

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIA – FENG

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA E AUTOMATIZADA**

Porto Alegre, 07 de dezembro de 2017.

**Autor: Ricardo Hahn Aita**

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Curso de Engenharia de Controle e Automação (ECA)

Telefone: (51) 99986-4761 – Email: *ricardo\_aita@hotmail.com*

Av. Ipiranga 6681, Prédio 30 – CEP: 90619-900 – Porto Alegre – RS – Brasil

**Orientador: Prof. Júlio César Marques de Lima, Me. Eng.**

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Laboratório de Eletrônica de Potência (LEPUC)

Telefone: (51) 3320-3500, ramal 7688 – Email: *jclima@pucrs.br*

Av. Ipiranga 6681, Prédio 30 – Bloco A – Sala 312 – CEP: 90619-900 – Porto Alegre – RS – Brasil

**RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo desenvolver, automatizar e avaliar um sistema de irrigação precisa, eficiente e de baixo custo operacional, a fim de gerenciar e controlar a umidade do solo e verificar o seu pH. A determinação da umidade do solo otimiza o aproveitamento da água minimizando o seu desperdício, melhora as condições do solo e promove o crescimento de plantas e vegetais. Esse sistema é constituído de um sensor de umidade e um atuador (válvula com solenoide, bomba ou servo motor), que propiciam o controle da quantidade de água no solo. Para a análise e o estudo das condições de acidez da superfície, instrumentalizou-se um equipamento analógico de medição de pH. Através da união dos sensores e atuadores em um microcontrolador (ESP32 NodeMCU) com acesso a Wi-Fi (IEEE 802.11), foi possível a verificação remota dos resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Água, irrigação local automatizada, controle do pH do solo, microcontrolador.

## ABSTRACT

### LOCATED AND AUTOMATED IRRIGATION SYSTEM

This work aims to develop, automate and evaluate a precise, efficient and low operational cost irrigation system in order to manage and control a soil unit and verify its pH. A determination of soil moisture optimizes water use minimizing waste, improves soil conditions and promotes plant and plant growth. This system consists of a humidity sensor and an actuator (valve with solenoid, pump or servo motor), which allow the control of quantity of water not soil. For analyzing and studying the acidity conditions of the surface, instrumentalize an analogue pH measurement equipment. Through the combination of sensors and actuators in a microcontroller (ESP32 NodeMCU) with access to Wi-Fi (IEEE 802.11), it was possible to remotely select the results obtained.

**Key-words:** Water, local automated irrigation, soil ph control microcontoller.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Introdução Geral

Os métodos de controle de irrigação melhoram significativamente a eficiência do uso da água, e aumentam a produtividade de culturas irrigadas, imprescindíveis para o desenvolvimento sustentável do ecossistema. É nesse sentido que o processo de regadura visa compatibilizar, no espaço e no tempo, o crescimento econômico com a conservação ambiental.

O planeta Terra é formado de 70 % de água em toda a sua superfície, sendo 97 % desta, constituída por água salgada, encontrada em oceanos e mares, e consideradas imprópria para o consumo humano. Do restante, apenas 3 %, são de água doce, divididos em 71 % em forma de geleiras ou calotas polares, e os 29 % restantes subdividim-se em 18 % de águas subterrâneas (lençóis freáticos), 7 % de águas em lagos e rios, e 4 % em umidade do ar. (VICTORINO, 2007) e (ZOCOLOTTI, 2008).

Segundo VICTORINO (2007), os 11 % a 12 % da água doce do mundo se encontram disponíveis no Brasil, mas estão mal distribuídos no nosso território. A maior parte (cerca de 70%) encontra-se na região Norte, e o restante está dividido pelo resto do país. Além da má distribuição, a agricultura absorve uma média mundial de 70% das provisões de água. Diante dessas dificuldades, o abastecimento deste insumo no Brasil torna-se um dos maiores problemas

enfrentados pela economia, principalmente porque não há gestão que busque disciplinar o seu uso, apesar de ser generosa a oferta de recursos hídricos no país.

Segundo RAYLTON (ASCOM/ANA), (2015), um estudo divulgado pela Agência Nacional de Águas (ANA) aponta que a irrigação é responsável por 69 % a 70 % do consumo de água no Brasil – de acordo com este estudo, a irrigação consome 986,4 mil litros de água por segundo. Também aponta que a irrigação é em disparado a maior usuária de água no Brasil, com uma área irrigável de aproximadamente 29,6 milhões de hectares.

Especificamente no Rio Grande do Sul, são plantados ao redor de 6 milhões de hectares de lavouras de sequeiro, ou seja, cultivos sem sistema de irrigação. Em torno de 2%, possuem sistemas de irrigação; são apenas 80 mil hectares irrigados com o uso de pivô, 30 mil hectares por outros tipos de aspersão, e 5 mil hectares por gotejamento. A evolução da irrigação no estado tem sido lenta, não obstante esforços que foram e vêm sendo realizados. Retrato disso é que, desde a década de 1980, somente 600 produtores instalaram cerca 1.100 pivôs de irrigação no estado. É preciso lembrar que no Rio Grande Sul a distribuição é relativamente equilibrada das chuvas (ao redor de 1.600mm/ano) ao longo de todo o ano – o que permite o armazenamento da água para seu uso na agricultura (EMATER RS, 2014).

É preciso considerar, pois, que a agricultura irrigada requer maior atenção dos órgãos gestores visando ao uso racional da água e que ter um sistema de irrigação possibilita alcançar a sustentabilidade, e não um gasto de 70% no uso da água como vem ocorrendo no estado. Para que os grandes impactos sobre o solo não superem sua capacidade biológica de regeneração, a irrigação localizada e automatizada – uma nova ferramenta científica – vem sendo aplicada em cultivos agrícolas com alto grau de valor agregado.

A história da irrigação praticamente se confunde com a história da humanidade, e o desenvolvimento de várias civilizações antigas pode ser traçado através do sucesso da irrigação. A irrigação localizada antiga - cujas primeiras referências datam de 4500 a.C - teve como consequência o suprimento de alimento e aumento de população. Por sua vez, aspectos físicos e socioeconômicos da irrigação foram responsáveis pelo insucesso de muitas civilizações. Problemas semelhantes ainda acontecem nos dias de hoje em áreas com agricultura irrigada em expansão.

Os anos se passaram e a irrigação, de prática rudimentar, se estruturou em bases técnico-científicas a tal ponto que, hoje, é tida como verdadeira ciência, como técnica utilizada na agricultura para se ter o controle da quantidade de água destinada à plantação, em quantidade suficiente e no momento certo, assegurando melhor produtividade e sobrevivência da plantação,

e para se ter o controle sobre a cultura durante todo os processos de crescimento, desde as sementes até a planta já adulta. segundo (SOUSA, 2011) e (TESTEZLAF, 2017).

Entre os métodos mais utilizados de irrigação encontram-se:

- a) Aspersão: A aplicação da água sobre o solo e acima do cultivo em forma de chuva; usualmente um jato de água é lançado sobre o cultivo através de um simples orifício ou bocais de aspersores.
- b) Superfície: A superfície do solo é utilizada de forma parcial ou total para a aplicação da água por ação da gravidade (como a enxurrada).
- c) Localizada ou microirrigação: A aplicação da água é realizada em uma área limitada da superfície do solo, preferencialmente dentro da área sombreada pela copa das plantas.
- d) Subsuperfície ou subterrânea: A água é aplicada abaixo da superfície do solo, dentro do volume explorado pelas raízes das plantas.
- e) Sequeira: A vegetação é irrigada somente pela água da chuva; não há intervenção humana.

A irrigação localizada, ou microirrigação, é uma tecnologia que permite melhor aproveitamento hídrico, mediante a aplicação frequente de um pequeno volume de água por gotejamento. A aplicação da água é constante feita na área sombreada do cultivo ou ao seu redor. Novas tecnologias têm sido criadas e aprimoradas para esse método de umedecimento do solo, trazendo mais vantagens econômicas, uso racional de água e da energia, possibilitando grandes níveis de automação no sistema de irrigação.

Principais vantagens do método de irrigação localizada:

- a) Maior produção por unidade de área;
- b) Maior produção vegetal em menor tempo de cultivo;
- c) Menor consumo de água e energia;
- d) Verticalização da produção;
- e) Menor impacto ambiental;
- f) Produção mais sustentável.

Apesar dessas vantagens, o sistema de irrigação localizada apresenta limitações:

- a) Os custos de instalação e operação são mais elevados que o de superfície;
- b) Há riscos de entupimento do sistema de irrigação;
- c) Requer pouca mão de obra, mas muito especializada;
- d) Não se aplica em todos os cultivos.

O insumo água é tão importante quanto qualquer outro, mas pouco se tem feito quanto ao seu uso racional. A partir daí, depara-se com a técnicas de irrigação localizada. Conhecendo-se as características físico-hídricas do solo, o clima, a cultura e os princípios de funcionamento dos equipamentos de irrigação, pode-se propor um uso racional da água, sem causar danos ao meio ambiente.

## **1.2 Tema de Pesquisa**

O objetivo deste estudo é aprimorar a técnica de irrigação localizada, ou microirrigação, para que sejam atingidas boas uniformidades de aplicação de água no solo. Um modelo de protótipo de um sistema de irrigação localizada, ou microirrigação, foi construído para se atingir melhor controle da quantidade de água a ser colocada no solo, e um aparelho de pH foi instrumentalizado para se garantir melhor averiguação do solo, deixando o sistema de irrigação localizado e automatizado, ou sistema de microirrigação automatizado.

## **1.3 Justificativa do Tema**

A irrigação é a técnica usada na plantação, com o objetivo de fornecer água em quantidade adequada para esta, assim garantindo vantagens para economia de água na plantação, como ocorre com agricultores que ainda fazem uso da irrigação manual e não têm controle adequado de água em seu cultivo, o que propicia desperdício de água. Entre os métodos utilizados na irrigação, o mais tradicional é a aspersão (irrigação em forma de chuva); esse método, porém, gera desperdício de água. A irrigação localizada é um sistema mais inteligente, pois permite que a água seja depositada perto da raiz da planta evitando desperdícios e perda de produtividade. Esse sistema, baseado no princípio da distribuição localizada, opera com equipamentos, como válvulas com solenoide, bombas de acionamento CA (Corrente Alternada) ou CC (Corrente Contínua), que permitem o fluxo de água para a irrigação.

Em suma, o sistema de irrigação localizada, desenvolvido e aprimorado, possibilita que o solo seja adequadamente umedecido de forma automática usando-se um microcontrolador, o que elimina a necessidade de intervenção humana, e a água é assim usada com a mais eficiência, evitando desperdícios.

## 1.4 Objetivo do Trabalho

A fim de realizar a automatização do processo de irrigação localizada, utilizou-se um microcontrolador ESP32 NodeMCU baseado no conceito de IoT (Internet das Coisas), e sensores de umidade de solo; além disso, foi realizada a instrumentação de aparelho para medição de pH de solo. Para concretizar esse processo, o sinal analógico foi amplificado pelo CI INA128, o sinal foi transferido para a entrada analógica do microcontrolador, e para ajustar o fluxo de água para fazer a irrigação, foi usado um atuador no sistema.

Os principais objetivos a serem avaliados desse protótipo são:

- a) Pesquisar o comportamento local do solo e umidade;
- b) Instrumentar medidor de pH e mandar os dados para o microcontrolador;
- c) Capturar dados do sensor de umidade;
- d) Montar um protótipo de sistema de irrigação localizado;
- e) Automatizar um sistema de irrigação localizada.

## 1.5 Delimitação do Trabalho

O objetivo do trabalho é montar um sistema de irrigação localizada automatizada, para controlar não só a quantidade de água que deixa o solo sempre úmido, como também o pH a fim de se ter conhecimento das condições do solo. Quanto à concepção do sistema, pode-se atuar com a abertura de uma válvula solenoide com bobina, o acionamento de um relé para ligar a bomba, o acionamento de um sinal PWM (*Pulse-Width Modulation*) ou Modulação por Largura de Pulso (MLP) em um servo motor para colocar o registro na posição desejada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

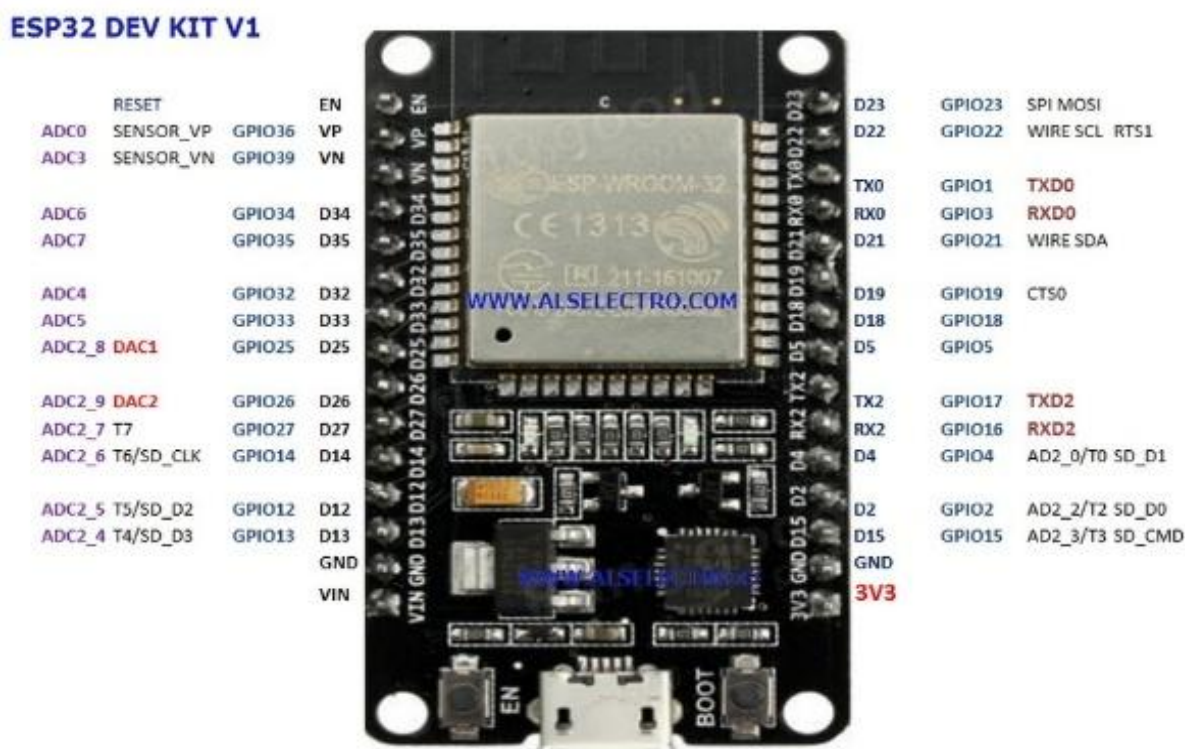
Como foi pensado o modelo para este estudo, foi pesquisando um microcontrolador que tivesse acesso a internet, e um baixo consumo de energia, um sensor de umidade para verificação da umidade do solo o tempo inteiro, um aparelho que conseguisse obter o pH do solo e tivesse um baixo custo, também um amplificador instrumental para amplificação do sinal analógico. Também pensado na atuação do sistema, fazendo de um modo bem genérico para conseguir se adaptar em todos os sistemas já existentes, com válvula com solenoide, bomba DC e um servo motor.

## 2.1 Microcontrolador

O microcontrolador é um dispositivo semicondutor em forma de circuito integrado (CI) que possui memórias não voláteis e voláteis, e portas de entrada e de saída digitais e analógicas. Normalmente, é utilizado em tarefas específicas – como na automação de sistemas, que não exijam grandes quantidades de dados pois tem pouca memória de armazenamento.

O módulo ESP32 NodeMCU é um dispositivo IoT (Internet das Coisas), conforme mostra a figura 1. É constituído por um microprocessador *dual core* Tensilica Xtensa de 32 bits com suporte embutido à rede Wi-Fi (802.11) e *bluetooth* versão 4.2, e com a memória *flash* integrada. Nesta plataforma, desenvolvida a partir de 2017, a programação pode ter mais de uma interface, como IDE (Arduino). A plataforma ESP-WROOM-32 é voltada para prototipagem IoT. Esse projeto, *open source* ou código aberto, consiste em um modelo de desenvolvimento que promove um licenciamento livre da esquematização de um produto, e a redistribuição universal desse esquema oferece a possibilidade para que qualquer um consulte, examine ou modifique o produto, e também possa aprimorá-lo. O microcontrolador possui 36 GPIOs (entradas ou saída) e 18 entradas A/D e duas saídas D/A, conforme mostra a figura 2.

Figura 1 - ESP32; formato do microcontrolador.



Fonte: Site Saravana Electronics (2017).

As vantagens do ESP32 NodeMCU são:

- a) Baixo custo;
- b) Suporte integrado para rede Wi-Fi 802.11 b/g/n e *bluetooth* versão 4.2;
- c) Tamanho reduzido da placa;
- d) Baixo consumo de energia, alto desempenho;
- e) Amplificador de baixo ruído, robustez, versatilidade e confiabilidade.

Entre as desvantagens do ESP32NodeMCU, podem-se citar:

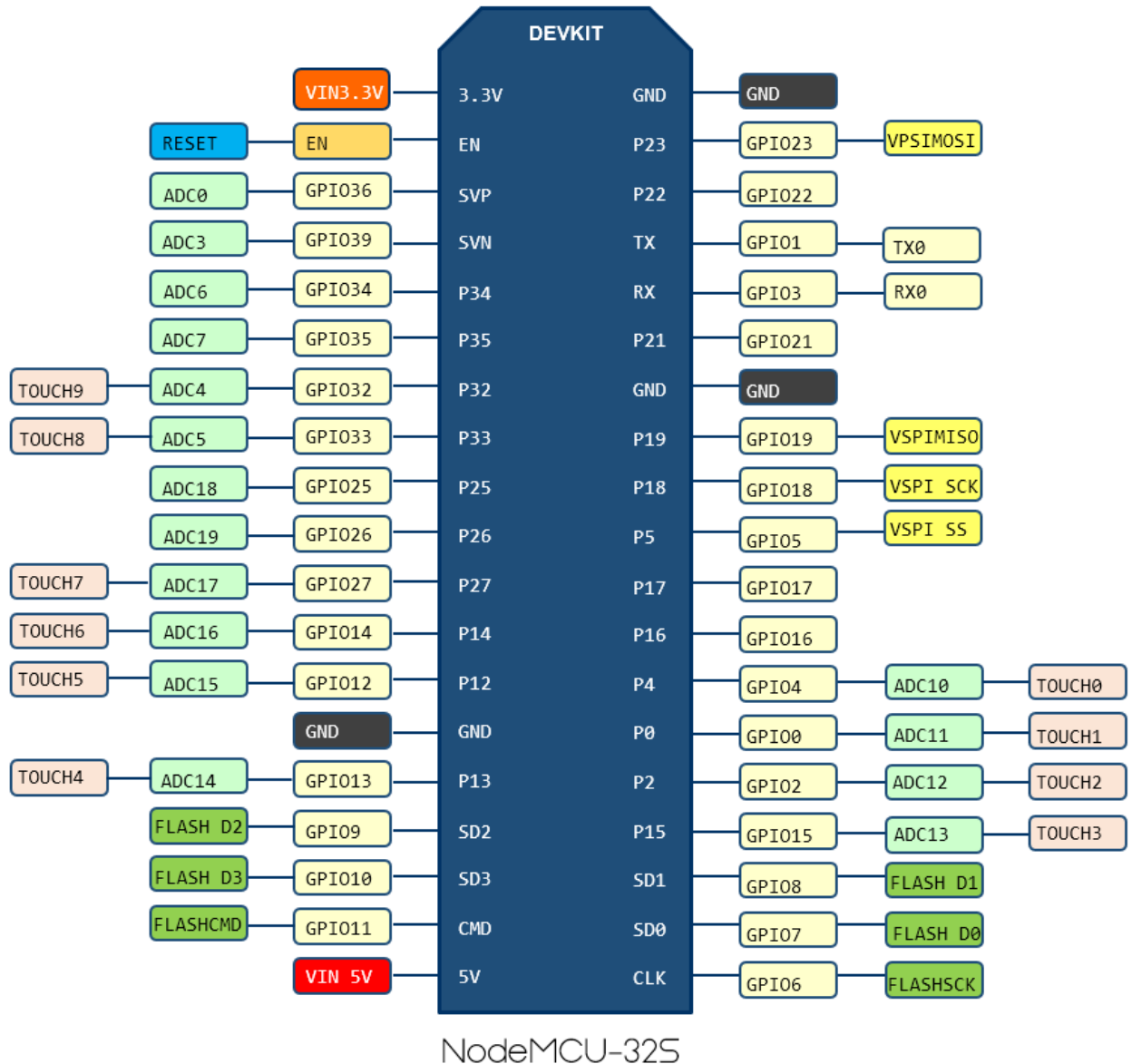
- a) Necessidade de aprender uma nova linguagem por ser um projeto recente;
- b) Pinagem reduzida;
- c) Documentação escassa, pois essa placa foi lançada em 2017.

Algumas referências utilizadas nesse trabalho foram ( MINATEL, 2017), (IMASTERS, 2017), ( PORTAL VIDA DE SILICIO, 2017). Como se trata de um microcontrolador que foi lançado no começo do ano de 2017, o material dele é bem escasso, mas o mesmo possui um grande potencial pelas suas características.



Figura 2: ESP32; diagrama de pinos.

## PIN DEFINITION



Fonte: site Blog ESP32 Net.

Sendo as características técnicas do ESP32:

- É baseado no SoC (System on Chip) ESP32-D0WDQ6, módulo controlador ESP-WROOM-3;
- Tem microprocessador *dual core* Tensilica Xtensa 32-bit LX6, Clock ajustável de 80 MHz até 240 MHz;

- c) É composto pela memória ROM de 448 KB, tem SRAM de 520 KB, RTC *Slow* SRAM de 8 KB, RTC, SRAM de 8 Kb;
- d) Dispõe de interfaces de GPIO, Sensores capacitivos, A/D, D/A, LNA pré-amplificado, CAN;
- e) Apresenta 36 GPIOs, GPIOs com função PWM / I2C e SPI. Possui A/D (conversor analógico digital) de 18 canais com resolução de 12 bits;
- f) Suporte a redes Wi-Fi padrão 802.11 b/g/n, possuindo opções de segurança WPA / WPA2 / WPA2 - Enterprise / WPS;
- g) Possui *bluetooth* 4.2 BLE;
- h) Possui 2 D/A (conversor digital analógico) com resolução de 8 bits.

## 2.2 Sensores

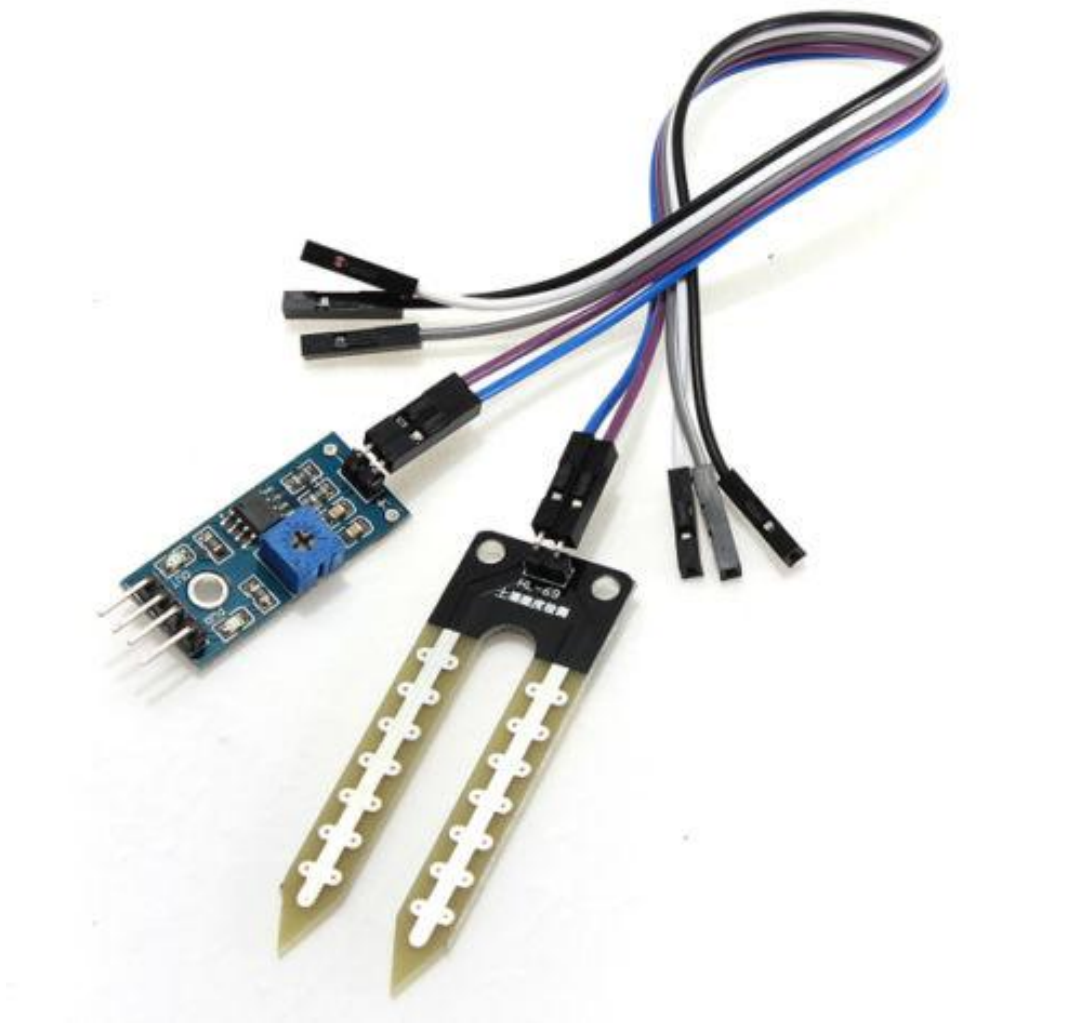
Um sensor é um dispositivo que responde a um estímulo físico de maneira específica, e transforma em outra grandeza física para fins de medição. Desta forma, o sensor associado a um módulo de transformação do estímulo em uma grandeza para fins de medição que converte um tipo de energia em outro.

### 2.2.1 Sensor de umidade do solo

O sensor de umidade do solo, ou higrômetro, conforme a figura 3, é formado por duas partes. Uma é enterrada ao solo para verificar qual a quantidade de umidade. A outra transforma o sinal recebido do sensor enterrado ao solo para enviá-lo em forma de sinal analógico para o microcontrolador – entra em forma de sinal analógico pela porta analógica do microcontrolador para fazer um comando na parte da programação. Como resultado desse processo, os valores de referência do higrômetro (de 0 a 1024) são transformados em porcentagem que indicam a umidade do solo. (USINAINFO, 2017)

O limite entre seco e úmido pode ser ajustado através de um potenciômetro presente no sensor que ajustará o valor da saída digital (D0). Contudo, para se ter uma resposta com mais de dois níveis, é possível utilizar a saída analógica (A/D0) e conectá-la a um conversor A/D, como é feito neste trabalho.

Figura 3: Sensor de umidade.



Fonte: Site Usina da Informática.

Sendo as características técnicas do Sensor de Umidade:

- a) Tensão de operação: 3,3 - 5 V;
- b) Sensibilidade ajustável via potenciômetro, comparador LM393;
- c) Saída digital e analógica – D0: saída digital, A0: saída analógica;
- d) Led indicador para tensão (vermelho), led indicador para saída digital (verde);
- e) Dimensões PCB: 3×1,5 cm, dimensões sonda: 6×2 cm, comprimento cabo: 21 cm.

### 2.2.2 Instrumento medidor de pH

O instrumento analógico para medir o pH do solo, umidade do solo e luminosidade local é um equipamento puramente analógico (figura 4), que não utiliza nenhum tipo de bateria ou

fonte externa. Pode ser utilizado em ambientes fechados e ao ar livre. O uso do instrumento analógico é feito inserindo-se a sonda no solo: que irá analisar o parâmetro desejado na região em que sua ponta de prova está colocada. Um botão no corpo do medidor seleciona o parâmetro pH, a luminosidade ou umidade. No caso, o interesse desse produto é a medição de pH. O sensor tem duas hastes de matérias diferentes; assim, consegue-se medir a diferença de potencial entre as hastes e transmitir para êmbolo, mostrando na escala o valor aproximado do pH em que o solo se encontra.

Neste trabalho será soldado fios nos dois terminais interno do aparelho para verificar a diferença de potencial entre as hastes e interpretar o resultando, transformando-o em um sinal digital.

Figura 4: Instrumento medidor de pH.



Fonte: Autoria própria.

Sendo as características técnicas do instrumento medidor de pH:

- a) Intervalo pH: 8 – 3,5 (3,5: ácido; 8: alcalino);
- b) Intervalo: 0 – 7 (0: muito seco; 7: molhado);
- c) Intervalo luminosidade: 0 – 2.000 Lumens;
- d) Funcionamento sem pilhas ou eletricidade, peso aproximado 80 g;
- e) Dimensões: 28.2 x 4.8 x 3.6 cm, extensão da agulha de prova 20 cm.

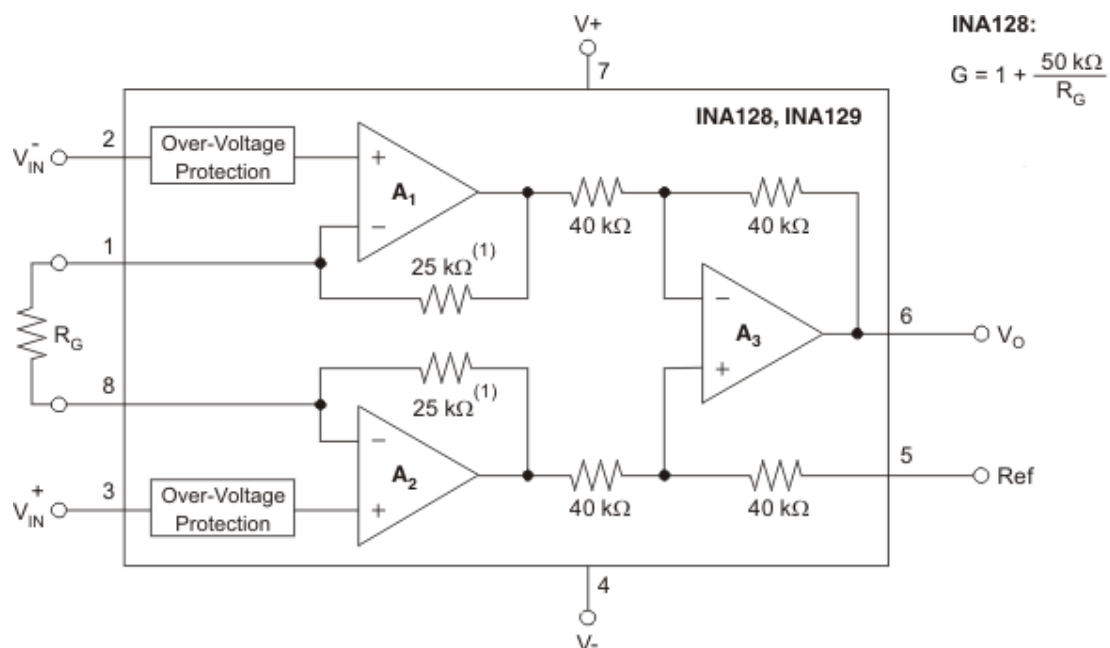
## 2.3 Componentes Eletrônicos

Os componentes eletrônicos são a estrutura de um circuito eletrônico, melhor dizendo, são os componentes que fazem parte de qualquer circuito eletrônico, e que estão interligados entre si. Pode também ser definido como componente eletrônico todo dispositivo eléctrico que transmite a corrente eléctrica através ou de um condutor ou semicondutor.

### 2.3.1 Amplificador de instrumentação CI INA128

O amplificador de instrumentação (AI) é utilizado em situações em que a medição de um sinal analógico apresenta baixa amplitude, para aumentá-lo a ponto de o microcontrolador conseguir reconhecê-lo, como mostra a figura 5, ou seja, captar o sinal analógico do equipamento de medição de pH devido ao ganho gerado pelo amplificador. O amplificador de instrumentação também é capaz de diminuir os ruídos indesejáveis, aumentando a confiabilidade do sistema. Na tabela 4, apresenta-se as características técnicas do amplificador de instrumentação.

Figura 5: Circuito Integrado INA128.



Fonte: Datasheet da Texas Instrumentes.

O amplificador de instrumentação apresenta as seguintes características:

- a) Resistência de saída menor que a dos AOPs comuns;
- b) Resistência de entrada extremamente alta;
- c) CMRR superior a 100dB;
- d) Ganho em malha aberta muito superior ao dos AOPs comuns;
- e) Tensão de *offset* de entrada muito baixa;
- f) *Drift* extremamente baixo.

No projeto, está prevista a utilização do amplificador de instrumentação da série CI INA128 da Texas, em que os pinos 2 e 3 conectam-se aos cabos que saem do equipamento medidor de pH. Os pinos 4 e 7 recebem respectivamente -5 V e +5 V para alimentar o amplificador. O pino 5 conecta-se ao referencial. No pino 6 encontra-se o sinal de saída, e nos pinos 1 e 8 conecta-se o RG (resistor usado para variar o ganho do INA128). A equação  $G = 1 + (50 / RG)$  é utilizada para calcular o ganho do amplificador de acordo com o valor escolhido para o resistor (RG).

$$G = 1 + \frac{50}{RG} \quad (1)$$

### 2.3.2 Resistor

O resistor é um dispositivo elétrico muito utilizado na Eletrônica. Transforma a energia elétrica em energia térmica por meio do efeito Joule, limitando a corrente elétrica em um circuito. No caso do projeto de irrigação, o resistor será usado em conjunto com o CI INA128 para amplificar o sinal do sensor de pH, para enviar este sinal amplificado para a entrada analógica (A0) do microcontrolador.

### 2.3.3 Módulo relé

O módulo relé é um interruptor eletromecânico que controla cargas AC ou DC (tensões altas) a partir de tensões menores. O funcionamento do relé se dá da seguinte forma: pequenas correntes são enviadas para uma bobina do relé gerando um campo magnético que atrai o contato do NF (normalmente fechado) para o NA (normalmente aberto); assim, o relé funciona como um interruptor. Há inúmeras aplicações possíveis em comutação de contatos elétricos, servindo para ligar ou desligar dispositivos.

## 2.4 Atuador

Existem algumas possibilidades que podem ser utilizadas como atuador do sistema de irrigação, a depender do que será necessário para o sistema de irrigação localizada: a válvula com solenóide, o acionamento de uma bomba, ou um servo motor para a abertura de um registro.

### 2.4.1 Válvula de solenoide

Uma das alternativas que se tem para montar o sistema de irrigação é usar um sistema com válvula com solenóide para o controle da água. Trata-se de um mecanismo eletrônico que sob tensão abre a válvula, deixando a passagem da água aberta; esse sistema, porém, precisa de pressão para trabalhar. É muito usado em projetos de irrigação localizada e automatizada, pois é aceito por várias plataformas de microcontroladores. A válvula com solenoide que foi utilizada como referência é 3/4 (polegadas) de entrada para 1/2 (polegadas) de saída, conforme a figura 6, e tensão de 127V. A posição de abertura da válvula é de 180°. O acionamento é feito através do microcontrolador. Manda-se um sinal para o acionamento do módulo relé, o contato do relé é mudado, assim acionando a carga na válvula solenoide. (USINAINFO, 2017)

Figura 6: Válvula com solenoide 127V.



Fonte: Site Usina da Informática (2017).

#### 2.4.2 Bomba

Dependendo do tipo de irrigação que esteja implementado no sistema, tem-se como alternativa o acionamento de bomba água, muito usada na irrigação por ser uma alternativa viável, e por poder ser utilizado no sistema proposto. Semelhantemente a um relé, o acionamento é feito através do microcontrolador: manda-se um sinal para o acionamento do módulo relé, o contato do relé é mudado, assim acionando a carga na bomba de água. A bomba de água que está sendo usada como referência é a BAV1126, conforme a figura 7.

Fazendo-se uma comparação rápida entre os sistemas, pode-se dizer que, quando se tem pressão na linha de trabalho, usa-se a válvula solenoide; quando não se tem pressão, no caso de se pegar a água de um reservatório, é preciso usar a bomba para ter o fluxo da água. A bomba de água é o sistema mais comum na irrigação.

Figura 7: Bomba DC modelo BAV 1126.



Fonte: Site Usina da Informática (2017).

#### 2.4.3 Servo motor

O servo motor é muito utilizado para aplicações de robótica, e também para o controle de braço mecânico, por causa da precisão do posicionamento desse sistema e do seu torque. Os módulos de servo motor apresentam movimentos proporcionais aos comandos indicados, e controla o giro e a posição. Os servos motores em geral têm uma abertura de 180°, podendo fazer adaptações em válvulas que tenham essa abertura para liberação de água. (USINAINFO, 2017)



O servo motor utilizado como referência neste estudo foi o microservomotor SG90, conforme a figura 8, um componente compacto, cujo torque é de 1,6kg, suficiente para a movimentação de uma registro manual; com o seu ângulo de abertura é de 180°.

Figura 8: ServoMotor SG90.



Fonte: Site Usina da Informática (2017).

O servo motor SG90 apresenta as seguintes características:

- a) Posição: 180°
- b) Voltagem: 3,0 ~ 6,0 volts
- c) Temperatura de trabalho: -30 °C ~ +60 °C
- d) Torque: 1,2 kg/cm (4,8V) e 1,6 kg/cm (6V)
- e) Dimensões totais (CxLxA): 22,7x12,6x29,8mm

### 3 MODELAGEM DO SISTEMA IRRIGAÇÃO

Neste capítulo, será descrito o modelamento proposto com a utilização de um fluxograma, mostrado na figura 9, a fim de indicar as principais etapas que foram realizadas para a prototipagem do sistema de irrigação localizada e automatizada. Os principais passos, estão mostrados na sequência deste trabalho.

Figura 9: Fluxograma de metodologia.



### 3.1 Definição da Proposta

O escopo do protótipo é fazer um sistema de irrigação localizada com controle de umidade de solo e verificação de pH. Para tanto, será desenvolvido um sistema automatizado para monitorar a quantidade de água, de acordo com as necessidades diárias do cultivo.

Será usado um microcontrolador ESP32 NodeMCU, que possui acesso à rede Wi-Fi; um sensor de umidade de solo; um sensor de pH, por meio do qual será realizada a instrumentalização para obter dados e transmiti-los à rede, onde os dados serão disponibilizados; e um atuador para que seja feita a irrigação do cultivo.

### 3.2 Referencial teórico

O referencial teórico visa atender aos requisitos para a concepção do sistema de irrigação localizada e automatizada. O controle e a definição de quantidade de água usada no solo em função do tipo de cultivo serviram como base para elaboração de um sistema localizado automático para manejo da irrigação, assegurando a sustentabilidade do processo agrícola e a preservação do meio ambiente, haja vista o impacto negativo no planeta causado por sua superexploração. Buscou-se reunir as principais referências em cada tópico pertinente ao estudo. Com base nesses referenciais, foi possível realizar a construção de um protótipo de sistema irrigação localizado e genérico, sucinto, que pudesse transmitir todas as informações necessárias sobre o trabalho.

### 3.3 Verificação dos componentes

Uma pesquisa foi realizada no mercado para verificar quais eram os componentes que tinham uma boa relação custo x benefício, para assim ter aceitação pelo mercado consumidor. Em

meio às pesquisas, encontrou-se o microcontroladoro ESP32 NodeMCU. Não é a versão mais barata, mas tem boa aceitação pois possui comunicação Wi-Fi e *bluetooth* já integrada ao mesmo, e também 18 entradas analógicas (A/D). O sensor de umidade, que verifica o quanto o solo se encontra úmido, tem regulagem por um *trimpot*, e pode escolher entre o sinal analógico ou digital que será enviado para o microcontrolador.

O sensor de pH verifica a umidade e o pH do solo, a intensidade de luz. O interruptor seletor permite escolher o que irá ser mostrado na escala do instrumento, é analógico, e encontrado facilmente no mercado com custo muito baixo. Como esse instrumento é analógico, foram colocados dois fios para medir a diferença de potencial; e, como o sinal emitido é muito baixo, foi preciso utilizar um amplificador de sinal. Um sinal de baixa amplitude foi conectado ao CI INA128, o qual amplifica o sinal, para assim se conseguir fazer a leitura do instrumento pelo microcontrolador.

O atuador é um módulo relé que pode acionar uma válvula ou uma bomba para permitir o gotejamento da água. O sistema possui um atuador e uma válvula com solenóide, pois além do acionamento, deve existir pressão na linha. Se for usada bomba de água, o acionamento será o mesmo do da válvula solenóide. Pode-se também usar um servo motor para acionar um registro – nesse caso, o registro será aberto quando o servo motor for acionado por um sinal PWM (*Pulse Width Modulation*), o Servo motor e o registro tem que ter a abertura máxima de 180°.

Na tabela 1, apresenta-se os preços dos componentes prospectados no mercado virtual (lojas online ) para a montagem do protótipo.

Tabela 1: Custos de montagem do Sistema de Irrigação Localizado e Automatizado.

PEÇA	QUANTIDADE [unidade]	PREÇO	PREÇO FINAL
ESP32 NodeMCU	1 un.	R\$ 47,50	R\$ 47,50
Sensor de umidade de solo	1 un.	R\$ 11,90	R\$ 11,90
PH Meter	1 un.	R\$ 27,90	R\$ 27,90
CI INA128	1 un.	R\$ 24,90	R\$ 24,90
Módulo relé	1 un.	R\$ 14,90	R\$ 14,90
Resistor	1 un.	R\$ 0,20	R\$ 0,20
Válvula solenoide com bobina	1 un.	R\$ 29,90	R\$ 29,90
Bomba DC 127 BAV	1 un	R\$ 26,75	R\$ 26,75
Servo Motor 9 g	1 un	R\$ 19,90	R\$ 19,90
Cabos de conexão	2m	R\$ 0,30	R\$0,60
Transporte / Envios	3 un.	R\$ 22,65	R\$ 67,95
Total			R\$ 272,40

### 3.4 Desenvolvimento do *Hardware*

A prototipagem do sistema foi realizada em laboratório para a elaboração do mesmo, seguindo os *datasheets*, esquemas elétricos dos componentes e do microcontrolador utilizado.

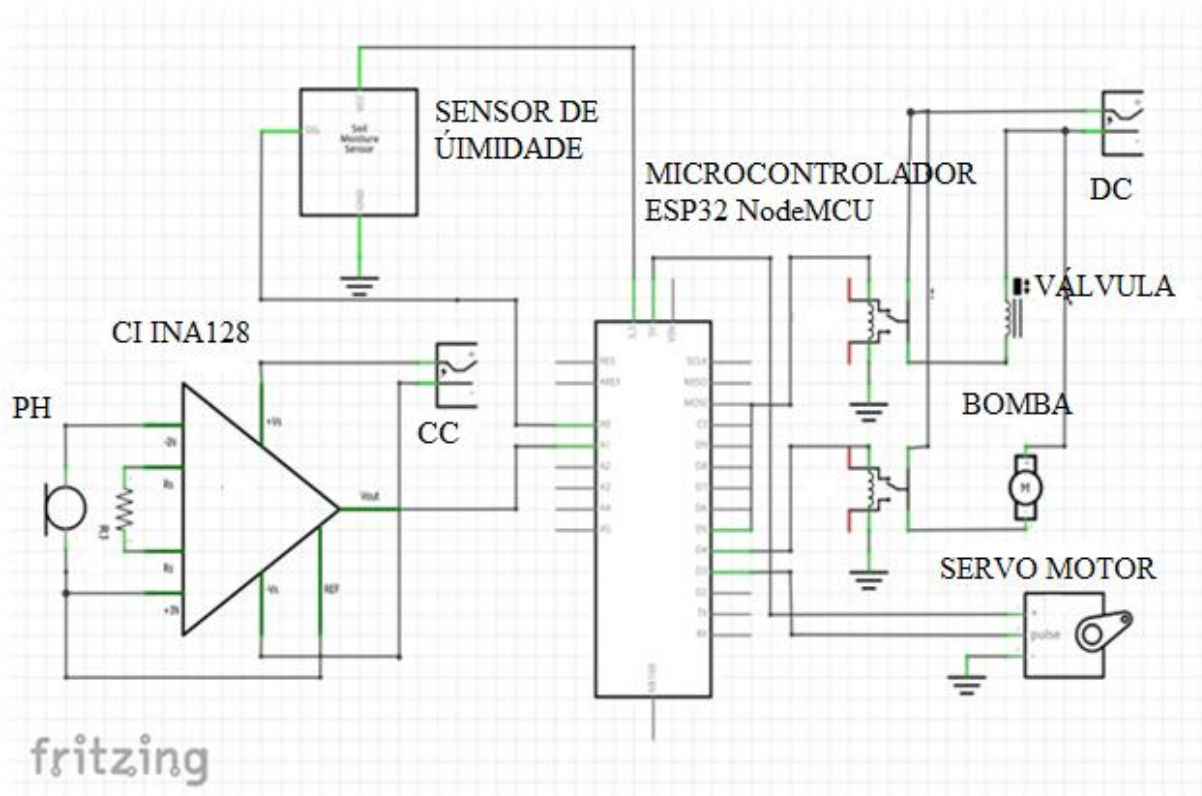
Seguindo o projeto, o microcontrolador ESP32NodeMCU possui 18 entradas analógicas, porém serão usadas apenas duas entradas analógicas. A entrada AC0 faz a leitura do sensor de umidade, que transfere o sinal de quantidade de umidade do solo para porta do microcontrolador. A entrada AC3 recebe o sinal analógico do sensor de pH. Como o instrumento é analógico, o sinal de amplitude é muito baixo; é necessário, pois, amplificar o sinal através do CI INA128, um amplificador instrumental que tem a alimentação positiva no pino 7 do CI, e o pino 4 como pino negativo. Nos pinos 1 e 8, conecta-se ao resistor de ganho. Os pinos 2 e 3 do CI INA128 são responsáveis pela entrada do sinal analógico do sensor de pH; esse sinal é amplificado no pino 6, e vai para a entrada AC3 do microcontrolador.

A saída para o atuador será formada por três diferentes tipos, para possibilitar diferentes atuações do sistema. No caso do acionamento de um relé, é mandado um sinal de nível alto para acionar o dispositivo, e um sinal baixo para desacioná-lo. No escopo do projeto, está previsto o uso da GPIO G16, que aciona relé para se acionar a válvula com solenóide, que está ligada à rede elétrica.

O acionamento da bomba de água está previsto a partir do momento em que é feito o acionamento do relé pela porta GPIO G17 do microcontrolador. A porta GPIO G21 será utilizada para o acionamento do PWM, que por sua vez aciona o servo motor.

Na figura 10, é apresentado o esquema elétrico prévio do projeto; para montar o esquema elétrico, foi utilizado o *software fritzing*.

Figura 10: Diagrama elétrico do Sistema de Irrigação Localizado e Automatizado.



### 3.5 Constituição do Software

O desenvolvimento do *software* será dividido em dois estágios. Um deles é a programação do microcontrolador; e o outro será a criação de um site em que as informações serão deixadas em tempo real. No projeto, está sendo usado modo *web service* para o acesso à rede de Internet, através do próprio microcontrolador. Como mostrado na figura 11 o diagrama de *software* de como funcionará o programa.

O termo *web service* foi uma solução encontrada para a integração de sistemas de comunicação entre diferentes plataformas. A esta plataforma é possível que novas aplicações possam ser integradas com aquelas existentes, criando compatibilidade entre as aplicações. O principal objetivo do *web service* é a transferência de dados.

Foi usado a aplicação *json* para conseguir pegar o caráter do microcontrolador e mandar para a leitura da tela em HTML.

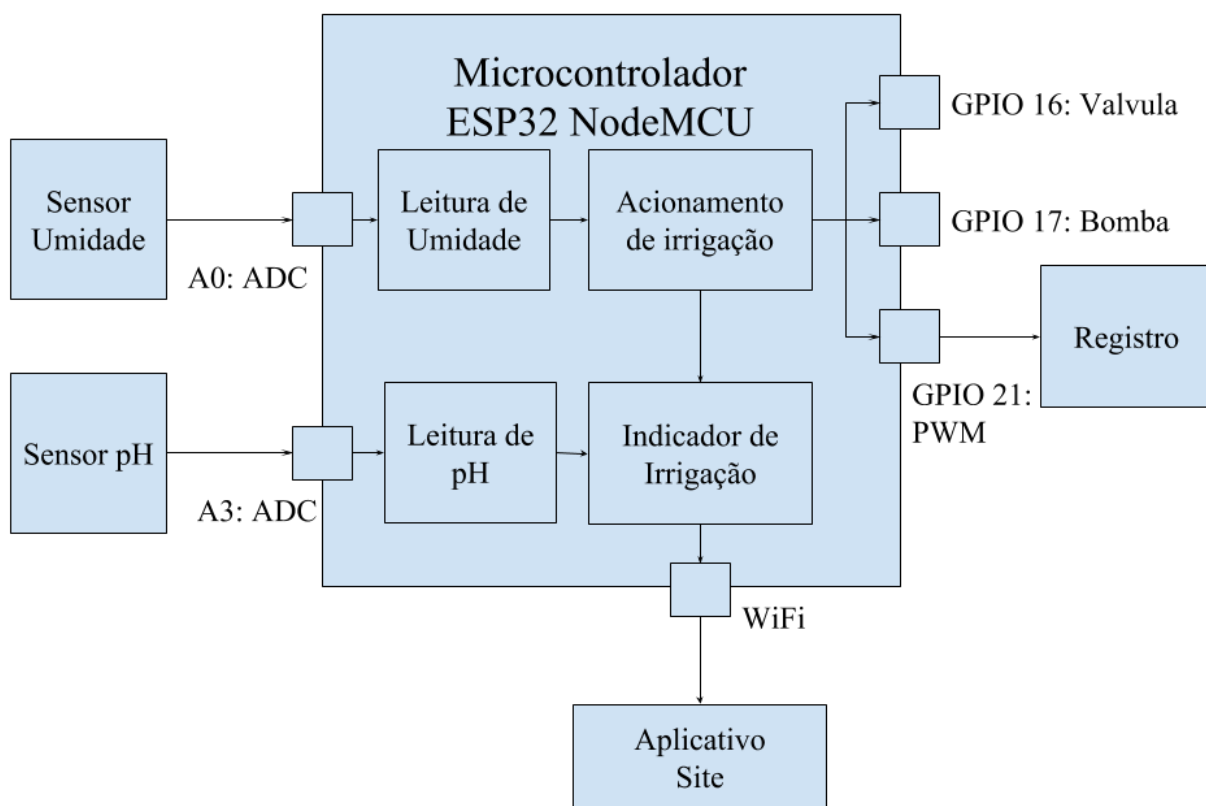
O sinal aplicado diretamente na porta AD0 do microcontrolador representa a leitura do sinal analógico do sensor de umidade. Para tanto, a informação é mapeada, um sinal envia essa informação sobre a umidade do solo em forma de porcentagem para uma leitura em tempo real na rede. O comando de mapeamento segue abaixo, para essa finalidade:

$$\text{intPorcento} = \text{map}(\text{umidade}, 0, 1023, 0, 100)$$

O sinal aplicado direto na porta AD3 do microcontrolador representa a leitura de um sinal analógico do sensor de pH. Para tal, a informação é mapeada, um sinal em escala de 0 a 14 é enviado para a Internet, indicando o grau de pH do solo. O comando de mapeamento segue abaixo, para essa finalidade:

$$\text{int pH} = \text{map}(\text{pH}, 0, 1023, 0, 14)$$

Figura 11: Diagrama de Software do Sistema de Irrigação Localizado e Automatizado.



O acionamento do relé é feito através de um sinal (alto ou baixo), para a atuação na válvula com solenoide ou na bomba de água. Serão usadas as GPIO 16 e GPIO 17 respectivamente para essa finalidade.

O acionamento do PWM para o servo motor se dá por meio da GPIO 21.

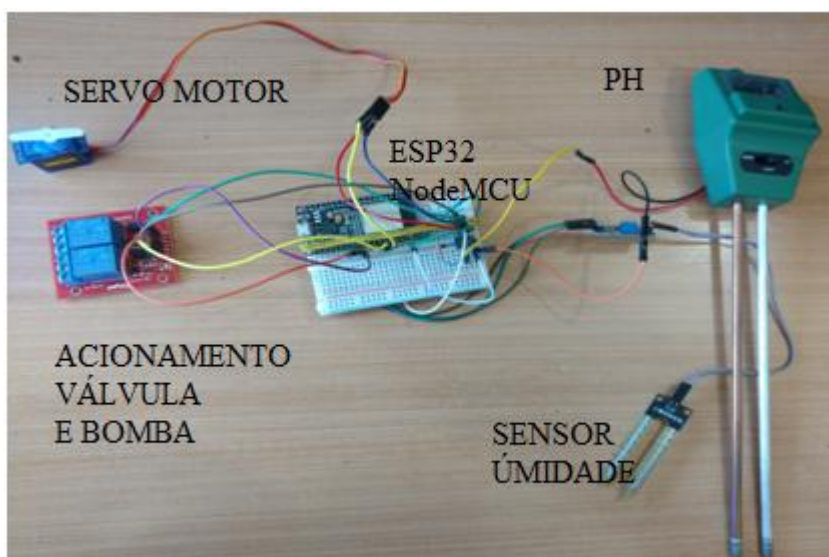
No trabalho foi colocado de 20 % a 40 % de umidade do solo, para manter o solo sempre úmido e não ter desperdício de água, sempre lembrando que cada cultivo necessita de quantidade específica de água por dia.

### 3.6 Validação do sistema

O sistema foi montado conforme mostra a figura 12. Usou-se uma placa *prortboard* a fim de conectar os componentes, sensor de umidade, CI INA128 e sensor de pH, com os atuadores do sistema – válvula solenóide, bomba DC de água e o servo motor.

A entrada AC0, a entrada analógica do sistema, foi usada para a leitura do sensor de umidade. A entrada AC3, a entrada analógica do sistema, foi usada para o sensor de pH, a que foi acoplado o CI INA128 para amplificação do sinal. A saída GPIO 16 foi usada para atuar no relé, visando mudar o estado de desligado para ligado na válvula com solenóide. A saída GPIO 17 foi utilizada para atuar no relé, visando mudar o estado de desligado para ligado na bomba de água. A saída GPIO 21 foi utilizada para atuar no servo motor com um sinal PWM. Assim, fez-se o código-fonte para que o microcontrolador pudesse realizar a tarefa proposta.

Figura 12: Foto do protótipo.



Fonte: Autoria própria.

## 4 CONCLUSÃO

O protótipo que foi modelado, correspondeu aos requisitos propostos e necessidades do solo quanto ao consumo de água, mantendo a automação do sistema, e também enviando os resultados obtidos do solo para a rede. O ajuste de pH não ficou conforme o exigido, pois o equipamento é analógico e contém muito ruído, a sensibilidade do sistema não é confiável porque não consegue mostrar todos os parâmetros necessários para se ter uma medição do pH precisa.

A escolha do método de microirrigação localizada, além é claro da realização criteriosa do projeto, dos cuidados no decorrer da implantação e da manutenção do sistema, constituir-se-á

fator determinante para o progresso da agricultura moderna. Uma análise detalhada deve ser realizada para cada caso em particular, ponderando os fatores ambientais em função das características de cada sistema e da análise econômica de cada alternativa. No que tange ao cultivo em pequenas quantidades durante um longo período de tempo em regiões com recurso hídrico escasso, um dos métodos de irrigação que mais tem se destacado é a microirrigação. A tecnologia de irrigação localizada e automatizada é o método mais indicado para vários tipos de cultivo com grau de valor agregado alto - entre seus benefícios, destacam-se o melhor rendimento da cultura por hectare, o aumento da longevidade da área de plantio, a melhoria da qualidade do produto final, a maior simplicidade e praticidade da operação, a maior eficiência na aplicação de água, o aumento da previsibilidade da produção, e a redução de risco da atividade.

### ***Agradecimentos***

À minha família, em especial a minha esposa e filha, meu pai e minha mãe, minha tia, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis, dedico meu trabalho final e meu empenho ao longo do curso.

Gostaria de explicitar a minha profunda gratidão ao meu orientador e amigo Júlio C. Marques de Lima, em que pude colocar a prova praticamente todos os conhecimentos aprendidos ao longo do curso de Engenharia de Controle e Automação. Não só fico agradecido pela oportunidade de crescimento técnico proporcionada, mas também pelo apoio incondicional e pelos conselhos, que certamente contribuíram para o meu crescimento como pessoa.

Não poderia deixar de agradecer aos meus colegas Leonardo de Brito Godoy, Daniel H. B. Marcos, que não pouparam esforços em me ajudar ao longo do curso de graduação.

## **5 REFERÊNCIAS**

BICUDO, Carlos E. de M. Águas do Brasil: análises estratégicas. São Paulo, Instituto de Botânica, 2010.

BLOG ESP32 NET. ESP32. Disponível em: < <http://esp32.net> > Acesso em: 04 de nov de 2017

FAQUIN, Valdemar. Nutrição Mineral de Plantas. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005.

GONTIJO, Juliana. Internet das coisas trará a próxima revolução no campo. **O Tempo**, Minas Gerais, 05 nov. 2017.



MAROUELLI, Waldir Aparecido. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Capítulo 5: Manejo da água de irrigação. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF 2011. Páginas 158-232.

MINATEL, Pedro. Imasters. Disponível em: <<https://imasters.com.br/open-hardware-2/os-primeiros-passos-com-o-esp32>> Acesso em: 04 de set de 2017

MINATEL, Pedro. Sistemas Embarcados e Internet das coisas. Disponível em: <<http://pedrominate.com.br/pt/esp32/>> Acesso em: 04 de set de 2017

MORAIS, José. Portal Vida de Silício. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br>> Acesso em: 04 de set de 2017

NODEMCU, Blog NodeMCU Connect ThingsEASY (2014) Disponível em: <<http://nodemcu.com/>> Acesso em: 04 de set de 2017

OLIVEIRA, Euler. Blog Master walker shop. Disponível em: <<http://blogmasterwalkershop.com.br/esp32/>> Acesso em: 04 de set de 2017

PENA, Me. Rodolfo. Atividades que mais consomem água . Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/atividades-que-mais-consomem-agua.html>> Acesso em: 04 de set de 2017

PENA, Rodolfo Alves Mundo Educação Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/a-distribuicao-agua-no-mundo.html>> Acesso em: 04 de set de 2017

PIMENTEL, Carlos. A relação da planta com a água. Seropédica, Rio de Janeiro: Edur, 2004.

RIDDER, André de Vieira. Cadernos de educação ambiental água para vida , água para todos: livro das águas. Brasília: WWF-Brasil, 2006

SARAVANA ELECTRONICS. ESP32. Disponível em: <<http://www.alselectro.com/esp-32-iot-development-board.html>> Acesso em: 04 de nov de 2017

SOUSA, Valdemício Ferreira, Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

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

USINAINFO. Usina da Informática. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br>> Acesso em: 04 de set de 2017

VICTORINO, Célia Jurema Aito. Planeta água morrendo de sede. Porto Alegre :EDIPUCRS, 2007

ZOCOLOTTI, Maria Laura. A irrigação no Brasil situação e diretrizes, Ministério da Integração Nacional. Brasília: IICA, 2008.