



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS  
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE  
E AUTOMAÇÃO - CECAU**



**YURI AFONSO RODRIGUES COLARES**

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO ACIONADO POR COMANDO DE VOZ**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E  
AUTOMAÇÃO**

**Ouro Preto, 2022**

**YURI AFONSO RODRIGUES COLARES**

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO ACIONADO POR COMANDO DE VOZ**

**Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.**

Orientador: Prof. Adrielle de Carvalho Santana, Dr.Sc.

**Ouro Preto**  
**Escola de Minas – UFOP**  
**2022**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C683s Colares, Yuri Afonso Rodrigues.  
Sistema de irrigação acionado por comando de voz. [manuscrito] /  
Yuri Afonso Rodrigues Colares. - 2022.  
31 f.: il.: color..

Orientadora: Profa. Dra. Adrielle de Carvalho Santana.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola  
de Minas. Graduação em Engenharia de Controle e Automação .

1. Automação. 2. Automação residencial. 3. Agentes inteligentes  
(Software) - Alexa. I. Santana, Adrielle de Carvalho. II. Universidade  
Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 681.5

Bibliotecário(a) Responsável: SONIA MARCELINO - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CONTROLE E  
AUTOMACAO



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Yuri Afonso Rodrigues Colares**

### Sistema de Irrigação Acionado por Comando de Voz

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação

Aprovada em 23 de Setembro de 2022

#### Membros da banca

- Profa. Dra. Adrielle de Carvalho Santana – Orientadora (Departamento de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto)
- Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri – Convidada (Departamento de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto)
- Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro - Convidado (Departamento de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto)

Adrielle de Carvalho Santana, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 03/10/2022



Documento assinado eletronicamente por **Adrielle de Carvalho Santana, CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**, em 03/10/2022, às 14:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0402528** e o código CRC **94543080**.

**Referência:** Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.013312/2022-94

SEI nº 0402528

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000  
Telefone: 3135591533 - www.ufop.br

## **AGRADECIMENTOS**

*Dedico esse trabalho à aqueles que fizeram parte dessa caminhada, na qual obtive êxito.  
Obrigado pai, por deixar de lado a função de pai e exercer o papel fundamental de amigo.  
Obrigado mãe, por mostrar como a vida pode ser mais fácil quando se tem afeto e carinho em casa. Agradeço a minha irmã Kamila e minha sobrinha Antonella, vocês me motivam a sempre continuar evoluindo.*

## RESUMO

O crescimento populacional associado a necessidade de produção de alimentos respeitando os limites dos recursos naturais impõem o desenvolvimento de tecnologias modernas, de forma a garantir a dignidade da humanidade. Entre essas tecnologias, a automação tem se destacado na atualidade. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi construir um sistema de irrigação inteligente para pequenos jarros ou hortas, de modo a fomentar o desenvolvimento de dispositivos IOT no âmbito residencial, fazendo uso dos assistentes de voz inteligentes (IVA's) como uma ferramenta de engajamento. Para isso foi apresentada uma análise do método de irrigação por microaspersão, bem como as características da assistente de voz Alexa. Posteriormente, foi feita a montagem do circuito de comando e plantio das mudas (Orégano e Alecrim), escolhidas para o período de testes práticos. Os resultados obtidos durante a construção do protótipo, bem como a escolha dos componentes de controle, seu desempenho e a integração com a assistente de voz foram apresentados ao longo das discussões. Em comparação aos métodos tradicionais de irrigação, o sistema automatizado integrado à assistente de voz Alexa mostrou-se ser menos dispendioso em relação ao tempo. Entretanto, para atingir a plenitude dos objetivos estabelecidos para o trabalho, faz-se necessário modificar e aperfeiçoar algumas técnicas empregadas.

**Palavras-chaves:** Microaspersão. Internet das coisa. Automação. Alexa. Domótica.

## ABSTRACT

Population growth associated with the need to produce food respecting the limits of natural resources impose the development of modern technologies, in order to guarantee the dignity of humanity. Among these technologies, automation has stood out today. In this context, the objective of this work was to build an intelligent irrigation system for small pots or vegetable gardens, in order to promote the development of IOT devices in the residential environment, making use of intelligent voice assistants (IVA's) as an engagement tool. For this, an analysis of the microsprinkler irrigation method was presented, as well as the characteristics of the Alexa voice assistant. Subsequently, the assembly of the control circuit and planting of the seedlings (Oregano and Rosemary), chosen for the period of practical tests, was carried out. The results obtained during the construction of the prototype, as well as the choice of control components, their performance and the integration with the voice assistant were presented during the discussions. Compared to traditional irrigation methods, the automated system integrated with the Alexa voice assistant proved to be less expensive in terms of time. However, to reach the fullness of the objectives established for the work, it is necessary to modify and improve some of the techniques used.

**Key-words:** Micro sprinkler. Internet of things. Alexa. Home automation. Automation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema de irrigação por microaspersão . . . . .	13
Figura 2 – Gráfico de porcentagem de vendas, por quadrimestre, de alto falantes inteligentes . . . . .	14
Figura 3 – Como Funciona A Alexa: 1. Envio do comando de voz pelo usuário; 2. Processamento na nuvem do comando enviado; 3. Envio da diretiva a ser tomada; 4. Interface como a <i>skills</i> usada pelo fabricante do <i>gadget</i> e envio do comando; 5. Acionamento do atuador . . . . .	16
Figura 4 – Tabela de certificação IP . . . . .	17
Figura 5 – Pinagem NodeMCU Esp8266 12E . . . . .	19
Figura 6 – Componentes do relé eletromecânico . . . . .	20
Figura 7 – Estrutura interna de uma válvula solenoide . . . . .	20
Figura 8 – Mudas de orégano e alecrim transplantadas em uma jardineira . . . . .	21
Figura 9 – Microaspersor nebulizador A30 . . . . .	22
Figura 10 – Válvula solenoide de 220V . . . . .	22
Figura 11 – Módulo rele de 1 canal . . . . .	23
Figura 12 – Plataforma SinricPro . . . . .	24
Figura 13 – Caixa protetora contra respingos de água . . . . .	24
Figura 14 – Esquemático do circuito . . . . .	26
Figura 15 – Desenvolvimento final das mudas . . . . .	27

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

GND	Filtro Graduado de Densidade Neutra/ Graduated Neutral Density filter
IOT	Internet das coisas/ Internet Of Things
RISC	Computador com um Conjunto Reduzido de Instruções/ Reduced Instruction Set Computer
OTA	Pelo Ar/ Over the Air
USB	Porta Universal / Universal Serial Bus
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado / Integrated Development Environment
IVA	Assistentes Virtuais Inteligentes / Intelligent Virtual Assistants
IP	Índice de Proteção

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	Formulação do problema	10
1.2	Objetivos gerais e específicos	11
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	11
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	11
1.3	Justificativa do trabalho	11
1.4	Estrutura do trabalho	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>13</b>
2.1	Manejo e Irrigação por microaspersão	13
2.2	Internet das Coisas(IoT)	13
2.3	A Assistente de Voz Alexa	14
2.3.1	<i>Skills e Processamento na Nuvem</i>	15
2.4	Certificação de Proteção Contra Poeira e Água	16
2.5	NodeMCU ESP8266-12E	17
2.6	Relé eletromecânico	19
2.7	Válvula solenoide	20
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>21</b>
3.1	Plantio das mudas	21
3.2	Irrigação	21
3.3	Válvula solenoide	22
3.4	Módulo relé de 1 canal	23
3.5	Programação do microcontrolador	23
3.6	Construção do protótipo	24
3.7	Integração com a plataforma Alexa	25
3.8	Esquemático do circuito	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>27</b>
4.1	Irrigação e crescimento das plantas	27
4.2	Acurácia dos ciclos de irrigação	28
4.3	Integração e eficiência da skill SinricPro	28
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>29</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>30</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Formulação do problema

O desenvolvimento tecnológico atingiu uma curva exponencial crescente no século XXI. Dispositivos das mais diversas áreas apresentam interações cada vez maiores e mais inteligentes em relação a interface usuário máquina. Afinal, a chamada revolução 4.0 inundou o globo com suas características de conectividade e processamento de dados. Isso facilitou, agilizou e barateou processos que variam de atividades pesadas da indústria às ações cotidianas, como o ato de pedir um táxi ou acender uma luz por comando de voz. Entretanto, o segmento agrícola ainda se mostra resistente a aplicação de ferramentas como a automação e internet das coisas (IOT).

No trabalho de [Lucena et al. \(2014\)](#) os autores estimam que nos próximos 50 anos a população global continue crescendo de forma a atingir um valor entre 8,8 a 9,4 bilhões de pessoas. Isso resulta na necessidade de uma área adicional de 109 hectares de terra fértil para sanar, minimamente, as demandas por alimentos. Em contrapartida, tomando como base a expansão das áreas urbanas para acomodar esse contingente populacional, é possível chegar à conclusão que não haverá a disponibilidade de novas áreas geográficas para o cultivo de alimentos. Dessa forma, alternativas como o cultivo de alimentos nas áreas urbanas tornam-se uma saída para minimizar os impactos futuros de uma possível escassez de alimentos e desmatamento.

Diante desse panorama contraditório entre crescimento populacional e demanda de alimentos, a proposta de uma produção vegetal verticalizada em grandes centros urbanos vem ganhando força em algumas cidades do mundo. Apesar de, a priori, parecer uma proposta sem impactos significativos, essa alternativa, aliada ao desenvolvimento genético e aplicação de recursos tecnológicos conciliado a uma agricultura extensiva mecanizada, possivelmente poderá resolver os problemas relacionados às demandas de produção vegetal ([LUCENA et al., 2014](#)).

Um dos grandes empecilhos para fomentar a cultura do cultivo sustentável de alimentos em uma sociedade urbana é o fato de que o “tempo” é um *commodity* escasso e de elevado valor. A grande maioria dos habitantes de uma metrópole gastam seu precioso tempo com jornada de trabalho e deslocamento entre um ponto e outro, por vias que em sua grande maioria são lentas e congestionadas. Dessa forma, o uso da tecnologia da automação, por meio de interfaces amigáveis e de fácil acesso, pode ser uma alternativa para otimizar o gerenciamento do tempo, sobretudo na agricultura urbana.

Segundo [Kurkinen \(2016\)](#), em 2019, cerca de 68 milhões de casas na Europa e América do Norte poderão ser consideradas inteligentes. Essas casas, em sua maioria, têm como composição central do sistema de automação os assistentes virtuais e voz (IVA's). Esses sistemas são capazes de obedecer a comandos de voz e executar tarefas pré-programadas de maneira autônoma, a um custo relativamente baixo. Em face disso, desenvolver periféricos voltados para a agricultura

urbana com conectividade entre os IVA's é uma alternativa fácil, barata e de elevada aceitação no mercado de casas inteligentes.

A irrigação foi uma das ferramentas preponderantes para libertar o homem da condição primitiva de caçador-coletor. Desse modo, o cultivo de plantas com finalidade ornamental ou alimentícia ainda encontra-se enraizada na cultura contemporânea. Em contrapartida, ainda somos resistentes quanto a aplicar as facilidades tecnológicas da modernidade a uma das primeiras atividades humanas. Em face disso, é importante salientar que a irrigação de pequeno porte pode e deve ser incluída nos avanços tecnológicos do "Mundo 4.0".

## **1.2 Objetivos gerais e específicos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Este trabalho busca construir um sistema de irrigação inteligente para pequenos jarros ou hortas de modo a fomentar o desenvolvimento de dispositivos IOT no âmbito residencial, fazendo uso dos IVA's como uma ferramenta de engajamento.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Elaborar um material sucinto e de fácil acesso, para aqueles que buscam desenvolver irrigação residencial automatizada de baixo custo.
- Aprofundar o conhecimento na área de sistemas embarcados voltados para a automação.
- Desenvolver um dispositivo capaz de estabelecer uma conexão estável e fidedigna com as plataformas da Amazon Alexa.

## **1.3 Justificativa do trabalho**

A automação residencial é um ramo que busca desenvolver comodidades para as atividades cotidianas, por meio da integração entre dispositivos domésticos das mais diversas funções. Entretanto, devido à recente popularização do desenvolvimento de sistemas periféricos que se integrem com centrais de automação, ainda há atividades onde não é possível encontrar no mercado dispositivos que possam automatizar processos como a irrigação de uma pequena horta ou jarro. Dessa forma, desenvolver pesquisas na área de irrigação doméstica integrada à IOT é uma maneira eficiente de fomentar o desenvolvimento desse seguimento, específico, de dispositivos inteligentes. Assim, justifica-se a realização deste trabalho.

## **1.4 Estrutura do trabalho**

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, já incluindo esta introdução, na qual é apresentado o problema, os objetivos e a justificativa. No capítulo 2 é apresentada uma revisão

bibliográfica com as áreas que abrangem o projeto, bem como ferramenta que possam auxiliar na sua execução. No capítulo 3 é apresentada a maneira como essas ferramentas foram aplicadas no desenvolvimento de um protótipo, assim como, a metodologia de desenvolvimento. No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos com o projeto. No capítulo 5 apresentam-se as considerações finais e sugestões para futuros trabalhos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Manejo e Irrigação por microaspersão

A constante busca por sistemas de irrigação mais eficazes é uma diretriz geralmente seguida por modelos agrícolas modernos, pois possibilita redução de consumo de energia e recursos hídricos de uma maneira geral. Desse modo, os sistemas de irrigação por microaspersão proporcionam redução do desperdício de água, levando em conta que, quando o manejo é bem dimensionado, a área molhada deve ficar entre 55% e 22% da região sombreada pela planta (FILHO et al., 2000).

O sistema de irrigação por aspersão/microaspersão ilustrado na Figura 1, tem sido largamente usado em ambientes agrícolas, possivelmente por se assemelhar a uma chuva natural, assim como apresentar elevada capacidade de adaptação a diferentes condições de solo. Entretanto, alguns aspectos devem ser considerados quanto ao manejo deste sistema de irrigação, principalmente o horário das reposições de água.



Figura 1 – Sistema de irrigação por microaspersão

Fonte: Thiago (2016)

De acordo com SILVA e SILVA (2005), alguns elementos que compõem o clima, entre eles a umidade relativa do ar, temperatura e intensidade dos ventos afetam diretamente a efetividade do manejo e, por consequência, dificultam uma irrigação uniforme. Neste cenário, escolher horário com temperaturas amenas e mais calmo em relação aos ventos pode proporcionar uma eficiência de irrigação mais adequada.

### 2.2 Internet das Coisas(IoT)

A internet das Coisas surgiu da evolução dos protocolos de comunicação entre dispositivos como microcontroladores, sensores e servidores na nuvem. Com o passar dos anos seu potencial evoluiu tão drasticamente ao ponto de servir como um pilar para a 4ª revolução industrial, a chamada indústria 4.0. Dessa forma, armazenamento e processamento de dados,

atrelados a interconectividades entre os setores produtivos, são essenciais para o desempenho das indústrias de ponta no século XXI.

Entretanto, as inovações que ocorreram a priori no meio industrial vem ganhando cada vez mais espaço na rotina da população como um todo. Para Santos et al. (2016), "A Internet das Coisas, em poucas palavras, nada mais é que uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam), mas com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet". Desse modo, ao conectar qualquer tipo de objeto com a rede é possível estabelecer um *link* de informações para uma central de processamento, na qual é possível estabelecer rotinas e padrões capazes de efetuar o controle autônomo desses objetos.

### 2.3 A Assistente de Voz Alexa

A criação dos assistentes virtuais possibilitou ao usuário leigo usufruir de uma ferramenta poderosa para comunicação com sistemas computacionais. Ela viabiliza a automação de tarefas de maneira a necessitar do mínimo possível de intervenção e esforço humano. Essas centrais têm a capacidade de convergir a comunicação entre aplicativos, agendas, sistemas de segurança e similares, executando tarefas e estabelecendo comunicações com o usuário por comando de voz (PAIXÃO; WENCELEWSKI; NASCIMENTO, 2019).

Atualmente no mercado existem dois dispositivos que se destacam em relação ao número de vendas: Alexa, da gigante do varejo Amazon, e Ok Google, do conglomerado tecnológico Alphabet. Segundo Richter (2018) em 2018, nos Estados Unidos uma em cada cinco casas com Wi-Fi tem ao menos um alto falante inteligente. Embora sejam dispositivos que ainda estejam no início de sua popularização, como se pode conferir na Figura 2, o número de vendas dos dispositivos Alexa da Amazon lideram o mercado com um número crescente de vendas que atingiram o impressionante número de 11,7 milhões em 2018.



Figura 2 – Gráfico de porcentagem de vendas, por quadrimestre, de alto falantes inteligentes

Fonte: Richter (2018)

### 2.3.1 *Skills* e Processamento na Nuvem

Da mesma forma que os smartphones possuem aplicativos compatíveis com seu sistema operacional, os alto falantes inteligentes Alexa possuem *skills*, que são desenvolvidos para conectar-se com um dispositivo específico ou executar uma tarefa. Essas *skills* podem ser classificadas em duas categorias: *built-in* ou *custom*. As *skills built-in* seguem os padrões da Amazon. A título de exemplo, possuem a habilidade de falar a probabilidade de chover ou quais os compromissos estão marcados em sua agenda pessoal. Entretanto, as *skills cunstoms* são desenvolvidas por terceiros, para efetuar uma tarefa específica que é ativada por um comando enviado aos servidores da Amazon. Assim como os sistemas operacionais possuem lojas de aplicativos, a Amazon disponibiliza um catálogo de *skills* que podem ser ativadas e desativadas em poucos *clicks* como *plugins* de um *browser* (FERNANDES, 2021).

A construção dos dispositivos é feita de forma a alocar o processamento em grandes servidores na nuvem. Desse modo, os dispositivos Alexa embarcam somente gravadores de voz, responsáveis para enviar textos que são direcionados para centrais de processamento, que posteriormente retornam para o dispositivo como uma resposta por meio de seus alto falantes.

Segundo Kitamura (2019), "O comando de voz é dividido em sons individuais. Depois é feita uma consulta em um banco de dados contendo as pronúncias de várias palavras para descobrir quais palavras mais se aproximam da combinação dos sons individuais". Esse processamento gera um elevado custo computacional, assim, faz-se necessário que seja feito em uma camada externa aos dispositivos domésticos. Dessa maneira, tem-se uma série de camadas que são sobrepostas e interligadas para que o momento entre a solicitação do comando e o acionamento da resposta, seja o mais curto possível. Essa estrutura pode ser analisada na Figura 3.

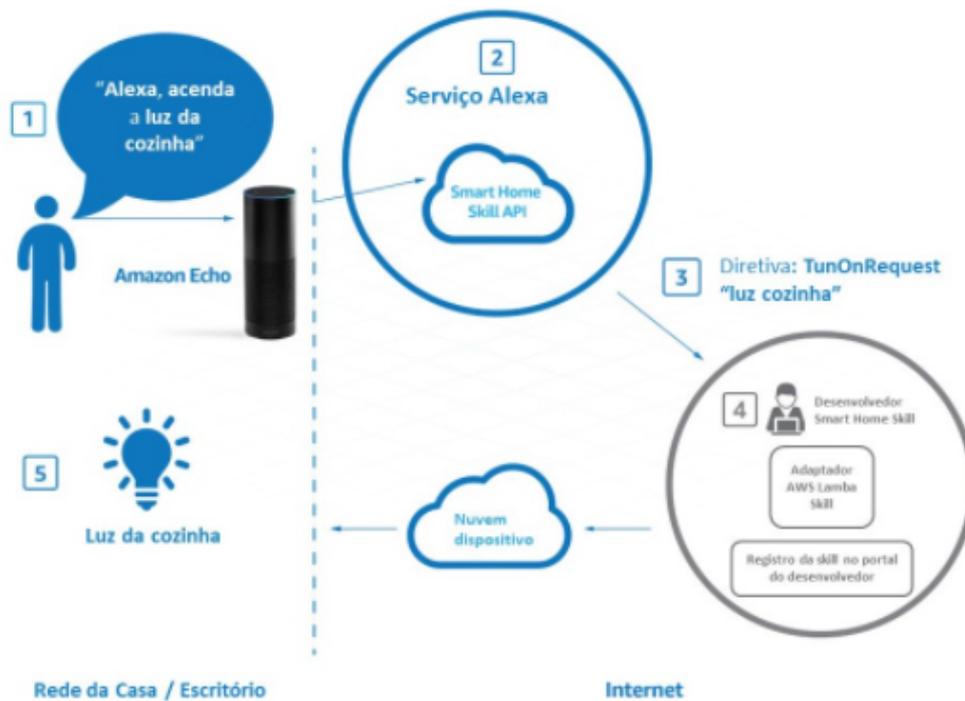


Figura 3 – Como Funciona A Alexa: 1. Envio do comando de voz pelo usuário; 2. Processamento na nuvem do comando enviado; 3. Envio da diretiva a ser tomada; 4. Interface como a *skills* usada pelo fabricante do *gadget* e envio do comando; 5. Acionamento do atuador

Fonte: Kitamura (2019)

## 2.4 Certificação de Proteção Contra Poeira e Água

A certificação IP (índice de proteção), foi criada pela Comissão de Eletrotécnica Internacional. Essa certificação tem como objetivo indicar o nível de resistência de eletrônicos à partículas líquidas e sólidas. Desse modo, sua sigla sempre vem acompanhada de dois números que indicam seu nível de proteção em relação a poeira e a água, respectivamente (TECHTUDO, 2016).

Ao escolher um dispositivo eletrônico deve-se levar em consideração quais são as condições às quais o mesmo será submetido, sem que sua integridade e confiabilidade sejam afetadas. Assim é importante averiguar se esses dispositivos têm a certificação adequada para cada aplicação, o que pode ser verificado por meio de tabelas como consta na Figura 4.

**2º Numeral**  
Grau de proteção contra água

fonte: omegatrafo

		0	1	2	3	4	5	6	7	8
		Não protegido	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água para uma inclinação máxima de 15 graus	Protegido contra água sprinkleda de um ângulo de 60 graus	Protegido contra projeções de água	Protegido contra jatos d'água	Protegido contra jatos potentes de água	Protegido contra imersão temporária submersão	Protegido contra imersão permanente
			 Tempo de teste: 10 min	 Tempo de teste: 10 min	 Tempo de teste: 10 min veloc: 200	 Tempo de teste: 10 min	 Tempo de teste: 1 min veloc: 3 m/s	 Tempo de teste: 1 min veloc: 3 m/s	 Tempo de teste: 30 min	 Tempo de teste: 30 min
1º Numeral Grau de proteção contra objetos sólidos	Não protegido	0	IP 01	IP 02	IP 13	IP 34				
	Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 50mm	1	IP 10	IP 21	IP 22	IP 33				
	Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 12mm	2	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23				
	Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 2,5mm	3	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34			
	Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 1mm	4	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	IP 45	IP 46	
	Protegido contra poeira depressão: 200mm de coluna d'água Máxima aspiração de ar: 80 vezes o volume do invólucro	5					IP 54	IP 55	IP 56	
	Totalmente protegido contra a poeira. Mesmo procedimento de teste	6						IP 65	IP 66	IP 67

Figura 4 – Tabela de certificação IP

Fonte: Neto (2019)

## 2.5 NodeMCU ESP8266-12E

Quando se pensa em sistemas embarcados para o desenvolvimento de protótipos com baixo custo, sem sombra de dúvidas, a plataforma Arduino é a primeira a ser lembrada. Entretanto, o Arduino tem um concorrente direto capaz de fornecer todas suas funcionalidades, juntamente com uma série de características distintas por uma relação custo benefício muito atrativo. O NodeMCU é um plataforma de desenvolvimento aberto da família ES8266 criado com o principal objetivo de desenvolver dispositivos IOT. Ao contrário da grande maioria dos módulos, o NodeMCU já vem com um conversor USB integrado e possui *WiFi* nativo (OLIVEIRA, 2016).

A seguir são listadas algumas das principais características do NodeMCU ESP8266-12E:

- Processador ESP8266-12E.
- Arquitetura RISC de 32 bits.
- Processador pode operar em 80MHz / 160MHz.
- 4Mb de memória flash.
- 64Kb para instruções.
- 96Kb para dados.

- WiFi nativo padrão 802.11b/g/n
- Opera em modo AP, Station ou AP + Station.
- Pode ser alimentada com 5VDC através do conector micro USB– Possui 11 pinos digitais.
- Possui 1 pino analógico com resolução de 10 bits.
- Pinos digitais, exceto o D0 possuem interrupção, PWM, I2C e one wire.
- Pinos operam em nível lógico de 3.3V.
- Pinos não tolerantes a 5V.
- Possui conversor USB Serial integrado.
- Programável via USB ou WiFi (OTA).
- Compatível com a IDE do Arduino.
- Compatível com módulos e sensores utilizados no Arduino.

Como se pode ver na Figura 5, o módulo NodeMCU detêm pinos GPIO (General purpose Input/Output). Esses pinos são responsáveis por executar a função de saídas e entradas digitais do módulo, atribuídas de acordo com a programação feita pelo o usuário. Tem como grande vantagem sua total compatibilidade com a IDE do Arduino, de modo a usufruir de uma vasta biblioteca de programação existente (OLIVEIRA, 2016). Entretanto, uma de suas desvantagens é a quantidade limitada de entradas e saídas analógicas, totalizando uma unidade que de forma análoga à sua versão digital, podem ser configuradas de acordo com a necessidade do usuário. É válido ressaltar que o fabricante da placa NodeMCU-12E não atribui a ela nenhum grau de certificação IP. Assim, é extremamente importante levar em consideração que qualquer exposição a água ou poeira pode danificar seriamente sua estrutura física e desempenho.

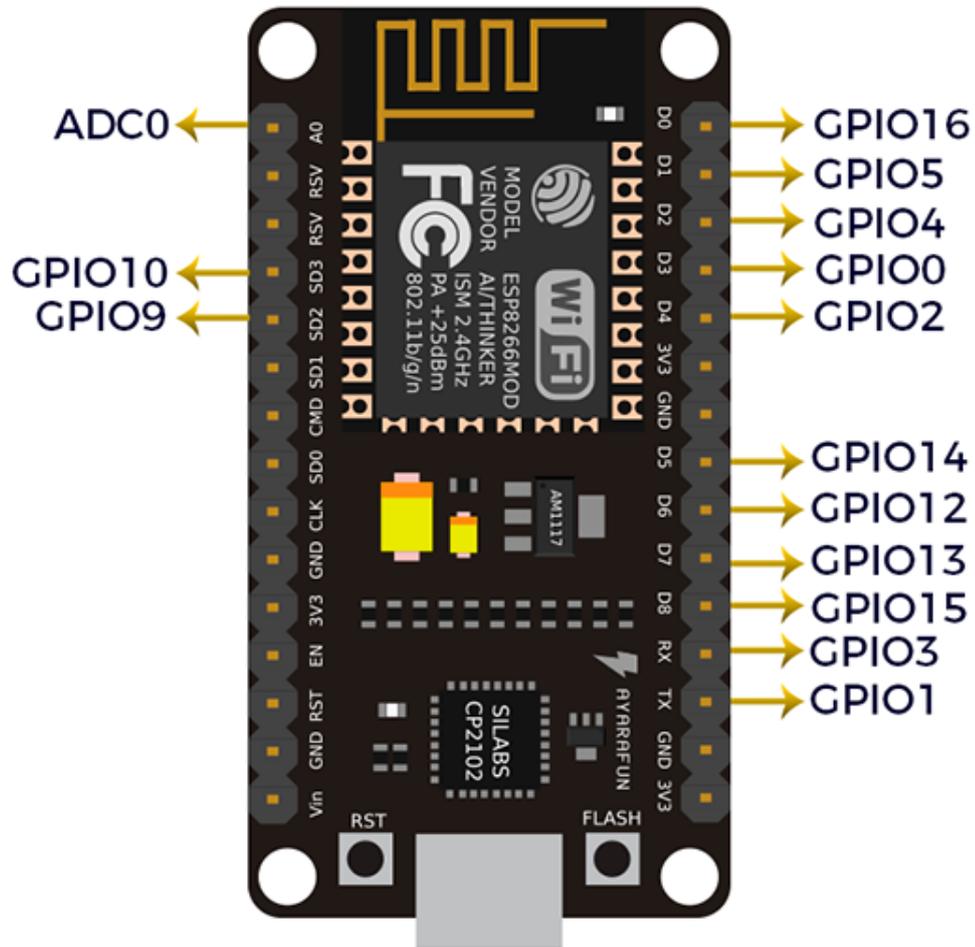


Figura 5 – Pinagem NodeMCU Esp8266 12E

Fonte: Oliveira (2016)

## 2.6 Relé eletromecânico

Relés são dispositivos similares a interruptores usados para efetuar o chaveamento de cargas, sendo essas de natureza contínua ou alternada. Seu funcionamento ocorre devida à ação de componentes eletromecânico. Ao receber uma tensão nos terminais de entrada, a bobina é acionada fechando ou abrindo o contato interno, de modo a liberar ou interromper a passagem de corrente, ou seja, essa ação acarreta em um controle *ON/OFF* de qualquer dispositivo ligado a este (MATTEDE, 2018), conforme observa-se na Figura 6.

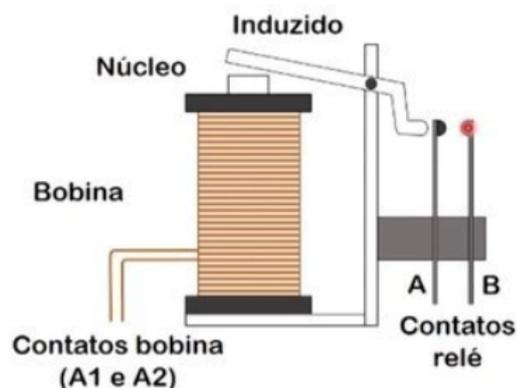


Figura 6 – Componentes do relé eletromecânico

Fonte: [Matte de \(2018\)](#)

## 2.7 Válvula solenoide

Segundo [Mafioletti e Ribeiro \(2016\)](#), a válvula solenoide é composta por duas partes principais, que são o corpo e a bobina solenoide. Sua bobina é formada por fios enrolados em torno de um cilindro que, quando estimulados por uma corrente elétrica exerce uma força magnética responsável por levantar o êmbolo gerando um sistema de abertura e fechamento.

O corpo da válvula possui um dispositivo capaz de delimitar a passagem, ou não, de um fluido, quando sua haste é puxada pela força da bobina. Essa força faz o pino ser puxado para o centro da bobina, liberando a passagem do fluido. O processo de fechamento ocorre quando não há corrente na bobina, o que leva o pino a exercer uma força por meio de seu peso e da mola a ele acoplado ([MAFIOLETTI; RIBEIRO, 2016](#)). Na Figura 7 pode-se verificar o funcionamento interno da válvula solenoide.

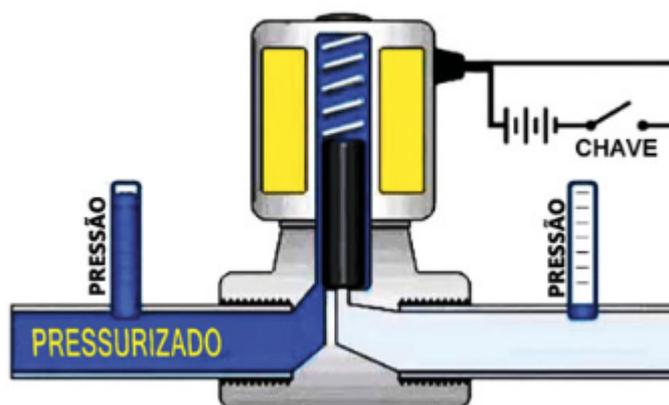


Figura 7 – Estrutura interna de uma válvula solenoide

Fonte: [Fogaça \(2020\)](#)

### 3 DESENVOLVIMENTO

Ao tomar como referência o material estudado no capítulo anterior sobre as técnicas que poderiam ajudar na construção do sistema de irrigação com acionamento via comando de voz, construiu-se um protótipo a partir das etapas descritas a seguir.

#### 3.1 Plantio das mudas

Para acondicionar as mudas usadas no experimento foi escolhida uma jardineira de 90x45x30 cm ilustrada na Figura 8. Tal jardineira é de um recipiente típico de cultivo em varadas e pequenos espaços, além de comportar o crescimento máximo das duas mudas selecionadas para avaliação da acurácia do método de irrigação com um todo. Foram escolhidas duas variedades diferentes de ervas aromáticas, alecrim (*Salvia rosmarinus*) e orégano (*Origanum vulgare*). Essas foram plantadas em um substrato rico em matéria orgânica e nutrientes, ideal para o desenvolvimento inicial de pequenas mudas.



Figura 8 – Mudas de orégano e alecrim transplantadas em uma jardineira

Fonte: Própria Autoria

#### 3.2 Irrigação

Como método de irrigação foi escolhido a microaspersão. Essa técnica gera um fino spray de água que não movimentava o substrato nem agredia a estrutura das folhas de pequenas

mudas, permitindo obter um maior controle da vazão de água. Nesse protótipo foi empregado o Microaspersor Nebulizador A30 ilustrado na Figura 9, que é capaz de pulverizar um *spray* 360° com raio mínimo de 30 CM e máximo de 100 cm.



Figura 9 – Microaspersor nebulizador A30

Fonte: Própria Autoria

### 3.3 Válvula solenoide

Para o controle da vazão de água foi utilizada uma válvula solenoide com posicionamento de 90° em relação a entrada e saída de água, com diâmetro de 3/4" e 3/8", respectivamente. Esse atuador foi alimentado por uma tensão de 220v normalmente fechado. Assim, na condição de perda de energia, o sistema permanecerá fechado evitando a vazão indevida de água. Para o local de instalação foi escolhido uma fonte de água próxima ao quadro de comando, no qual o relé de acionamento estava localizado, dessa forma evitando a necessidade de uma instalação elétrica complexa e onerosa. A Figura 10 ilustra a válvula solenoide utilizada no trabalho.



Figura 10 – Válvula solenoide de 220V

Fonte: Própria Autoria

### 3.4 Módulo relé de 1 canal

O módulo relé de 1 canal, mostrado na Figura 11, foi escolhido para funcionar com atuador responsável por liberar ou fechar a corrente fornecida por uma tomada de 220V. Os fios foram conectados nos terminais NO (normalmente aberto) e COM (comum). Assim, ao receber a o sinal do NodeMCu a bobina interna do relé é acionada, liberando o fluxo de corrente para o estágio seguinte do circuito de potência. Esse componente foi conectado no pino D5 (GPIO14), GND e alimentação de 3,3V do próprio microcontrolador. Todas essas conexões foram feitas com o auxílio de uma *protoboard*.



Figura 11 – Módulo rele de 1 canal

Fonte: Própria Autoria

### 3.5 Programação do microcontrolador

A integração entre microcontrolador e a assistente de voz Alexa foi realizada por meio da *skill* SinricPro que, por sua vez, faz a função de ponte entre os comandos enviados pelos servidores da Amazon e o microcontrolador. Essa ferramenta simplifica drasticamente a complexidade na elaboração de dispositivos IOT, uma vez que, em seu repositório do GitHub, a *skill* SinricPro disponibiliza diversos códigos na linguagem C++, facilmente adaptáveis para aplicações com assistentes de voz inteligentes.

Nesse cenário, foi necessário criar um cadastro na plataforma online da *skill*, no qual conforme Figura 12, foi feito a escolha de um dispositivo do tipo *switch* nomeado como "Jardineira". Essa é a *tag* reconhecida e controlada pela Alexa. Posteriormente foi carregado o código fonte no microcontrolador constando a *tag* do dispositivo controlado, nome da rede Wifi local, assim como o seu login de acesso.

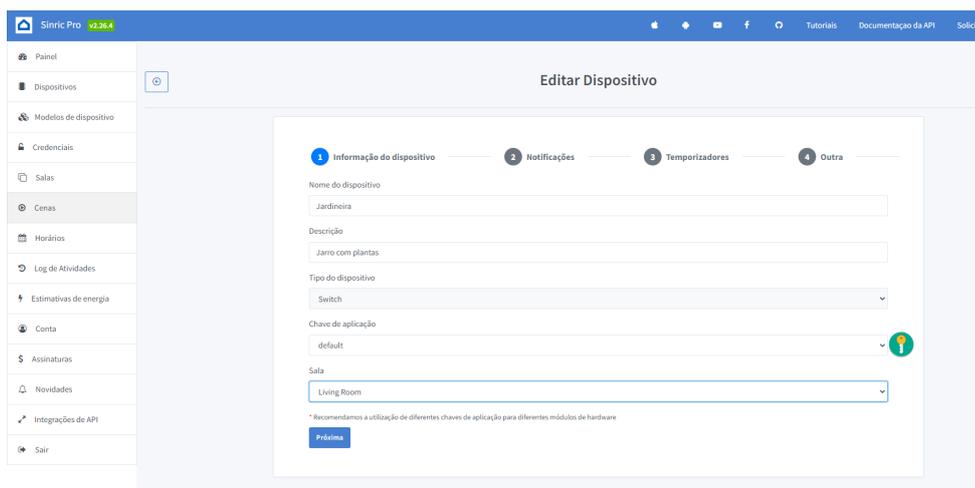


Figura 12 – Plataforma SinricPro

Fonte: Própria Autoria

### 3.6 Construção do protótipo

A construção do protótipo foi subdividida em três partes principais, sendo essas: preparo da jardineira, instalação do sistema hidráulico e do circuito de controle. Durante o primeiro mês de experimentação, foi necessário mudar a localização da jardineira, uma vez que o primeiro local escolhido não dispunha da taxa de insolação necessária para o crescimento ideal das mudas. Para isso, foi utilizada uma mangueira com intuito de dar uma maior mobilidade na escolha de um local com condições mais adequadas às características específicas das plantas escolhidas.

Outro ponto preponderante, foram alguns problemas com a exposição do circuito de controle à umidade gerada por gotículas de chuva. Afinal, o protótipo foi instalado em um ambiente externo, e sendo os seus componentes extremamente sensíveis a umidade, se fez necessário acondicioná-lo em uma caixa vedada que impedisse sua deterioração por oxidação ao longo do tempo. Essa alternativa pode ser visualizada na Figura 13.



Figura 13 – Caixa protetora contra respingos de água

Fonte: Própria Autoria

### 3.7 Integração com a plataforma Alexa

A plataforma de configuração da Amazon é bastante amigável e intuitiva, proporcionando a configuração dos dispositivos a serem controlados a partir de poucos cliques. Para o controle da jardineira, nome designado ao *switch*, foram criadas rotinas que poderiam ser configuradas na própria interface do *app* Amazon Alexa de acordo com uma série de pré-requisitos estabelecidos para o acionamento do sistema. Essas podem ser: horário do sol poente e nascente, cronômetros para a irrigação em um determinado período de tempo e acionamento simultâneo ao funcionamento de outros dispositivos inteligentes. Além disso, o simples ato de pronunciar: "ligar jardineira", "iniciar irrigação", "desligar jardineira" e "desativar irrigação", possibilitou a qualquer momento acionar ou interromper a irrigação, por um comando de voz.

Durante o período de experimentação todas as configurações testadas produziram resultados assertivos. Entretanto, foi possível notar uma grande dependência de uma conexão estável e contínua de internet, um vez que o acionamento ou desligamento do sistema não ocorre na ausência do mesmo, assim, acarretando em um fluxo contínuo de água ou interrupção da irrigação até o próximo ciclo de acionamento. Para isso, foram necessárias algumas mudanças ao longo do período de testes.

Em face dos problemas encontrados foi criado um alerta sonoro via Alexa, toda vez que o sistema era acionado ou desligado, de modo a verificar sua confiabilidade. Além disso, foram estabelecidas sub rotinas que funcionavam como um fusível de segurança para interromper o fluxo de água em caso de falhas de conexão. Dessa forma, foi possível mitigar essa adversidade observada ao longo dos testes.

### 3.8 Esquemático do circuito

O circuito da Figura 14 exemplifica como foram feitas as ligações do sistema e tem o objetivo de facilitar a visualização da disposição dos componentes elétricos, fornecendo um caminho mais prático para possíveis replicações.

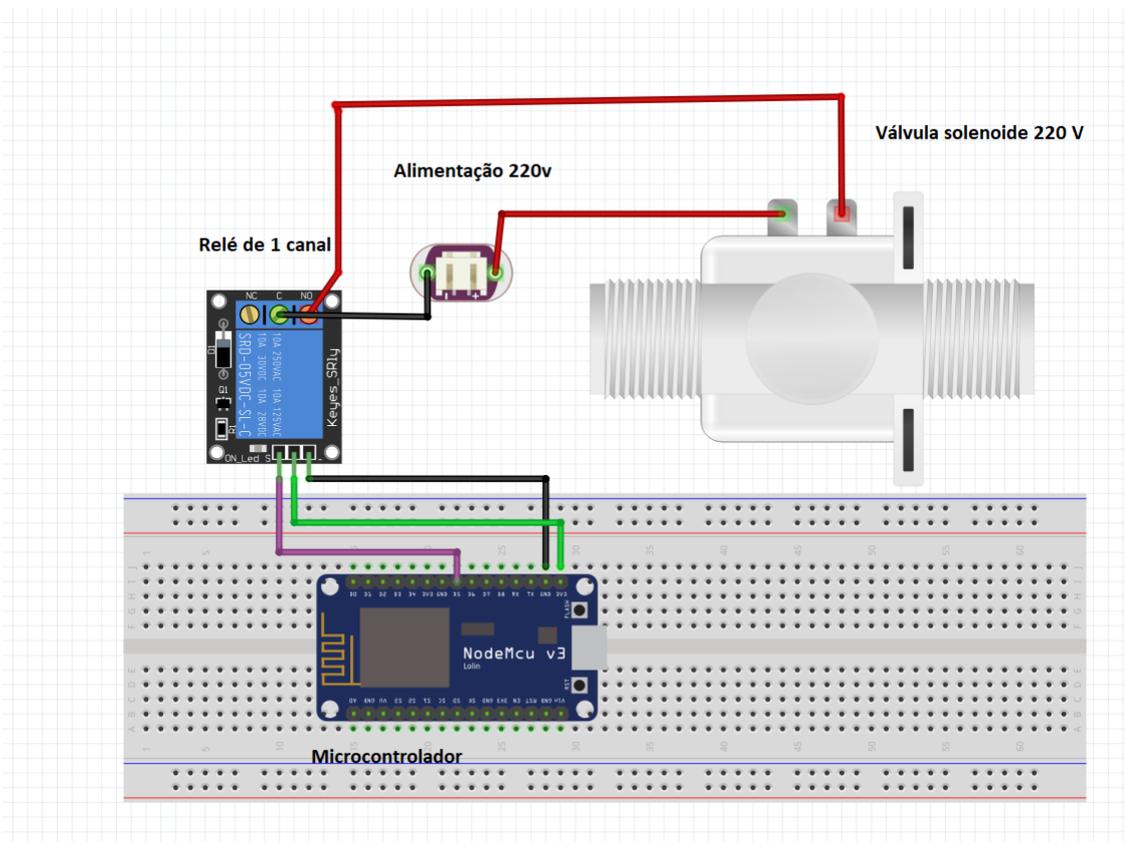


Figura 14 – Esquemático do circuito

Fonte: Própria Autoria

## 4 RESULTADOS

O quarto capítulo deste trabalho elucidada os resultados obtidos após a construção do protótipo. Os testes do sistema de irrigação foram feitos durante um período de 4 meses, entre os meses de junho a dezembro de 2021. O experimento foi feito na cidade de Araguatins/TO, a uma altitude de 108 metros, latitude 5,65615° Sul, longitude 48,1189° Oeste e temperatura médias de 26,5 °C.

### 4.1 Irrigação e crescimento das plantas

O método da microaspersão mostrou-se ser uma escolha muito conveniente levando em consideração as características da jardineira e das mudas. Afinal, devido ao fino *spray* de água gerado, não houve deslocamento do substrato ou agressão à estrutura das plantas. Um ponto relevante a se ressaltar foi que graças à limitada vazão do microaspersor, o acionamento cronometrado em ciclos de 10 minutos, (período no qual o aspersor é acionado via rotina de irrigação), se mostrou suficiente para dimensionar a quantidade adequada de água necessária para as mudas.

Os intervalos de irrigação foram divididos em duas rotinas, que eram iniciadas de acordo com o nascer e por do sol, condições fornecidas pela Alexa conforme a cidade selecionada em sua configuração inicial. Apesar da interrupção de algum dos dois ciclos devido a falta de conexão, em nenhum momento foi possível notar o comprometimento do desenvolvimento das mudas por escassez de água, uma vez que, em quase todos os dias de experimentação pelo menos um ciclo de irrigação foi acionado. A Figura 15 ilustra de modo empírico o desenvolvimento das mudas.



Figura 15 – Desenvolvimento final das mudas

Fonte: Própria Autoria

## 4.2 Acurácia dos ciclos de irrigação

Apesar da grande maleabilidade de configuração do *app* Amazon Alexa, foram encontradas algumas limitações no contexto da aplicação para sistemas de irrigação. Afinal, sempre que um ciclo de irrigação é iniciado, via comando de voz, faz-se necessário enviar outro comando para interrompe-lo, ou seja, caso não haja a solicitação do usuário para o fim do ciclo, seja via comando de voz ou clique de solicitação por meio do *app*, a irrigação continua de maneira ininterrupta. Assim, é possível afirmar que, para esse tipo de acionamento específico, o sistema não é capaz de funcionar de maneira totalmente autônoma.

Outro ponto relevante a se ressaltar é a despeito da ausência de um contador de ciclos. Dessa forma, caso um ciclo seja solicitado, via comando de voz, o sistema não entende que a quantidade de água demandada para o dia já foi atendida. Assim, obrigatoriamente as duas rotinas de irrigação são executadas de maneira a não considerar *inputs* enviados pelo usuário anteriormente.

## 4.3 Integração e eficiência da skill SinricPro

Como foi visto no capítulo anterior, a *skill* escolhida para integração com o sistema da Amazon destaca-se pela simplicidade de implementação em diversos tipos de protótipo com aplicações IOT. Entretanto, seu princípio de funcionamento apresenta algumas limitações devido à necessidade de atender uma vasta variedade de aplicações. Em dispositivos consolidadas no mercado de domótica, as *skills* têm o papel de fornecer uma camada de codificação mais sofisticada, de modo a preencher as lacunas existentes na plataforma da Amazon.

Para atender de maneira mais assertiva às finalidades do protótipo, a *skill* deveria possibilitar a integração de um módulo sensor de umidade, de forma a fornecer um *output* para o *app* da Amazon. Desse modo, seria possível interromper a irrigação sem a necessidade de um *timer* ou em ocasiões nas quais os ciclos anteriores fornecerem a demanda de água ideal para o sistema.

## 5 CONCLUSÃO

Em comparação aos métodos tradicionais de irrigação, o sistema automatizado integrado a assistente de voz Alexa mostrou-se ser menos dispendioso em relação ao tempo. Uma vez instalado, este fornece, de maneira satisfatório, um fluxo regular e controlado de água, sem a necessidade de interação humana. Assim, a partir dos resultados obtidos neste estudo, pode-se inferir que a construção do protótipo, proposto neste trabalho, foi capaz de proporcionar economia de água, autonomia no processo, possibilidade de controle a longas distâncias e fácil adaptabilidade das configurações. Comparado aos métodos tradicionais de irrigação, o modelo representa uma ferramenta tecnológica em potencial para agregar aos modelos de irrigação vigentes.

Outra característica preponderante do experimento foi a elevada modularidade de configuração, de modo a fornecer diversas opções de acionamento que, por sua vez, dispunha de uma interface simples e amigável. Isso possibilita que usuários com baixo nível de conhecimento em tecnologia consigam definir rotinas convenientes ao tipo de planta escolhida e volume de água necessário.

Entretanto, é válido salientar que este trabalho trata-se de um protótipo com fins acadêmicos. Para aplicação em larga escala, faz-se necessário um estudo mais aprofundado, de modo a corrigir possíveis falhas em diferentes cenários. Para aplicações futuras, tem-se a ideia de várias melhorias, como, por exemplo, a criação de uma *skill* própria que atenda de forma mais assertiva as necessidades do protótipo, adição de um sensor de umidade para maior precisão do consumo de água, tempo de irrigação e, por fim, o teste de diferentes tipos de irrigações como: gotejamento e aspersão.

Conclui-se, por fim, que o sistema de irrigação por comando de voz com uso de assistentes de voz inteligentes é uma maneira eficaz e prática de automação de pequenas hortas ou jarros, proporcionando uma economia de tempo e possibilitando o engajamento da automação no mundo da irrigação residencial.

## REFERÊNCIAS

- FERNANDES, S. R. L. "*Alexa, como vai minha plantinha?*": Sistema de monitoramento inteligente utilizando assistente virtual para auxiliar no cultivo caseiro de hortaliças. 2021. Citado na página 15.
- FILHO, A. d. A. B. et al. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2000. SciELO Brasil, v. 4, n. 3, p. 309–314, 2000. Citado na página 13.
- FOGAÇA, M. *A instalação de válvulas solenoides*. 2020. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-rele-como-funciona-um-rele/> acessado em 04/06/2022>. Citado na página 20.
- KITAMURA, C. *Como Funciona Alexa?* 2019. Disponível em: <<https://celsokitamura.com.br/como-funciona-alexa/> acessado em 05/03/2021>. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.
- KURKINEN, L. Smart homes and home automation. *Berg Insite M2M Research Series*, 2016. v. 16, p. 14, 2016. Citado na página 10.
- LUCENA, L. P. de et al. Avaliação multicriterial das fazendas verticais canadenses como modelos sustentáveis de agricultura urbana. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 2014. Elsevier, v. 11, n. 1, p. 181–202, 2014. Citado na página 10.
- MAFIOLETTI, D. A.; RIBEIRO, F. d. S. *Sistema de controle da temperatura de água de bebedouro de aves*. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016. Citado na página 20.
- MATTEDE, H. *NodeMCU – Uma plataforma com características singulares para o seu projeto IoT*. 2018. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-rele-como-funciona-um-rele/> acessado em 04/06/2022>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.
- NETO, N. *Entenda o que são as siglas de certificação IP67 e IP68 e se você precisa delas*. 2019. Disponível em: <<https://mundoconectado.com.br/artigos/v/5288/entenda-o-que-sao-as-siglas-de-certificacao-ip67-e-ip68-e-se-voce-precisa-delas/> acessado em 14/11/2021>. Citado na página 17.
- OLIVEIRA, G. *NodeMCU – Uma plataforma com características singulares para o seu projeto IoT*. 2016. Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/nodemcu-nodemcu-uma-plataforma-com-caracteristicas-singulares-para-o-seu-projeto-iot> acessado em 28/05/2022>. Citado 3 vezes nas páginas 17, 18 e 19.
- PAIXÃO, P. R. S. da; WENCELEWSKI, M. H. d. S.; NASCIMENTO, M. H. R. Desenvolvimento de um sistema de automação, integrando uma assistente virtual e dispositivos IoT. *ITEGAM-JETIA*, 2019. v. 5, n. 19, p. 69–74, 2019. Citado na página 14.
- RICHTER, F. *Smart Speaker Adoption Continues to Climb*. 2018. Disponível em: <<https://www.statista.com/chart/13931/smart-speaker-shipments/> acessado em 14/11/2021>. Citado na página 14.

SANTOS, B. P. et al. Internet das coisas: da teoria à prática. *Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, 2016. v. 31, 2016. Citado na página 14.

SILVA, C. A. da; SILVA, C. J. da. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. 2005. 2005. Citado na página 13.

TECHTUDO. *Saiba como funciona a certificação IP67 e IP68*. 2016. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/2016/05/certificacao-ip6768-entenda-se-o-celular-realmente-fica-prova-dagua.ghtml/>> acessado em 14/11/2021>. Citado na página 16.

THIAGO, C. *Porque deve Escolher o Sistema de Irrigação Correto para Produzir*. 2016. Disponível em: <<https://thiagoorganico.com/sistema-de-irrigacao/>> acessado em 01/04/2022>. Citado na página 13.