



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI
BACHAREL EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**IAGO MARLLEN FROEDER MARTINS
PEDRO AFONSO LOIOLA CATULÉ**
iagofroeder@gmail.com, pedroafonsocatule@gmail.com

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA E LOCALIZADA
USANDO HARDWARE LIVRE ESP32 EM PEQUENAS PLANTAÇÕES**

**TEÓFILO OTONI
2018**

IAGO MARLLEN FROEDER MARTINS
PEDRO AFONSO LOIOLA CATULÉ
iagofroeder@gmail.com, pedroafonsocatule@gmail.com

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA E LOCALIZADA
USANDO HARDWARE LIVRE ESP32 EM PEQUENAS PLANTAÇÕES**

Artigo científico apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - TCC do Curso de Sistemas de Informação da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovado em __/__/____
BANCA EXAMINADORA

Professor Orientador: Cássio Gonçalves Sena
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor Avaliador: Lucas Carvalho de Oliveira Matsueda
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor Avaliador: Lúcia Helena de Almeida Pacheco
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA E LOCALIZADA USANDO HARDWARE LIVRE ESP32 EM PEQUENAS PLANTAÇÕES

Iago Marllen Froeder Martins ¹; Pedro Afonso Loiola Catulé ²; Cássio Gonçalves Sena

3

iagofroeder@gmail.com, pedroafonsocatule@gmail.com, cassiosena@gmail.com

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Resumo. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado de baixo custo e com pequeno consumo elétrico, que tem o objetivo de realizar o monitoramento da umidade do solo por meio de um sensor, exibindo em uma interface *web* os dados de tempo, umidade e temperatura obtidas por meio de módulos específicos. Para o controle da água utilizou-se a técnica de irrigação localizada de forma automática, por meio de uma bomba submersa, a fim de otimizar o aproveitamento da água, minimizando seu desperdício, melhorando as condições do solo e promovendo o crescimento de plantas e vegetais. Através da comunicação dos sensores, com os demais componentes eletrônicos, o módulo de tempo, relé e a bomba submersa, todos conectados a uma placa controladora (ESP32) com interface de comunicação *Wi-Fi (IEEE 802.11)* integrada e com bom processamento, foi possível construir uma central controladora de fluxo de água programável, de fácil instalação e manutenção, em que, por meio de uma interface *web*, o usuário poderá acompanhar e parametrizar os dados em tempo real.

Palavras chaves: Sistema de Irrigação Localizada, ESP32, Automação, Internet das Coisas (IoT), Sistemas Embarcados.

Abstract. This work proposes the development of an automated irrigation system of low cost and with little electrical consumption, which has the objective of monitoring the soil moisture through a sensor, displaying in a web interface the data of time, humidity and obtained by means of specific modules. In order to control the water, the irrigation technique was located automatically by means of a submerged pump in order to optimize the use of water, minimizing its waste, improving soil conditions and promoting the growth of plants and vegetables. Through the communication of the sensors, with the other electronic components, the time module, relay and submerged pump, all connected to a controller board (ESP32) with integrated and well-processed *Wi-Fi communication interface (IEEE 802.11)*, was it is possible to construct a programmable water flow control unit that is easy to install and maintain, in which, through a web interface, the user can monitor and parameterize the data in real time.

Keywords: Localized Irrigation System, ESP32, Automation, Internet of Things (IoT), Embedded systems.

1. Introdução

A irrigação é a técnica usada na plantação, com o objetivo de fornecer água em quantidade adequada para esta, garantindo vantagens para economia de água na plantação, como ocorre com agricultores que ainda fazem uso da irrigação manual e não possuem o controle adequado de água em seu cultivo, o que possibilita desperdício de água. Entre os mecanismos utilizados na irrigação, o mais tradicional é a aspersão (irrigação em forma de chuva). Esse mecanismo, entretanto, gera desperdício de água. A irrigação localizada é um método mais inteligente, pois permite que a água seja depositada direto na raiz da planta evitando desperdícios e perda de produtividade.

Atualmente a utilização do sistema de automação, vem se tornando cada vez mais frequente, ampliando as oportunidades na área da automação. Várias empresas produzem softwares e hardwares capazes de automatizar e monitorar produções agrícolas, porém, a maioria desses produtos são compostos de sistemas fechados que não fornecem um sistema integrado de modo que possa ajustar o sistema de acordo com as necessidades de cada usuário.

O desenvolvimento de sistemas de irrigação automatizada utilizando sistemas embarcados com o ESP32 busca amenizar a falta de acesso à dispositivos de alto custo e pouco acessíveis para o pequeno produtor rural, além de proporcionar o monitoramento automático, permitindo assim que o utilizador do sistema não tenha preocupações com os horários nem com a quantidade de água a ser utilizada, permitindo uma irrigação mais eficiente e sem desperdício de recursos.

A fim de realizar a automação do processo de irrigação localizada, utilizará um módulo ESP32, baseado no conceito de *IoT* (Internet das Coisas), montando uma central controladora de fluxo de água através da junção de uma bomba submersa e sensores de temperatura e umidade.

Dessa forma o projeto estará visando a sustentabilidade de pequenas áreas de cultivo, aumentando a eficiência do plantio e diminuindo perdas com recursos hídricos, tornando mais rentável o setor que movimenta a economia brasileira.

Esse projeto tem como objetivo principal desenvolver um sistema capaz de controlar o bombeamento de água, através da umidade do solo. Este circuito possuirá automatização em seus acionamentos, sendo necessária uma primeira configuração de alguns parâmetros para determinados tipos de solo e cultura, na qual foi aplicada tal mecanismo.

2. Revisão Bibliográfica

Segundo Aita em (2017), com o desenvolvimento de um sistema de irrigação localizada e automatizada utilizando um microcontrolador ESP32 *NodeMCU* baseado no conceito *IoT*, no qual através de sensores de umidade do solo e aparelho de medição de pH do solo, foi feito o controle da umidade do solo e análise das condições de acidez da superfície. A partir disso obteve melhor aproveitamento da água, enviando os resultados obtidos do solo para a rede.

Logo em (2018), Maestrelli e Napoleão, apresentaram o desenvolvimento de um sistema supervisorio para monitoramento de energia elétrica residencial, utilizando um microcontrolador ESP32, que por meio de um programa desenvolvido na linguagem C, realiza a comunicação de corrente, tensão e internet. Com isso, desenvolve um software em linguagem *PHP* junto com um banco de dados *MySQL*, mostrando os resultados obtidos em uma interface de fácil interação com o usuário.

De acordo com Dantas (2016), foi proposto o desenvolvimento de um sistema para a irrigação localizada, baseado nos conceitos de Internet das Coisas, por meio de um sensor de umidade e uma válvula solenoide. Todo sistema foi controlado através de um aplicativo móvel conectado à internet, fazendo o monitoramento da umidade do solo e aplicação de água, oferecendo qualidade aos pequenos agricultores.

2.1 Técnicas de Irrigação

A irrigação é uma técnica utilizada na agricultura com a finalidade suprir as necessidades de água em uma área de plantio, garantindo uma produção ideal para o seu usuário (TESTEZLAF, 2017).

A técnica de irrigação utiliza vários equipamentos, princípios e métodos. Para definir qual tipo de irrigação adequada ao plantio é preciso analisar algumas características essenciais, como por exemplo: a disponibilidade de água, o tipo do solo, o clima, entre outros.

Entre os métodos de irrigação mais utilizados encontram-se (AGROSMART,2018):

- **Aspersão:** Nesse método a água é aplicada sobre as plantas e a superfície do solo em forma de gotas, simulando uma chuva artificial.
- **Localizada:** Nesse método a água é aplicada direto na área ocupada pelas raízes da planta, buscando umedecer somente o volume de solo explorado pelo sistema radicular da planta.

- Superfície: Consiste na aplicação da água direto no solo por meio da gravidade, desde que este esteja nivelado. Com a ação da gravidade, a água é escoada sobre o solo, cobrindo toda área, possibilitando a sua infiltração no solo.

A irrigação localizada é um método de irrigação mais inteligente, pois se baseia no princípio da distribuição localizada da água, diferente dos outros métodos. A aplicação da água é feita próxima das raízes da planta. Também permite melhor aproveitamento hídrico, pelo fato da aplicação constante de pequenos volumes de água por gotejamento (TESTEZLAF, 2017).

Principais vantagens do método de irrigação localizada sobre os outros métodos de irrigação:

- Economia de água e energia;
- Propicia o aumento da produtividade;
- Adapta a diferentes tipos de solos;
- Facilidade e eficiência na aplicação de fertilizantes;
- Melhoria na qualidade do produto devido ao fato da umidade constante;

Entretanto esse método possui algumas desvantagens:

- Riscos de entupimento dos orifícios;
- Economia de mão de obra, porém muito especializada;
- Apresenta custo inicial elevado comparado ao método de irrigação por superfície.

Essa técnica irrigação localizada vem sendo bastante utilizada nos dias atuais, novas tecnologias vêm sendo criadas e aprimoradas, oferecendo mais vantagens econômicas, proporcionando várias possibilidades de automação nas técnicas de irrigação (AGROSMART, 2018) e (TESTEZLAF, 2017).

2.2 Módulo ESP32

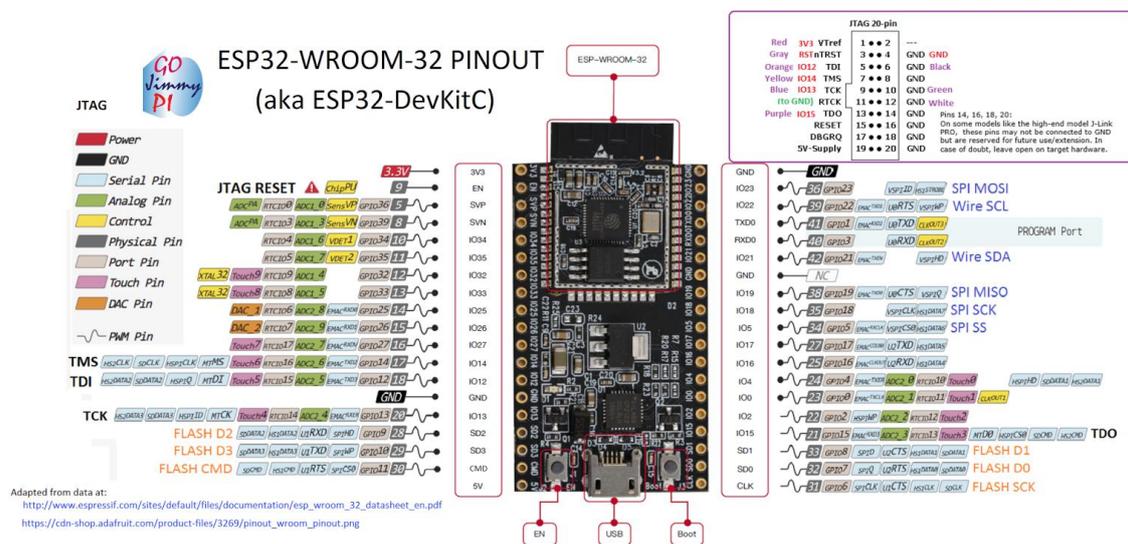
O ESP32 é um sistema criado a partir de 2017 pela *Espressif Systems*, sendo de baixo custo e pouco consumo de energia, possuindo uma série de chips, módulos e placas. Essa plataforma de prototipagem *Open source* ou código aberto, baseada nos conceitos de *IoT* (Internet das Coisas), destaca também por ser um projeto de desenvolvimento no qual qualquer pessoa possa consultar, avaliar ou aprimorar o produto (SYSTEMS, 2018a).

Especificações técnicas do ESP32:

- Módulo controlador ESP-WROOM-32, baseado no *SoC* (*System on Chip*) ESP32-D0WDQ6;

- Microprocessador *dual core Xtensa LX6* de 32 bits, com Clock ajustável de 80 MHz a 240 MHz;
- Suporte à rede *Wi-Fi* padrão 802.11 b / g / n, com segurança WPA/ WPA2/ WPA2-Enterprise/ WPS;
- *Bluetooth v4.2 BR / EDR e BLE*;
- Possui 38 GPIOs (Entradas/Saídas), com função PWM, I2C, SPI. Também 18 ADC (conversor analógico digital) com resolução de 12 bits e 2 DAC (conversor digital analógico) com resolução de 8 bits. Conforme mostra a figura 1.

Figura 1: Pinagem ESP-WROOM-32



Fonte: GOJIMMYPI (2017)

O módulo escolhido entre a série de módulos do ESP32 foi o ESP-WROOM-32, pois se destaca por ser um poderoso módulo microcontrolador genérico *Wi-Fi*, *Bluetooth* e *Bluetooth LE*, garantindo que uma ampla variedade de aplicativos possa ser implementada, também pode ser aplicada usando a mesma metodologia da programação das placas Arduino (SYSTEMS, 2018b).

Vantagens do ESP32:

- Baixo custo;
- Baixo consumo de energia;
- Melhor desempenho para integração eletrônica;
- Alto poder de processamento;
- Tamanho reduzido da placa;
- Confiabilidade.

Desvantagens do ESP32:

- Pinagem reduzida;
- Material e documentação escassa, pois essa placa foi lançada em 2017;
- Necessidade em aprender uma nova linguagem.

2.3 IDE do Arduino

Como ressalta McRoberts (2011), o IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) do Arduino, é um software livre no qual se programa na linguagem C, pode ser executado no *Windows*, *Linux* e *Mac OSX*, sendo de fonte aberta, possibilitando que qualquer pessoa possa utilizar livremente. Esse software facilita a gravação do código e o upload para a placa, verificando de forma mais rápida e eficiente a execução correta do programa.

O IDE do Arduino foi desenvolvido especificamente para trabalhar com placas eletrônicas Arduino. Para que o IDE possa ser utilizado para a programação do ESP32, são necessárias algumas mudanças. Primeiramente, deve-se fazer o download dos arquivos necessários, chamados de *Arduino Core* para o ESP32 (GITHUB, 2018). Em seguida, os arquivos devem ser incluídos na pasta *hardware*, no diretório do Arduino. Finalmente, o arquivo *get.exe* deve ser executado, habilitando a opção *ESP32 Dev Module* no IDE do Arduino, podendo ser utilizado para a programação da placa ESP32 (ARDUINO E CIA, 2017).

2.4 Sensores e componentes eletrônicos

Neste tópico serão abordados os sensores e componentes eletrônicos utilizados no sistema.

2.4.1 Sensor DHT11

Conforme Hohensee (2016) o sensor de temperatura e umidade DHT11 é um sensor digital composto, contendo um sinal de saída de temperatura e umidade regulado, formado por um sensor resistivo de umidade e um dispositivo de temperatura NTC, ligado por um microcontrolador de 8 bits, garantindo que o produto tenha excelente segurança a longo prazo. Também possui apenas três pinos para uso: VCC, GND e DATA.

2.4.2 Sensor de Umidade do Solo Higrômetro

O sensor de umidade do solo é formado por duas partes: um pequeno módulo contendo um chip comparador LM393 (*datasheet*), que possui um potenciômetro onde pode ser ajustada a sua sensibilidade, e uma sonda que entra em contato com o solo. Esse chip vai ler os dados recebidos do sensor e enviá-los para um microcontrolador, que pode ser feito de duas formas: por sinal digital pelo pino D0 ou por sinal analógico pelo pino A0 (ALMEIDA, 2017) e (THOMSEN, 2016).

2.4.3 Módulo RTC DS1307

O módulo RTC DS1307 é um relógio serial em tempo real de baixa potência, que utiliza comunicação I2C, possuindo dois pinos, o *Serial Clock Input* (SCL) para temporização entre os dispositivos, e o *Serial Data Input/Output* (SDA) para entrada e saída de dados para a interface serial (DE LIMA; VILLAÇA, 2012) e (GODSE, D.A.; GODSE, A.P., 2008).

2.4.4 Módulo Relé

De acordo com Abelha (2014), o relé é basicamente um interruptor eletromecânico que requer pouca energia para comandar circuitos de cargas elevadas. Esse módulo opera eletricamente por uma aplicação de uma tensão baixa na bobine (comando), abrindo ou fechando circuitos de altas tensões e correntes.

2.4.5 Bomba Submersa

No protótipo foi utilizado a bomba submersa Sarlo Better MiniC, pois se destaca por ser uma bomba silenciosa, eficaz, que produz uma intensa movimentação de água e com baixo consumo de energia elétrica, apesar de suas pequenas dimensões. Todos os componentes elétricos são totalmente imersos em resina epóxi tornando-as seguras, contra choques elétricos mesmo trabalhando continuamente submerso (SARLO, 2015).

3. Matérias e Métodos

Neste capítulo serão abordados conceitos e tecnologias fundamentais para o desenvolvimento e análises do protótipo. Durante esse capítulo serão mostrados os principais conceitos sobre as técnicas de irrigação na automação, como foi feita a comunicação entre o ESP32, os sensores, componentes eletrônicos, além da linguagem de programação aplicada no desenvolvimento do software.

3.1 Desenvolvimento do Software

A programação do ESP32 será feita dentro do IDE versão 1.8.5 do Arduino. Além do código de programação usual, com a utilização de bibliotecas *Web Server* e *Wi-Fi* para acesso à rede de Internet através do próprio ESP32, e de bibliotecas externas para os sensores, RTC e relé, como também a interface *web*. Na figura 2 demonstra o início do código da parte *web*, feita na linguagem de programação *HTML*, onde as informações serão deixadas em tempo real e salvas na memória do ESP32, como também a verificação do sensor de umidade do solo por meio de uma estrutura de seleção *IF*, realizando o acionamento do relé de acordo com as necessidades do solo.

Figura 2: Parte do código da interface web

```
client.println("<!DOCTYPE html><html>");
client.println("<head><meta name='viewport' content='width=device-width, initial-scale=1' charset='utf-8'>");
client.println("<link rel='icon' href='data:,'>");
client.println("<style>html { background-color: #00FF00; font-family: Helvetica; font-size: 18px; display: inline-block; margin: 0px auto; text-align: center;}");
client.println("#botao { background-color: #4CAF50; border: 1px solid white; color: white; font-family: Helvetica; padding: 5px;}");
client.println("text-decoration: none; font-size: 18px; margin: 2px; cursor: pointer;} </style></head>");

client.println("<body><h1>IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA COM ESP32</h1>");
client.println("<form method='post' action='#>");
String solo = "<input type='hidden' name='solo' value='";
solo += sensorValue;
solo += ">";
client.print(solo);
// Controle da Umidade do solo com acionamento do relé
if (digitalRead(sensorValue) {
client.print("<h3> UMIDADE DO SOLO: </h3>");
client.print("<p>SEM UMIDADE </p>");
client.print("<p>SOLO ESTÁ SECO! </p>");
digitalWrite(RELAY1, HIGH);
client.println("<p> BOMBA LIGADA! </p>");
} else {
client.print("<h3> UMIDADE DO SOLO: </h3>");
client.print("<p>COM UMIDADE </p>");
client.print("<p>SOLO ESTÁ MOLHADO! </p>");
digitalWrite(RELAY1, LOW);
client.println("<p> BOMBA DESLIGADA! </p>");
}
```

Fonte: Autor (2018)

O módulo ESP32, conectado na rede de Internet por meio do *Wi-Fi*, enviará os dados para leitura em uma interface *web*, demonstrado na figura 3, onde por meio da biblioteca *Web Server* será feita a transferência de dados através do método *\$_GET* em uma variável enviada dentro da URL desejada, que serão salvos na memória do ESP32.

Figura 3: Interface web do sistema



Fonte: Autor (2018)

3.2 Desenvolvimento do Hardware

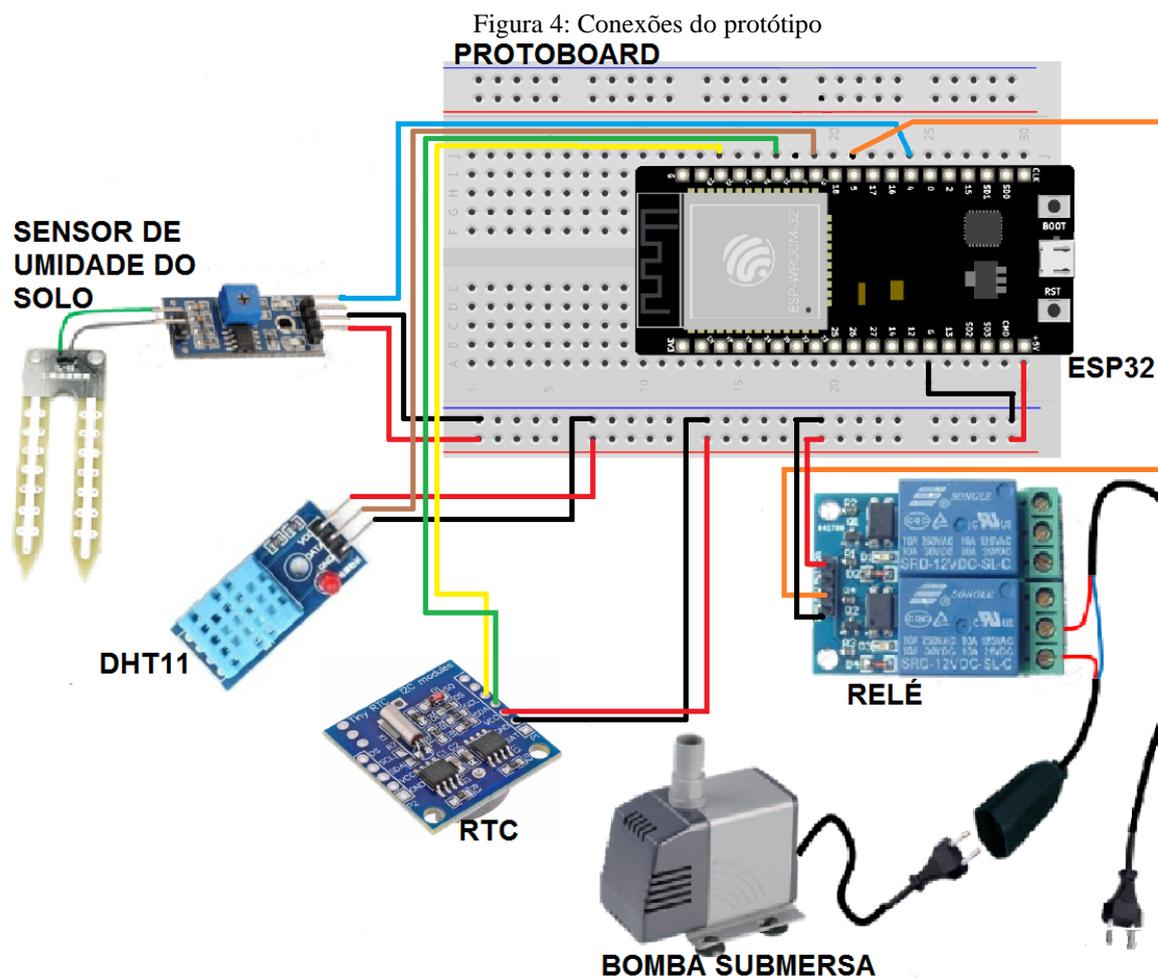
O protótipo do sistema foi realizado seguindo a placa ESP32, o seu *datasheet* e esquemas elétricos dos demais componentes. O módulo ESP32 possui 18 ADC (conversor analógico digital), que será utilizada apenas uma. A porta A0 do sensor de umidade do solo faz a leitura da umidade do solo, transferindo o sinal digital para a porta ADC2_0 (GPIO 04) do módulo informando se está com ou sem umidade. As leituras de temperatura ambiente e umidade do ar foram feitas pela entrada DATA do sensor, transferida para a porta SPI MISO (GPIO 19).

Para obter informações de data e hora utilizou-se o módulo RTC DS1307 com comunicação I2C, que possui dois pinos; um para transferência de dados (SDA) que está conectado na GPIO 21 e a outra para temporização entre os dispositivos (SCL) conectado na

GPIO 22. O acionamento da bomba de água foi feito pelo acionamento do relé na saída GPIO 05, em que será mandado um sinal alto para acioná-la, e um sinal baixo para desativá-la.

4. Validação do sistema

Para realização dos testes foi utilizado uma *protoboard*, para facilitar na conexão dos componentes, sensor de umidade do solo, sensor DHT11, módulo RTC DS1307, módulo relé, e a bomba submersa, como demonstrado na figura 4.



Fonte: Autor (2018)

No decorrer do trabalho, para cada componente conectado no sistema, foram realizados vários testes, evitando possíveis intervenções de um componente sobre o outro, facilitando na identificação de possíveis erros.

De acordo com o teste realizado no dia 14 de novembro de 2018, das 11 horas até 16 horas, em um pequeno jardim na cidade de Itinga - MG, apresentado na figura 5, foi possível avaliar que os resultados obtidos corresponderam aos requisitos propostos no trabalho, mostrando os dados em tempo real em uma interface *web* e fazendo o controle da água, de acordo com as necessidades do solo.

Figura 5: Foto do sistema



Fonte: Autor (2018)

5. Conclusão

Após realizações de testes do protótipo de automação da irrigação, conclui-se que o mesmo correspondeu aos requisitos e necessidades do solo quanto ao consumo de água, enviando os resultados da umidade do solo, umidade do ar e temperatura ambiente para uma interface web em que o usuário possibilitou acompanhar e parametrizar os dados em tempo real.

Através dos estudos realizados e testes executados, constatou-se como pontos positivos do trabalho a utilização do módulo ESP32, por ser de baixo custo e com pequeno consumo elétrico, além de possuir interface de comunicação *Wi-Fi* integrada e com bom processamento, facilitando a demonstração de dados em tempo real pela rede, mantendo um melhor desempenho na integração eletrônica. Outro ponto importante foi a utilização da técnica de irrigação localizada, por apresentar muitos benefícios determinantes para a

evolução da agricultura atual, destacando-se a eficiência na aplicação da água, na qual ela é aplicada diretamente nas raízes da planta, evitando o seu desperdício.

No entanto deve ser feito uma análise para cada caso onde será feita a automação da irrigação, verificando as características ambientais e econômicas, para adaptar da melhor forma possível o sistema.

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros, destacam algumas sugestões: implementação de um sistema de previsão a falhas, inclusão de uma configuração de acesso ao sistema para que possa ser gerenciada de qualquer lugar da web, adaptação de um sensor de umidade do solo com mais durabilidade e a formulação de um relatório mais detalhado analisando dados da umidade do solo com o sistema em funcionamento, quantas irrigações foram feitas por dia, qual o consumo de água para cada irrigação, quantas vezes a bomba foi acionada e quanto tempo ficou ligada.

6. Referências

ABELHA, P. C. F. **Estágio – Te connectivity**. 2014. Cap. 2. Relatório de Estágio (Mestrado em Controlo e Eletrônica Industrial) – Instituto Politécnico de Tomar, Tomar, 2014. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/8189>> Acesso em: 04 de nov. de 2018.

AGROSMART. **Vantagens e desvantagens dos principais tipos de irrigação**. 2018. Disponível em: <<https://www.agrosmart.com.br/blog/vantagens-tipos-de-irrigacao/>>. Acesso em: 04 de nov. de 2018.

AITA, R. H. **Sistema de Irrigação Localizada e automatizada**. 2017. Artigo (Curso de Engenharia de Controle e Automação) – Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <<http://www.politecnica.pucrs.br/conclusao/files/20172-ricardo-hahn-aita-VOLUME-2644.pdf>>. Acesso em: 04 de nov. de 2018.

ALMEIDA, Danilo. **Sensor de umidade do solo com Arduino -Higrômetro**. 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-umidade-do-solo-higrometro/>>. Acesso em: 04 de nov. de 2018.

ARDUINOECIA. **Como programar o módulo ESP32 com IDE Arduino**. 2017. Disponível em: <<https://www.arduinoecia.com.br/2017/11/modulo-esp32-wifi-bluetooth-ide-arduino.html>>. Acesso em: 04 de nov. de 2018.

DANTAS, K. de S. **Automação da irrigação: um sistema de irrigação localizada baseado em internet das coisas**. 2016. Monografia (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Universidade Federal do Ceará, Quixadá, 2016. Disponível em: <<http://www.repositoriobib.ufc.br/000033/00003366.pdf>>. Acesso em: 04 de nov. de 2018.

DE LIMA, Charles. B; VILLAÇA, Marco, V. M. **Avr E Arduino: Técnicas De Projeto**, 2 ed., Florianópolis: Edição dos Autores, 2012.

GITHUB. **Arduino core for the ESP32**. 2018. Disponível em <<https://github.com/espressif/arduino-esp32>>. Acesso em: 04 de nov. de 2018.

GODSE, D.A. GODSE, A.P. **Advanced Microprocessors And Microcontroller**. Shaniwar peth: Techinal Publications Pune, 2008. p. 10-13.

GOJIMMYPI. **JTAG Debugging for ESP32**. 2017. Disponível em: <<https://gojimmypi.blogspot.com/2017/03/jtag-debugging-for-esp32.html>>. Acesso em: 04 de nov. de 2018.

HOHENSEE, Barbara. **Raspberry Pi e programação C**. [s. l]; Bebelcube Inc, 2017. p. 22.

MAESTRELLI, G. A.; NAPOLEÃO, G. S. **Sistema supervisorio para monitoramento de energia elétrica residencial**. Monografia (Curso de Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2017_1_14/2017_1_14_final.pdf>. Acesso em: 04 de nov. de 2018.

MCROBERTS, M. **Arduino básico**. São Paulo, Novatec, 2011.

SARLO, Grupo. **MOTOBOMBA SBMINI**. 2015. Disponível em: <<https://www.gruposarlo.com.br/aquarios/bombas/linha-mini/mini-c/manual.pdf>> Acesso em: 04 de nov. de 2018.

SYSTEMS, Espressif. **ESP32 TECHNICAL REFERENCE MANUAL**. Copyright, Versão 3.9, 2018a. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf>. Acesso em: 04 de nov. de 2018.

SYSTEMS, Espressif. **ESP-WROOM-32 Datasheet**. Copyright, Versão 2.7, 2018b. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 14 de nov. de 2018.

TESTEZLAF, Roberto. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

THOMSEN, A. **Monitore sua planta usando Arduino**. 2016. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/monitore-sua-planta-usando-arduino/>>. Acesso em: 04 de nov. de 2018.