



UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE

David Elias de Souza Lopes  
Fabio Rocha de Sousa Pires  
Guilherme Henrique dos Santos Godoi  
Tales Víctor Gonçalves de Santana

**Sistema de irrigação autônomo para jardins com implementação a partir do  
microcontrolador ESP8266**

Anápolis  
2022

David Elias de Souza Lopes  
Fabio Rocha de Sousa Pires  
Guilherme Henrique dos Santos Godoi  
Tales Víctor Gonçalves de Santana

**Sistema de irrigação autônomo para jardins com implementação a partir do  
microcontrolador ESP8266**

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Software da Universidade Evangélica de Goiás para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Software.  
Orientador: Prof. Henrique Valle de Lima, Me.

David Elias de Souza Lopes  
Fabio Rocha de Sousa Pires  
Guilherme Henrique dos Santos Godoi  
Tales Víctor Gonçalves de Santana

**Sistema de irrigação autônomo para jardins com implementação a partir do  
microcontrolador ESP8266**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “bacharel em Engenharia de Software” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Software.

Anápolis, 14 de dezembro de 2022.

---

Prof. Natasha Sophie Pereira, Me.  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Henrique Valle de Lima, Me.  
Orientador

---

Prof.(a) Natasha Sophie Pererira, Me.  
Avaliador(a)  
Universidade Evangélica de Goiás

---

Prof.(a) Walquíria Fernandes Marins, Me.  
Avaliador(a)  
Universidade Evangélica de Goiás

Dedicamos esse trabalho aos nossos queridos pais que nos ajudaram a percorrer o caminho que nos trouxe até aqui. Também dedicamos a Ada Lovelace e Alan Turing, pais das computação, que em tempos historicamente difíceis persistiram, e, por meio de seus trabalhos e de muitos outros, a área de tecnologia da informação foi capaz de evoluir para o que é hoje.



## **AGRADECIMENTOS**

Nesse primeiro momento, a Deus, por ter nos dado saúde e resiliência para continuar buscando conhecimento e alcançarmos nossos objetivos. Aos nossos familiares e amigos, por nos acompanharem e incentivarem durante toda essa trajetória, além de prestarem todo apoio emocional. Por fim, a todos que participaram, diretamente ou indiretamente, no processo de aquisição de conhecimento e amadurecimento de ideias para este documento.

*“Eu não falhei.  
Apenas descobri 10 mil maneiras que não funcionam.”  
(Thomas Edison)*

## RESUMO

Uma planta visivelmente bonita e saudável passa por diferentes etapas no processo de sua construção, seu plantio, o fornecimento de nutrientes, a poda e a irrigação. A irrigação é extremamente importante nesse processo, contribuindo para o bom desenvolvimento da planta. A chuva colabora com esses processos fornecendo água à planta. Contudo, em alguns meses do ano, a incidência de chuva é pouca para a terra, e se torna necessário a interferência humana que não é eficiente. A tecnologia tem transformado a agricultura, trazendo automatização para processos como da irrigação, fornecendo quantidades corretas de água, e contribuindo com a saúde da planta, implementações de grande porte já são utilizadas pelos agricultores, automatizando a rega por quilômetros de pastagem de forma eficiente. Todavia, quando se trata de manejos voltados ao paisagismo e plantações residenciais, há certa carência de tecnologias que supram as necessidades das pessoas com esse interesse, é possível encontrar sistemas automáticos em lojas virtuais, porém tais sistemas utilizam cronômetro para acionar, com esse mecanismo podem desperdiçar água e irrigar a planta de maneira imprópria. Diante disso, o seguinte trabalho propõe o desenvolvimento de uma solução efetiva para irrigação paisagística em ambientes urbanos. Tudo isso consiste na implementação de um aplicativo que fornece, de maneira facilitada, o controle sobre todo o sistema, além de prover informações sobre os estados climáticos naquele ambiente de plantação. Por fim, a solução proposta monitora as características de umidade do solo, e depende somente da quantidade necessária de água, contribuindo com a economia e aprimorando o visual do local.

**Palavras-chave:** Software; Sistema autônomo; Irrigação; Economia de água; Microcontrolador ESP8266.

## ABSTRACT

A visibly beautiful and healthy plant goes through different stages in the process of its construction, its planting, the supply of nutrients, the pruning and the irrigation. Irrigation is extremely important in this process, contributing to the good development of the plant. Rain collaborates with these processes by providing water to the plant. However, in some months of the year, the incidence of rain is low for the land, and human interference is necessary, which is not efficient. Technology has transformed agriculture, bringing automation to processes such as irrigation, providing correct amounts of water, and contributing to plant health, large-scale implementations are already used by farmers, automating irrigation for kilometers of pasture efficiently. However, when it comes to management aimed at landscaping and residential plantations, there is a certain lack of technologies that meet the needs of people with this interest, it is possible to find automatic systems in virtual stores, but such systems use a stopwatch to trigger, with this mechanism they can waste water and water the plant improperly. In view of this, the following work proposes the development of an effective solution for landscape irrigation in urban environments. All this consists of implementing a mobile application, which provides, in an easy way, control over the entire system, in addition to providing information about the weather conditions in that plantation environment. Finally, the proposed solution monitors the soil moisture characteristics, and depends only on the required amount of water, contributing to the economy and improving the look of the place.

**Keywords:** Software; Autonomous system; Irrigation; Water economy; Micro-controller ESP8266.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Jardim com gramado . . . . .	11
Figura 2 – Exemplo de paisagismo na Universidade UniEvangélica . . . . .	12
Figura 3 – Irrigação por aspersão . . . . .	18
Figura 4 – Irrigação por gotejamento . . . . .	19
Figura 5 – Conexão elétrica . . . . .	20
Figura 6 – Regulador de tensão . . . . .	21
Figura 7 – Módulo Rele . . . . .	22
Figura 8 – Fonte 24V . . . . .	23
Figura 9 – Micro motor submerso . . . . .	24
Figura 10 – Sensor de temperatura DHT11 . . . . .	25
Figura 11 – Módulo ESP8266 . . . . .	26
Figura 12 – Diagrama de comunicação. . . . .	27
Figura 13 – Fluxo MQTT. . . . .	28
Figura 14 – Protótipo de interface . . . . .	29
Figura 15 – Paleta de cores . . . . .	30
Figura 16 – Função de envio dos dados . . . . .	31
Figura 17 – Função de acionamento manual . . . . .	32
Figura 18 – Função de acionamento automático . . . . .	32
Figura 19 – Visualização dos Tópicos . . . . .	33
Figura 20 – Conexão <i>react</i> com MQTT 1 . . . . .	34
Figura 21 – Conexão <i>react</i> com MQTT 2 . . . . .	34
Figura 22 – Telas do aplicativo . . . . .	35
Figura 23 – Tela de alerta . . . . .	36
Figura 24 – Evapotranspiração em floresta . . . . .	37
Figura 25 – Estação meteorológica . . . . .	38
Figura 26 – Tabela evapotranspiração . . . . .	38

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	JUSTIFICATIVA E DELIMITAÇÃO DO TEMA	11
1.2	PROBLEMÁTICA	12
1.3	OBJETIVOS	13
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo Geral</b>	<b>13</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>17</b>
3.1	SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO	17
<b>3.1.1</b>	<b>Irrigação por Aspersão</b>	<b>18</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Irrigação Localizada</b>	<b>18</b>
3.1.2.1	Irrigação por gotejamento	19
3.2	COMPONENTES TECNOLÓGICOS	19
<b>3.2.1</b>	<b>Regulador de tensão XY-SK80</b>	<b>20</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Módulo rele</b>	<b>22</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Fonte 24V</b>	<b>23</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Micro motor</b>	<b>23</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Sensor de temperatura e umidade do ar ( DHT11)</b>	<b>25</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Módulo ESP8266</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>27</b>
4.1	INTERNET DAS COISAS	27
<b>4.1.1</b>	<b>Comunicação entre os componentes</b>	<b>27</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Comunicação usando o protocolo MQTT</b>	<b>28</b>
4.2	<i>USER EXPERIENCE</i>	28
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>31</b>
5.1	CODIFICAÇÃO	31
<b>5.1.1</b>	<b>Algoritmo de leitura e acionamento da irrigação</b>	<b>31</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Broker em Nuvem (HiveMQ)</b>	<b>32</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Conexão MQTT</b>	<b>33</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Aplicação em React Native</b>	<b>34</b>
<b>5.1.5</b>	<b>Evapotranspiração</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>40</b>
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	40
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de irrigação representam uma importante área de estudo e desenvolvimento para a agricultura e paisagismo. Através da a relação entre as informações de solo, clima e umidade são implementados recursos que aumentam a produtividade nos mais diversos tipos de jardins e melhorando a saúde das plantas ornamentais. Dominar esse conjunto de conhecimentos é fundamental para garantir o bom desenvolvimento da planta.

"O manejo adequado da irrigação não pode ser considerado como uma etapa independente dentro do processo de produção agrícola. Além de pensar na produção deve-se pensar como se deve usar e conservar os recursos naturais". (CAMARGO, 2016)

O acompanhamento e a constante avaliação dos parâmetros de temperatura e umidade do ar ajudam a tomar decisões mais assertivas da quantidade de água a ser dispendida de modo a manter a saúde das plantas. Além disso, o monitoramento constante e eficiente das superfícies irrigadas traz um conjunto de informações que podem auxiliar até mesmo na economia de recursos hídricos.

Segundo o dicionário Michaelis "desperdício" pode ser definido como: "Falta de aproveitamento" e "O que não se aproveita" (MICHAELIS. . . , 2022). Pode-se concluir que o desperdício de água não é definido pelo quanto de água que é utilizado durante a irrigação, mas sim pela quantidade de água foi utilizada além do que era necessário para concluir a irrigação.

Já existem no mercado sistemas de irrigação autônoma, entretanto grande parte das soluções propostas são focadas em plantações de grande porte, que utilizam máquinas robustas e aparelhos mais inteligentes para analisar um conjunto mais amplo de parâmetros no cultivo e também apresentam alto custo financeiro, tornando-se inviáveis para pessoas que não possuem interesses econômicos nesta área. Outros sistemas são temporizadores que não são capazes de identificar parâmetros importantes como umidade do solo e do ar, de baixa eficiência, que podem incorrer no desperdício de água.

Dessa maneira, o objetivo deste trabalho é a criação de um sistema autônomo de irrigação focado no paisagismo, como por exemplo o jardim da figura 1, além de utilizar equipamentos com valor financeiro mais acessível empregando o microcontrolador ESP8266, que trabalha em conjunto a um sensor de nível de água, com o DHT11 um sensor de temperatura e umidade atmosférica, e uma micro-bomba de propulsão de líquidos.



Figura 1 – Jardim com gramado

Fonte: (LOVETHEGARDEN, 2022)

Além disso, propõem-se um aplicativo inteligente que realiza o monitoramento dos dados coletados e acionamento do sistema de forma automática, contribuindo para um correto manejo da plantação e, com isso, um melhor aproveitamento dos recursos hídricos utilizados irrigação paisagística. A área de aplicação de um sistema acessível financeiramente pode variar desde pequenos produtores agrícolas até aplicações residenciais, como jardins, por exemplo.

## 1.1 JUSTIFICATIVA E DELIMITAÇÃO DO TEMA

O correto manejo de água para irrigação é um tema de grande importância ambiental além de influenciar no desenvolvimento de lavouras e plantas de exposição, e por isso também é um tema bem amplo que abrange diversas áreas de estudo. Por esses motivos, o trabalho estuda a aplicação da irrigação autônoma para paisagismo e utiliza dados obtidos da grama para os cálculos de testes.

"O paisagismo trata da organização do espaço externo, buscando a harmonia entre as construções e a natureza. Está baseado em critérios estéticos e na relevância que assumem os elementos naturais, em especial a vegetação. A paisagem é vista como um reflexo dos sistemas climáticos, naturais e sociais, interagindo entre si. São considerados elementos integrantes da paisagem todos os componentes espaciais de um determinado território apreendidos por um espectador".(BELLÉ, 2013)

O paisagismo melhora o bem estar e a saúde das pessoas, mesmo que seja um jardim simples as pessoas que tem contato com ele visualizam algo fora de seu cotidiano, sendo um lugar sem poluição sonora e visual, como exemplo na figura 2. "O paisagismo contribui para o bem estar físico e mental, caracterizado pela harmonia de uma paisagem equilibrada, saudável e bela."(SANTOS, 2009)





Figura 2 – Exemplo de paisagismo na Universidade UniEvangélica

Fonte: (UNIEVANGÉLICA, 2021)

## 1.2 PROBLEMÁTICA

Seja na área da agricultura ou do paisagismo, a correta execução da irrigação é um fator de enorme importância, a irrigação feita de forma correta ajuda no crescimento da planta e evita o desperdício de recursos hídricos. A execução manual de irrigações pode acarretar em desperdício de água, além de uma distribuição desigual entre as plantas, que influencia diretamente no desenvolvimento das plantas. Utilizar a visão de uma pessoa como forma de reconhecer a área que necessita de umidade resulta em um conjunto limitado de parâmetros para a análise, por outro lado sensores tecnológicos podem coletar dados mais precisos e que seriam impossíveis para o ser humano. A falta de água pode impedir que as plantas obtenham nutrientes do solo, prejudicando o seu crescimento. E o excesso de água propicia microclima favorável ao desenvolvimento de doenças e pragas, que podem causar prejuízo à cultura (ALBUQUERQUE, 2010). Por meio do ESP8266 e do sensor DHT11, é possível criar um sistema compacto de monitoramento que satisfaça a necessidade das plantas de um jardim e que seja atrelado a um baixo custo de implementação, tornando o sistema acessível a mais pessoas. Esse sistema é mais preciso que os sistemas baseados em tempo, e conseqüentemente contribuem de maneira mais efetiva para evitar o desperdício de água.

## 1.3 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

### 1.3.1 Objetivo Geral

Construir um sistema de irrigação, de baixo custo de implementação, que auxilie de forma autônoma na irrigação de jardins, praças e outros modelos de paisagismo, além de se comunicar com o usuário via *software*.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar formas de irrigação e definir qual melhor se adequará ao sistema.
- Analisar ferramentas de desenvolvimento de *software*, sensores e outros componentes tecnológicos que serão usados e garantir que serão capazes de gerar um sistema íntegro e preciso de baixo custo.
- Modelar uma arquitetura de *software* antes da construção do sistema para auxiliar nas entregas cumprindo datas, orçamentos, e critérios de qualidade.
- Documentar o projeto em todas suas fases: pesquisa, arquitetura, codificação, testes e implementação.
- Construir um *software* responsivo e de fácil utilização, seguindo critérios de interface, usabilidade e ergonomia visando o bem estar dos usuários.
- Validar requisitos e testes baseando-se em critérios já testados e confirmados para entregar um sistema confiável, rápido e com boa qualidade.
- Realizar o correto manejo de água e dessa maneira diminuir o desperdício de água.
- Seguir princípios de IoT (*Internet* das coisas) para que além de irrigar plantas e economizar economizar recursos hídricos o sistema facilite a gestão de tarefas dos usuários.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS RELACIONADOS

Através de uma pesquisa realizada no Google scholar, os critérios de aceitação foram trabalhos de 2015 a 2022, dessa forma evita-se utilizar pesquisas com tecnologias em desuso, o segundo critério foi trabalhos preferencialmente realizados no Brasil pois a geografia e clima é uma fator que pode alterar as necessidades do sistema. Por meio desses critérios foram aceitos os seguintes trabalhos:

- **Sistema de irrigação localizada e automatizada** - Ricardo Hahn Aita, 2017. (AITA, 2017)
- **Sistema de irrigação para plantas caseiras** - Pedro Henrique da Silva Medeiros, 2018. (MEDEIROS, 2018)
- **Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado de baixo custo** - Diogo Giomo, 2019. (GIOMO *et al.*, 2019)
- **Implementação e monitoramento de um sistema de irrigação automatizado em IoT utilizando módulo ESP32 em plantio caseiro** - Luis Felipe Araújo Henrique, 2021. (HENRIQUES *et al.*, 2021)
- **Sistema de irrigação automatizado para plantações de pequeno porte** - Bruno de Souza Lacerda, 2021. (LACERDA, 2022)

Essa pesquisa tem como objetivo comparar os dados com um esboço do projeto realizado previamente, e analisar informações de materiais, métodos e resultados dos projetos. Através dessa análise se espera obter informações para validação do esboço, e fazer uma arquitetura de projeto mais bem elaborada e concisa.

As informações buscadas serão divididas em dois grupos, o primeiro referente aos elementos de *hardware* utilizados, visto que existem muitos materiais que podem ser abordados como plataformas de prototipação, sensores, motores, válvulas, dentre outros. Assim, procurou-se entender quais deles terão maior importância para pequenas irrigações bem como seu custo-benefício quanto ao projeto.

O segundo refere-se a quais *softwares* foram escolhidos para exibição dos dados, assim como a validação de suas funcionalidades segundo o projeto e se foram testadas de maneira correta. Em relação à interface, deverá ser analisado se ela possui usabilidade e se foram realizadas pesquisas de Experiência de Usuário(UX), Interação Homem-Computador(IHC) e a prototipação antes de sua elaboração.

Foi observado que a maioria dos projetos possuem uma base de dispositivos semelhantes devido a acessibilidade destes. A plataforma Arduíno se mostra como a melhor plataforma micro controlável para o projeto. Quanto á utilização dos sensores, foram identificados o sensor de temperatura e umidade DHT11(HENRIQUES *et al.*, 2021) e

o instrumento medidor de PH(AITA, 2017). O sensor DHT11 é bastante viável para o projeto e tem um ótimo custo benefício, entretanto, o medidor de PH trouxe problemas de instalação e as informações que ele abstrai se mostram pouco relevantes para o sistema proposto.

Ademais, notou-se que o módulo de conexão ESPWROOM-32 é mais moderno, além de contar com mais funções que o ESP8266, como a inclusão de Bluetooth e sensor de proximidade. Mas, em compensação, o ESP8266 tem um custo relativamente menor. Quanto ao sensor de temperatura e umidade do ar, o DHT11, que é um sensor com baixo custo, é possível medir a temperatura e umidade do ambiente, abrindo um leque de alternativas para a gerência de uma irrigação.

Ao se falar de *software*, poucos trabalhos se preocuparam em desenvolver uma interface amigável para o usuário, não houve pesquisas voltadas para Experiência do Usuário (UX) e Interação Homem-Computador (IHC), e em alguns projetos a visualização dos dados não foi abordada.

O trabalho (LACERDA, 2022) utiliza uma solução alternativa, o Blynk App, uma plataforma capaz de acessar informações do Arduino e armazená-las em um banco de dados, bastante prática porém padronizada para qualquer sistema Arduino, limitando personalizações e carregando informações que poderiam ser descartáveis para um sistema de irrigação.

Foi escolhida a plataforma TagoIO no projeto (HENRIQUES *et al.*, 2021), por apresentar inúmeros recursos e possuir uma menor limitação quando comparada com outras plataformas. É um sistema voltado para projetos que envolvem protocolo de comunicação MQTT. É possível criar *Dashboards* que possibilitam o monitoramento dos dados, notificações e relatórios.

No trabalho citado, não foi utilizado sensor de nível de água com um reservatório de água, nem um micro-motor. Foi escolhido um módulo relé e também uma válvula solenoide. Para a irrigação, foi usada uma válvula solenoide conectada ao módulo relé e a uma mangueira cristal com água da rua e passagem da torneira já aberta, onde a válvula libera a passagem caso a condição da umidade fosse menor que 50%. Foram utilizados dois aspersores para fazer uma irrigação mais bem distribuída, onde o acionamento deles se deu junto com a válvula solenoide.

A utilização da plataforma TagoIO pode ser aproveitada para o uso no trabalho, pois ela permite a integração com o aplicativo para realizar o monitoramento do sistema de irrigação remotamente. Junto a isso, pode ser usado os aspersores, que se mostraram uma forma eficaz e distribuída de se fazer irrigação. Em soma, quando se tem um período grande de seca na região, ou seja, sem chuva, e não tem água no reservatório, pode ser usada a água da rua para fazer a passagem da água por meio de uma torneira para realizar a irrigação.

O sistema de irrigação (HENRIQUES *et al.*, 2021), funcionou conforme o esperado.

Os sensores foram eficientes e com um baixo tempo de latência na transmissão dos dados. Quando a terra estava úmida, o valor lido pelo sensor (higrômetro) foi de 73% no gráfico. Caso o valor lido pelo higrômetro fosse menor que 50%, o relé seria acionado por 8 segundos, iria comutar de normalmente aberto para normalmente fechado, ao comutar o relé, iria acionar a válvula solenóide, permitindo a passagem da água pela torneira aberta para os dois aspersores para realizar a irrigação.

Através dessa análise observou-se que os componentes de *hardware* voltados para sistemas de irrigação já têm uma base literária bem definida, entretanto o *software* é ignorado, esse pode ser um fator determinante para o grande número de trabalhos voltados á irrigações pequenas, mas há poucos sistema realmente funcionais, a maneira que as informações são obtidas e mostradas ao usuário é um fator muito importante para o sucesso ou fracasso do sistema.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho proposto tem a finalidade de criar um sistema de irrigação autônomo aplicado em jardins e afins. Além disso, objetiva-se promover a economia dos recursos hídricos, fornecendo somente a quantidade necessária para as plantas sem gerar desperdício. Inicialmente realizamos uma pesquisa bibliográfica acerca das formas de irrigação, técnicas de manuseio e as principais soluções disponíveis atualmente.

Com o uso de metodologia exploratória, foram coletados e analisados dados que servirão de amparo para as etapas de codificação do *software* e instalação do *hardware*. Os protótipos levantados inicialmente apontam para o uso de um sistema com o microcontrolador ESP8266 para gerenciamento do sistema de irrigação a baixo custo de implementação.

O desenvolvimento de um sistema não segue regras rígidas pré-estabelecidas, mesmo fazendo-se uso de bibliotecas, IDEs, diagramas, e *frameworks* conhecidos. A ocorrência de erros e a necessidade de revisão e adequação da solução conduz a um processo de desenvolvimento hipotético dedutivo, onde as possíveis falhas, quando existirem, poderão ser utilizadas como uma ferramenta colaborativa na melhoria do código e, conseqüentemente, do produto final.

Dessa maneira, espera-se que os objetivos de desenvolvimento do sistema sejam alcançados de maneira eficiente, resultando em um produto que atenda aos requisitos de boas práticas de desenvolvimento de *software* ao mesmo tempo que cumpra os objetivos estabelecidos no trabalho.

Para um sistema de irrigação gerenciável é necessário a escolha do formato de irrigação mais adequado à planta, um sistema hidráulico que suporte a vazão da água, sensores precisos, um microcontrolador para a administração do sistema e um módulo de conexão *Wi-Fi* para o acesso do usuário. Tais itens possuem uma grande diversidade e por isso há a exigência de uma pesquisa para definir qual modelo se adequará melhor à irrigação desejada.

Neste capítulo serão abordados os principais métodos e ferramentas necessárias para a construção do sistema físico de irrigação, além do processo de criação do *software* de gerenciamento. Sendo assim, o tópico 3.1 tratará os tipos de irrigação investigados assim como os seus benefícios e desvantagens, a seguir, no item 3.2, será a apresentação dos componentes tecnológicos.

#### 3.1 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Para desenvolver um projeto de irrigação foi analisado requisitos básicos para que a planta tenha melhor desenvolvimento e evitar a degradação de recursos naturais. Através dessa pesquisa escolhemos a irrigação por aspersão.

### 3.1.1 Irrigação por Aspersão



Figura 3 – Irrigação por aspersão

Fonte: (ESALQ/USP, 2022)

Segundo (BISCARO, 2009) o objetivo desse sistema é realizar um tipo de chuva artificial, utilizando aspersores, os quais jogam jatos de água que formam pequenas gotas no ar, caindo sobre o solo, irrigando-o (Figura 3). Geralmente, a água corre em tubulações, causando uma pressão que ativa os aspersores. O aspersor é o equipamento que tem a função de pulverizar a água em forma de jatos.

A irrigação por aspersão pode ser usada em diversos modelo de plantação, há exceções pois existem plantas que as folhas não podem ser molhadas. Existem irrigadores micro, normal e extensos como pivô central, usados em grandes lavouras. A escolha dependerá do agricultor que deve se basear no tamanho da plantação e nos recursos hídricos e financeiros.

Os motivos da escolha desse sistema é a grande flexibilidade que ele permite na sua montagem podendo ser o modelo convencional, micro ou suspensa e também pode ser usado em diversos tipos de solos e plantas. Pode ser usado facilmente com fertirrigação e pode ser usado para cobrir uma grande área se necessário (SOARES, 1986).

### 3.1.2 Irrigação Localizada

A água é lançada no solo ao redor da planta continuamente existem diferentes tipos como micro aspersão e gotejamento. Esse modelo garante que a terra fica sempre úmida porém esse sistema em seu formato convencional não impede o desperdício de água.



### 3.1.2.1 Irrigação por gotejamento

A água é canalizada, os canos ficam sobre a terra e nas regiões próximas as plantas tem furos para saída de água que cai sobre a planta em gotas de tempo regular (Figura 4). É possível controlar a quantidade de cada gota através de dispositivos mecânicos simples.

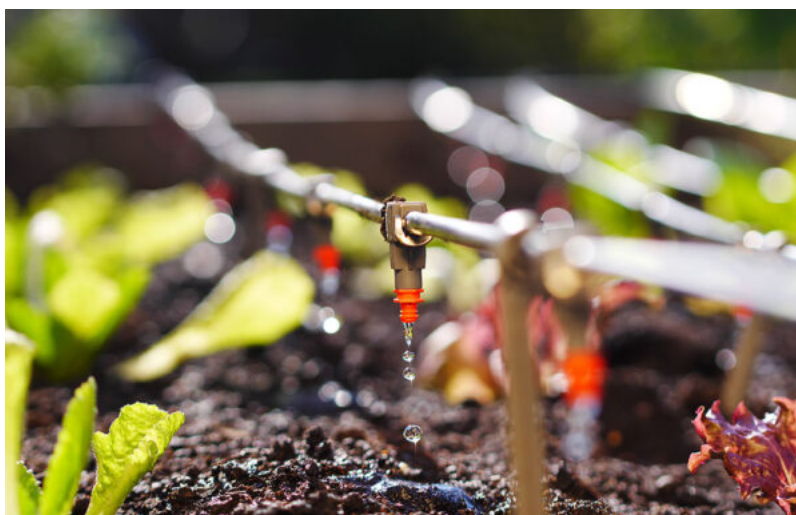


Figura 4 – Irrigação por gotejamento

Fonte: (CAMPONEGÓCIOSONLINE, 2021)

## 3.2 COMPONENTES TECNOLÓGICOS

A irrigação é dependente do sistema hidráulico e elétrico, ambos podem ser automatizados, sensores são capazes de detectar informações do solo e do ar e otimizam a plantação. Além dos sensores existem outros componentes que se conectam ao ESP8266 como baterias, motores, atuadores, resistores. Para essa pesquisa será usado regulador de tensão, módulo rele, Fonte 24V, um micro motor para mover a água do reservatório, sensor de umidade e temperatura do ar e o ESP8266. A figura 5 mostra a conexão entre os componentes.



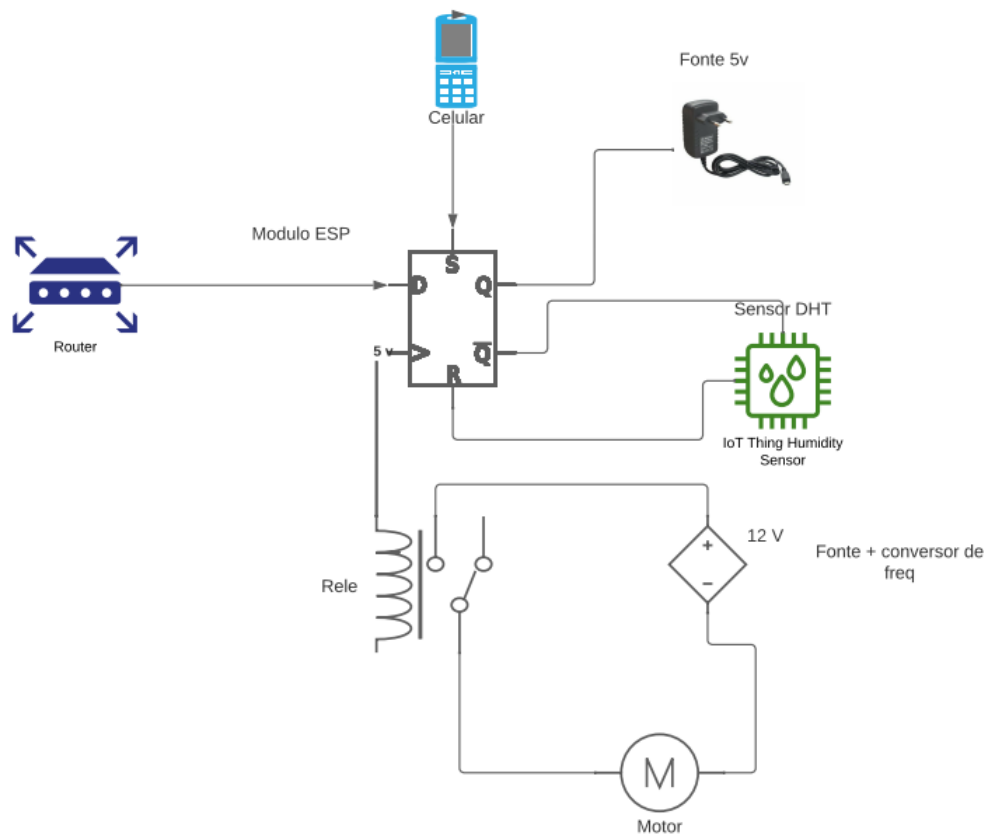


Figura 5 – Conexão elétrica

Fonte: Autores

### 3.2.1 Regulador de tensão XY-SK80

O XY-SK80 (Figura 6) é um módulo de fonte de alimentação automática de tensão constante de corrente constante ajustável em tensão contínua com *display* LCD. Define a corrente de saída para atender à demanda.

Recursos:

- Múltiplos parâmetros são exibidos simultaneamente
- Saída de corrente constante de tensão constante
- Suporte proteção anti-reversa
- Suporte proteção anti-retorno
- Suporte de proteção contra curto-circuito
- Suporte a proteção contra sobretensão
- Proteção de sobrecorrente

- Suporte sobre proteção de temperatura
- Tensão de entrada de exibição de suporte
- Suporte exibir tensão de saída, corrente, potência
- Suporte indicador de status de trabalho



Figura 6 – Regulador de tensão

Fonte: Autores

Especificações:

- **Tensão de trabalho:** DC 6.0V 36V
- **Tensão de saída:** DC 0.6V 36V
- **Corrente de saída:** 0.0A 5.1A
- **Potência de saída:** 80W
- **Eficiência de conversão:** cerca de 88%
- **Proteção anti-reversa**
- **Proteção anti-refluxo**
- **Proteção contra curto-circuito**
- **Frequência de trabalho:** 180KHz
- **Proteção contra temperatura excessiva:** 100 °C

- **Faixa de temperatura de trabalho:** -20 °C 100 °C
- **Faixa de umidade de trabalho:** 0% -95% UR
- **Tamanho:** 79x43x53mm

(BANGGOOD, 2022)

### 3.2.2 Módulo rele

O Módulo Relé 5V de 4 canais(Figura 7) permite integração com uma ampla gama de microcontroladores como *Arduino*, AVR, PIC, ARM. A partir das saídas digitais pode-se, através do relé, controlar cargas maiores e dispositivos como motores AC/DC, eletroímãs, *solenoides*, lâmpadas incandescentes e eletrodomésticos por exemplo. Especificações:



Figura 7 – Módulo Rele

Fonte: Autores

- **Modelo:** JQC-3FF-S-Z
- **Tensão de operação:** 5VDC
- **Permite controlar cargas de 220V AC**
- **Corrente típica de operação:** 15 20mA
- **LED indicador de status**
- **Pinagem:** Normal Aberto, Normal Fechado e Comum
- **Tensão de saída:** (30 VDC a 10A) ou (250VAC a 10A)

- Furos de 3mm para fixação nas extremidades da placa
- Tempo de resposta: 5 10ms
- Ativo baixo (Aciona com GND)
- Dimensões: 8 x 6 x 2cm
- Peso: 100g

(FILIFEFLOP, 2022).

### 3.2.3 Fonte 24V

A fonte de alimentação (Figura 8) que recebe na sua entrada 110V ou 220V em corrente alternada e converte para 24V em corrente contínua (24 vcc) ou alternada (24vca) com o intuito de alimentar circuitos eletrônicos e circuitos de comando.

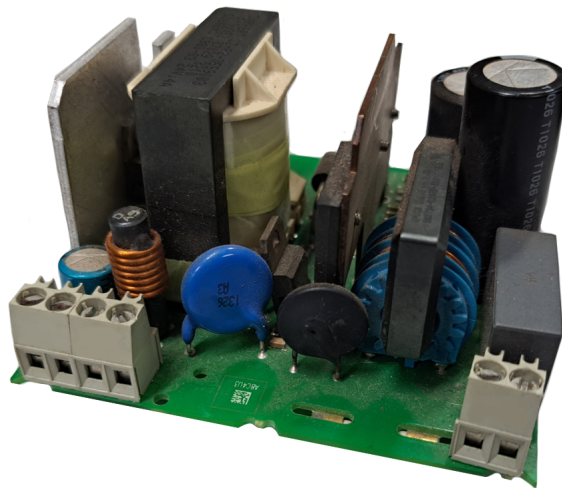


Figura 8 – Fonte 24V

Fonte: Autores

### 3.2.4 Micro motor

O micro motor submerso ou micro bomba de água (Figura 9), é um dispositivo pequeno com função de mover líquidos, são muito usados em sistemas de limpeza e oxigenação de aquários. No geral a potência da bomba é pequena, mas pode ser adaptada para irrigação em plantações de porte pequeno.

O micro motor funciona com a voltagem de 2.5V a 6V, com capacidade de vazão de água de 80 a 120 litros e funciona por até 500 horas contínuas, seu comprimento é pequeno ocupando pouco espaço no reservatório. (LAHISTECH, 2018) Com um motor de tamanho adequado, é capaz de impulsionar entre 1500ml a 2000ml por minuto, sendo destacada pela sua eficiência e precisão durante sua execução em conjunto com o Arduino, por exemplo. É importante declarar que existem outros tipos de micro motores que são usados em outras áreas, como odontologia e podologia, mas que não serão estudados, pois não terão qualquer conhecimento relevante ao trabalho.



Figura 9 – Micro motor submerso

Fonte: Autores

Características:

- **Tamanho** - 90 x 40 x 35 mm.
- **Diâmetro de saída** - 6mm de entrada e 9mm de saída.
- **Trânsito** - 1,5 - 2L/min aproximadamente.
- **Largura** - 1.5mm e 2mm.
- **Lift** - Vertical até 3 metros.
- **Tempo de vida** - até 2500 H, temperatura da água: até 80°C.
- **Peso** - 106g.
- **Tensão de funcionamento** - DC12V.

- Corrente de trabalho - 0.5 - 0.7A.
- Corrente de carga vazio - 0.18A.

(VIDADESILICIO, 2022).

### 3.2.5 Sensor de temperatura e umidade do ar ( DHT11)

A umidade do ar e a temperatura são fatores de risco para plantio, diferente da umidade do solo essas variáveis não podem ser manipuláveis facilmente apenas irrigando o solo, porém essas informações podem ajudar na escolha de qual tipo de cultivo deve ser feito e também pode funcionar como um alerta de possíveis perigos que as plantas poderão enfrentar. O sensor DHT11 (Figura 10) verifica a temperatura de 0° até 50° e a umidade atmosférica de 20 a 90 por cento, e possui precisão de 2° para temperatura e 5 por cento para umidade.(SUNROM, 2020) Especificações que atendem ao projeto proposto, porém não é recomendável para áreas de baixa temperatura.

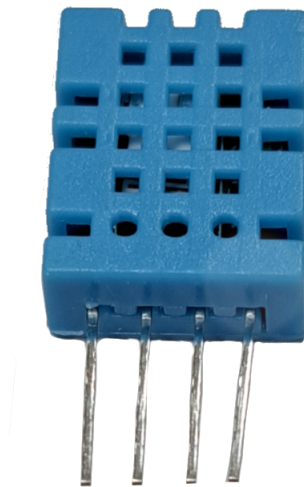


Figura 10 – Sensor de temperatura DHT11

Fonte: Autores

### 3.2.6 Módulo ESP8266

Esse módulo possui sua própria rede *wi-fi*, ele permite que dispositivos como o *Arduíno* acessem a *internet* por meio de navegadores e também de dispositivos *mobile*. Por meio do ESP8266 (Figura 11), é possível ter recursos da rede *wi-fi* utilizando sua biblioteca de configuração, a *ESP8266WIFI*, e com isso fazer conexões às redes remotas utilizando as credenciais de acesso (GROKHOTKOV, 2017).

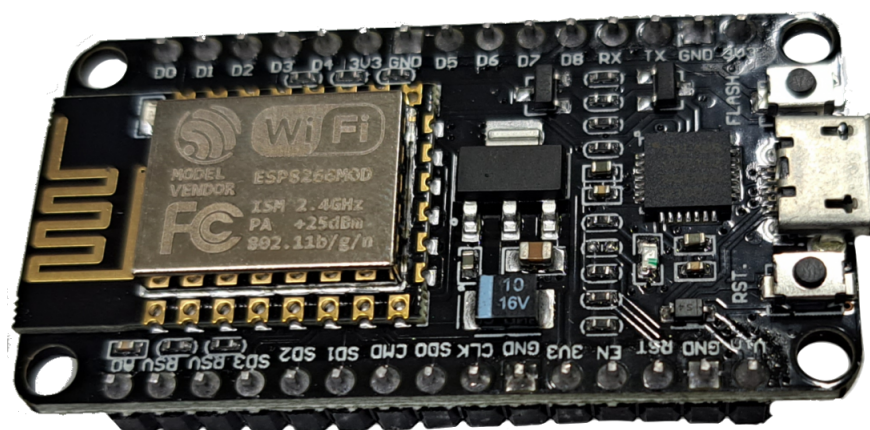


Figura 11 – Módulo ESP8266

Fonte: Autores

## 4 DESENVOLVIMENTO

### 4.1 INTERNET DAS COISAS

O conceito de *Internet of Things* (IoT) pode ser explicado como uma rede de conexão, sem fio, entre dispositivos físicos, essa conectividade pode ser obtida por meio de redes *wi-fi* ou *bluetooth*, por exemplo, a fim de transmitir dados de um dispositivo para outro (ORACLE, 2022). É possível aplicar a IoT em diferentes meios, sendo comum em ambientes domésticos, agricultura, acessórios tecnológicos, saúde e indústrias. O objetivo em comum é facilitar tarefas que na maioria das vezes são repetitivas e que demandam alto grau de acertabilidade e constância.

#### 4.1.1 Comunicação entre os componentes

O ESP8266 será o componente principal do sistema de irrigação, atuando em 3 funções: a primeira função será receber os dados do sensor como a temperatura e umidade do ar. A segunda função será usar os dados coletados para calcular se é necessário irrigar a planta, caso sim, o ESP8266 irá acionar o micro motor para que a irrigação seja realizada, e a terceira função será o envio dos dados coletados para o *software* do usuário com o objetivo de visualizá-los. A comunicação é representada na figura 12.

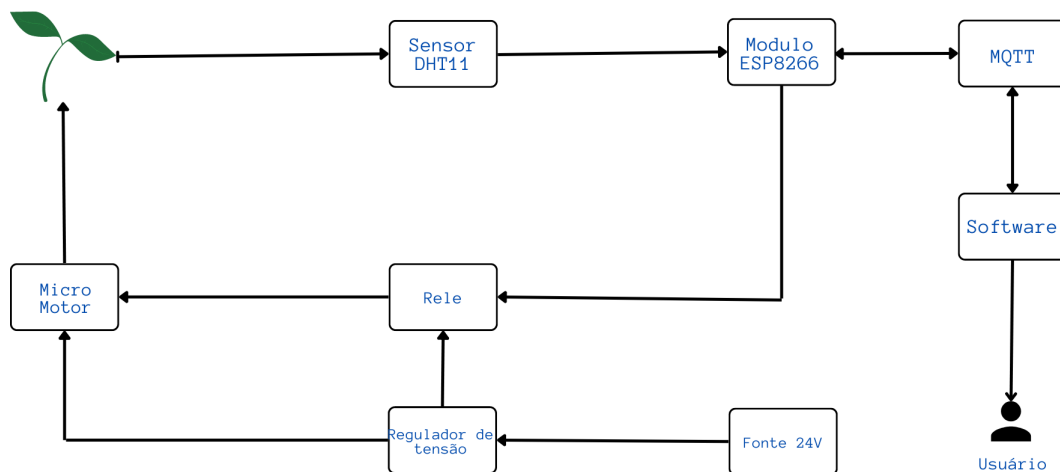


Figura 12 – Diagrama de comunicação.

Fonte: Autores



### 4.1.2 Comunicação usando o protocolo MQTT

O protocolo MQTT, muito utilizado para aplicações de *internet* das coisas, utiliza o padrão publicação/assinatura para o tráfego de mensagens entre dispositivos (NERI; LOMBA; BULHÕES, 2019). Com isso, é possível fornecer informações em tempo real para aparelhos em rede com pouca utilização de código e baixo consumo de banda. Ademais, esse protocolo é compatível com diversas linguagens como o *NodeJs*, *Python* e o *framework* .NET. Na figura 13 é exemplificado um fluxo de dados com o MQTT.

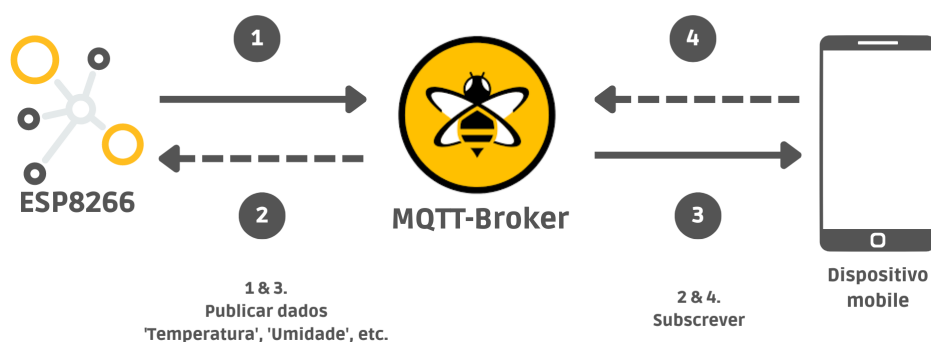


Figura 13 – Fluxo MQTT.

Fonte: Autores

O fluxo se inicia com uma mensagem do *publisher*, onde ele enviará os dados adquiridos através dos sensores ao *broker*, assim o intermediador poderá destinar essas informações aos inscritos autorizados a receber a mensagem. Vale ressaltar que o *subscriber* pode ser *publisher* simultaneamente, ou seja, receberá e enviará dados ao *broker*.

## 4.2 USER EXPERIENCE

Visando aumentar a usabilidade e acessibilidade do sistema, buscamos um conceito de construção de *interface* simplificada e intuitiva, que utilize ícones padronizados e descritivos, e que apresente informações importantes para o usuário de maneira que sejam posicionadas na tela de um modo em que o usuário as entenda e encontre-as de maneira fácil e rápida. Por isso, antes da codificação foi desenvolvido um protótipo de interface (Figura 14), que foi utilizado para validação dos requisitos e base para o desenvolvimento da interface interativa.

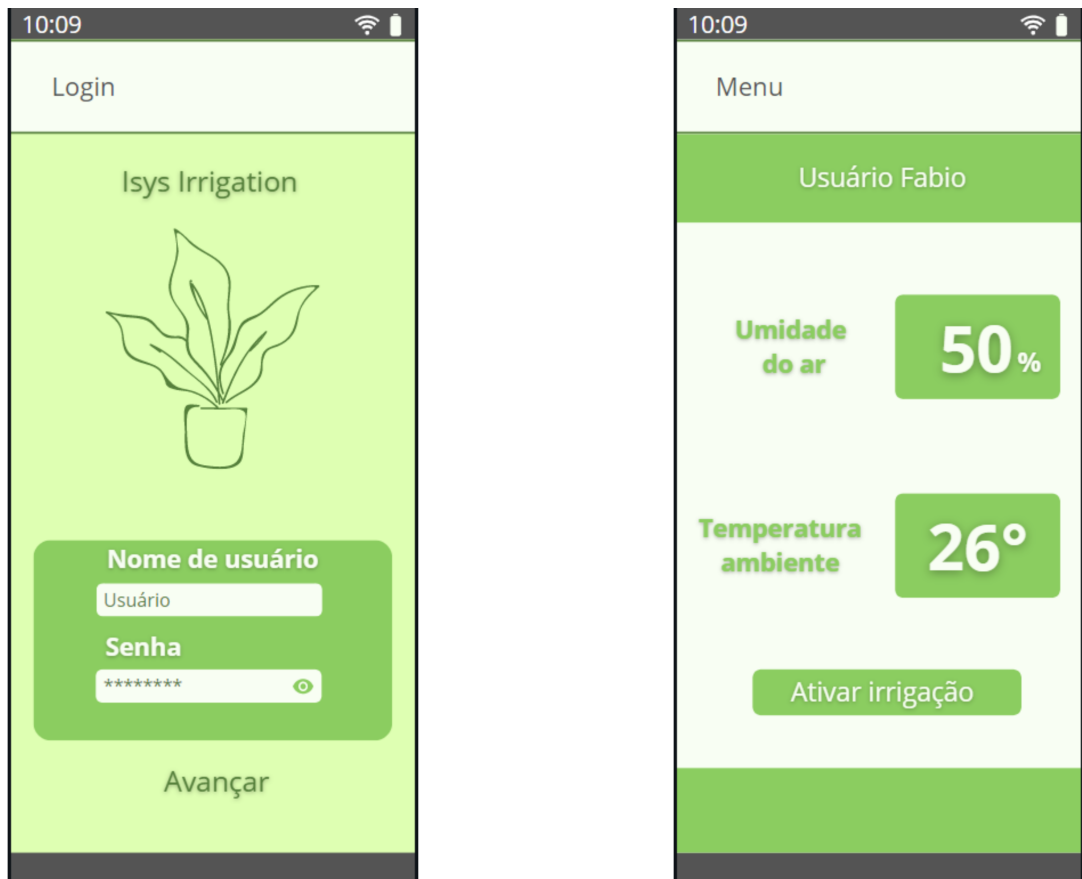


Figura 14 – Protótipo de interface

O protótipo de interface foi nomeado como "Isys - Sistema de Irrigação autônomo", foi desenvolvido na ferramenta gráfica *Canva* que permite criar telas de celular navegáveis e utilizar ícones, formatos e cores de modelo similar a biblioteca de estilização do *React Native*.

Como parte do desenvolvimento da pesquisa UX (*User Experience*), foi construída uma paleta de cores (Figura 15) que foi usada na montagem do protótipo de *interface* do *software*. A paleta, elaborada no *Adobe Color*, utiliza a regra monocromática da harmonia das cores.

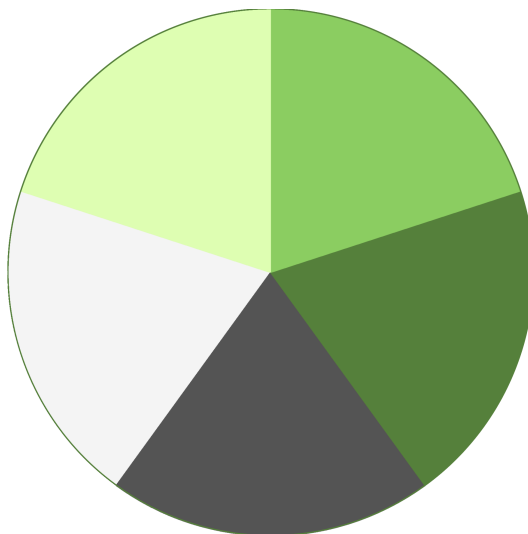


Figura 15 – Paleta de cores

As três primeiras cores refletem diferentes tons de verde harmônicos que remetem ao bem estar e contato com a natureza, os três tons se diferem em claro, neutro e escuro, os dois primeiros formando a base da interface, enquanto que o tom mais escuro será usado para dar mais destaque aos itens de maior destaque como ícones e botões. As outras duas cores, *Azure* e cinza, foram escolhidas devido trazerem a ideia de uma tela limpa e que não cause um cansaço durante a leitura, além de mostrar destaque das informações e harmonizar com as cores principais.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 CODIFICAÇÃO

Para ser possível replicar o protótipo em código, será usado o *React Native*, um *framework* que utiliza a linguagem *Javascript*, juntamente com o *Yarn* como gerenciador de pacotes, essas são duas tecnologias mundialmente conhecidas e muito bem aceitas na comunidade de desenvolvedores. E para a implementação no ESP8266 será usada a *IDE* do *Arduino*.

#### 5.1.1 Algoritmo de leitura e acionamento da irrigação

Na imagem a seguir (Figura 16), encontra-se a função responsável pela leitura dos dados do sensor, contidas nas variáveis "umidade" e "temperatura". Após essa leitura, os dados são enviados à nuvem para que possam ser vistos, o método "*MQTT.publish*" executa essa lógica passando como parâmetros o tópico assinado e os dados obtidos anteriormente.

```
void enviaDados() {
    float umidade = dht.readHumidity();
    float temperatura = dht.readTemperature();

    MQTT.publish(SUB_TEMPERATURA, String(temperatura).c_str()); //String(v_float).c_str() Converte um float em string
    MQTT.publish(SUB_UMIDADE, String(umidade).c_str());

    delay(2000);
}
```

Figura 16 – Função de envio dos dados

Fonte: Autores, 2022

Portanto, representada na figura 17, para que se possa fazer o acionamento do sistema de irrigação por meio da aplicação, utilizou-se a função "*callback*" que sempre ficará lendo as mensagens reportadas pelo *broker*. Recebendo como parâmetro o tópico, a mensagem e o tamanho da mensagem; pode-se verificar se a mensagem vinda do aplicativo corresponde a um acionamento (= '1') então o pino 2 é ligado, ou a um desligamento (diferente de '1') onde o pino 2 é desligado.

```

void callback(char* topico, byte* mensagem, unsigned int length) {

  Serial.println("Topico da mensagem: ");
  Serial.print(topico);

  Serial.println("Dados recebidos da nuvem:");

  if((char)mensagem[0] == '1'){
    digitalWrite(2, LOW);
    Serial.println("Ligado");
  }

  else{
    digitalWrite(2, HIGH);
    Serial.println("Desligado");}

  }

}

```

Figura 17 – Função de acionamento manual

Fonte: Autores, 2022

Na imagem representada abaixo(Figura 18), foi implementada a função responsável por acionar a irrigação automaticamente, basendo-se nos dados do sensor. Dentro de cada condicional são analisadas as variáveis "umidade"e "temperatura", caso a condição seja verdadeira, a irrigação será acionada "digitalWrite(HIGH)". Após isso, um contador será iniciado de acordo com o tempo necessário de irrigação, ao finalizar a contagem a irrigação é desligada por meio do método "digitalWrite(LOW)".

```

void irrigacaoAuto(int umidade, int temperatura) {

  unsigned long agora = 0;

  if(umidade >= 50 && temperatura < 20){

    digitalWrite(2, HIGH);
    agora = millis() //Tempo atual
    while(millis() < agora + (95*100) { //Pausa de 95 segundos

      digitalWrite(2, LOW);

    }

  }

  else if(umidade => 50 && 20 <= temperatura && temperatura < 32){

    digitalWrite(2, HIGH);
    agora = millis() //Tempo atual
    while(millis() < agora + (120*100) { //Pausa de 120 segundos

      digitalWrite(2, LOW);

    }

  }

}

```

Figura 18 – Função de acionamento automático

Fonte: Autores, 2022

### 5.1.2 *Broker em Nuvem (HiveMQ)*

A fim da disponibilização dos dados e sua visualização, foi utilizada uma plataforma em nuvem, a *HiveMQ*. Seu objetivo é facilitar e amplificar o espaço de acesso às informações que lhe foram enviadas. Na figura 19 está disposta a interface de teste disponibilizada pela

própria plataforma, assim é possível analisar cada tópico de informação proporcionada pelo sensor DHT11.

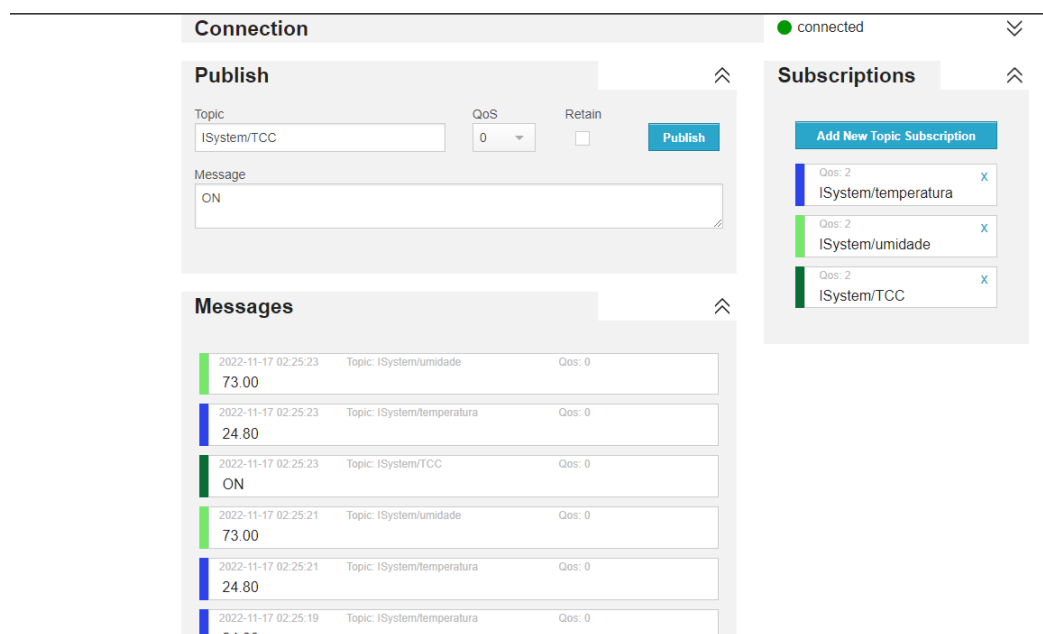


Figura 19 – Visualização dos Tópicos

Fonte: Autores, 2022

Na imagem acima, no canto superior direito, vê-se os tópicos assinados pelo *client* do *front-end* e que posteriormente serão exibidos em tela. O primeiro tópico, representado pela cor azul e nomenclatura "ISystem/temperatura", retorna os dados relativos à temperatura captada pelo sensor. Logo abaixo, com o nome de "ISystem/umidade", está o tópico que diz respeito à umidade que também é extraída por meio do sensor DHT11. Por fim, o "System/TCC", é utilizado para fazer a publicação da mensagem que será lida no ESP8266, nesse contexto, foi enviada a mensagem 'ON' com o intuito de acionar a irrigação.

### 5.1.3 Conexão MQTT

Agora, a aplicação em React Native se conecta aos 3 tópicos do *HiveMQ* (Figura 20) citados anteriormente, a partir deles têm-se os dados em tempo real relacionados à temperatura e à umidade do ambiente.

```
24     function onConnect() {
25         console.log("onConnect");
26         client.subscribe('ISystem/umidade');
27         client.subscribe('ISystem/temperatura');
28         client.subscribe('ISystem/TCC')
29     }
```

Figura 20 – Conexão *react* com MQTT 1

Fonte: Autores, 2022

Para conectar a nuvem o *client* do *React Native* se conecta ao endereço do link dela e a porta da nuvem, a função *clientID* gera uma ID nova para cada *client* aleatoriamente(Figura 21).

```
53     const client = new Paho.MQTT.Client(
54         "broker.hivemq.com", //url para conexão
55         8000, //porta de saída dos dados
56         "clientID-" + parseInt(Math.random() * 100) //cria um ID aleatório para o cliente
57     );
58     client.onMessageArrived = onMessageArrived;
59     client.connect({ onSuccess:onConnect, useSSL: false });
60     client.onConnectionLost = onConnectionLost;
```

Figura 21 – Conexão *react* com MQTT 2

Fonte: Autores, 2022

#### 5.1.4 Aplicação em *React Native*

O desenvolvimento do código foi realizado na plataforma *Visual Studio Code* também utilizando o instalador de pacotes *yarn*, para os testes do *software* foi utilizado a ferramenta nativa do *react native: expo*. Além das dependências nativas foram usadas bibliotecas para testes *web*, adicionar ícones, conexão *mqtt*, entre outras.

Para o *software* os requisitos eram criar uma duas telas(Figura 22) uma para *login* e outra para exibição dos dados, para isso o desenvolvimento do *software* foi desenvolvido nos seguintes 4 estágios: Implementar a navegação entre duas telas simples, definição da arquitetura das duas telas, conexão com *mqtt* e estilizar as telas para adequação ao estudo UX.

A imagem a seguir mostra o *software* em funcionamento, a primeira tela representa o *login* do usuário para conectar o banco, essa funcionalidade não foi implementada pois ela não se trata de um requisito implementado na primeira etapa de desenvolvimento, como o *software* não carrega nenhum dado pessoal de grande valor do usuário a segurança teve prioridade menor no *product backlog*, por isso o objetivo foi o desenvolvimento de um

protótipo funcional para que já seja usado o mais rápido possível, e o usuário usufruir do *software* por mais tempo possível.

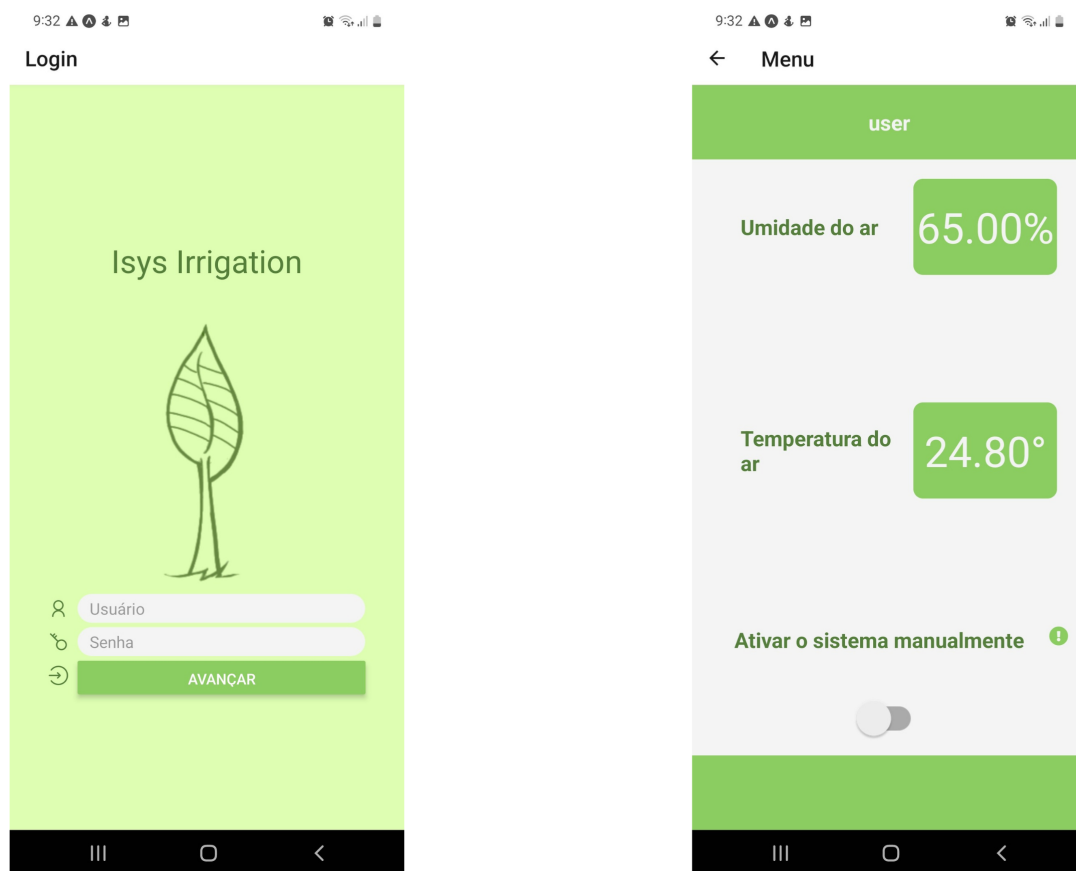


Figura 22 – Telas do aplicativo

Fonte: Autores, 2022

Na segunda tela, com as funcionalidades totalmente implementadas, é possível visualizar a temperatura e a umidade do ar aproximadamente em tempo real, a conexão MQTT foi configurada com o *delay* de 1 minuto, isto é a informação se atualiza a cada 1 minuto, foi escolhida da equipe colocar este *delay* pois a temperatura é uma variável que permanece constante por um grande período, mudando apenas em períodos do dia, como madrugada, manhã, tarde e noite, além desses fatores ela só deve ser alterada por eventos climáticos que deve ocorrer em horários imprevisto e com o tempo de 1 minuto de *delay* o software consegue identificar.

Através de um botão *switch* é possível ativar o mecanismo manualmente, um dos objetivos do *software* é diminuir o trabalho do usuário e deixar o sistema encarregado de tudo, entretanto mesmo não sendo o recomendado o sistema permite que o usuário acesse tais funções para que ele saiba que ele tem o comando do sistema, por isso no aplicativo tem um aviso para o usuário não ligar o sistema a menos que ele precise(Figura 23).



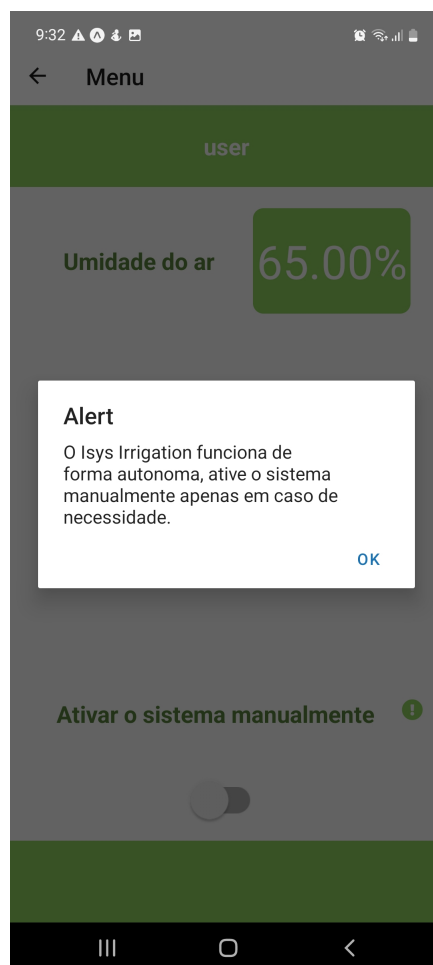


Figura 23 – Tela de alerta

Fonte: Autores, 2022

### 5.1.5 Evapotranspiração

Para se concluir o objetivo do sistema de poupar água, foram pesquisadas maneiras de fazer o manejo de água de forma mais eficaz. Assim, foi estudado o cálculo da evapotranspiração do cultivo, ele permite encontrar a quantidade de água que a planta necessita repor, isto é, a quantidade de líquido que a planta perdeu no dia anterior, devido a transpiração da água do solo pelo calor e umidade (Figura 24), além da quantidade de água que a planta necessita para se manter.



Figura 24 – Evapotranspiração em floresta

Fonte: (SANTOS, 2016)

A segunda variável da fórmula é chamada de coeficiente de cultura, ela varia para cada tipo de planta, por isso para realização dos testes iniciais serão usados dados da grama, em razão do gramado ser parte importante na área paisagística pois ocupam grandes áreas nos jardins.

A evapotranspiração é eficaz, entretanto é uma área da agronomia bastante complexa, para que seja possível fazer seu cálculo correto é preciso de uma estação meteorológica (Figura 25) para medir diversas variáveis do solo, do ar e a radiação solar, consequentemente tais aparelhos são mais caros, além deles é necessário ter espaço, para ter uma plantação de testes e tempo para observar os dados coletados. Dado que o projeto se preocupa na programação de um sistema de irrigação, um estudo aprofundado nesta área não seria tão produtivo para o objetivo principal, que é o software.



Figura 25 – Estação meteorológica

Fonte: (SYNGENTADIGITAL, 2022)

Diante disso, nesse projeto foram utilizados resultados do cálculo da evapotranspiração já prontos, esses dados foram obtidos de um estudo realizado pela *Rain Bird Brasil*, e foi publicado pela *Green Building Council*, uma organização internacional sem fins lucrativos, que gera o certificado *Leadership in Energy and Environmental Design*(LEED), a seguir a tabela construída com dados do estudo(Figura 26).

Temperatura/Umidade		Úmido	Seco
		Umidade +50%	Umidade -50%
Frio	Menos de 20°	2.5 - 3.8 mm/d	3.8 - 5.1 mm/d
Temperado	20° - 32°	3.8 - 5.1 mm/d	5.1 - 6.4 mm/d
Quente	Mais de 32°	5.1 - 6.4 mm/d	7.6 - 11.4 mm/d

Figura 26 – Tabela evapotranspiração

Fonte: (RAINBIRDBRASIL, 2020)

Para a grama, a partir das combinações entre o valor da umidade e da temperatura, obtiveram-se 6 variáveis para irrigar o jardim. Cada variável possui um valor em milímetros quadrados de água por dia que a planta necessita recuperar. Portanto, considerou-se a

temperatura e média do dia anterior, multiplicando-se o valor da variável por metro quadrado de plantação.

Para irrigação a formula será  $Q = M * E$ , sendo que Q é a quantidade de água que será liberada pela bomba, M é os metros quadrados que a plantação tem, e E é o resultado da evapotranspiração que irá variar dependendo da temperatura e umidade.

A quantidade de água liberada pela bomba é controlada pelo tempo de acionamento, visto que a vazão da bomba é relativa. Dado que a vazão por minuto da bomba é aproximadamente 1 litro a cada 30 segundos, foi usado esse parâmetro para determinar o tempo que a bomba fica ligada a fim de chegar à quantidade desejada.

## 6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste projeto propôs a construção de um sistema de irrigação para plantas, para que tal sistema fosse realizado, primeiro foi estudado os meios multidisciplinares que o projeto abrange que são a engenharia de *software*, o principal foco do trabalho e o meio responsável por conectar o usuário ao sistema, a agronomia sendo parte fundamental para avaliar as necessidades das plantas, e por último a engenharia elétrica usada para garantir a segurança dos componentes físicos, como o módulo ESP3266.

Para a realização deste estudo foram realizadas pesquisas em fontes de renome dentro de cada área, e através destes estudos foi construído o protótipo funcional com a funcionalidade de medir temperatura e a umidade do ar através do sensor DHT11, e com a capacidade de utilizar esses dados para a irrigação de gramados de jardim.

Visto que se trata de um sistema que utiliza como principal recurso a água doce que é um dos recursos mais escassos do planeta, foram feitos testes para validar a calibragem do sensor e a quantidade de vazão de água da bomba, para garantir que o sistema irrigue de maneira eficaz e ecologicamente correta, evitando o máximo do possível o desperdício dos recursos hídricos.

Para a construção do *software*, foram respeitados os objetivos de produzir um software documentado, seguindo uma pesquisa de *user experience* e sendo um *software* responsivo, podendo ser acessado via sistema *mobile* ou *web*.

O sistema de irrigação autônomo para jardins é viável e benéfico, tanto para o meio ambiente quanto para as pessoas, porém não é um projeto simples e para que ele seja realizado de maneira eficaz e que seja possível implantá-lo em prática na sociedade é preciso o esforço de profissionais de áreas de interesses diferentes.

Conclui-se, baseando-se em dados obtidos pelo protótipo, que ele cumpriu o objetivo principal do projeto de ser um sistema de irrigação que seja autônomo e que se comunique com o usuário via *software*, além disso se cumprem com os objetivos secundários do sistema ser capaz de irrigar plantas de maneira eficaz e economizando recursos hídricos, comprovado com uso de fórmulas e teorias já validadas em outros meios de pesquisa.

### 6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como mencionado anteriormente, o trabalho abrange diversas áreas de estudo. Devido a isso, têm-se uma gama de possibilidades para desenvolvê-lo, com isso foram escolhidos para o protótipo os requisitos que poderiam ser implementados no tempo do projeto, pensando em um Produto Mínimo Viável (MVP).

Ademais, recomenda-se que seja implementada a fórmula da evapotranspiração em outros tipos de plantações do ramo paisagístico, visto que há diversas outras categorias de vegetação na área. Além disso, é importante saber se ao adicionar outras variáveis de indicação de irrigação, haveria, de certa maneira, uma melhor acertabilidade na frequência

em que a regadura é acionada.

Quanto à programação, recomenda-se o desenvolvimento de um *back-end* desacoplado do microcontrolador, assim é possível dinamizar o processo de troca de informações, além abrir margens para alterações na lógica do código sem que seja necessário ter um contato direto com o ESP8266. Também, pode-se implementar os requisitos de segurança da informação para o acesso e cadastro de usuários, e também a sincronização com o *broker* MQTT para ativação diária em horários específicos. Por fim, sugere-se para a definição dos requisitos adicionais, uma adequação à realidade social e geográfica da região que o sistema for implantado.

## REFERÊNCIAS

AITA, Ricardo Hahn. Sistema de irrigação localizada e automatizada. **Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**, 2017.

ALBUQUERQUE, PEP de. Estratégias de manejo de irrigação: exemplos de cálculo. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010., 2010.

BANGGOOD. XY-SK80 DC-DC 80 W 5.1A Módulo de fonte de alimentação automática ajustável Buck Boost CC CV Reforçar Conversor de voltagem para baixo Módulo de carregamento solar. **Banggood**, 2022. Disponível em: [https://br.banggood.com/XY-SK80-DC-DC-80W-5\\_1A-Adjustable-Automatic-Buck-Boost-Power-Supply-Module-CC-CV-Step-Up-Down-Voltage-Converter-Solar-Charging-Module-p-1697632.html?cur\\_warehouse=CN](https://br.banggood.com/XY-SK80-DC-DC-80W-5_1A-Adjustable-Automatic-Buck-Boost-Power-Supply-Module-CC-CV-Step-Up-Down-Voltage-Converter-Solar-Charging-Module-p-1697632.html?cur_warehouse=CN). Acesso em: 20 out. 2022.

BELLÉ, Soeni. Apostila de paisagismo. **Bento Gonçalves: Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do Rio Grande do Sul**, 2013.

BISCARO, Guilherme Augusto. **Sistemas de irrigação por aspersão**. [S.l.]: Universidade Federal da Grande Dourados, 2009.

CAMARGO, Débora Costa. Manejo da Irrigação: quando, quanto e como irrigar, 2016.

CAMPONEGÓCIOSONLINE. Irrigação por gotejamento. **Campo Negócios Online**, 2021. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/irrigacao-por-gotejamento/>. Acesso em: 5 jun. 2022.

ESALQ/USP. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO – BENEFÍCOS PARA SUA LAVOURA. **Gota Azul Irrigação**, 2022. Disponível em: <https://gotaazulirrigacao.com.br/sistema-de-irrigacao-por-aspersao/>. Acesso em: 5 jun. 2022.

FILIFELOP. Módulo Relé 5V 4 Canais. **Filipe Flop**, 2022. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-rele-5v-4-canais/>. Acesso em: 20 out. 2022.

GIOMO, Diogo *et al.* Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado de baixo custo. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2019.

GROKHOTKOV, Ivan. ESP8266 Arduino Core Documentation, 2017. Disponível em: [https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/arduino-esp8266/docs\\_to\\_readthedocs/arduino-esp8266.pdf](https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/arduino-esp8266/docs_to_readthedocs/arduino-esp8266.pdf). Acesso em: 22 abr. 2022.

HENRIQUES, Luiz Felipe Araújo *et al.* Implementação e monitoramento de um sistema de irrigação automatizado em IoT utilizando módulo ESP32 em plantio caseiro. Brasil, 2021.

LACERDA, Bruno de Sousa. **Sistema de irrigação automatizado para plantações de pequeno porte.** 2022. B.S. thesis.

LAHISTECH. Micro Submersible Mini Water Pump DC 3-6V Testing. **Lahis Tech**, 2018. Disponível em:  
[https://www.youtube.com/watch?v=izZDVhpdPzs&ab\\_channel=LahisTech](https://www.youtube.com/watch?v=izZDVhpdPzs&ab_channel=LahisTech). Acesso em: 24 jun. 2022.

LOVETHEGARDEN. 7 lawn care tips. **Love The Garden**, 2022. Disponível em:  
<https://www.lovethegarden.com/uk-en>. Acesso em: 28 nov. 2022.

MEDEIROS, Pedro Henrique Silva. Sistema de irrigação automatizado para plantas caseiras., 2018.

MICHAELIS Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. **Michaelis**. Disponível em:  
<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/desperdicio>. Acesso em: 17 set. 2022.

NERI, R.; LOMBA, M.; BULHÕES, G. MQTT. **Departamento de Eletrônica - Escola Politécnica UFRJ**, 2019. Disponível em:  
<https://www.gta.ufrj.br/ensino/ee1878/redes1-2019-1/vf/mqtt/>. Acesso em: 5 mai. 2022.

ORACLE. O que é IoT?, 2022. Disponível em:  
<https://www.oracle.com/br/internet-of-things/what-is-iot/>. Acesso em: 2 mai. 2022.

RAINBIRDBRASIL. Manejo de Irrigação em Gramados e Jardins. **Green Building Council Brasil**, 2020. Disponível em:  
<https://www.gbcbrasil.org.br/manejo-de-irrigacao-em-gramados-e-jardins/>. Acesso em: 10 out. 2022.

SANTOS, Diego. Entenda a disponibilidade hídrica e a evapotranspiração no Brasil. **Agrosmart**, 2016. Disponível em:  
<https://agrosmart.com.br/blog/disponibilidade-hidrica-evapotranspiracao/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

SANTOS, Ronaldo. Importância do Paisagismo Quanto a Promoção de Qualidade de Vida. **Projeto apresentado a defesa de TCC no Curso de Ciências Biológicas. FACULDADE ASSIS GURGACZ. Cascavel-PR**, 2009.



SOARES, JM. Sistema de irrigação por aspersão. I. Dimensionamento. **EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica**, Petrolina: EMBRAPA-CPATSA., 1986.

SUNROM. Humidity and Temperature Sensor. **SUNROM**, 2020. Disponível em: <https://datasheetspdf.com/pdf/785592/Sunrom/DHT11/1>. Acesso em: 24 jun. 2022.

SYNGENTADIGITAL. Agro e clima: por que usar estações meteorológicas. **SyngentaDigital**. Disponível em: <https://blog.syngentadigital.ag/estacoes-meteorologicas/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

UNIEVANGÉLICA. UniEVANGÉLICA é a instituição com maior conceito do MEC em Anápolis e uma das melhores em Goiás. **UniEvangélica universidade evangélica de Goiás**, 2021. Disponível em: <https://www4.unievangelica.edu.br/noticia/unievangelica-e-a-instituicao-com-maior-conceito-do-mec-em-anapolis-e-uma-das-melhores-em-goias>. Acesso em: 23 dez. 2022.

VIDADESILICIO. Mini Bomba 12V RS-385 – Pulverização. **VidaDeSilicio**, 2022. Disponível em: <https://www.vidadesilicio.com.br/produto/mini-bomba-12v-rs-385-pulverizacao/>. Acesso em: 20 out. 2022.