsistemas que compõem o sistema como um todo e traz também relatos acerca do processo. Os resultados obtidos são analisados no Capítulo 6. Por fim, o Capítulo 7 conclui o trabalho com considerações e propostas de trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao longo deste Capítulo, os conceitos essenciais para a compreensão do que é debatido ao longo deste trabalho são apresentados. Em sua composição, primeiramente os conceitos gerais são introduzidos e para cada um, nos casos aplicáveis, os específicos correlatados à área também são apresentados em seguida.

2.1 Internet das Coisas

A Internet das Coisas é a expansão dos serviços atuais da Internet, de modo a acomodar todo e qualquer objeto que existe neste mundo ou que provavelmente existirá num futuro próximo (SINGH *et al.*, 2014). Ou seja, no paradigma da Internet das Coisas, muitos dos objetos que nos cercam estarão na rede de uma forma ou de outra (GUBBI *et al.*, 2013).

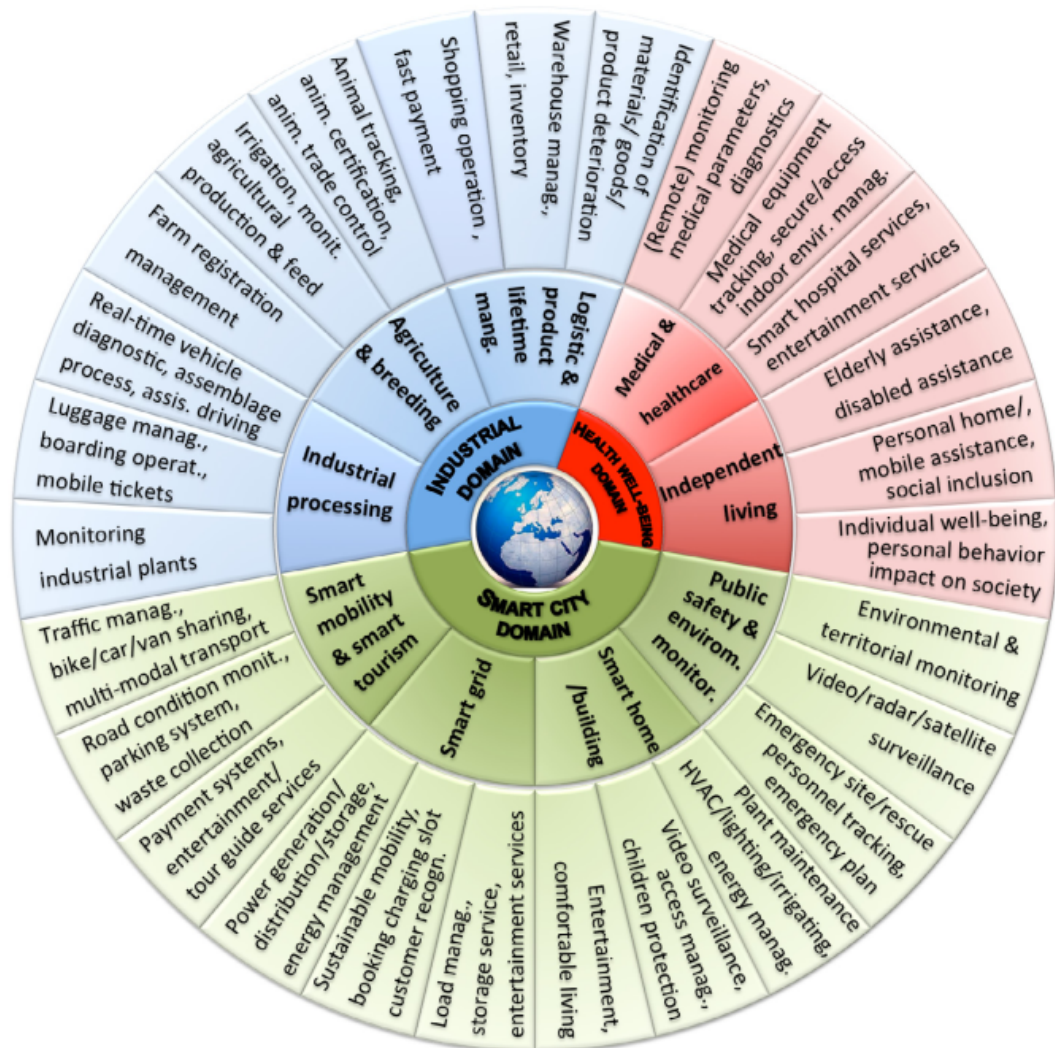
Segundo o conceito apresentado por Atzori *et al.* (2010) em sua pesquisa sobre Internet das Coisas, a ideia básica deste paradigma consiste na presença de uma variedade de coisas e/ou objetos ao nosso redor que comunicam e cooperam entre si com o intuito de alcançar um objetivo em comum.

Borgia (2014) define o paradigma em questão como uma combinação de aspectos e tecnologias vindas de diferentes abordagens. Ainda como parte da definição deste conceito, a autora afirma que, como parte da Internet das Coisas, estas tecnologias que se mesclam dão origem a um novo sistema, sistema o qual faz a ponte entre o mundo real e o virtual, permanecendo assim em constante interação.

Dito isto, podemos imaginar que tal paradigma pode afetar várias áreas da nossa sociedade. Prova disso é a gravura apresentada por Borgia (2014) em seu trabalho, que pode ser vista a seguir na Figura 1.

Como ilustrado na Figura 1, a IoT pode impactar diretamente em diversos setores, todos eles com o intuito de melhorar nossa qualidade de vida. Uma dessas áreas, pertencente ao Domínio Industrial apresentado na gravura, é denominada na imagem como Agricultura e Reprodução, que por sua vez, em uma de suas subáreas faz referência à agricultura propriamente dita, serviço essencial para nossa vida. Similarmente, no Domínio de Cidades Inteligentes, o ramo de Moradia Inteligente traz também a aplicação em manutenção de plantas, irrigação e gerenciamento de energia. Com base nisso, todo o cenário relacionado a tais áreas, é detalhado nas seções seguintes, uma vez que este é o foco deste trabalho.

Figura 1 – Áreas de atuação da Internet das Coisas



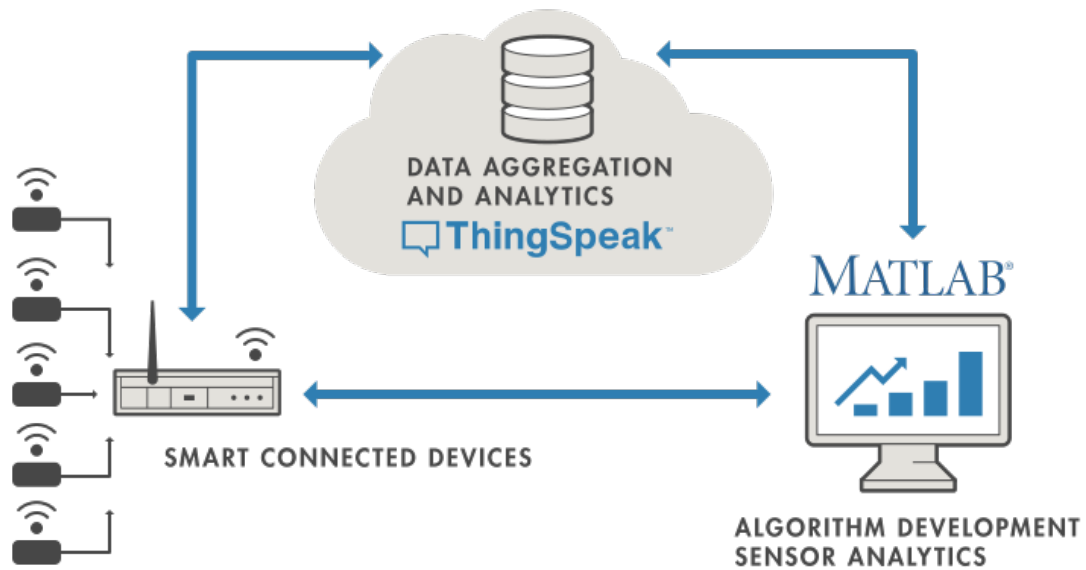
Fonte: Borgia (2014).

2.1.1 ThingSpeak

O *ThingSpeak*TM é uma plataforma de serviço de análise de IoT que permite agregar, visualizar e analisar fluxos de dados ao vivo na nuvem, que fornece visualizações instantâneas de dados postados por dispositivos conectados à ele (THINGSPEAK, 2023). O funcionamento dos sistemas que utilizam o serviço é apresentado na Figura 2, idealizada pelo próprio ThingSpeak (2023) que a descreve da seguinte maneira:

À esquerda, temos os dispositivos inteligentes (as “coisas” em IoT) que vivem na borda da rede. No meio, temos a nuvem onde os dados de muitas fontes são agregados e analisados em tempo real, muitas vezes por uma plataforma de análise de IoT projetada para esse fim. O lado direito do diagrama descreve o desenvolvimento do algoritmo associado ao aplicativo IoT. O *ThingSpeak* se encaixa na parte de nuvem do diagrama e fornece uma plataforma para coletar e analisar rapidamente dados de sensores conectados à Internet.

Figura 2 – Diagrama dos sistemas IoT conectados à plataforma



Fonte: ThingSpeak (2023).

ThingSpeak (2023) também apresenta as principais características deste serviço dentre as quais, para o propósito do projeto, podemos destacar:

- fácil configuração de dispositivos para enviar dados para o *ThingSpeak* usando protocolos IoT populares;
- visualização dos dados do sensor em tempo real;
- execução da análise de IoT automaticamente com base em agendas ou eventos;
- prototipagem e construção de sistemas IoT sem configurar servidores ou desenvolver *softwares*.

2.2 Agricultura de precisão

A agricultura de precisão é uma filosofia de gerenciamento agrícola que parte de informações exatas, precisas e se completa com decisões exatas (ROZA, 2000). Em outras palavras, ela é um termo utilizado para definir uma abordagem voltada para o setor agrícola que leva em consideração informações mais precisas para tomar as decisões necessárias.

Levando em consideração os inúmeros fatores que influenciam no sucesso ou não do cultivo do plantio, os métodos atuais comumente utilizados são de baixa eficácia. Pensando nisso Fraisse e Faoro (1998) alegam que a agricultura de precisão promete reverter o quadro atual permitindo a aplicação de insumos agrícolas nos locais corretos e nas quantidades requeridas.

Ainda conceituando a agricultura de precisão e sua empregabilidade, Manzatto *et al.*

(1999) fala que seu principal conceito é o de aplicar os insumos no local correto, no momento adequado, as quantidades de insumos necessários à produção agrícola, para áreas cada vez menores e mais homogêneas, tanto quanto a tecnologia e os custos envolvidos o permitam. Para isso, a agricultura de precisão se divide em várias etapas que são mostradas a seguir na Figura 3 elaborada por Nunes (2016).

Figura 3 – Exemplo de aplicação da agricultura de precisão dividida em etapas.



Fonte: Nunes (2016).

Segundo Tschiedel e Ferreira (2002) todo esse avanço se dá pela necessidade de aumentar a eficiência dos setores e manter a competitividade. Complementado eles ainda dizem que:

A evolução da informática, tecnologias em geoprocessamento, sistemas de posicionamento global e muitas outras tecnologias estão proporcionando à agricultura uma nova forma de se enxergar a propriedade, deixando de ser uma somente e sim várias propriedades dentro da mesma, porém com características específicas.

Tomando como base as palavras ditas anteriormente, é fácil ver que a agricultura de precisão divide-se em diversas subáreas, onde podemos destacar, dentre elas, a área de irrigação

que, quando mesclada à essa abordagem leva nome de irrigação de precisão e é melhor detalhada a seguir.

2.2.1 Irrigação de precisão

Tradicionalmente, a irrigação de precisão consiste na aplicação de quantidades precisas de água a culturas em locais (por exemplo, dentro do perfil do solo) e em momentos específicos - mas uniformemente em todo o campo (SMITH; BAILLIE, 2009).

Este termo é comumente empregado para fazer referência à irrigação por gotejamento, já que este método pode ser considerado preciso devido à sua capacidade de controlar a taxa e o tempo de aplicação (SMITH; BAILLIE, 2009).

Definindo o termo de uma forma simplista, Al-Karadsheh *et al.* (2002) o apresenta como o ato de aplicar água no lugar correto e na quantidade certa. Para Camp *et al.* (2006), a irrigação de precisão pode ser definida como a aplicação de água a um determinado local em um volume e no momento necessário para a produção de culturas, lucratividade ou outro objetivo de manejo ideal no local.

Segundo King *et al.* (2006), ela consiste no manejo da irrigação baseando-se na cultura para definir subáreas de um campo, tendo como referência a profundidade e o tempo. Raine *et al.* (2007) apresenta também o conceito como a aplicação precisa de água para atender às necessidades de plantas de maneira individual ou algumas unidades de gestão e minimizar o impacto ambiental adverso.

Dito isto, Smith e Baillie (2009) ainda identificaram e listaram algumas das características em comum que todas as definições posteriormente apresentadas possuem. Segundo sua análise, um sistema de irrigação de precisão tem como características:

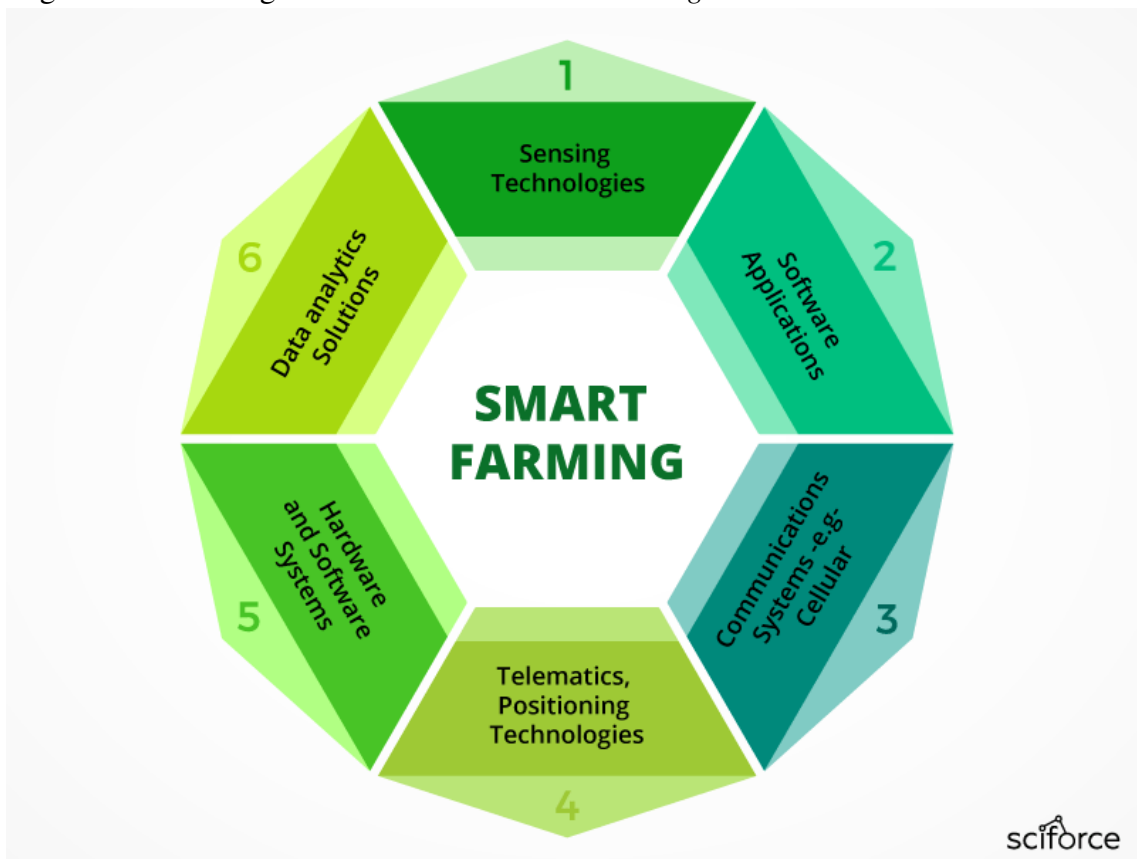
- o gerenciamento ideal dos componentes espaciais e temporais da irrigação;
- ser holístico, deve combinar perfeitamente o desempenho ideal do sistema de aplicação com o gerenciamento de cultura, água e soluto;
- não sere uma tecnologia específica, ser uma maneira de pensar, uma abordagem de sistemas;
- ser adaptativo, ser um sistema de aprendizagem; e
- ser aplicável a todos os métodos de aplicação de irrigação e para todas as culturas em escalas espaciais e temporais adequadas.

2.3 Smart Farming

A junção das tecnologias citadas anteriormente dá margem para um outro conceito, também novo, ser introduzido e aplicado no setor agrícola. De acordo com Pivoto (2018) a *Smart Farming*, pode ser definida como um conjunto de tecnologias modernas que podem ser usadas para melhorar as tomadas de decisões e afins nas atividades agrícolas.

Podemos imaginar, então, que, para isso ser realidade, diversas tecnologias são utilizadas para alcançar tal objetivo. Assim, uma representação de quais tecnologias devem e podem ser aproveitadas na *Smart Farming* é apresentada na Figura 4, idealizada por Sciforce (2019), onde são destacadas tecnologias de sensoriamento, aplicações de software, sistemas de comunicação, tecnologias de posicionamento, sistemas de *hardware* e *software* e soluções de análise de dados, respectivamente.

Figura 4 – Tecnologias envolvidas em *Smart Farming*



Fonte: Sciforce (2019).

Como exemplo da aplicação dos conceitos citados previamente, Pivoto (2018) também conceitua a IoT, porém com foco no âmbito agrícola, como sendo ela uma tecnologia que proporciona a conexão entre objetos por meio de infraestruturas de rede existentes, a fim de

serem detectados e/ou controlados de maneira remota.

Com uma abordagem mais sucinta, Duft (2018) define a *Smart Farming* (ou Agricultura Inteligente, Agricultura Digital) como a aplicação da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) na agricultura, com o intuito de obter resultados guiados por cálculos e não somente “sentimentos”.

Smart Farming é baseada na integração das aplicações digitais e para isso precisa mesclar diversas tecnologias com IoT (Internet das Coisas). Ou seja, *Smart Farming* é a união dessas coisas e não somente a aplicação de IoT na agricultura (DUFT, 2018).

2.3.1 Jardim/Jardinagem Inteligente

Unindo os conceitos que foram detalhados anteriormente, somos apresentados a um outro conceito chamado de Jardim ou Jardinagem Inteligente, que é exatamente onde este trabalho foca seus esforços.

O conceito de Jardim Inteligente é definido por Sharma (2021) como os jardins que recebem os insumos necessários para que as plantas cresçam, como por exemplo luz e água, utilizando tecnologias e sistemas de automação para tal finalidade. Ou seja, tais tecnologias são utilizadas para monitorizar e fornecer um recurso útil necessário que pode tornar o crescimento da planta mais rápido (SADLI *et al.*, 2019).

Assim, podemos dizer que Jardim ou Jardinagem Inteligente é, de forma resumida, a utilização da tecnologia para tornar as tarefas de jardinagem mais acessíveis ou mais eficientes (WOLKEN, 2021).

Em seguida, alguns trabalhos que já foram desenvolvidos são apresentados e baseado neles uma comparação com o que é proposto aqui é feito para destacar diferenças e semelhanças com o que já foi estudado e quais adições são feitas para a discussão neste trabalho.

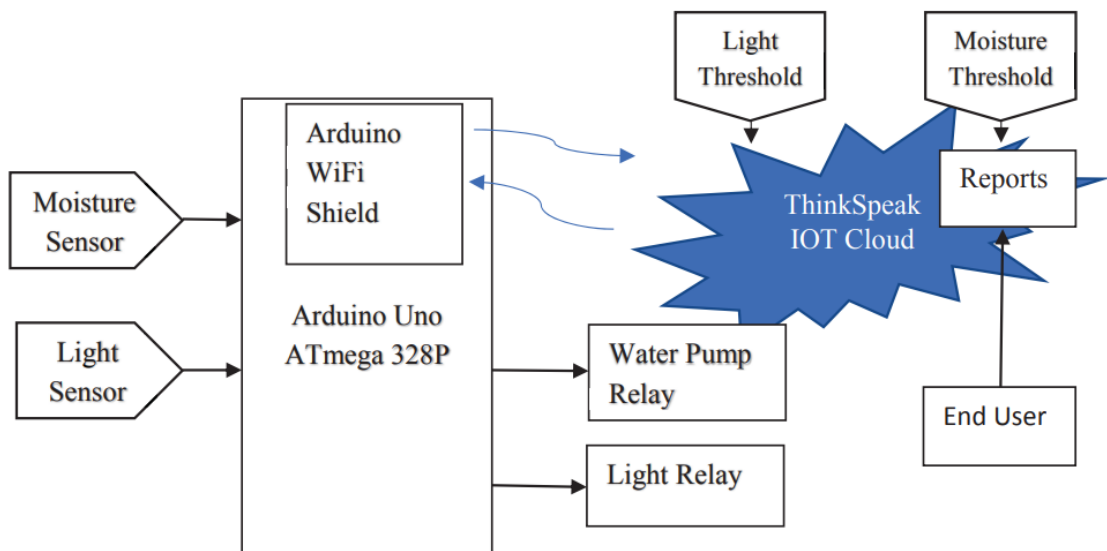
3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste Capítulo, alguns trabalhos relacionados serão apresentados, a fim de apresentar o que já foi feito e existe, assim como também apresentar as diferenças do trabalho desenvolvido para aquilo que já é realidade.

3.1 Cloud based IoT for smart garden watering system using Arduino Uno

No trabalho de Al-Omary *et al.* (2018), os autores desenvolveram um sistema de irrigação automática e monitoramento baseado em nuvem. Neste sistema, foi utilizado um Arduino UNO em conjunto de outros componentes como o *shield* Wi-Fi do próprio Arduino, possibilitando a conexão da placa à Internet, sensores de luz e de solo para realizar o monitoramento do ambiente e relés para realizar as ações necessárias automaticamente, como ilustra a Figura 5.

Figura 5 – Arquitetura do sistema



Fonte: Al-Omary *et al.* (2018).

A Figura referenciada traz o panorama geral de funcionamento do sistema. Os sensores de luminosidade e umidade do solo se conectavam ao Arduino UNO, que também estava conectado aos relés de ativação da bomba de água e luz. Tal dispositivo trocava informações via Internet com o serviço em nuvem da plataforma *ThingSpeak*, que possuía armazenado valores limite pré-estabelecidos referentes aos mesmos fatores observados. Se estes valores fossem atingidos, o usuário final receberia um relatório sobre o evento ocorrido.

O projeto atingiu o objetivo proposto, sendo implementado e testado. Os dados necessários para realizar as ações foram enviados para o *ThingSpeak* e analisados a partir dele. Com a análise feita, a própria plataforma se encarregava de comparar as informações com algumas pré estabelecidas e decidir se acionaria ou não os possíveis eventos do sistema de forma remota.

Em comparação ao trabalho anteriormente citado, o projeto aqui desenvolvido apresenta algumas semelhanças, como por exemplo a utilização da plataforma *ThingSpeak*, mas também diverge em alguns pontos que podem ser considerados cruciais, como a utilização de uma placa microcontroladora já preparada para IoT, a presença de sensores para monitorar a temperatura do ambiente e a tomada de decisão acerca dos eventos partir de uma interferência humana.

3.2 Smart Gardening Automation using IoT With BLYNK App

Sheth e Rupani (2019) conduziram um estudo que muito se assemelha aos demais encontrados nessa área de pesquisa. Nele, também foi desenvolvido um sistema de monitoramento e irrigação automático de um ambiente controlado. Para isso, eles utilizaram o microcontrolador NodeMCU ESP8266, que nativamente já possui capacidade de conectar-se à Internet. Para compor o sistema, foram adicionados ainda o sensor de umidade e temperatura DHT22, um sensor de umidade do solo e uma bomba d'água que poderia ser acionada remotamente caso o solo atingisse um valor de umidade pré determinado.

De acordo com o relatado, o sistema implementado apresentou resultados satisfatórios para a pesquisa, sendo bem sucedido no envio e recebimento de dados e acionando a bomba quando necessário. Para a visualização de todas as informações coletadas, foi utilizada a plataforma *Blynk App* que, além de apresentar ferramentas de visualização, fornecia a capacidade de atuar sobre o sistema de forma remota através de sua própria aplicação desenvolvida para dispositivos móveis.

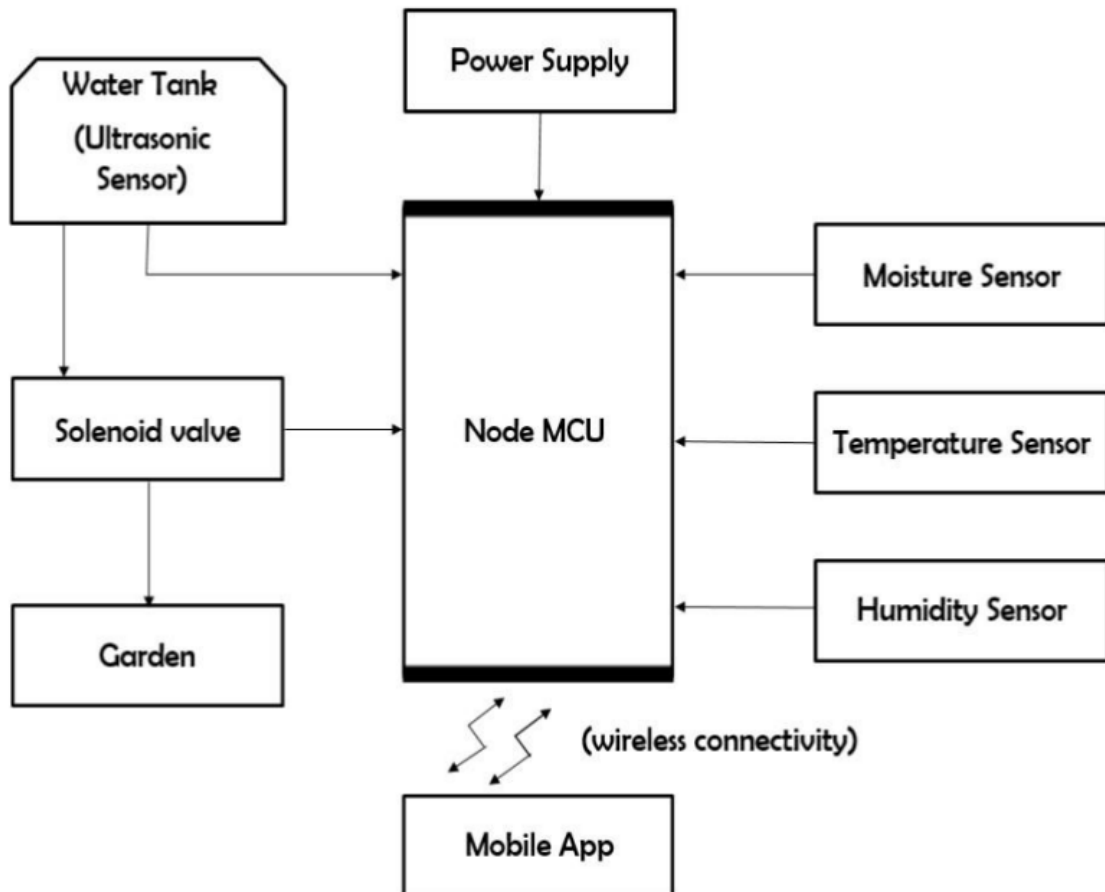
Assim como outros trabalhos, esse também é bastante similar à proposta aqui apresentada, mas da mesma forma possui suas particularidades. Como dito anteriormente, a plataforma utilizada no trabalho relacionado permite que o usuário visualize os dados coletados, mas não faz referência a nenhum tipo de análise mais profunda que possa ser feita através dela mesma, como é o caso do *ThingSpeak* aqui utilizado. Outro exemplo ainda é o microcontrolador NodeMCU ESP8266 utilizado pelos autores que, se comparado ao utilizado na proposta deste

trabalho, possui algumas limitações.

3.3 Smart Garden Monitoring System Using IOT

Em sua pesquisa, Thamaraimanalan *et al.* (2018) propuseram também um sistema capaz de coletar dados de um ambiente e com a possibilidade de análise a atuação de forma remota. Neste caso, os autores optaram por utilizar o mesmo microcontrolador NodeMCU ESP8266 visto no trabalho apresentado anteriormente na Seção 3.2, em conjunto de sensores também já citados em outros trabalhos como os de temperatura e umidade, umidade do solo, adicionando ainda um novo sensor ultrassônico, utilizado para monitorar a quantidade de água existente no tanque do ambiente em questão. Todo o esquema do projeto está representado na Figura 6.

Figura 6 – Esquema de funcionamento do projeto



Fonte: Thamaraimanalan *et al.* (2018).

No que diz respeito à representação feita na Figura 6, é possível extrair as seguintes informações. O microcontrolador NodeMCU, alimentado por uma fonte de energia, serviu de

núcleo para todo o sistema. Interligados a ele estiveram uma série de outros sensores responsáveis por monitorar variáveis distintas, como a umidade do solo, do ar e a temperatura ambiente. Além disso, o sensor ultrassônico monitorava o nível de água presente no tanque responsável por armazenar a água da irrigação que, por sua vez, estava conectado à uma válvula solenoide também interligada ao NodeMCU que também se responsabilizava por seu acionamento. Todas essas informações eram repassadas para o usuário final através de uma aplicação desenvolvida pelos autores.

O experimento obteve êxito ao ser capaz de coletar as informações necessárias sobre o ambiente monitorado e enviá-los pela rede, para uma plataforma chamada *Firebase* que provê ferramentas para análise e a criação de base de dados em um âmbito geral, de forma semelhante ao já citado *ThingSpeak*. Foi possível ainda controlar as ações de forma remota através de uma aplicação desenvolvida especialmente para este caso de estudo, ferramenta essa criada com auxílio do *Android Studio* para realizar a conexão com os dados enviados e armazenados pelo *Firebase*.

De forma análoga aos demais trabalhos previamente citados, é necessário apontar as diferenças entre o estudo realizado em questão e a proposta deste trabalho. Assim, podemos apontar como principais pontos distintos não só a escolha da plataforma *Firebase* utilizada para o armazenamento dos dados que, apesar de apresentar características semelhantes, não é voltada especialmente para o segmento de IoT como é o caso do *ThingSpeak*, como também a criação de uma aplicação própria para que as necessidades dos pesquisadores fossem atendidas e, por último, algumas diferenças também já destacadas sobre as versões do microcontrolador NodeMCU ESP8266 utilizado no trabalho e o ESP32 escolhido para esta abordagem.

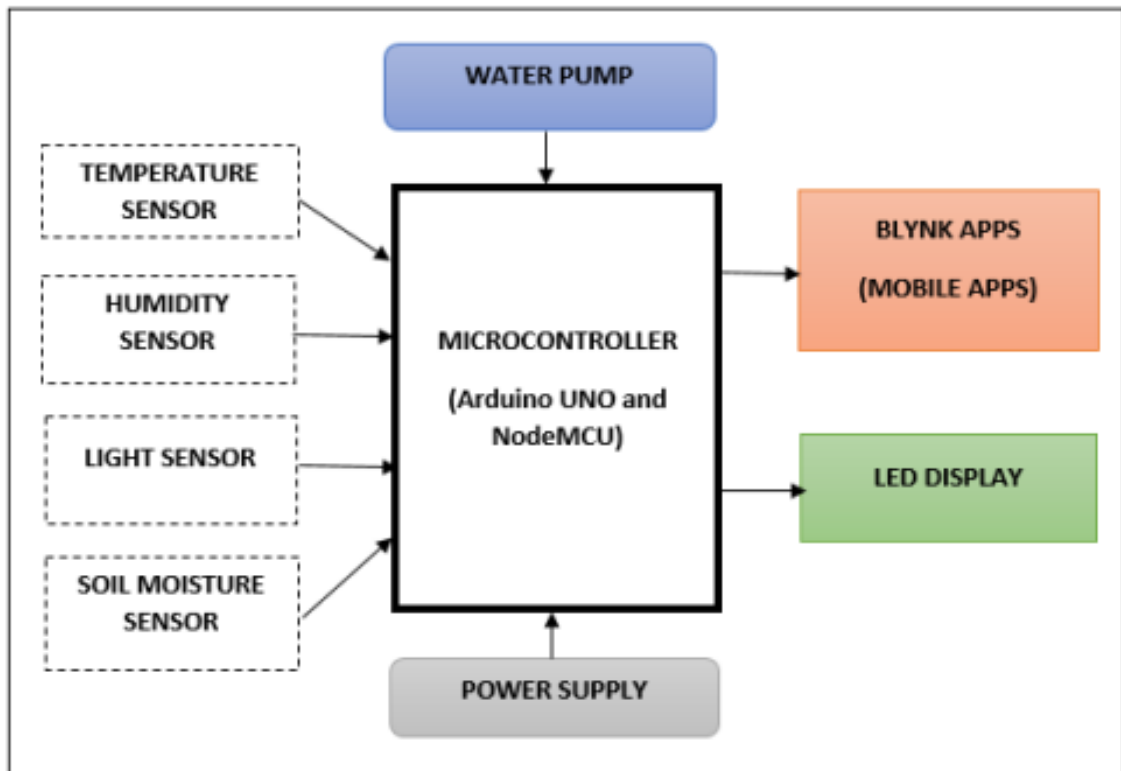
3.4 An IoT-based Smart Garden with Weather Station System

O trabalho desenvolvido por Sadli *et al.* (2019) é o mais semelhante ao aqui proposto, apresentando uma arquitetura robusta, composta de diversos sensores como os de luz, temperatura, umidade do ar e solo, além de fornecer visualização das informações coletadas através de um(a) *liquid crystal display*/tela de cristal líquido (LCD) presente no local da instalação do sistema, não se restringindo apenas ao uso de plataformas móveis ou hospedadas na Internet. Todo esse esquema pode ser observado na Figura 7 como elaborado pelos próprios autores do trabalho em questão.

Tal robustez se dá não apenas pelo uso de diversos sensores, mas também pela escolha

da utilização de dois microcontroladores para gerenciar todas as funcionalidades implementadas no sistema, sendo eles o Arduino UNO e NodeMCU ESP8266. Neste caso, o primeiro se encarrega de mostrar as informações no painel de LCD integrado como foi dito e o segundo envia as informações pela rede para visualização remota através de aplicativos.

Figura 7 – Diagrama de blocos do projeto



Fonte: Sadli *et al.* (2019).

Esclarecendo o diagrama apresentado na Figura 7, temos, neste trabalho, a união de duas placas responsáveis pela computação dos dados. Ambos os microcontroladores são alimentados por uma fonte de energia para seu funcionamento, enquanto possuem funções distintas. O Arduino UNO fica responsável por apresentar as informações obtidas localmente, através de uma tela de LCD e o NodeMCU ESP8266 realiza todo o trabalho que demanda conexão à Internet. Acoplados a ele estão os sensores de temperatura, umidade do ar, luminosidade e umidade do solo, além da bomba de água que ativa a irrigação do ambiente. Todas as informações relacionadas aos eventos ocorridos no local, são enviadas através da Internet para a aplicação chamada *BlynkApp*, capaz de visualizar e operar em ambientes configurados de forma remota.

Com a proposta inicial de desenvolver um de jardim inteligente com um sistema meteorológico capaz de ser monitorado remotamente, após realizarem diversos testes, tanto de forma individual para cada sensor, como para o sistema integrado como um todo, os autores

acharam um desempenho satisfatório, uma vez que o modelo desenvolvido realizava as atividades esperadas de maneira excepcional, podendo ser gerenciado facilmente por todos os usuários como pesquisadores ou fazendeiros e crianças (SADLI *et al.*, 2019).

Apesar de todas essas características similares, podemos apontar diferenças entre o que está sendo proposto neste trabalho e o que foi desenvolvido no que foi aqui apresentado. Neste trabalho utilizamos apenas um microcontrolador, o NodeMCU ESP32, uma versão mais atualizada e com mais possibilidades de leitura e conexão que o ESP8266 e para a leitura e análise dos dados enviados utilizamos a plataforma *ThingSpeak* que é especializada em projetos de IoT, diferentemente do *BlynkApp* usado no sistema apresentado. Por fim, os sensores utilizados também se assemelham bastante, diferindo apenas no uso de um sensor dedicado para o acionamento de uma luz artificial para acelerar o crescimento das plantas e o uso de um barômetro para a previsão de chuvas, o que não é o intuito deste trabalho.

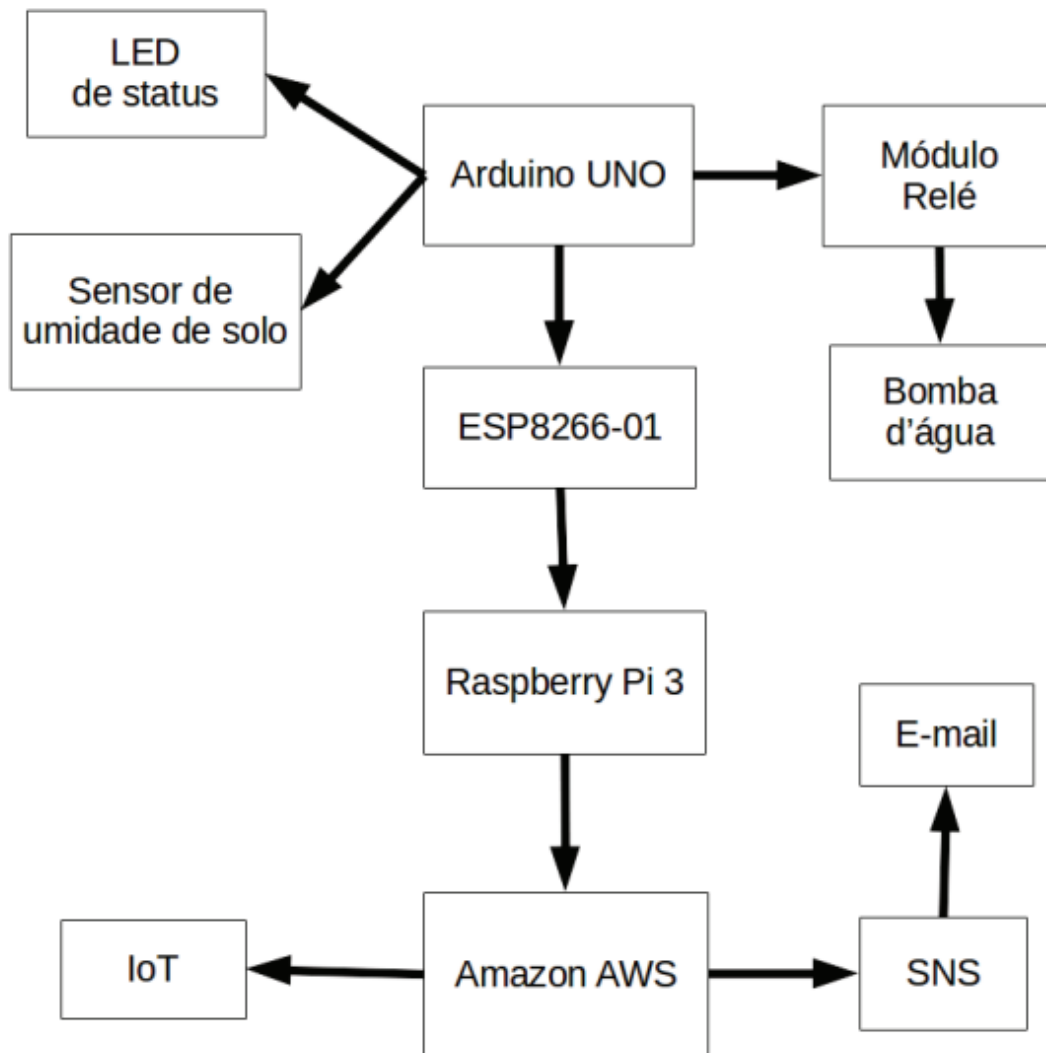
3.5 Jardim Inteligente IoT - JIIOT

A pesquisa realizada por Marino *et al.* (2017) é um dos mais completos e complexos trabalhos relacionados encontrados, uma vez que faz uso de diversos componentes de *hardware* e também de plataformas na internet, como pode ser observado na Figura 8, para atingir o seu propósito, que por sua vez é bastante semelhante ao aqui proposto.

Aqui estão presentes o sensor de umidade do solo e um *light emitting diode*/diodo emissor de luz (LED) para identificar o *status* do sistema, tudo isso conectado a um Arduino UNO, que é responsável por acionar um módulo relé quando uma condição pré-determinada for satisfeita, iniciando a irrigação com a água armazenada em uma bomba dedicada para esse ambiente. Para a conexão desse subsistema à Internet, os autores o conectaram a um NodeMCU ESP8266, que nativamente é capaz de realizar essa ação, sem a necessidade de nenhum outro componente. Por sua vez, esse novo componente se conecta a um *Raspberry Pi 3*, que atua como *broker* para a troca de mensagens via *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) com a plataforma *Amazon Web Services* (AWS), escolhido para atuar de intermediário com os serviços de visualização de IoT e notificações via *e-mail*.

O núcleo de IoT utilizado é composto por três plataformas, o *Dweet.io* que funciona como um "*feed*" das mensagens MQTT publicadas e recebidas, o *Freeboard.io* que, ao integrar-se com a plataforma anterior, dispõe de um painel de controle com gráficos e informações atualizadas em tempo real, e o *Plot.ly*, plataforma especializada em geração de gráficos.

Figura 8 – Desenho da arquitetura do sistema



Fonte: Marino *et al.* (2017).

De forma geral então, a Figura 8 pode ser compreendida da seguinte maneira. O Arduino UNO foi utilizado como o operador local do sistema no ambiente, lendo as informações de umidade do solo, fornecendo um retorno visual com o LED e ativando o módulo relé que gerencia a bomba de água. As informações por ele coletadas, são repassadas para o ESP8266 que se conecta à Internet e, por sua vez, as repassa para o *broker* implementado no *Raspberry Pi 3*. Estes mesmos dados são enviados então para os servidores da AWS que dispara o núcleo IoT, com suas devidas especificações já apresentadas aqui anteriormente, como também notificações via *e-mail*.

Realizando o comparativo deste trabalho relacionado com o que foi desenvolvido, podemos apontar os principais pontos divergentes como a comunicação feita através do protocolo *Hypertext Transfer Protocol (HTTP)* ao invés de *MQTT*, dessa forma não havendo necessidade

de um *broker*, deixando a responsabilidade do envio de mensagens pelo próprio microcontrolador NodeMCU ESP32, que difere em certos aspectos do ESP8266. O chamado núcleo IoT também é mais simples, já que a plataforma escolhida *ThingSpeak* possui todas as ferramentas que podem ser encontradas nas três plataformas que foram escolhidas pelos autores do trabalho citado. Por fim, há uma quantidade maior de sensores presentes no sistema desenvolvido, implicando em mais informações a serem enviadas e, conseqüentemente, apresentadas.

3.6 Comparativo

Os trabalhos até aqui apresentados se assemelham em diversos pontos, mas também diferem em alguns outros aspectos nos quais servem para embasar o propósito deste estudo. Baseado nisso, foram identificadas algumas características que diferem entre os trabalhos relacionados e, conseqüentemente, o aqui proposto. Tais peculiaridades auxiliam na compreensão do objetivo do trabalho, sendo elas (a) a utilização de um microcontrolador projetado especialmente para aplicações em IoT; (b) a utilização de aplicações já existentes para o controle das ações e visualização de informações, eliminando a necessidade da criação de uma solução própria para tal; (c) possibilidade de análise através das plataformas especializadas em dados desta natureza utilizadas; e por fim, (d) monitoramento sensorial do ambiente controlado sobre diversos fatores tais como por exemplo umidade relativa do ar, temperatura, além de, no caso deste trabalho, luminosidade incidente e umidade do solo.

Uma vez que seja entendido o que já foi desenvolvido em outros trabalhos, o que este trabalho se propõe a fazer e compreendido suas diferenças em relação aos demais, o Quadro 1 a seguir traz um resumo destas características gerais de uma forma sucinta. Para cada célula em branco, significa que o trabalho em questão não possui tal quesito, enquanto aquelas que estiverem preenchidas com a letra X o possuem.

Como pode ser visto, o trabalho proposto neste documento une as tecnologias já existentes e funcionais e busca implementar novas, para facilitar a automação e controle da irrigação dos campos. O Capítulo que sucede à este discute os métodos utilizados para atingir os objetivos que o trabalho se propõe, relatando os passos necessários a serem seguidos nas respectivas etapas.

Quadro 1 – Comparativo entre os trabalhos relacionados e o proposto.

	(a)	(b)	(c)	(d)
Al-Omary <i>et al.</i> (2018)		X	X	
Sheth e Rupani (2019)	X	X		X
Thamaraimanalan <i>et al.</i> (2018)	X			X
Sadli <i>et al.</i> (2019)		X		X
Marino <i>et al.</i> (2017)		X		
Trabalho proposto	X	X	X	X

Legenda: (a) - microcontrolador de IoT;
 (b) - utilização de aplicações existentes;
 (c) - análises através de plataformas especializadas;
 (d) - monitoramento sensorial variado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4 METODOLOGIA

Como já retratado anteriormente, o trabalho desenvolvido tem como objetivo construir e/ou adaptar um ambiente propício para jardinagem capaz de ser controlado remotamente, assim auxiliando no aproveitamento de tempo e recursos necessários para a manutenção de uma atividade desse porte. A ideia geral do projeto é de viabilizar a atividade de jardinagem de maneira prática, preocupando-se apenas em alterar algum ambiente existente para comportar as necessidades do que se pretende cultivar.

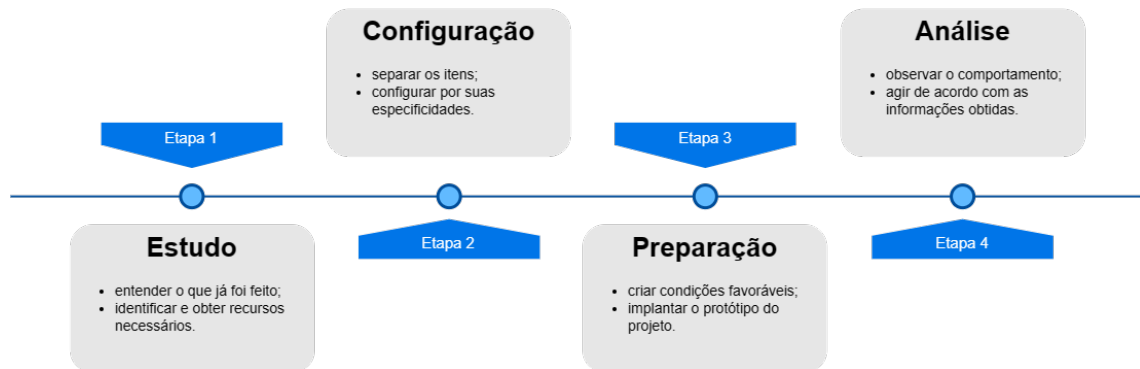
Assim, a proposta apresentada faz uso de ferramentas existentes como extensores de tomada, tomada inteligente (também conhecido como *smart plug*), válvula solenóide para corrente alternada, placa microcontroladora, além de aplicações e outros componentes, sejam elétricos ou não. Tudo isso compõe o sistema principal que visa atingir o objetivo do trabalho, subdividindo-o em sistemas menores para facilitar a montagem e manutenção do projeto, sendo eles o sistema elétrico, o sistema hidráulico e, por fim, o sistema de interfaces.

Em paralelo ao que já existe e foi pesquisado nos trabalhos apresentados previamente, o trabalho aqui proposto busca fazer uso de soluções já existentes em todos os aspectos possíveis, de forma diferente do que foi encontrado. Assim, as ferramentas escolhidas geralmente possuem um ambiente próprio para uso, como é o caso da tomada inteligente escolhida que possui uma aplicação de dispositivos móveis que a acompanha, ou ainda a plataforma *ThingSpeak* que, como dito anteriormente, não só fornece a visualização dos dados de maneira simples e prática nativamente, mas também tem a possibilidade de acessar tais informações através de serviços de terceiros como, por exemplo, uma aplicação móvel disponibilizada na loja de um *smartphone*, o que geralmente não ocorre nos trabalhos referenciados.

Outro exemplo seria a não necessidade de um tanque dedicado para reservar a água da irrigação utilizada no processo da jardinagem. Na abordagem aqui utilizada, adaptou-se a maneira de transportar a água necessária utilizando apenas uma nova torneira e uma mangueira, diferenciando-se assim daquilo que já existe e é tomado como base.

Todas essas decisões têm como objetivo tornar o acesso e o desenvolvimento do que é mostrado aqui mais prático. Desta maneira não há a necessidade de um esforço muito expressivo para quem deseja implementar a solução aqui apresentada em algum espaço desejado. Os passos realizados para atingir o resultado desejado são ilustrados de acordo com a Figura 9 e posteriormente detalhados nas subseções que seguem a mesma ordem apresentada.

Figura 9 – Etapas da metodologia adotada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 Identificação e obtenção de recursos

Identificar os recursos necessários foi o primeiro passo para o desenvolvimento do projeto. Esta etapa foi facilitada pelo que foi identificado em trabalhos semelhantes, como os que foram aqui apresentados, servindo de guia para os protótipos iniciais. Foram escolhidos então uma série de itens que são detalhados e categorizados de acordo com suas características e funções no projeto mais adiante.

Com a lista de itens desejados, o passo seguinte foi a captação de tais recursos. Inicialmente, isso foi facilitado por uma parceria mediada por professores de diferentes setores da UFC que emprestaram alguns dos principais itens, porém durante a execução do projeto esses itens precisaram ser devolvidos. Assim, se fez necessário a aquisição dos itens com capital próprio o que possibilitou a adição de novos itens ao esboço do projeto.

4.2 Calibragem de sensores e código

Uma vez que os itens adquiridos já se encontravam disponíveis para uso no trabalho, alguns deles precisaram ser configurados previamente para garantir a confiabilidade dos dados que viriam a ser apresentados. Neste caso, os sensores de umidade do solo e de luminosidade foram os que, dentre os itens adquiridos, necessitaram deste passo extra.

Na ocasião, foram registrados os valores máximos e mínimos identificados por cada sensor. O sensor de luminosidade apresentou uma configuração simples, variando suas leituras entre valores absolutos de 0 à 4095, onde o seu valor mínimo 0 representava um ambiente desprovido de luz, já o valor de 4095 representava o máximo de um ambiente completamente iluminado.

Por sua vez, os sensores de umidade do solo apresentaram uma particularidade em seus testes, já que se comportaram de maneira diferente ao sensor anterior. Os valores lidos mostraram que a relação dos valores quanto à exposição de umidade é inversamente proporcional, ou seja, quanto mais úmido menor é o valor registrado.

Todos esses itens conectam-se à uma placa microcontroladora que também é configurada para receber tais dados agora calibrados e enviá-los para uma plataforma via Internet. Desta maneira, o passo seguinte trata de implementar o código de configuração da placa, lendo as informações obtidas pelos sensores, conectando-se à uma rede sem fio, encapsulando-as em um pacote e as enviando para a base de dados da plataforma que se encarregará da apresentação destes dados.

4.3 Montagem do ambiente

Após realizadas as configurações necessárias, foi possível montar o ambiente desejado. O ambiente em questão consistiu em dois vasos distintos, um preenchido com areia comum e o segundo com o composto orgânico conhecido como serapilheira, onde foram plantadas sementes de repolho verde. Para que ambos os recipientes pudessem ser irrigados automaticamente, uma saída de água foi adaptada com torneira dupla, alguns pedaços de canos do material policloreto de vinila (PVC), uma válvula solenoide para corrente alternada de 220 volt(s) (V), mangueira de irrigação e um equipo hospitalar para alcançar cada vaso.

4.4 Leitura e análise dos dados

Por fim, a etapa de leitura e análise dos dados culmina o propósito do trabalho. Todos os dados lidos sobre o estado do ambiente são enviados à uma plataforma em nuvem e ficam disponível para acesso a qualquer momento e de qualquer lugar desde que haja conexão à Internet. A partir daí, análise referentes ao gerenciamento de recursos são feitas de acordo com tais informações dispostas visualmente em gráficos gerados pela mesma plataforma.

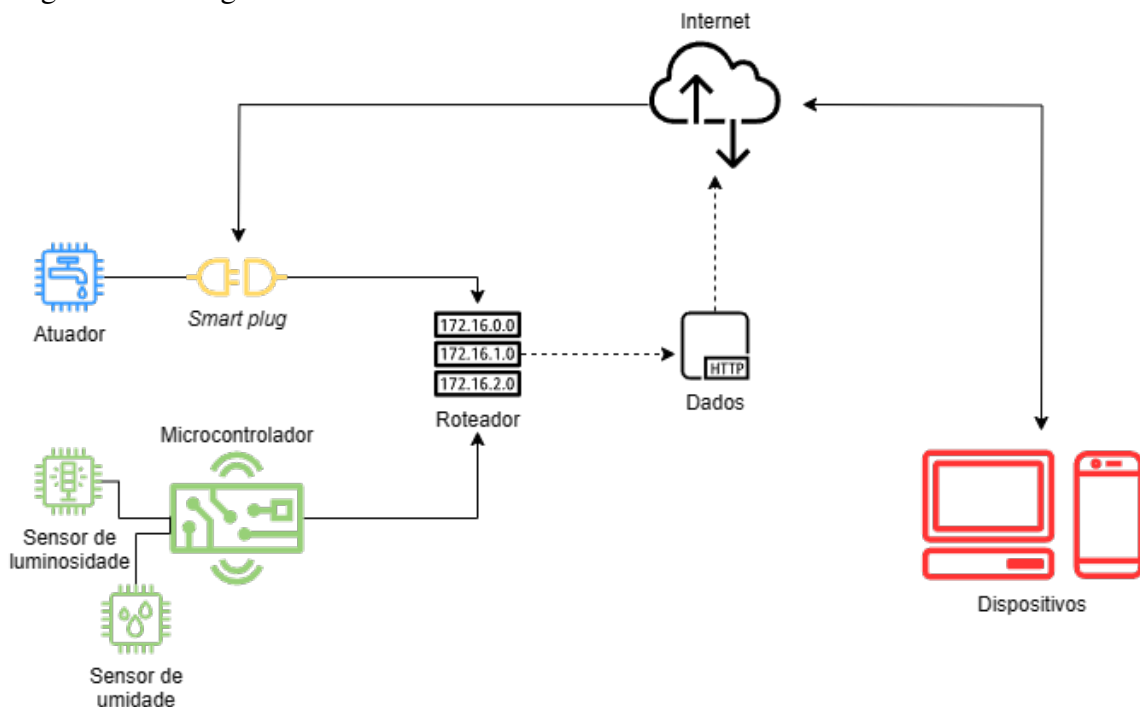
A seguir, os detalhes referentes ao planejamento e desenvolvimento das partes citadas são apresentados de forma a listar suas características dentro do subsistema ao qual pertencem, ainda que algumas delas se enquadrem em mais de um deles.

5 PROJETO E EXPERIMENTOS

O projeto foi desenvolvido pensando na praticidade de ser implantado em qualquer lugar desejado, gerando o menor trabalho extra possível, então, como ressaltado, foram utilizadas soluções já presentes no mercado e que podem ser encontradas com certa facilidade.

Para o resultado desejado ser alcançado, pesquisas foram realizadas acerca do conhecimento prévio de métodos capazes de proporcionar à alguém leigo em jardinagem e/ou mesmo a tecnologia utilizada, o pleno funcionamento do sistema proposto. Este sistema que, por sua vez, consiste na união de uma série de outros componentes que, como apresentados anteriormente, dividem-se entre subsistemas de características semelhantes. Na tentativa de fornecer uma melhor compreensão, a Figura 10 ilustra as conexões realizadas entre os componentes citados de forma superficial.

Figura 10 – Diagrama de funcionamento do sistema



Fonte: Elaborado pelo autor.

No sistema hidráulico, indicado pelo ícone de cor azul na Figura 10, uma saída de água já existente foi adaptada para poder fornecer a água necessária. Para isso, uma torneira para tanque foi inserida nessa saída, que, por sua vez, teve canos PVC acoplados a si no intuito de facilitar o encaixe da válvula solenoide e da mangueira de irrigação que libera e transporta a água ao seu destino, respectivamente.

O sistema elétrico fornece energia para o pleno funcionamento do sistema, sendo conectado às tomadas da casa através de uma tomada inteligente, que permite seu controle e monitoramento remoto e algumas extensões para alcançar o ambiente preparado. Na Figura 10 está representado pelo ícone de cor amarela, em alusão ao seu funcionamento.

Por sua vez, o sistema de interfaces apresenta os pontos de controle, ou seja, as aplicações que permitem o acionamento e monitoramento dos componentes presentes no ambiente. Dentro da Figura 10, os ícones de cor vermelha o referenciam, sendo um dos pontos finais do sistema.

O ambiente em questão se refere aos elementos selecionados para a observação da eficácia do experimento, sendo formado por jarros que possuem terrenos distintos, trazendo assim diferentes características a serem analisadas. É também onde se encontra o aqui chamado núcleo de controle, que é parte essencial do sistema e está colorido na cor verde na Figura 10.

5.1 Núcleo de Controle

Como o próprio nome sugere, este é o núcleo do sistema, o sistema de controle capaz de coletar e enviar dados através da Internet por meio de requisições que utilizam do HTTP para serem acessadas facilmente. Ele é composto de diversos componentes interligados a uma placa que possui capacidade nativa de conectar-se à redes sem fio. A Figura 11 traz uma representação do esquema montado e, posteriormente, alguns detalhes referentes são apresentados.

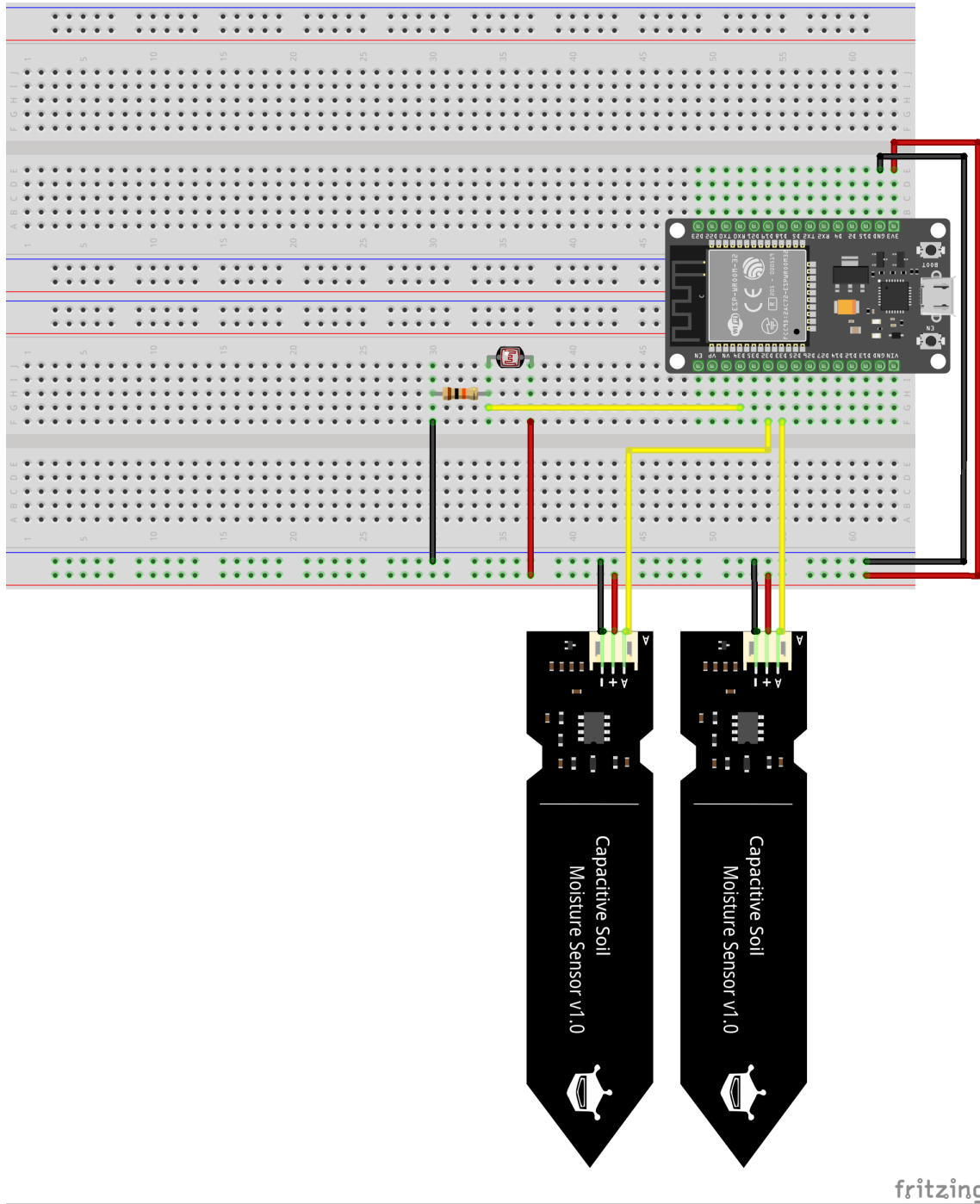
A lista dos itens utilizados para a montagem do sistema, representada aqui pela Figura 11, é composta por:

- placa de desenvolvimento ESP32 30 pinos;
- 2 sensores tipo medidor capacitivo de umidade do solo;
- *light dependent resistor*/resistor dependente de luz (LDR);
- resistor 10 kOhms (Ω);
- *jumper*s;
- *proto*board.

Inicialmente, a placa de desenvolvimento citada desempenha papel essencial neste sistema. É através dela que podemos receber os dados que são obtidos pelos demais componentes, além de ser também ela a responsável por enviar tais informações para a base de dados escolhida via Internet.

Como configuração, a placa escolhida, especificamente a *ESP32 DEVKITV1*, apre-

Figura 11 – Arquitetura do sistema



Fonte: Elaborado pelo autor.

senta 30 pinos, numericamente menos que algumas outras que trazem mais pinos, mas sendo relativamente menor, assim ocupando menos espaço. Outra característica é a presença da conectividade para redes sem fio, como *Bluetooth* e *Wi-Fi*, ideal para cenários como o apresentado aqui. Além disso, é uma placa capaz de operar entre temperaturas de -40 à 125 graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), o que a torna viável para ambientes como o utilizado neste trabalho.

Para captar os dados que são considerados essenciais, uma série de sensores perma-

necem conectados à placa. A começar pelo sensor medidor capacitivo de umidade do solo que, quando em contato com o solo, detecta a variação da umidade presente. Este tipo de sensor de umidade apresenta maior durabilidade quando comparado a outros tipos de sensores, como os resistivos, como pôde ser constatado durante a pesquisa.

Outro sensor utilizado foi o de luminosidade, que é um resistor dependente de luz complementando a série de sensores utilizados. Este é basicamente um resistor que, de acordo com a luz que incide sobre ele, varia sua resistência, alterando assim também os seus valores.

Todos estes componentes permanecem interligados através de 2 *protoboards*, placas de prototipagem que dispensam a utilização de solda nos circuitos, e cabos do tipo *jumper* fazem a conexão de cada componente para os pinos específicos da placa. Os resistores regulam a tensão passada a cada um deles, para que a leitura dos dados seja feita corretamente.

5.2 Sistema Hidráulico

Em um sistema de irrigação, o elemento primordial para o tornar viável é a água, que precisa ser fornecida e/ou transportada de alguma maneira ao seu destino. Trabalhos desenvolvidos anteriores a este, realizam esse procedimento de forma dedicada, ou seja, utilizam de um reservatório separado daquele que fornece a água para os prédios comuns do local em que esses sistemas semelhantes são implantados.

Tendo em mente a busca pela praticidade durante o desenvolvimento deste projeto, a abordagem escolhida foi aproveitar os pontos de saída de água já existentes na casa, para isso, se fez necessário a adaptação de um dos pontos disponíveis presentes. Então, a torneira comum presente na área de serviço foi substituída por uma com saída dupla, popularmente conhecida como torneira para tanque, a fim de não comprometer as tarefas realizadas no ambiente durante o dia a dia e obter o fornecimento desejado.

Aproveitando a segunda saída existente no canal, uma adaptação foi realizada, resultando no que pode ser visto na Figura 12, onde foram utilizados os seguintes itens:

- canos de PVC;
- válvula solenoide;
- adaptador para mangueira;
- mangueira para irrigação;
- equipos hospitalares.

Neste cenário, os canos utilizados fazem o caminho inicial da torneira até o ambiente

Figura 12 – Foto do sistema hidráulico



Fonte: Elaborado pelo autor.

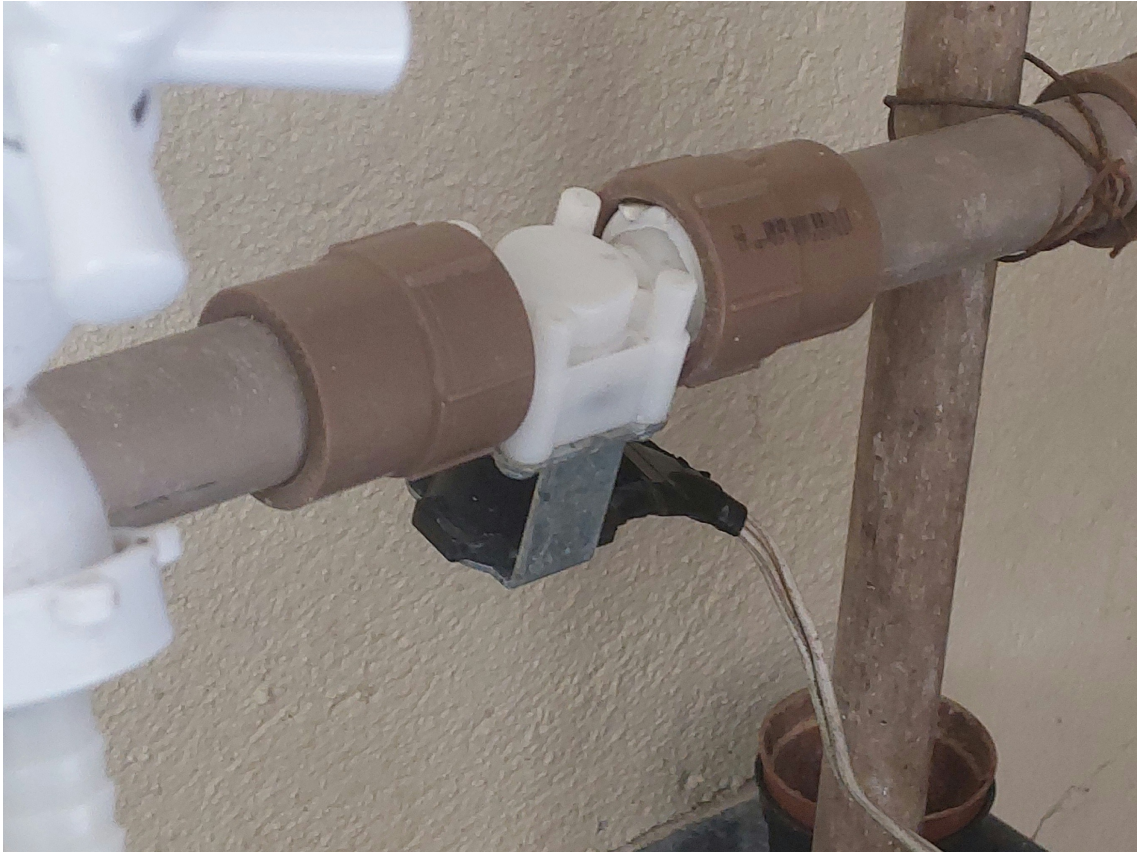
destinado. A válvula solenoide acoplada tem seu estado neutro como normalmente fechado (NF), ou seja, ela permanece fechada até ser acionada, quando permite a passagem do fluxo de água. Uma segunda conexão de canos é feita saindo da válvula para o adaptador de mangueira, conectando-se assim a mangueira de irrigação que é capaz de alcançar o ambiente preparado que é fechada com outro adaptador de mangueira e uma rosca em PVC. Por fim, os equipos chegam aos seus respectivos vasos irrigando-os por gotejamento, tendo sua vazão controlada manualmente.

5.3 Sistema Elétrico

A mesma válvula solenoide anteriormente citada e ilustrada na Figura 13, também aparece nesse subsistema por precisar de impulsos elétricos para ser acionada. A escolhida para o projeto possui capacidade de funcionamento em correntes alternadas, em uma tensão de 220V, podendo assim ser ligada diretamente em qualquer rede elétrica que tenha uma tensão compatível, o que foi feito ligando os conectores existentes na válvula a um *plug* ou, como é popularmente conhecido, um cabo de força.

Para fornecer a energia necessária, a solução escolhida foi utilizar uma tomada inteligente existente no mercado, por sua praticidade e conveniência do que é oferecido por um preço acessível. A escolha então foi o produto ilustrado na Figura 14, da marca EKAZA de

Figura 13 – Válvula Solenoide.



Fonte: Elaborado pelo autor.

10 A que possui integração com o *Google* Assistente e *Alexa*, que são serviços de assistente virtual fornecidos pelas empresas *Google* e *Amazon*, respectivamente. Ela permite a ativação e monitoramento remoto através do aplicativo disponibilizado pela fabricante nas lojas dos sistemas operacionais dos principais dispositivos móveis do mercado.

Para alcançar lugares mais distantes do ponto elétrico, também foram usados alguns extensores de tomada, popularmente conhecidas apenas como extensões, onde conectam-se cabos de energia como os que alimentam a válvula e a fonte da placa.

5.4 Sistema de Interfaces

A união dos subsistemas supracitados é capaz de coletar os dados de determinado ambiente e transportá-los até um lugar de fácil acesso, como nesse caso é a Internet. Para isso, faz-se necessário uma maneira de acessar o local onde encontram-se as informações desejadas e assim, no caso deste trabalho, utilizam-se aplicações já existentes no mercado, estejam elas atreladas a alguns dos componentes selecionados ou mesmo aquelas selecionadas que supram as necessidades encontradas, o que cria a necessidade de outro item para viabilizar esse processo.

Figura 14 – Tomada Inteligente EKAZA 10 A.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste caso, por uma questão de praticidade a escolha foi do dispositivo móvel da fabricante sul-coreana *Samsung*, sendo o modelo em questão o *Galaxy M52 5G*.

Como repetido exaustivamente durante este trabalho, as informações captadas pelo núcleo de controle é transportada via Internet para uma base de dados. A plataforma escolhida para ser essa base foi a chamada *ThingSpeak*, que possui disponibilidade para trabalhar com projetos de IoT e com um fluxo decente de mensagens, mesmo que no plano gratuito. Há ainda a possibilidade de estudo e análise mais intensa dos dados dentro da própria plataforma, porém como não é esse o foco do trabalho, apenas a apresentação dos tais é suficiente para alcançar o objetivo.

Assim, uma solução que integra esse ambiente de acesso e atuação do usuário, é outro aplicativo voltado para dispositivos móveis chamado *ThingShow*. Neste caso, o aplicativo ao ser configurado mantém uma conexão com a base de dados com a plataforma *ThingSpeak*, mas não é fornecido pela mesma proprietária, sendo desenvolvido por terceiros. Uma vez conectado, ele é capaz de apresentar todas as informações contidas na plataforma diretamente na tela de um dispositivo móvel ao ser aberto, ou até mesmo podendo rodar em segundo plano atualizando

as informações de acordo com um intervalo pré-estabelecido, tudo depende da forma que for configurado, como apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Visualização das telas presentes no aplicativo *ThingShow*.

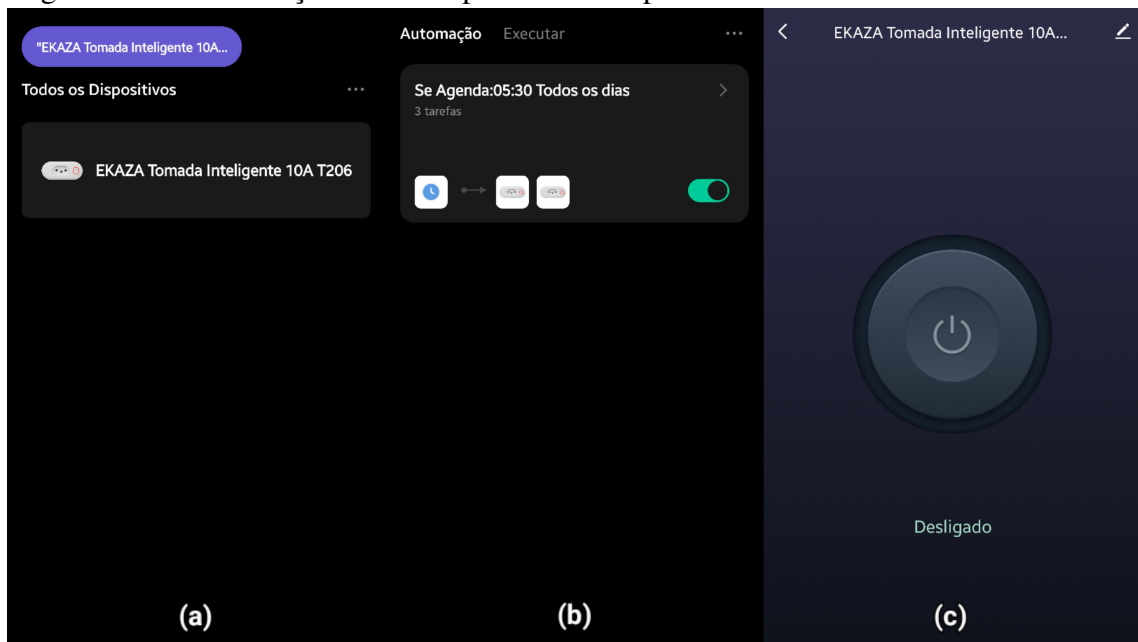


Fonte: Elaborado pelo autor.

A caráter explicativo, a Figura 16 apresenta as 3 principais telas para que seja possível entender o funcionamento da aplicação. O caso (a) representa a tela inicial da aplicação, onde ficam listados os canais previamente conectados podendo ser públicos ou privados, como é o caso do canal definido. Ao clicar no canal desejado, a visualização padrão dele é apresentada como pode ser visto no caso (b), que no caso deste trabalho consiste nos gráficos de cada sensor. Selecionando um dos painéis de visualização, a tela do caso (c) mostra de maneira detalhada as informações referentes ao campo escolhido. Vale ressaltar ainda que a aplicação tem o recurso visual de *widget*, que permite uma visualização rápida na tela inicial do próprio aparelho eletrônico sem a necessidade de abri-la.

Por fim, mas não menos importante, temos uma das aplicações que está interligada a um dos itens utilizados na composição de um dos subsistemas é a referente à tomada inteligente. Como dito na apresentação do componente, o aplicativo traz a possibilidade de ativação remota da tomada. Não apenas isso, mas também é possível definir tarefas automatizadas através dele, seja por temporizador ou mesmo por uma série de condições a serem satisfeitas. A Figura 16 mostra algumas das principais telas contidas na aplicação para a realização das funções supracitadas.

Figura 16 – Visualização das telas presentes no aplicativo EKAZA.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Novamente a fim de esclarecer a Figura 16, os elementos presentes em cada caso nas telas são detalhados a seguir. A tela do caso (a) é a inicial e traz os dispositivos configurados no aplicativo, disponíveis para ativação imediata e/ou configuração avançada do dispositivo. Já no seguinte, é apresentada uma tela com elementos que se referem a automação do componente, ou seja, neste caso, a tomada é ativada diariamente sempre que o horário correspondente é alcançado. Para finalizar, a tela do caso (c) é simplesmente a tela de ativação manual do dispositivo, que para funcionar basta apenas que tanto o dispositivo quanto o ponto de acesso remoto estejam conectados à Internet. Com a união de todos esses elementos, o experimento foi executado e é detalhado a seguir.

5.5 Experimento

Como mencionado, a ideia central é de criar e controlar um ambiente de qualquer lugar do globo em que se possa estar, contanto que haja alguma forma de conectar-se à Internet e os itens selecionados anteriormente apresentados possibilitam isso, além também de apresentar uma ideia geral de quais informações consideradas essenciais são observadas. Basicamente o sistema monitora, utilizando os componentes selecionados, a umidade dos solos presentes, a temperatura do ambiente e a luminosidade incidente no momento sobre o local.

Tais características supracitadas compõem a métrica que define quando a cultura

precisa de cuidados, ainda que algumas necessidades variem de acordo com o solo ou mesmo com o que esteja sendo cultivado, já que essencialmente os recursos que garantem uma vida saudável para plantas em geral provém da água utilizada na irrigação, a luz para a realização da fotossíntese e que a temperatura seja a ideal para cada espécie.

Ao passo em que os subsistemas introduzidos são unificados, a versão final do projeto toma forma e faz-se necessário apenas realizar as configurações dos componentes que demandam esta tarefa para performar da maneira desejada. Dentre esses, os que demandam mais atenção na tal configuração estão a placa utilizada no núcleo do sistema, que é capaz de receber as informações e traduzi-las para uma melhor compreensão; a base onde os dados são armazenados, onde as tais informações são tratadas e são melhores apresentadas visualmente; bem como os temporizadores e rotinas disponíveis na aplicação que gerencia a tomada inteligente.

A placa de desenvolvimento ESP32 que integra o que foi chamado de núcleo do sistema é a peça que mais demanda atenção em sua configuração, pois para que execute as tarefas desejadas, deve seguir alguns critérios lógicos que são informados à ela através de uma linguagem de programação. Para este fim, foi escolhida a linguagem de programação C++ que, além de ser uma das linguagens de conhecimento do responsável por desenvolver este trabalho, é uma das linguagens que possui suporte e é recomendada para a placa ao lado da linguagem Lua, bem como é bastante difundida em projetos voltados para sistemas embarcados e IoT.

Surgiu então a necessidade de um ambiente para poder trabalhar com tal linguagem e que fosse capaz de transferir os comandos definidos para a placa. Partindo disso, a solução encontrada foi utilizar a ferramenta *Visual Studio Code (VSCode)* fornecido pela *Microsoft* de forma gratuita e aliado a ela a extensão *PlatformIO IDE* que oferece suporte tanto à linguagem escolhida quanto à diversas placas microcontroladoras e afins.

Uma alternativa existente é o ambiente da *Arduino IDE* que, como o próprio nome sugere, é voltado para o desenvolvimento utilizando *Arduino*, mas também suporta outras placas. Neste caso, a opção por utilizar o *VSCode* partiu de uma afinidade já com a ferramenta utilizada em outros projetos, mas não apenas isso, como a possibilidade de visualização de informações que não eram possíveis na alternativa apresentada. Por fim, para que tudo isso fosse executado, foi utilizado um computador pessoal portátil de sistema operacional (SO) *Windows 10*, processador fabricado pela *AMD* de modelo *A10-9600P* que possui quatro núcleos, com o armazenamento dividido entre um *solid state drive (SSD)*, de *256 gigabyte(s) (GB)* e um disco rígido, comumente conhecido como *hard disk drive (HDD)*, de *1 terabyte(s) (TB)* que equivalem a *1024 GB*, além

também de um par de pentes de memória que juntos totalizam 8 GB.

O código desenvolvido realiza a coleta das informações obtidas pelos sensores que estão conectados a placa como já foi dito anteriormente e, para cada um deles, um tipo de operação específica é realizado separadamente de acordo com seu comportamento que, ainda que pareçam confusos, seguem uma lógica simples e seus valores são facilmente traduzidos para uma métrica mais coerente.

No caso dos sensores capacitivos de umidade do solo, a exposição a algum espaço de muita umidade, como por exemplo um recipiente cheio de água, e em seguida a realização do mesmo procedimento em um local teoricamente seco, se mostrou suficiente para sua calibragem. Registrando os valores máximos e mínimos obtidos nesse procedimento, bastou apenas transformá-los em um valor percentual para que, ao ser enviado para a plataforma, possa ser lido e interpretado com maior clareza, embora tais valores se apresentem de forma não trivial já que ao aumentar a umidade presente no solo, o valor lido diminui e, ao expor o sensor com uma superfície seca, o contrário se aplica. Este processo é resumidamente representado pela Figura 17 que apresenta os sensores já em contato com os solos moderadamente umedecidos.

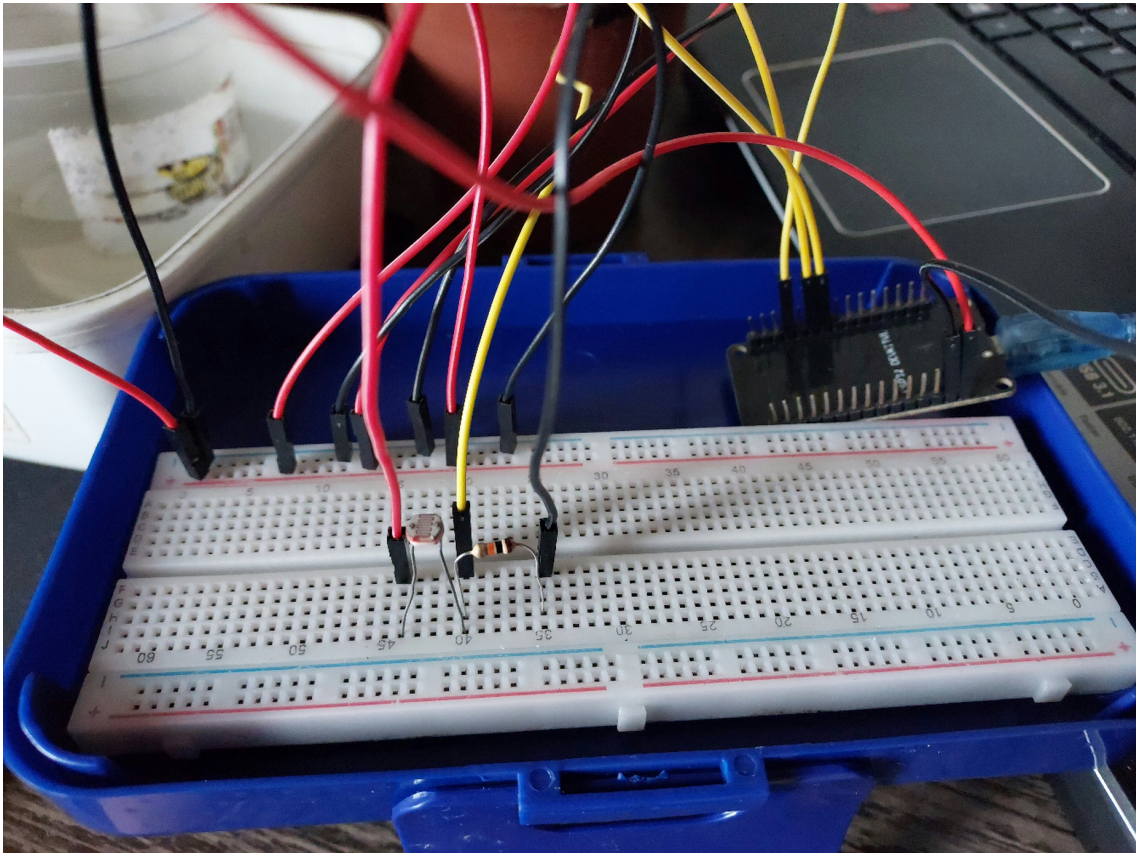
Figura 17 – Sensores em teste de umidade do solo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De forma análoga à apresentada para o sensor supracitado, o sensor de luminosidade precisou apenas de ter seus valores registrados. Para este foi ainda mais simples, uma vez que, diferente do responsável por monitorar a umidade do solo, os dados são diretamente proporcionais de acordo com a luz incidente no sensor, só restando mapeá-los utilizando regra de 3 simples entre o valor lido, que varia entre 0 e 4095 (equivalente aos 12 *bits* de resolução da placa), e o máximo percentual. Novamente, a Figura 18 apresenta a montagem da bancada desenvolvida para realizar os testes necessários.

Figura 18 – Montagem do esquema para teste do sensor de luminosidade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essas informações são verificadas em um curto intervalo de tempo pré-estabelecido e são enviadas para a base que armazena os dados, para que depois possam ser visualizados de qualquer dispositivo com conexão à Internet. O motivo de existir tal intervalo de tempo é por conta de uma limitação da plataforma que fornece o serviço da base de dados, o *ThingSpeak*, que permite uma taxa de atualização dos dados numa frequência de apenas 15 segundos no plano gratuito, que foi utilizado no projeto, mas que se mostra mais que o suficiente para uma aplicação de menor porte como a aqui trabalhada.

Como fora introduzido, o serviço escolhido para fornecer um local de armazenamento

dos dados coletados foi o *ThingSpeak* por ser voltado para projetos IoT e possuir diversas características interessantes, mesmo que limitadas na modalidade gratuita do serviço. Sabendo disso, alguns ajustes tanto no código já mencionado que a placa carrega como na própria plataforma precisaram ser realizados para que o sistema operasse conforme o esperado.

Seguindo a estrutura que o código desenvolvido apresenta, o primeiro passo para alcançar a base de dados da plataforma é conectar-se à Internet e, em função de uma limitação da própria placa de não possuir a capacidade de realizar a conexão através de meio físico como cabo, tal conexão é feita em uma rede sem fio presente.

Durante as fases de configuração do projeto, foi constatado que para a placa conseguir conectar-se à alguma rede sem fio é necessário que a mesma rede alvo esteja visível para ser descoberta. Além dessa limitação, outro problema identificado foi o fato dos pinos analógicos da placa do canal 2 ficarem inutilizados quando o *Wi-Fi* dela está em uso, reduzindo assim o número de pinos disponíveis para uso de 15 para apenas 6.

Uma vez conectada à rede desejada, a leitura dos sensores é realizada e encapsulada em um pacote que é enviado utilizando o protocolo HTTP para a plataforma *ThingSpeak*. Esse processo de encapsulamento é facilitado pela biblioteca da própria plataforma, também disponibilizada por ela, o que encurta os passos necessários do envio de dados.

Para que o envio do pacote previamente realizado seja bem-sucedido, a base precisa estar configurada para recebê-lo com os mesmos campos definidos no código e algumas credenciais são necessárias. A configuração do chamado canal que armazena os dados demanda que os mesmos campos que foram definidos em código estejam presentes e, além disso, as chaves credenciais são fornecidas durante o mesmo processo, sendo uma para a escrita de dados, essencial para que a placa consiga transferir os dados para o serviço, e outra apenas para a leitura.

Relacionado à chave de leitura fornecida, ela é utilizada para que possamos ler as informações armazenadas mesmo fora da plataforma. Para isso, foi escolhido uma aplicação de dispositivo móvel chamada *ThingShow* que, como dito anteriormente em sua apresentação, não é de responsabilidade da plataforma oficialmente e sim desenvolvida e sustentada por um grupo de pessoas alheias à empresa.

Como esperado, esta aplicação também precisa de configurações simples e, já que é voltada para a apresentação de dados existentes na plataforma, é necessário informar a chave de leitura e o servidor da plataforma que trata-se do próprio domínio do *site*. Conectando-se ao canal, é possível definir algumas formas de visualizar os dados através de *widgets* para o monitor,

sendo escolhidos os que remetem à um medidor e um indicador de lâmpada para os sensores de umidade do solo e de luz, respectivamente. Além disso, para cada um deles são definidas algumas especificações relativas ao período de atualização das informações apresentadas, como também outras de visualização como tamanho de fonte, nomes dos campos. Tudo isso pode ser acessado ao iniciar a aplicação no *smartphone* mas, por praticidade, foi utilizado o monitor na tela inicial do próprio dispositivo.

Para alimentar tudo o que foi montado, o sistema elétrico apresentado previamente também traz algumas particularidades. Com a tomada inteligente, o primeiro passo necessário foi conectá-la à rede através da aplicação que a própria fabricante disponibiliza para ter acesso as demais funções que fazem dela uma solução interessante para a aplicação.

Após a configuração, a aplicação possibilita como função básica a ativação e desativação da tomada remotamente, bastando apenas que a tomada esteja conectada à rede previamente configurada e o dispositivo que porta a aplicação também esteja. Além disso, é possível ainda definir contagem regressiva de minutos ou horas para o mudança de estado dela e, o mais interessante, agendar tarefas a serem realizadas em determinados horários de acordo com as preferências do ambiente.

Por fim, é necessário apenas que se conecte a válvula ao ponto de energia administrado pela tomada inteligente e que os equipos estejam posicionados nos solos que a irrigação acontece, resultando no que é apresentado pela Figura 19. Devido à algumas limitações físicas do espaço escolhido para o experimento, para que tudo isso fosse viável foram utilizados alguns extensores de tomada para que houvesse fornecimento de energia no local e, conseqüentemente, da água necessária.

Através da ferramenta de agendamento da tomada, foi definida então uma rega logo no início do dia às 5 horas da manhã já que as condições para que a cultura desse frutos demandam uma umidade constante e, caso necessário, uma segunda rega ao fim do dia, exatas 12 horas após a inicial, às 17 horas, era acionada através da função de ativação da corrente da tomada. Partindo desse cenário, foram inferidas as afirmações que são apresentadas no capítulo a seguir.

Figura 19 – Protótipo final do ambiente monitorado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

6 RESULTADOS E ANÁLISES

Ao atingir o modelo final do sistema, as primeiras constatações a respeito do seu desempenho puderam ser feitas. Em suma, o monitoramento realizado mostrou-se satisfatório, mesmo com a limitação da taxa de envio dos dados apenas a cada 15 segundos para a plataforma. Considera-se que o volume de dados transferidos neste intervalo é suficiente e gera uma base de dados maciça para ser analisada e possibilita ainda um possível estudo mais aprofundado acerca deles.

6.1 Resultados

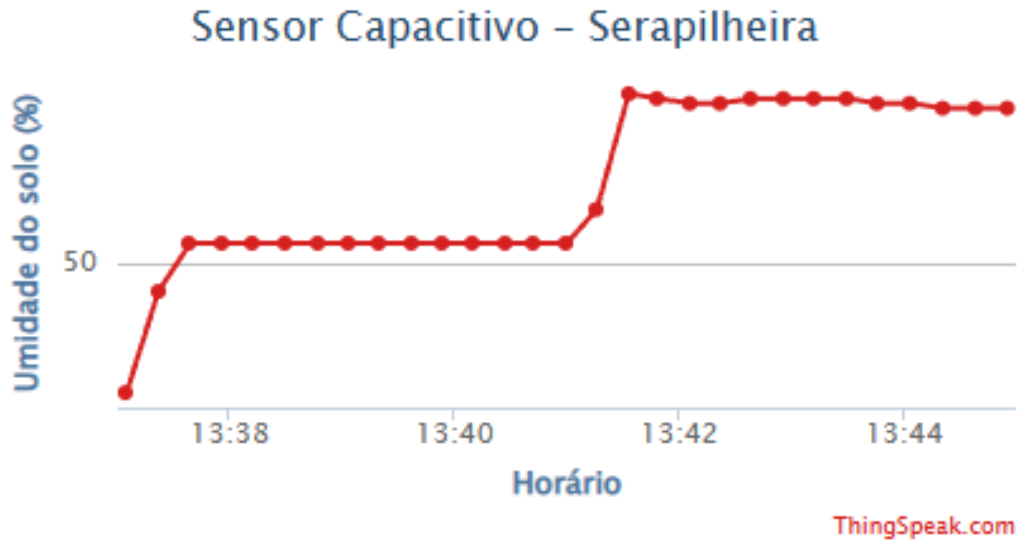
Os dados, como explicado no capítulo anterior, são armazenados no servidor da plataforma e podem ser visualizados de forma prática com a aplicação escolhida direto de um dispositivo móvel, mas apenas o fato de armazenar tais informações não é a única funcionalidade dela. De forma robusta, a plataforma possibilita uma análise apurada através de integração com o *MATLAB*. Uma plataforma de alta performance voltada para programação e cálculos numéricos, capaz de gerar gráficos e extrair informações relevantes a partir da base escolhida.

Não apenas isso, mas, a depender da configuração da aplicação desenvolvida, o *ThingSpeak* também é capaz de atuar sobre tais informações acionando dispositivos em um intervalo pré-estabelecido ou dependendo de uma série de fatores, podendo enfileirar os comandos e gerando saídas até mais “amigáveis” como através de publicações em redes sociais. Tal funcionalidade, por sua vez, não foi aproveitada pois a ideia central do projeto desenvolvido é manter-se funcional e simples, com foco na análise dos fatores que influenciam o ambiente, onde apenas o desenho dos gráficos da plataforma se mostraram suficientes.

As Figuras 20 e 21 mostram o comportamento apresentado durante os testes dos sensores na bancada. Todos os gráficos seguem um padrão em seus eixos, onde o eixo horizontal determina o horário que a informação foi recebida e o vertical o valor percentual registrado, variando entre 0 e 100. Desta forma, quando os sensores são expostos ao ar ou a ambientes secos, como os solos selecionados antes de serem irrigados, os valores mais próximos a 0 são registrados, enquanto a medida em que há contato com ambientes úmidos, sendo o próprio solo ou um recipiente com água como foi utilizado para atingir registrar a máxima, os valores proporcionalmente acompanham esse aumento como ilustrado.

No caso do comportamento do gráfico ilustrado na Figura 20 referente ao solo

Figura 20 – Gráfico de umidade do solo serapilheira



Fonte: Elaborado pelo autor.

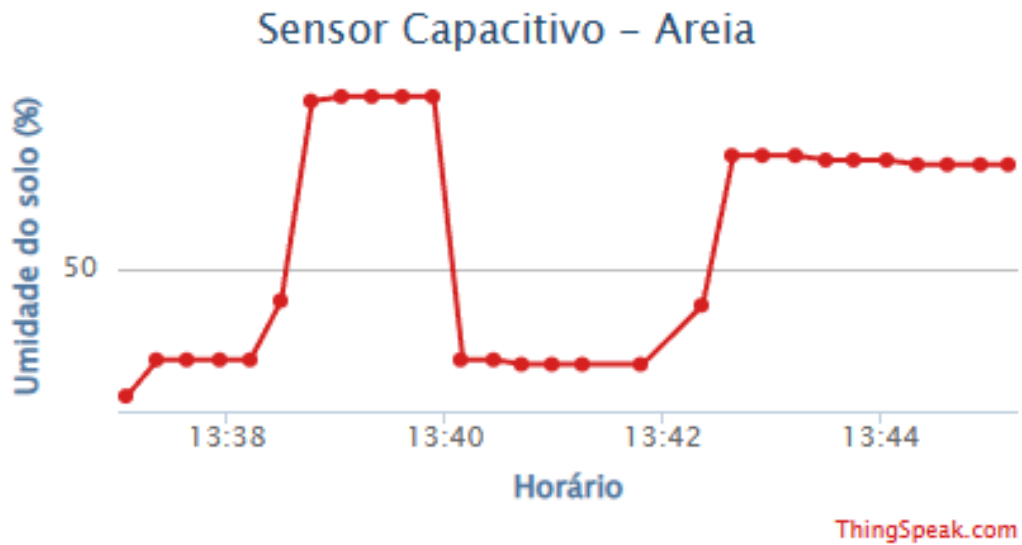
serapilheira, os pontos que apresentam um crescimento são resultados de momentos em que o solo foi irrigado, como é o caso do primeiro momento antes da marca do horário de 13:38, continuando até sua saturação, próximo ao marcado às 13:42. O gráfico da Figura 21 do solo areia, também segue o princípio destacado. Sua particularidade, tal qual pode ser vista, é que tal solo foi saturado com água já inicialmente, logo após a marcação das 13:38, em seguida teve seu sensor retirado às 13:40, resultando num registro de estado seco e, por fim, foi devolvido ao solo já com relativamente menos umidade a partir das 13:42.

O gráfico apresentado na Figura 22 tem o mesmo padrão apresentado pelos demais. Comportando-se de forma similar aos demais sensores, quando não há uma fonte de luz sobre o resistor ele registra valores próximos ao seu limiar. Em contrapartida, ao detectar que há iluminação no ambiente, seus registros aumentam como pode ser visto na variação do gráfico.

Desta maneira, os gráficos apresentados representam os resultados obtidos de acordo com seu respectivo sensor, identificado pelo título. Todos eles seguem a relação horário \times percentual, ou seja, no eixo horizontal é registrado o horário em que a informação do ambiente foi atualizada, enquanto o eixo vertical varia em função do percentual, de umidade do solo monitorado ou da luz incidente no momento. Os gráficos das Figuras 20, 21 e 22 são atualizados em tempo real a cada entrada que é armazenada na plataforma e, nos casos ilustrados, representam apenas um curto período de tempo em que os fatores variaram.

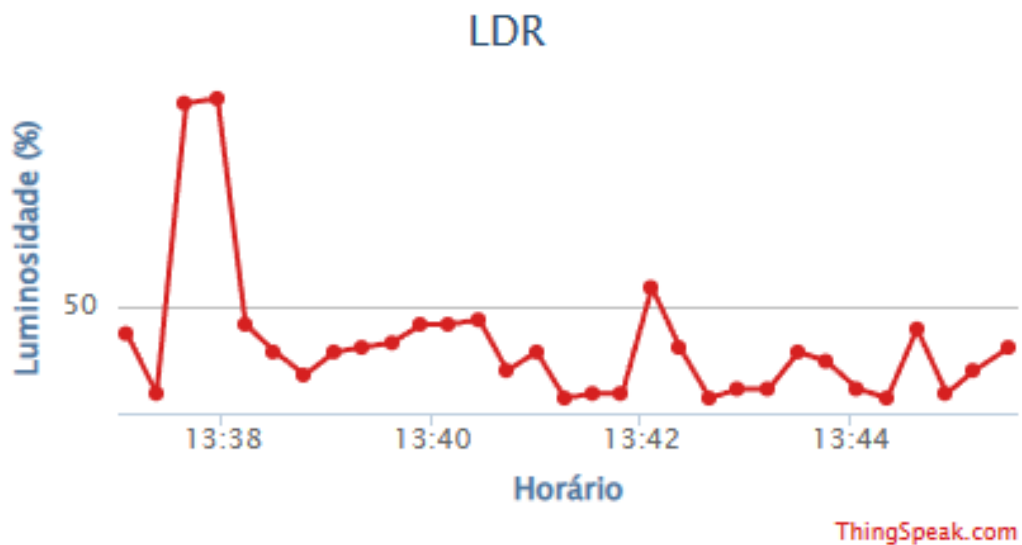
Para analisar o período completo que o projeto permaneceu executando, foi gerado

Figura 21 – Gráfico de umidade do solo areia



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 – Gráfico de luminosidade incidente



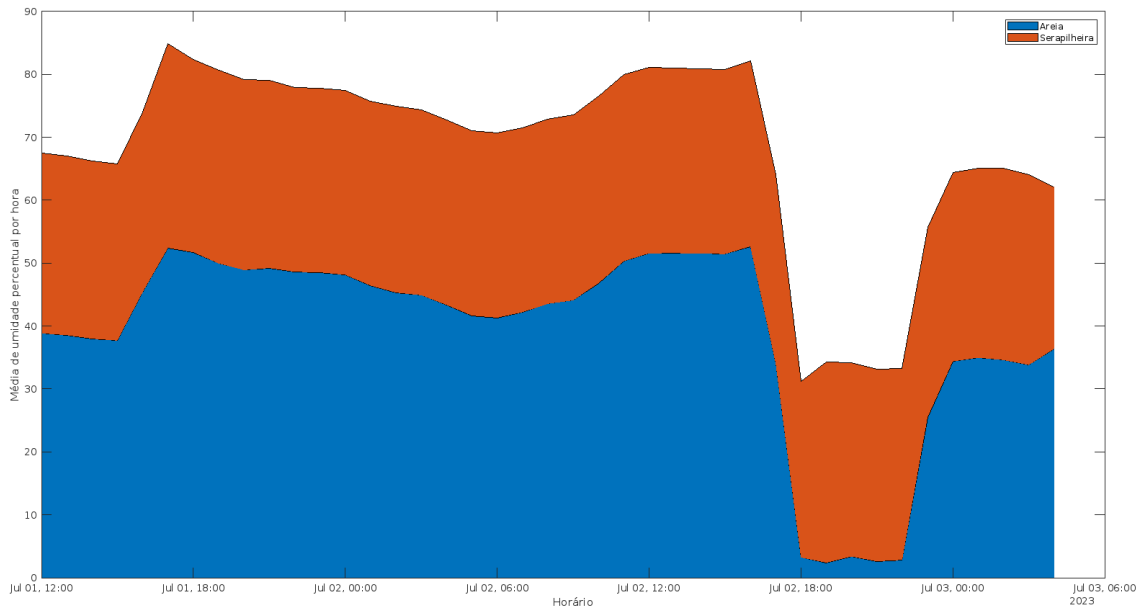
Fonte: Elaborado pelo autor.

um gráfico que analisa todos os dados armazenados na plataforma. Utilizando a própria ferramenta de visualização integrada a plataforma do *MATLAB* já mencionada, é possível realizar essa análise de forma mais geral. Tal procedimento está disposto na próxima seção e é ilustrado nas imagens a seguir, que compreendem aos dados obtidos durante os 3 dias de conexão do sistema à plataforma.

6.2 Análise dos resultados

Na Figura 23 é mostrado o gráfico referente aos dados obtidos sobre a umidade de cada tipo de solo observado durante o período de execução. O segmento de cor azul é referente aos registros do recipiente que armazena areia e o laranja corresponde ao composto orgânico serapilheira. Além disso, a relação entre horário e a umidade percentual apresentada em gráficos anteriores é mantida, agora mostrando um panorama geral com base na média a cada hora das informações obtidas durante a observação. Observando a imagem, podemos extrair algumas informações a respeito da funcionalidade do experimento e o quão eficaz ele se mostrou para o propósito.

Figura 23 – Umidade média percentual por hora em cada solo ao longo dos dias observados



Fonte: Elaborado pelo autor.

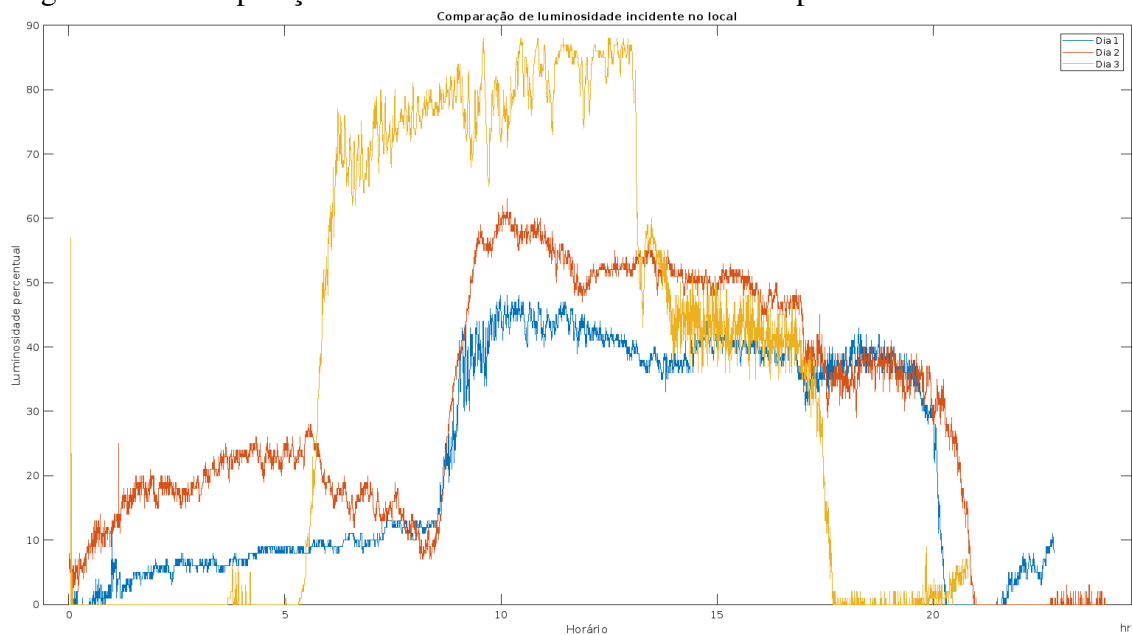
Inicialmente é perceptível que ambos os solos possuem características distintas, apresentando uma diferença significativa em relação a umidade retida ao longo do tempo. A serapilheira mostrou ser um tipo capaz de manter-se úmido por mais tempo, muito por ser composto de vários outros elementos orgânicos, o que é interessante para diversos tipos de culturas que possam ser cultivadas. Em comparação, a areia demonstrou ser o oposto, atingindo um estado seco com mais facilidade, o que demandaria uma frequência de irrigação maior, podendo não ser tão interessante no uso para a prática do cultivo de determinadas culturas.

Ainda analisando o gráfico de comparação dos níveis de umidade em cada solo, é possível identificar que alguns valores não condizem com o comportamento esperado, apresen-

tando quedas bruscas seguidas de picos elevados. Isto se dá por um dos problemas identificados, que trata do mau contato entre os fios que conectam os sensores às placas microcontroladora e de desenvolvimento, que apresentavam valores irrealistas quando, por acaso, acabavam ficando em contato próximo, ou mesmo quando os conectores demonstravam um mínimo espaçamento entre suas junções. Isso mostrou que idealmente soldá-los e isolá-los seria a melhor alternativa, quando se pensa em um produto mínimo viável.

Seguindo para a outra métrica analisada no ambiente, a Figura 24 apresenta os resultados obtidos através do sensor de luminosidade presente no projeto. Aqui temos o eixo horizontal seguindo o horário durante o dia das atualizações registradas e o eixo vertical representando os valores percentuais. Na imagem estão registrados os valores para o mesmo período de 3 dias de execução do projeto.

Figura 24 – Comparação de luminosidade incidente no local por dia observado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por tratar do ambiente como um todo, o gráfico pode ser compreendido de maneira mais simples já que não possui especificidades a serem levadas em consideração. Como pode ser visto na legenda, cada linha com sua respectiva cor representa um dos dias observados e, por se tratar de um sensor que é bastante sensível, pode-se identificar de forma clara as variações ocorridas em cada um dos dias.

No local escolhido para a implantação do projeto, a luz não incide de maneira constante durante um período do dia mesmo que, de acordo com o horário, seja comum haver

uma luminosidade em ambientes abertos. O local em que o sistema esteve implantado, por sua vez, em vários momentos ficava encoberto por sombra de outras vegetações vizinhas, o que se mostrou interessante pois não permitia haver uma superexposição à luz e mantinha o ambiente em um clima ideal.

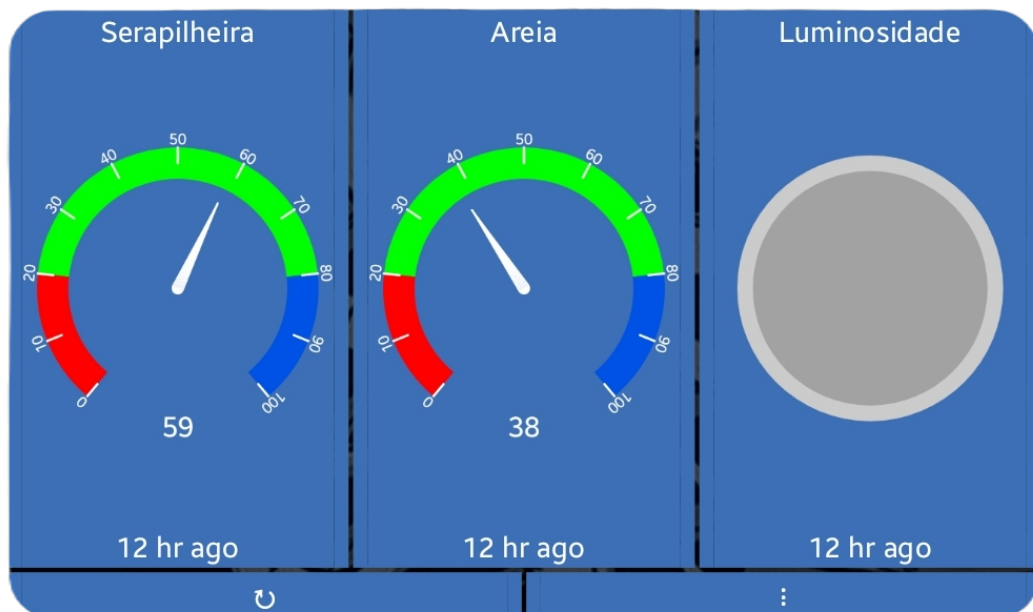
Durante o primeiro dia, que é representado no gráfico pela linha azul, a partir do momento em que o ambiente passou a receber iluminação é perceptível a crescente dos registros. Porém, ao ser comparado aos demais dias também é possível identificar que houve uma menor incidência de luz, o que se justifica pelo fato de ter sido um dia nublado na cidade do local selecionado. Nos dias seguintes, com um clima mais ensolarado, houve um maior nível de luminosidade sobre o ambiente, sendo o terceiro dia o mais ensolarado do período registrado, ainda que o dia 2 tenha registrados valores semelhante a partir de determinados momentos do dia.

Por fim, em termos de usabilidade e funcionalidade do sistema, é necessário apontar uma série de fatores. O primeiro ponto a ser ressaltado é o que foi supracitado, referente ao constante problema de maus contatos entre os conectores dos sensores com as placas, fazendo necessário a checagem constante sobre a integridade deles.

Outra ressalva a ser feita é a respeito da capacidade de recuperação do sistema. Em casos de queda de rede ou mesmo de energia, a placa do núcleo do sistema se mostrou capaz de voltar a conectar-se à plataforma. Porém esporadicamente ela ficava incapaz de reconectar-se à rede entre seus intervalos de leitura e atualização, como pode ser visto na Figura 25 onde é identificada o último momento de atualização da plataforma, neste caso de 12 horas atrás, aumentando a necessidade de manter-se atento às informações da plataforma para identificar estes casos.

Apesar desses problemas encontrados, é possível afirmar que foi construído um sistema consistente e que apresenta dados confiáveis, embora ainda demande certa atenção. Como todo sistema, há ainda espaço para melhorias que certamente podem levar este projeto a outro nível de aplicação, demandando menos interação humana em termos físicos e provendo apenas as ações de atuação e monitoramento remotos. Tais sugestões são encontradas no capítulo a seguir, onde são reafirmados os pontos positivos, negativos e futuros deste trabalho.

Figura 25 – Exemplo do erro de reconexão



Fonte: Elaborado pelo autor.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Para finalizar o trabalho, este Capítulo apresenta os principais pontos observados durante seu desenvolvimento e execução, de maneira positiva e negativa. Um resumo acerca dos resultados obtidos e uma comparação com o que era esperado do sistema no momento de sua concepção também é relatado. Ciente do que é visto como objetivo alcançado e pontos passíveis de melhoria, algumas ideias de possíveis trabalhos futuros são definidas e listadas ao final deste capítulo.

7.1 Considerações Finais

Desde a concepção da problemática a ser trabalhada até o protótipo final alcançado, houve diretrizes que pautaram todo o desenvolvimento do projeto. Pode-se citar dentre elas o monitoramento dos fatores que determinam a saúde das plantas, resumindo-se neste caso a umidade do solo e a luminosidade recebida, como também o envio destes dados a uma taxa frequente para o local de armazenamento desejado, ambas ocorrendo de forma satisfatória. Além disso o gerenciamento dos recursos essenciais como, de modo mais específico, a água utilizada nos momentos de irrigação foi empregada de maneira metódica o que se mostrou suficiente.

Ainda que não haja uma métrica de análise e comparação voltada especificamente para o último ponto citado, é possível afirmar que este foi um dos objetivos alcançados, já que o processo acontece de forma concentrada, contida e orientada diminuindo a possibilidade de desperdícios acontecerem. Mesmo com o objetivo alcançado, há ainda que se ressaltar o fato de que a irrigação de cada recipiente não acontece de forma independente e, para casos como o apresentado em que há distinção de características e necessidades entre eles, é ideal que cada recipiente possa ser irrigado de acordo com sua demanda.

Em relação ao monitoramento realizado utilizando os sensores escolhidos, com a devida configuração realizada conhecendo as características comportamentais de cada um deles e do ambiente a ser monitorado, todos exerceram sua função de forma funcional como o esperado. Particularmente o sensor de luminosidade apresentou um comportamento bastante sensível quanto à luz em determinados momentos do dia, registrando até mesmo variações de pequenas sombras quando atingiam o sensor. A placa microcontroladora operou de maneira satisfatória, apresentando problemas apenas de maneira esporádica na etapa de conexão com a rede sem fio, demonstrando a necessidade de uma atenção além da idealizada para garantir o

pleno funcionamento do sistema.

Os sensores de umidade do solo, por sua vez, também operaram de maneira desejada ainda que houvessem ressalvas a ser feitas. Durante o período de monitoramento, os valores registrados foram fiéis aos que se esperavam considerando o que era observado do estado seco e encharcado dos solos, porém apresentaram determinadas inconsistências em alguns momentos. Aconteceu que os cabos utilizados para conexão dos sensores com a placa microcontroladora e a placa de desenvolvimento apresentaram mau contato algumas vezes, o que alterava os valores registrados de maneira brusca e só eram identificados durante a própria execução do projeto, na etapa de leitura dos dados através dos gráficos ou mesmo da interface da aplicação escolhida.

Na outra ponta do sistema, todos os serviços e aplicações selecionadas funcionaram de forma ideal. A plataforma que armazenou e analisou os dados, ainda que com as limitações de uma conta gratuita, não apresentou deficiências e operou muito bem desenhando os gráficos em tempo real e possibilitando a análise profunda em suas opções de visualização detalhada. A outra aplicação, que apresentava os dados da plataforma diretamente no dispositivo móvel, também desempenhou seu papel de maneira ideal, onde após configurada corretamente, atualizava e mostrava os dados em um intervalo eficaz e até notificava em casos de atingir condições pré-estabelecidas. Por fim, o programa que acompanha a tomada inteligente também mostrou um ótimo desempenho já que, além de permitir seu acionamento de forma remota, possibilitou a definição de rotinas para horários e dias específicos, o que se mostrou interessante além de também notificar quando isso ocorria.

Comparando então o trabalho desenvolvido com os que já existem e até mesmo foram citados aqui, é perceptível que este estudo traz algumas novidades. Dentre elas, podemos apontar o uso de uma placa microcontroladora idealizada para propósitos como este, o que facilita o desenvolvimento de sistemas que monitoram e trafegam seus dados via Internet. Outro ponto relevante é o fato de que não houve necessidade de trabalhar em soluções próprias para a apresentação dos dados obtidos, fosse por aplicações ou por páginas da própria Internet, nem para criar um ambiente específico para a implantação do sistema, já que apenas as modificações por extensões e substituições de peças se mostraram suficientes.

Desta forma, o resultado obtido através do estudo realizado se mostrou satisfatório e viável mesmo para pessoas com pouco conhecimento a respeito da tecnologia utilizada, ainda que, como dito anteriormente, existam pontos de melhoria no projeto e que podem se tratar de possíveis trabalhos futuros como é apresentado adiante.

7.2 Trabalhos Futuros

No intuito de finalizar o trabalho realizado, estão listados aqui escopos de possíveis trabalhos a serem desenvolvidos no futuro com relação a aspectos identificados durante o desenvolvimento deste. Tanto os pontos problemáticos identificados quanto algumas características que podem ser incrementadas ao sistema aparecem como possíveis trabalhos.

Um trabalho que pode ser realizado levando em consideração quase tudo que foi aqui desenvolvido é a melhoria da infraestrutura referente a irrigação. Como mencionado anteriormente, a irrigação deste trabalho atua de forma única, não levando em consideração as especificidades e mesmo necessidades de cada solo ou cultura. O ideal é que para cada um dos ambientes monitorados a irrigação seja feita de forma independente, sendo acionada quando qualquer um deles apresentasse alguma necessidade, o que proporcionaria um estudo acerca disso e do impacto que isto causaria na gerência dos recursos.

Outro trabalho futuro possível trata-se de armazenar a energia utilizada para manter o sistema funcionando de alguma maneira, como por exemplo através de uma bateria. Enquanto no modelo aqui desenvolvido há a necessidade de manter-se conectado diretamente à correntes existentes no local, é interessante que posteriormente o sistema seja melhorado para que essa carência seja sanada ou amenizada. Neste contexto, a necessidade de conectar-se ao sistema elétrico do local continuaria existindo, porém isso se tornaria apenas uma tarefa rotineira já que o sistema desenvolvido não demanda uma grande quantidade de energia, o que acredita ser capaz de operar durante um longo período sem tal demanda.

Ainda no contexto de economizar e até mesmo reaproveitar energia, outra alternativa para diminuir o consumo da energia corrente do local seria adicionar uma fonte de energia renovável. Uma ideia viável, que quase chegou a ser utilizada neste projeto mesmo, é de aproveitar a energia solar para alimentar o sistema e, no caso de execução da ideia anterior, fornecer ainda a energia necessária para alimentar a bateria.

Em relação aos dados obtidos pelo sistema, um incremento relevante referente ao trabalho seria uma melhor análise sobre tais informações. Como dito, a plataforma que armazena as informações enviadas possibilita a análise das tais de forma mais detalhada. Logo, ao observar o comportamento do sistema por um período mais longo, seria possível estudar estas informações de forma que fosse possível até mesmo prever um comportamento dadas determinadas circunstâncias. Além disso, a possibilidade de inserir novos sensores para obter ainda mais informações como temperatura e qualidade do ar, pressão barométrica, dentre outras,

é um ótimo incremento tanto para o sistema quanto para este caso analítico.

Considerando os dados anteriormente em questão, é possível estudar uma abordagem no setor de automação do sistema focada no uso de inteligência artificial para a tomada de decisões. Baseando-se nas análises feitas a partir de um ambiente observado a longo prazo, tal qual o caso anterior, as decisões que cabem a uma pessoa tomar, neste cenário, podem ser tomadas por algum serviço de inteligência artificial de baixa complexidade como um assistente virtual, por exemplo. Assim, a ação humana não se faz necessária com tanta frequência, sendo focada apenas no cultivo e em eventuais reparos.

Dados estes escopos, é plausível afirmar que o sistema esboçado por este trabalho apresentaria mais robustez e, conseqüentemente, se tornaria mais interessante para os grupos dos chamados usuários finais. Percebe-se então que há um longo caminho a ser trilhado para atingir objetivos específicos, porém o propósito geral do que foi aqui apresentado é alcançado de maneira satisfatória, cumprindo com o que fora proposto previamente.

REFERÊNCIAS

- AL-KARADSHEH, E.; SOURELL, H.; KRAUSE, R. Precision irrigation: New strategy irrigation water management. In: **Proceedingd of the Conference on International Agricultural Research for Development, Deutscher Tropentag, Wiltzenhausen, Germany**. [S. l.: s. n.], 2002. p. 9–11.
- AL-OMARY, A.; ALSABBAGH, H. M.; AL-RIZZO, H. **Cloud based IoT for smart garden watering system using Arduino Uno**. IET, 2018.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: A survey. **Computer networks**, Elsevier, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010.
- BORGIA, E. The internet of things vision: Key features, applications and open issues. **Computer Communications**, Elsevier, v. 54, p. 1–31, 2014.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso xix do art. 21 da constituição federal, e altera o art. 1º da lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, p. 470–470, 1997.
- CAMP, C. R.; SADLER, E. J.; EVANS, R. G. Precision water management: current realities, possibilities, and trends. **Handbook of Precision Agriculture**, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, p. 153–183, 2006.
- DOMENE, E.; SAURÍ, D.; PARÉS, M. Urbanization and sustainable resource use: the case of garden watering in the metropolitan region of barcelona. **Urban Geography**, Taylor & Francis, v. 26, n. 6, p. 520–535, 2005.
- DUFT, D. **Você sabe a diferença entre Smart Farming e IoT?** Inteliagro, 2018. Disponível em: <http://inteliagro.com.br/voce-sabe-diferenca-entre-smart-farming-e-iot/>. Acesso em: 19 set. 2022.
- FRAISSE, C.; FAORO, L. Agricultura de precisão: a tecnologia de gis/gps chega às fazendas. **Revista Fator GIS**, v. 21, p. 28–33, 1998.
- GUBBI, J.; BUYYA, R.; MARUSIC, S.; PALANISWAMI, M. Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions. **Future generation computer systems**, Elsevier, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, 2013.
- KING, B. A.; STARK, J.; WALL, R. W. Comparison of site-specific and conventional uniform irrigation management for potatoes. **Applied Engineering in Agriculture**, American Society of Agricultural and Biological Engineers, v. 22, n. 5, p. 677–688, 2006.
- LIMA, E. P. d. C. **Água e indústria: experiências e desafios**. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC)/Infinita Imagem, Brasília, p. 57–60, 2018.
- MANZATTO, C.; BHERING, S.; SIMÕES, M. Agricultura de precisão: propostas e ações da embrapa solos. **Embrapa Solos**, 1999.
- MARINO, D. R. D. M.; VASCONCELOS, D. R.; MORAES, S. G. Jardim inteligente iot-jiiot smart garden iot-smgiot. **Revista Tecnologia**, v. 38, n. 1, p. 39–54, 2017.

NETO, M. d. O. R.; TEIXEIRA, A. dos S.; SANTOS, C. C.; CRUZ, T. M. L.; NETO, O. C.; FILHO, J. L. N. N. Automação e manejo da irrigação com diferentes frequências na cultura da melancia. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 4, 2016.

NUNES, J. L. d. S. **Agricultura de precisão**. Porto Alegre: Portal Agrolink, 2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/agricultura-de-precisao_361504.html. Acesso em: 02 jul. 2022.

PENA, R. F. A. **Estresse hídrico**. Goiânia: Brasil Escola, 2023. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/estresse-hidrico.htm>. Acesso em: 02 set. 2022.

PENZENSTADLER, B.; PLOJO, J.; SANCHEZ, M.; MARIN, R.; TRAN, L.; KHAKUREL, J. The diy resilient smart garden kit. In: **Proceedings of the Workshop on Computing within Limits (LIMITS)**, Calgary, AB, Canada. [S. l.: s. n.], 2018. p. 6–7.

PIVOTO, D. **Smart Farming: concepts, applications, adoption and diffusion in southern brazil**. 2018. 216 f. Tese (Doutorado) – Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Agronegócios do Centro de ... , 2018.

RAINE, S.; MEYER, W.; RASSAM, D.; HUTSON, J. L.; COOK, F. Soil–water and solute movement under precision irrigation: knowledge gaps for managing sustainable root zones. **Irrigation Science**, Springer, v. 26, n. 1, p. 91–100, 2007.

ROZA, D. Novidade no campo: Geotecnologias renovam a agricultura. **Revista InfoGEO**, v. 11, 2000.

SADLI, M. D. D. bin *et al.* An iot-based smart garden with weather station system. In: IEEE. **2019 IEEE 9th Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)**. [S. l.], 2019. p. 38–43.

SCIFORCE. **Smart Farming, or the Future of Agriculture**. São Francisco: Medium, 2019. Disponível em: <https://medium.com/sciforce/smart-farming-or-the-future-of-agriculture-359f0089df69>. Acesso em: 25 out. 2022.

SHARMA, P. G. **Smart gardening: What is a smart garden / how to make a smart garden?** Gurgaon: Housing News, 2021. Disponível em: <https://housing.com/news/smart-gardening/>. Acesso em: 29 fev. 2023.

SHETH, M.; RUPANI, P. Smart gardening automation using iot with blynk app. In: IEEE. **2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)**. [S. l.], 2019. p. 266–270.

SINGH, D.; TRIPATHI, G.; JARA, A. J. A survey of internet-of-things: Future vision, architecture, challenges and services. In: IEEE. **2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)**. [S. l.], 2014. p. 287–292.

SMITH, R.; BAILLIE, J. Defining precision irrigation: A new approach to irrigation management. In: IRRIGATION AUSTRALIA LTD. **Irrigation Australia 2009: Irrigation Australia Irrigation and Drainage Conference: Proceedings**. [S. l.], 2009. p. 1–6.

THAMARAIMANALAN, T.; VIVEKK, S.; SATHEESHKUMAR, G.; SARAVANAN, P. Smart garden monitoring system using iot. **Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST)**, v. 2, n. 2, p. 186–192, 2018.

THINGSPEAK. **Learn More About ThingSpeak**. Natick: ThingSpeak, 2023. Disponível em: https://thingspeak.com/pages/learn_more. Acesso em: 28 jul. 2023.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 32, n. 1, 2002.

VASCONCELOS, H.; FERREIRA, M.; TEIXEIRA, A.; SANTOS, C.; SOUZA, F.; CANAFÍSTULA, F. **Controle da irrigação via PLC com acionamento remoto de válvulas latch por rádio frequência**. INOVAGRI, Fortaleza, 2012.

WALBERT, A. **Agricultura é quem mais gasta água no Brasil e no mundo**. Brasília: EBC, 2013. Disponível em: <https://memoria.ebc.com.br/noticias/internacional/2013/03/agricultura-e-quem-mais-gasta-agua-no-brasil-e-no-mundo>. Acesso em: 01 jul. 2022.

WILLIAMS, M.; TODAY, U. **What percent of Earth is water?** Douglas: Phys.org, 2014. Disponível em: <https://phys.org/news/2014-12-percent-earth.html>. Acesso em: 18 ago. 2023.

WOLKEN, R. **Gardening 101: Understanding what smart gardening is**. Portland: HappySprout, 2021. Disponível em: <https://www.happysprout.com/inspiration/what-is-smart-gardening/>. Acesso em: 03 mai. 2023.