

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
CAMPUS TIMÓTEO**

Matheus de Oliveira Souza

**USO DE DISPOSITIVO MÓVEL PARA ACIONAMENTO REMOTO DE  
UMA VÁLVULA HIDRÁULICA EM TRATOR DE CAMPO PARA  
CONTROLE DE PROCESSO DE SEMEADURA**

**Timóteo**

**2021**

**Matheus de Oliveira Souza**

**USO DE DISPOSITIVO MÓVEL PARA ACIONAMENTO REMOTO DE  
UMA VÁLVULA HIDRÁULICA EM TRATOR DE CAMPO PARA  
CONTROLE DE PROCESSO DE SEMEADURA**

Monografia apresentada à Coordenação de Engenharia de Computação do Campus Timóteo do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Elder de Oliveira Rodrigues

Timóteo

2021

**USO DE DISPOSITIVO MÓVEL PARA ACIONAMENTO REMOTO DE UMA VÁLVULA HIDRÁULICA EM TRATOR DE CAMPO PARA CONTROLE DE PROCESSO DE SEMEADURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Computação do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, campus Timóteo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Computação.

Trabalho aprovado. Timóteo, 14 de Abril de 2021:



---

Prof. Dr. Elder de Oliveira Rodrigues  
Orientador



---

Profª. Dra. Viviane Cota Silva  
Professora Convidada



---

Prof. Dr. Rodrigo Gaiba de Oliveira  
Professor Convidado

Dedico à Deus, que nunca me abandonou, aos meus pais, irmã e namorada, que durante toda trajetória não mediram esforços para me apoiar, aos meus amigos do grupo Diretoria, que sempre estiveram do meu lado, e aos meus professores, que contribuíram de forma significativa para meu conhecimento.

# Agradecimentos

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me abençoado, me dando muita saúde, paz e estar sempre iluminando meus caminhos. Agradeço aos meus pais e minha irmã, pelo incentivo e por estarem sempre intercedendo e orando pela minha vida. Agradeço à minha namorada, pela paciência, compreensão e incentivo aos meus objetivos. Agradeço à minha família em geral, que sempre acreditou no meu potencial. Por fim, agradeço ao meu orientador, por acreditar no meu projeto e por toda orientação que tem me passado.

*“Você não precisa acreditar no impossível,  
você só precisa ter fé e acreditar em Deus. Assim, TUDO é possível ”.*  
*Carolina Bensino*

# Resumo

Impulsionado pela necessidade do homem de estar conectado e compartilhando informações a todo momento, a Internet das Coisas tem sido algo que tem crescido cada vez mais no ramo tecnológico e, conseqüentemente no setor de produção em geral. Esse conceito permite que diferentes dispositivos baseados em um protocolo de comunicação se interajam entre si, trocando informações para atingirem um objetivo. Baseado nisso, este trabalho se caracteriza pela implementação de um sistema de automatização de um processo de semeadura agrícola, onde utilizando da teoria de Internet das Coisas foi criado um Web Service, que servirá como interface para operadores de máquinas agrícolas que, junto com um dispositivo micro-controlado e microprocessado (ESP-8266), serão capazes de fazer acionamento de válvulas de forma remota, substituindo os acionamentos mecânico das válvulas por comandos enviados de um smartphone. Por conta da pandemia da Covid 19, o trabalho foi testado em uma bancada, sendo criado o sistema hidráulico, eletrônico, configuração da rede e o projeto de interface visual. Conforme proposto, o trabalho atingiu os seus objetivos, onde se conseguiu fazer acionamentos de válvulas digitais e proporcionais, servindo então como base para aplicação em um campo de produção agrícola.

**Palavras-chave:** Internet Das Coisas, ESP-8266, produção agrícola.

# Abstract

Driven by the need of man to be connected and sharing information at all times, the Internet of Things has been something that has grown more and more in the technological field and, consequently, in the production sector in general. This concept allows different devices based on a communication protocol to interact with each other, exchanging information to achieve a goal. Based on this, this work is characterized by the implementation of an automation system for an agricultural sowing process, where using the Internet of Things theory a Web Service was created, which will serve as an interface for agricultural machinery operators that, together with a device microcontrolled and microprocessed (ESP-8266), they will be able to actuate valves remotely, replacing the mechanical actuations of the valves with commands sent from a smartphone. Due to the Covid 19 pandemic, the work was tested on a bench, with the hydraulic, electronic system, network configuration and visual interface design being created. As proposed, the work achieved its objectives, where it was possible to operate digital and proportional valves, thus serving as a basis for application in an agricultural production field.

**Key words:** Internet Of Things, ESP-8266, agricultural production.



# Lista de ilustrações

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Esquema de componentes de um sistema hidráulico . . . . .                                            | 16 |
| Figura 2 – Modelo de referência OSI . . . . .                                                                   | 18 |
| Figura 3 – Modelo de referência TCP/IP . . . . .                                                                | 19 |
| Figura 4 – Comportamento de requisição-resposta do HTTP . . . . .                                               | 19 |
| Figura 5 – Módulo Node-MCU com ESP8266 . . . . .                                                                | 21 |
| Figura 6 – Onda PWM e suas grandezas . . . . .                                                                  | 22 |
| Figura 7 – Fluxograma da metodologia empregada para o desenvolvimento do projeto.                               | 26 |
| Figura 8 – Representação de um implemento agrícola com sistema hidráulico indepen-<br>dente . . . . .           | 28 |
| Figura 9 – Representação do sistema a ser implementado . . . . .                                                | 29 |
| Figura 10 – Fluxograma para criação do Web Service . . . . .                                                    | 30 |
| Figura 11 – Instalação de biblioteca para uso do ESP8266 . . . . .                                              | 30 |
| Figura 12 – Página Web que será acessada pelo operador . . . . .                                                | 31 |
| Figura 13 – Especificações Eletrícas ESP8266 . . . . .                                                          | 32 |
| Figura 14 – Esquemático do circuito elétrico de potência capaz de fazer o acionamento<br>das válvulas . . . . . | 33 |
| Figura 15 – Esquemático do circuito hidruáulico capaz de fazer o acionamento dos cilín-<br>dros . . . . .       | 35 |
| Figura 16 – Defenição do nome da rede . . . . .                                                                 | 36 |
| Figura 17 – Defenição da senha da rede . . . . .                                                                | 36 |
| Figura 18 – Placa eletrônica para circuito de potência . . . . .                                                | 37 |
| Figura 19 – Bomba Hidráulica e Manômetro para controle de pressão . . . . .                                     | 38 |
| Figura 20 – Circuito Hidráulico para prototipação de projeto . . . . .                                          | 38 |
| Figura 21 – Controle de acesso ao Web Service . . . . .                                                         | 39 |
| Figura 22 – Protótipo de acionamento remoto de uma válvula hidráulica . . . . .                                 | 39 |
| Figura 23 – Teste de acionamento de um cilindro utilizando válvula digital . . . . .                            | 40 |
| Figura 24 – Teste de acionamento proporcional com pwm de 20% e 24% respectivamente                              | 41 |
| Figura 25 – Teste de acionamento proporcional com pwm de 30% e 40% respectivamente                              | 41 |

# Lista de abreviaturas e siglas

|      |                                |
|------|--------------------------------|
| AP   | Agricultura de Precisão        |
| DNS  | Domain Name System             |
| GPS  | Global Positioning System      |
| HTTP | Hypertext Transfer Protocol    |
| I2C  | Inter-Integrated Circuit       |
| I2S  | Inter-Integrated-Chip Sound    |
| IOT  | Internet of Things             |
| IOUT | Internet Of Underground Things |
| IP   | Internet Protocol              |
| LAN  | Local Area Network             |
| PWM  | Pulse-Width Modulation         |
| SPI  | Serial Peripheral Interface    |
| SSH  | Secure Shell                   |
| TCP  | Transmission Control Protocol  |
| URL  | Uniform Resource Locator       |
| VCR  | Válvula de Controle Remoto     |
| WAN  | Wide Area Network              |

# Sumário

|            |                                                                                                                         |           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b>                                                                                                       | <b>11</b> |
| <b>1.1</b> | <b>Problema</b>                                                                                                         | <b>12</b> |
| <b>1.2</b> | <b>Justificativa</b>                                                                                                    | <b>13</b> |
| <b>1.3</b> | <b>Objetivos</b>                                                                                                        | <b>13</b> |
| <b>2</b>   | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>                                                                                            | <b>14</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Fundamentos teóricos</b>                                                                                             | <b>14</b> |
| 2.1.1      | Mecanização do Processo Agrícola                                                                                        | 14        |
| 2.1.2      | Implementos Agrícolas                                                                                                   | 14        |
| 2.1.3      | Sistema Hidráulico                                                                                                      | 15        |
| 2.1.4      | Internet das Coisas                                                                                                     | 16        |
| 2.1.5      | Rede de Computadores                                                                                                    | 17        |
| 2.1.5.1    | Modelo OSI                                                                                                              | 17        |
| 2.1.5.2    | Modelo TCP/IP                                                                                                           | 18        |
| 2.1.5.3    | HTTP                                                                                                                    | 19        |
| 2.1.6      | Sistemas Embarcados                                                                                                     | 20        |
| 2.1.6.1    | ESP 8266                                                                                                                | 20        |
| 2.1.6.2    | Interfaces GPIO                                                                                                         | 21        |
| 2.1.6.3    | Canal PWM                                                                                                               | 22        |
| <b>2.2</b> | <b>Trabalhos Relacionados</b>                                                                                           | <b>22</b> |
| 2.2.1      | Internet das Coisas                                                                                                     | 22        |
| 2.2.2      | Internet das Coisas aplicada a Agricultura                                                                              | 24        |
| <b>3</b>   | <b>MÉTODOS E MATERIAIS</b>                                                                                              | <b>26</b> |
| <b>4</b>   | <b>CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA ACIONAMENTO REMOTO DE<br/>UMA VÁLVULA HIDRÁULICA ATRAVÉS DE UM DISPOSITIVO MÓVEL</b> | <b>28</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Operação de implementos agrícolas</b>                                                                                | <b>28</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Criação do Web Service</b>                                                                                           | <b>29</b> |
| 4.2.1      | IDE Arduino                                                                                                             | 30        |
| 4.2.2      | Passos seguidos para codificação                                                                                        | 30        |
| 4.2.2.1    | Configurando conexão com rede local                                                                                     | 30        |
| 4.2.2.2    | Configurando loop principal                                                                                             | 31        |
| 4.2.2.3    | Exibição da página web                                                                                                  | 31        |
| <b>4.3</b> | <b>Criação do circuito eletrônico de potência das válvulas</b>                                                          | <b>32</b> |
| <b>4.4</b> | <b>Elaboração de um sistema hidráulico</b>                                                                              | <b>34</b> |
| <b>4.5</b> | <b>Elaboração de uma rede wifi</b>                                                                                      | <b>35</b> |
| <b>5</b>   | <b>TESTES E RESULTADOS</b>                                                                                              | <b>37</b> |

|     |                                               |    |
|-----|-----------------------------------------------|----|
| 5.1 | Desenvolvimento da placa eletrônica . . . . . | 37 |
| 5.2 | Montagem do circuito hidráulico . . . . .     | 37 |
| 5.3 | Conexão de um usuário ao ESP 8266 . . . . .   | 39 |
| 5.4 | Resultados . . . . .                          | 40 |
| 6   | CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS . . . . .       | 42 |
| 6.1 | Trabalhos Futuros . . . . .                   | 42 |
|     | REFERÊNCIAS . . . . .                         | 43 |

# 1 Introdução

*“Que todos os nossos esforços estejam  
sempre focados no desafio à impossibilidade.  
Todas as grandes conquistas humanas vieram  
daquilo que parecia impossível”.*  
Charles Chaplin

Em meados da década de 1990 surgiram os celulares no Brasil e a partir da década de 2009 os smartphones com sequência dos tablets (DUTRA, 2016). Nessa linha do tempo, os notebooks também ganharam grande força no mercado. O uso de dispositivos móveis, tais como, celulares, smartphones, tablets, notebooks, dentre outros, tem se tornado cada vez mais rotineiros e presentes em todos os ramos da tecnologia. Diversos fatores contribuem para que os dispositivos móveis sejam cada vez mais utilizados. Entre estes fatores podemos citar, principalmente, a redução de custo destes equipamentos pelo ganho de escala e pelas novas tecnologias, o que os tornou populares e acessíveis a todas as classes sociais. Além disso, a necessidade de mobilidade e conectividade, criadas pelo modo de vida do homem moderno, são satisfeitas por estes equipamentos (NETO, 2010). Juntamente com a internet, esses dispositivos conseguem unir milhares de dispositivos, trocando informações e dados de forma simultânea e em tempo real de qualquer lugar do mundo, de forma rápida. Baseado nesses fatores, dispositivos conectados pela Internet das Coisas (IoT) se inserem cada vez mais no mercado, possibilitando assim o aumento das funcionalidades desses objetos, tornando-os cada vez mais necessários.

A Internet das Coisas é um importante ramo do desenvolvimento tecnológico, baseada na conectividade de vários dispositivos que recebem e enviam informações uns aos outros por meio de uma rede de internet. Resumidamente, a ideia básica desse conceito é a presença generalizada em torno de nós de uma variedade de coisas ou objetos, como identificação por radiofrequência (RFID), tags, sensores, atuadores, telefones celulares, etc, que através de esquemas de endereçamento exclusivos, são capazes de interagir entre si e cooperar com os vizinhos para atingirem objetivos comuns (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

Essa tecnologia permite mudar os parâmetros de produção de forma a atingir melhor produtividade com custos mais reduzidos. Portanto, é fundamental em uma infraestrutura de produção que estas tarefas estejam bem organizadas, de maneira a permitir o sucesso de um processo de produção em geral. Aplicando a automação de forma bem planejada, minimiza-se o impacto social e dificilmente se tem prejuízos e mais problemas para o investidor (JÚNIOR; CHAGAS; FERNANDES, 2003).

A produção na agricultura tem ganhado maior eficácia com o uso dessa tecnologia, caracterizado pelo uso de dispositivos móveis e pequenos "módulos eletrônicos/plataformas eletrônicas" controlados por microcontroladores via sistema embarcado. O uso da tecnolo-

gia destes dispositivos e módulos eletrônicos, tem melhorado a automatização contribuindo principalmente, com as tarefas humanas mais pesadas no campo como um todo. Consequentemente, o trabalho que antes era feito por mãos humanas, como exemplo, preparo da terra, plantio, adubo, colheita, etc, com poucos recursos de ferramentas, hoje são substituídos por pequenas e grandes máquinas acopladas de implementos agrícolas, controlados por sistemas hidráulicos, que fazem o processo de forma automatizada e cada vez mais eficiente, sem a necessidade de grande esforço humano. Dessa forma, a automação permite a otimização do tempo, redução de perdas, aumento de qualidade dos produtos; além de contribuir significativamente para ergonomia dos trabalhadores agrícolas. Diversos estudos têm sido feitos sobre o setor de máquinas agrícolas e sua relevância, tal como o de (PONTES, 2004).

Percebe-se que, as máquinas agrícolas com sistema hidráulico implementado independente, são capazes de realizar processo automatizado como:

- levantar implementos agrícolas;
- controlar a vazão de sementes de forma proporcional;
- controlar a profundidade de acordo com o solo do terreno, entre outras aplicações sem a necessidade de um esforço humano.

Para realizar tais processos, estes são baseados na transmissão de energia e vazão através de um fluído pressurizados (óleo).

Existem diferentes tipos de implementos agrícolas, cada um com sua determinada função. Entre eles se destacam os:

- implementos de arados, que são usados principalmente para preparo dos solos;
- pulverizadores, com objetivo de lançar substancias no plantio, capazes de combater insetos, plantas daninhas, etc, prejudiciais para as plantações, e
- semeadoras que fazem o controle de despejo de semente nos solos, entre outros.

## 1.1 Problema

Atualmente, em um processo de produção, uma maior produtividade, com um menor custo, tem se tornado prioridade em grande parte dos ramos da economia brasileira. Baseado nisso, foi analisado um problema enfrentado por alguns pequenos produtores agrícolas, que possuem máquinas de pequeno e médio porte. Nestes casos, essas máquinas recebem o que chamamos de implementos agrícolas, que será apresentado no decorrer do trabalho. Em equipamentos com quantidade de acionamento maiores que a capacidade do trator, o fabricante cria um sistema hidráulico independente em seu equipamento e o acionamento é realizado manualmente por manípulos ou joystick, interligados por cabos de aço às válvulas de controle remoto (VCRs) instalados no equipamento.

O problema em tal processo consiste no fato de que estes dispositivos são conectados na traseira das máquinas e, durante o processo de semeadura, o operador das máquinas precisa controlar este fluxo de despejo de sementes, ou seja, toda vez que o operador precisa fazer tal ação, ele precisa parar sua máquina, descer da mesma e fazer de forma manual o acionamento destes sistemas hidráulicos.

## 1.2 Justificativa

Pelo fato de o operador ter que descer da máquina toda vez que for necessário fazer um ajuste no implemento agrícola, o processo agrícola em questão gasta um tempo maior para realização da tarefa, aumentando então o custo de operação, que pode ser reduzido através de acionamentos remotos.

## 1.3 Objetivos

O objetivo geral é criar um Web Service baseado na teoria da “Internet das Coisas” que servirá como interface para o operador, substituindo o acionamento mecânico das válvulas por comando enviados de um smartphone, para um dispositivo microcontrolado e microprocessado (ESP-8266) de baixo custo, através de uma rede de internet, que fará o acionamento das válvulas de forma remota.

Também, objetivam-se mais especificamente:

1. Desenvolver o software em linguagem C para controle dos módulos eletrônicos usados;
2. Implementar o sistema embarcado como um todo para ação no físico e ação de resposta no web service;
3. Elaborar uma rede de comunicação entre dispositivo ESP 8266 e Smartphone;
4. Criar um circuito eletrônico capaz de receber o sinal do controlador e alimentar as válvulas do sistema hidráulico;
5. Implementar o controle PWM para o acionamento das válvulas hidráulicas;
6. Implementar protótipo Web Service no smartphone.

## 2 Revisão bibliográfica

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica, contendo informações teóricas e históricas que serão usadas para desenvolvimento deste trabalho, além de apresentar os principais e mais recentes trabalhos em Internet das Coisas aplicado a sistemas de acionamento remoto.

### 2.1 Fundamentos teóricos

O objetivo do presente trabalho é criar um Web Service, que servirá de interface para os operadores de máquinas agrícolas, fazendo com que seja possível fazer acionamentos em implementos agrícolas de forma remota. Para realização do mesmo, serão apresentados nas próximas seções conceitos teóricos para que seja possível um maior embasamento em torno das teorias e conceitos que serão usados para realização do trabalho.

#### 2.1.1 Mecanização do Processo Agrícola

A revolução industrial, a crescente população urbana e a maior demanda por alimentos geraram a necessidade de aumento da produtividade agrícola (DERRY e WILLIAMS, 1977 apud FONSECA, 1990). Baseado nesses fatores, se fez necessária a mecanização do sistema de produção agrícola, com o objetivo de aumentar a produção, tornando a mesma mais rápida e com uma qualidade melhor.

No período entre os anos de 1760 e 1840, impulsionados pela revolução industrial, a agricultura começou a sofrer um processo de transição. O trabalho que antes eram realizados por trações animais, mãos humanas e de forma artesanal, começou a ser substituído por métodos de produção com máquinas. Surgiram então máquinas como tratores, usados para substituir os animais; colhedoras, que substituiu o trabalho que antes precisava de inúmeros trabalhadores; semeadoras, que também surgiu com o intuito de substituir o trabalho manual e aumentar assim a produtividade e eficácia.

Podemos perceber então, que o processo agrícola sofreu um grande impacto a partir do surgimento de máquinas. Com ele, foi possível um aumento na escala de produção, uma melhor qualidade dos produtos, mas em contrapartida os trabalhadores foram substituídos por máquinas, aumentando a taxa de desemprego.

#### 2.1.2 Implementos Agrícolas

Juntamente com o processo de mecanização agrícola, surgiu também os implementos agrícolas. Podemos definir os implementos agrícolas como sistemas acoplados nas máquinas capazes de executar determinada tarefa.

Através dos implementos agrícolas, surgiu um importante conceito no processo agrícola, que hoje conhecemos como Agricultura de Precisão (AP). Este conceito se baseia na



ideia do uso de tecnologias, capazes de trocar informações necessárias para definir os melhores processos para construção de uma agricultura eficaz. Esse processo se dá através da implantação de ferramentas de sistemas da informação e maquinário adaptado, aliada a adoção de técnicas de tratamento de cada área, de acordo com as suas deficiências e as suas potencialidades (MIRANDA; VERÍSSIMO; CEOLIN, 2017). Essa técnica utiliza sistemas como GPS, piloto automático, amostragem de solo, entre outros.

### 2.1.3 Sistema Hidráulico

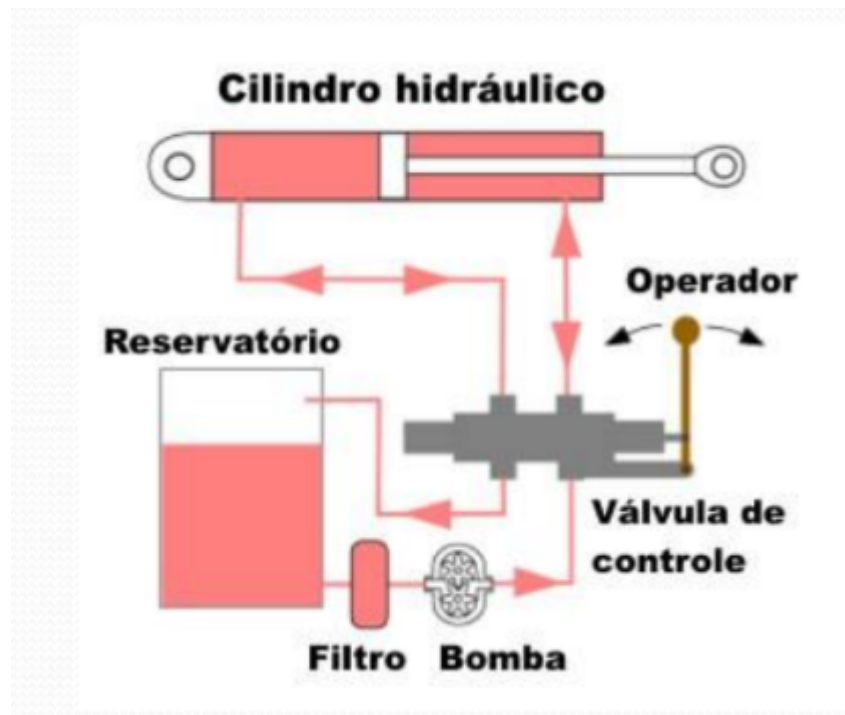
Um sistema hidráulico é um conjunto de elementos físicos convenientemente associados que, utilizando um fluido como meio de transferência de energia, permite a transmissão e controle de forças e movimentos (LINSINGEN, 2003). Assim, o sistema hidráulico pode ser considerado “o meio através do qual uma forma de energia de entrada é convertida e condicionada, de modo a se ter como saída energia mecânica útil” (LINSINGEN, 2003). Podemos exemplificar funções como controle de profundidade de implementos agrícolas, controle de vazão de tanques, controles proporcionais de funções como acelerador, freio, etc. Estes sistemas tem como principais componentes o reservatório, a bomba hidráulica, as válvulas e os atuadores. A figura 1 ilustra um sistema hidráulico, onde se destacam:

1. Reservatório: É nele que ficam armazenados os fluídos que irão atuar no sistema;
2. Bomba Hidráulica: Sistema capaz de fazer com que os fluídos circulem no sistema;
3. Válvulas: As válvulas atuam como uma espécie de chave do sistema hidráulico, através dela é possível controlar a passagem de fluído pelo sistema. Ou seja, ela permite fechar ou abrir um caminho para o fluído, permitindo fazer o controle da quantidade de fluídos que irá passar no sistema. Estes acionamentos podem ser feitos de forma elétrica, manuais, mecânicas, etc.

Existem diferente tipos de válvulas, podendo destacar duas:

1. Válvulas On/Off: Através desta válvula é possível fechar ou abrir o fluxo do fluído, ou seja, ela atua como uma chave seletora, onde ela recebe comandos ou para permitir ou para impedir o fluxo hidráulico;
2. Válvulas Proporcional: Através deste modelo de válvula é possível fazer o controle do fluxo do fluído, entre outras palavras, podemos simplificar este modelo como uma torneira, onde ela controla a quantidade de fluído que irá atuar no sistema.

Figura 1 – Esquema de componentes de um sistema hidráulico



Fonte: (VARELLA, 2012)

#### 2.1.4 Internet das Coisas

O conceito de Internet das Coisas surgiu da idéia de se conectar vários dispositivos, capazes de trocar informações entre eles por meio de uma rede de internet. A partir deste conceito, qualquer objeto do meio físico que esteja equipado com tais ferramentas necessárias para execução do conceito, é capaz de receber e enviar informações para um sistema de controle, a fim de executar uma determinada tarefa de forma remota. Existem diversos setores em que se encontram aplicações envolvendo este conceito, entre elas podemos destacar o setor da saúde, agricultura, domótica, cidades inteligentes, entre outros. Em suma, a Internet das Coisas trata-se de um ecossistema que conecta objetos físicos, através de um endereço de IP3 ou outra rede, para trocar, armazenar e coletar dados para consumidores e empresas através de uma aplicação de software (CARRION; QUARESMA, 2019).

A internet banda larga tem cada vez mais abrangido um maior número de pessoas. Com custos cada vez menores e uma demanda cada vez maior, pessoas que antes não tinham condições de ter uma internet em casa, tem conseguido obter. Por conta deste fenômeno, grande parte dos dispositivos tem sido criada com estruturas de conexões wifi, justificando o autocrescimento do conceito de Internet Das Coisas. Segundo dados divulgados pela empresa Cisco, se tratando de conexões, o salto será de 59 por cento entre 2018 e 2023, indo de 18,4 bilhões para 29,3 bilhões (CISCO, 2020).

Com a IoT, temos inúmeros dispositivos conectados, trocando informações um com os outros, fazendo com que se automatize várias tarefas, gerando uma maior produtividade, além de comodidades, redução de consumo, entre outros benefícios.

Apesar do grande potencial da IoT, uma grande preocupação é em relação a segurança e a privacidade dos dados. Por se tratarem de dispositivos que trabalhem em redes sem fios, com baixos investimentos em relação à segurança de informações e autenticação de acessos, os dados nas redes se tornam vulneráveis a ataques de hackers, o que acaba freando a inserção deste conceito no mundo.

### 2.1.5 Rede de Computadores

Podemos conceituar rede de computadores como um conjunto de softwares e hardwares interligados por um sistema de comunicação, de maneira a haver um compartilhamento de dados entre eles. Em outras palavras podemos definir como um conjunto de computadores autônomos interconectados por uma única tecnologia (TANENBAUM, 2003).

Atualmente existem diversos tipos de redes de computadores, entre elas podemos destacar as redes móveis como os celulares, automóveis, GPS, as provedoras de internet, as redes institucionais, redes sem fio, etc.

Podemos dividir basicamente uma rede de computadores em dois componentes, sendo eles o hardware (computadores, smartphones, roteadores) e o software (TCP/IP, HTTP, Browser).

#### 2.1.5.1 Modelo OSI

Modelo OSI é um conjunto de padrões a serem seguidos para se estabelecer os protocolos de rede, ou seja, são um conjunto de regras definidas para se obter a interconectividade entre diferentes dispositivos.

Este modelo foi dividido em sete camadas, tendo cada uma delas a função de se realizar uma parte da comunicação entre os dispositivos. A figura 2 apresenta estas camadas. São elas:

1. Física: camada responsável pelos meios de transmissão, ou seja funciona como o caminho de dados, podemos exemplificar os cabos de rede;
2. Enlace: camada responsável por detectar se existe algum possível erro de transmissão de dados presente na camada física, além de controlar o fluxo de dados;
3. Rede: camada responsável por definir o endereçamento dos dados, definindo então o caminho ao qual os dados devem tomar;
4. Transporte: camada responsável por garantir que os dados da camada 3, sejam entregues de forma correta e sem erros;
5. Sessão: camada responsável por definir a ordem dos processos entre diferentes máquinas que trabalham de forma conjunta;
6. Camada de apresentação: camada responsável por fazer a decodificação dos dados para serem interpretados em outras camadas;

7. Aplicação: camada responsável pela interação humano computador, ou seja camada responsável pelos programas de computador.

Figura 2 – Modelo de referência OSI



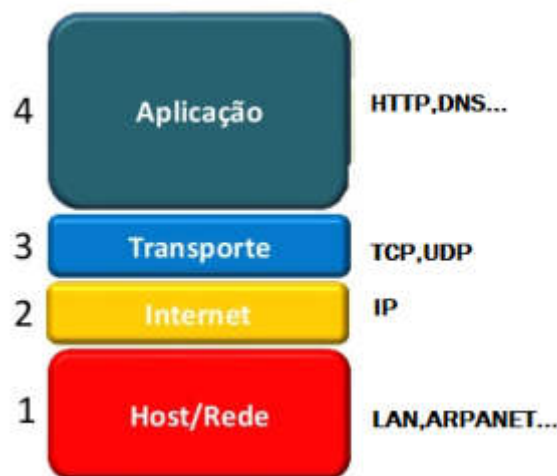
Fonte: Adaptado de (SANTOS, 2016)

#### 2.1.5.2 Modelo TCP/IP

O TCP/IP é um modelo baseado em basicamente dois protocolos, são eles o TCP e o IP. Esse modelo foi criado com o objetivo de se conectar vários dispositivos em diferentes redes de forma uniforme, independente se estão em um ambiente LAN ou em um ambiente WAN, ou seja, um modelo capaz de se trocar informações independente da distância. Este modelo foi dividido em quatro camadas, conforme apresentado na figura 3, onde se destaca:

1. Enlace ou Física: camada responsável por identificar o tipo de mensagem na rede e fazer com que essa mensagem seja compatível com o protocolo IP;
2. Rede: camada responsável por definir o endereço de destino da rede, ou seja, ela recebe o dado e define a melhor rota para que este dado chegue ao destino final;
3. Transporte: camada responsável por garantir que o dado chegue ao destino de forma a não perder informações, ou seja, camada responsável por garantir a integridade dos dados. Isso é feito através da troca de informações entre os hosts, caracterizado pelo modelo TCP ponto à ponto;
4. Aplicação: camada responsável por identificar o tipo de requisição que está sendo realizada e fazer a comunicação direta com o software. Podemos citar exemplos como: HTTP, DNS, SMTP, SSH.

Figura 3 – Modelo de referência TCP/IP



Fonte: Adaptado de (SANTOS, 2016)

### 2.1.5.3 HTTP

O HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) é definido no RFC 1945 e no RFC 2616. Este consiste em um protocolo usado para definir uma comunicação entre um cliente e um servidor, com seu funcionamento baseado em acesso a objetos através de uma URL. Os dois programas (cliente, servidor), executados em sistemas diferentes, conversam um com o outro por meio de troca de mensagens HTTP. O HTTP define a estrutura dessas mensagens e o modo como o cliente e o servidor as trocam (KUROSE; ROSS, 2010), ver figura 4.

Figura 4 – Comportamento de requisição-resposta do HTTP



Fonte: (KUROSE; ROSS, 2010)

As mensagens do protocolo HTTP são escritas em texto ASCII, ou seja, podendo ser interpretadas por qualquer canal que leia uma mensagem de computador. Sua arquitetura se

baseia no modelo requisição/resposta. Para exemplificar podemos definir o método de requisição como um usuário que envia uma solicitação ou uma mensagem através de um navegador web, e recebe resposta dessa mensagem através de um servidor caracterizando o método de resposta.

Os principais métodos HTTP são:

- Get: Usado para fazer uma requisição ao servidor;
- Post: Usado para publicar um dado no servidor de acordo com o que foi digitado pelo cliente;
- Put: Usado para publicar um objeto em um espaço de memória específico no servidor;
- Delete: Usado para fazer a exclusão de um dado no servidor;
- Head: Usado semelhantemente com o método GET, diferenciando pelo fato de o servidor não retornar o objeto que foi requisitado;
- Options: Usado para definir os métodos disponíveis no servidor.

#### 2.1.6 Sistemas Embarcados

*Embedded Electronic System* ou Sistemas Embarcados como é conhecido no português, é a expressão usada para definir um sistema composto por um microprocessador ou microcontrolador, capaz de realizar tarefas pré definidas para ele de forma otimizada. Ou seja, podemos definir sistemas embarcados como um computador encapsulado, que diferente dos computadores convencionais já tem um software definido para determinada função, podendo assim reduzir custos, otimizar tarefas, entre outros ganhos.

Um sistema embarcados é composto por memória, processador e periféricos como entrada/saída de dados, interface serial, TCP/IP e outros, podendo assim ser usado para inúmeras aplicações, como:

- Setor automobilístico;
- Aquisição de Dados;
- Sistemas de Controle;
- Acionamentos remotos;
- Comunicações.

##### 2.1.6.1 ESP 8266

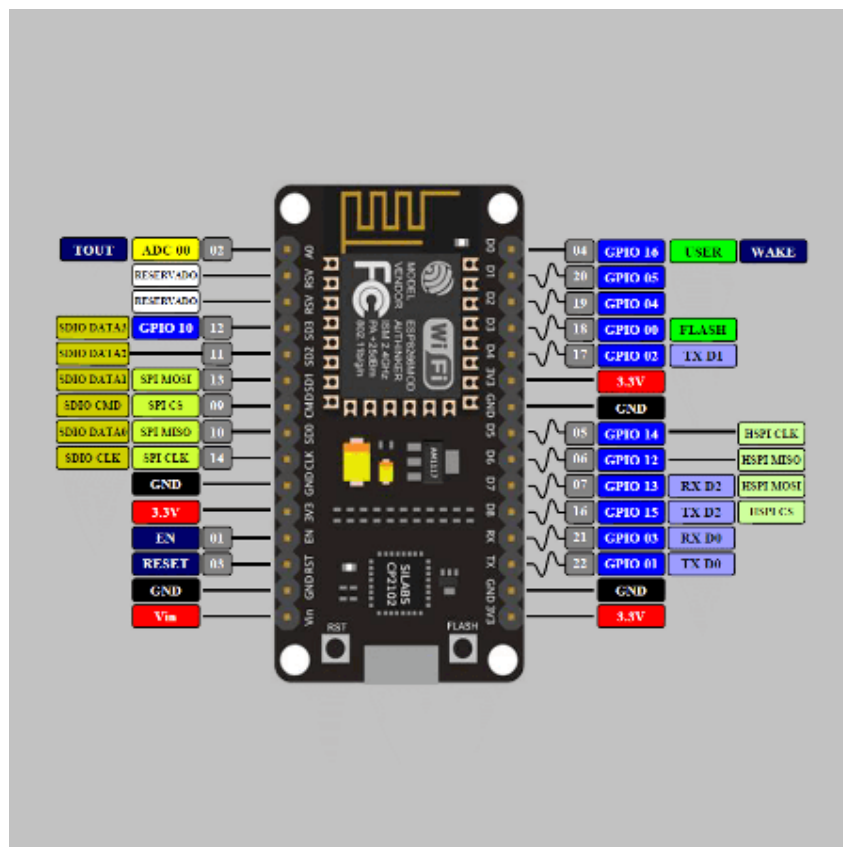
O ESP8266 é um microcontrolador produzido pela fabricante chinesa Espressif, com um padrão de 32 bits que inclui um núcleo microprocessado Tensilica L106, que funciona na frequência-padrão de 80 MHz, podendo chegar a 160 MHz (SÉRGIO, 2017). Sua principal

característica é de possuir um módulo wifi embutido, possibilitando aplicações com protocolos TCP/IP. Além disso, ele possui algumas outras características, como:

- interfaces GPIO (entrada/saída);
- Saídas PWM;
- Entradas analógicas;
- interfaces de comunicação seriais síncronas, como SPI, I2C e I2S;
- interfaces de comunicação seriais assíncronas como USART.

O ESP8266 conta também com uma grande variedade de módulos desenvolvidos com intuito de facilitar o uso do mesmo. Dentre eles o módulo Node Mcu é o que ganha mais destaque, com características de interface USB, baixo custo, e tamanho reduzido, além de possibilitar a implementação do software na plataforma Arduino (ver figura 5).

Figura 5 – Módulo Node-MCU com ESP8266



Fonte: (VAMUINO, 2020)

### 2.1.6.2 Interfaces GPIO

O ESP8266 possuem pinos conhecidos como GPIO destinados à comunicação de dados com dispositivos ligados a eles. Estes pinos podem ser configurados como entrada ou

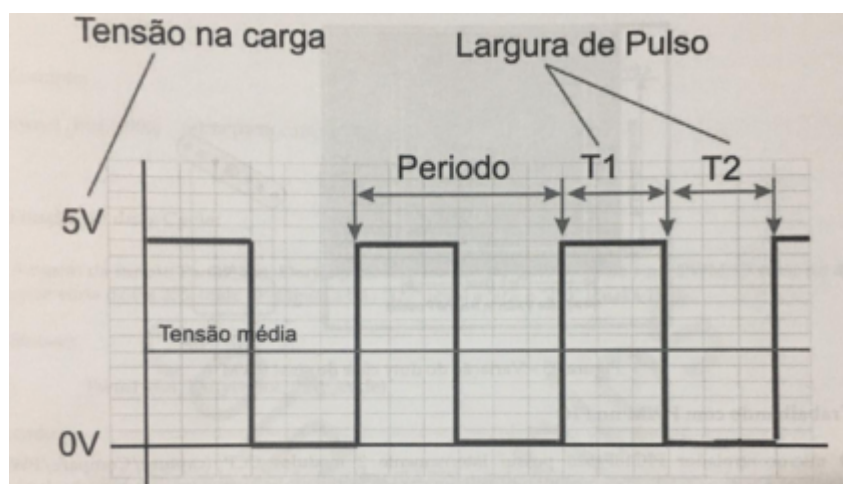
saída. Quando configurados como saída esses pinos são usados para enviar dados para os periféricos conectados a eles, como por exemplo acender ou apagar um led, acionamento de relés, entre outros, enviando níveis lógicos (0 ou 1). Quando configurados como entrada esses pinos recebem dados externos, possibilitando então fazer leitura de botões, sensores, e etc.

Conforme a figura 5, podemos notar que o módulo Node Mcu em conjunto com o ESP8266 possuem um total de 11 pinos de GPIO.

### 2.1.6.3 Canal PWM

*Pulse Width Modulation* ou Modulação de Largura de Pulso é o método utilizado para se fazer o controle de potencia de um determinado dispositivo. Nesse caso, podemos definir uma largura de pulso pelo tempo em que o dispositivo fica ligado ou nível lógico alto, e um intervalo de pulsos pelo tempo em que ele fica desligado ou nível lógico baixo. Os dois tempos juntos definem o período e, portanto, uma frequência de controle. Variando-se a largura do pulso e também o intervalo de modo a termos ciclos ativos diferentes, podemos controlar a potência média aplicada a uma carga (SIMPLICIO, 2017) (veja figura 6).

Figura 6 – Onda PWM e suas grandezas



Fonte: (SIMPLICIO, 2017)

## 2.2 Trabalhos Relacionados

Diversos trabalhos foram encontrados durante a etapa de levantamento bibliográfico, através de buscas no portal de periódicos da CAPES.

### 2.2.1 Internet das Coisas

Nessa subseção serão apresentados trabalhos relacionados ao conceito de Internet das Coisas.

1. **Sistema de aquisição de sinais ECG processado pelo LabVIEW com comunicação wi-fi por meio do módulo ESP8266:** O artigo de (FERNANDES et al., 2017) apresenta



um sistema de aquisições de sinais de um Eletrocardiograma utilizando do conceito de Internet das coisas. Com o avanço do setor de sistemas embarcados e do desenvolvimento das tecnologias biomédicas, o eletrocardiograma tem se tornado objeto de estudo com intuito de se elaborar estratégias para que se possa fazer este exame de qualquer lugar, sem que haja a necessidade da presença de um profissional da saúde capacitado para tal função.

O objetivo principal dos autores é mostrar que através de técnicas aplicadas utilizando IoT, em conjunto com sistemas embarcados como ESP8266, ferramentas de interface humana como o LabView e um servidor Web, é possível elaborar um sistema de filtros digitais, capaz de se obter os resultados de um exame de ECG e, posteriormente enviá-los por meio de uma rede de internet, com intuito de se criar uma base de dados virtual onde profissionais da saúde poderão acessá-la de forma remota e fornecer informações necessárias, para que um paciente que esteja a uma longa distância receba informações que servirão como parâmetros, para se restabelecer uma condição de saúde estável.

Através das análises dos resultados obtidos, os autores concluíram que o sistema apresenta uma boa filtragem, apesar de alguns ruídos nas informações, e que o microcontrolador ESP8266 é uma boa opção para transmissão e recebimento de dados.

2. **Internet Das Coisas Aplicada à Domótica:** Monografia apresentada ao curso de Bacharel em Engenharia de Computação, do Departamento de Computação da Universidade Federal de Sergipe (DCOMP/UFS). A automação residencial ou domótica, tem como princípio unir dispositivos dentro de uma rede de internet. Isso se justifica pelo fato de que tendo vários dispositivos sendo controlados e monitorados em tempo real, se pode alcançar a diminuição de custos, como (a) redução de gastos energéticos, (b) segurança de dispositivos e segurança pessoal e (c) comodidade para usuários, com um investimento financeiro relativamente baixo.

Com base na idéia de automação residencial, o trabalho (ALMEIDA, 2013) tem como questão de pesquisa trabalhar o conceito de internet das coisas para tal aplicação. Partindo dessa idéia, foram tratados conceitos de rede de internet com o objetivo de se criar um meio de comunicação entre os dispositivos, conceito de microprocessadores e microcontroladores que atuarão como interface entre internet e dispositivo, que atuarão recebendo informações vindas pelo usuários e enviará para o dispositivo a ser controlado, e vice e versa. Em resumo, é construída uma aplicação de Internet das Coisas, onde terá a integração entre a internet e a rede doméstica, feito através de um padrão de rede de internet interligados por nós, sendo eles nós sensores e nós atuadores.

Depois do desenvolvimento do projeto o autor conclui que o trabalho serviu como uma importante base teórica para impulsionar o desenvolvimento da arquitetura. Apesar disso, não se trata de um produto com um grande potencial comercial, ou seja, foi apresentado diversos problemas no decorrer do projeto, que fez com que o mesmo ainda se trate de algo muito superficial e básico para os padrões comerciais. Em resumo pode se concluir

que foi válida a iniciativa, mas que ainda precisa de mais estudos e aprofundamento que podem ser feitos em trabalhos futuros.

### 2.2.2 Internet das Coisas aplicada a Agricultura

Nessa subseção serão apresentados trabalhos relacionados ao conceito de Internet das Coisas aplicado a Agricultura.

#### 1. **Internet of underground things in precision agriculture: Architecture and technology aspects**

Com o aumento da população mundial, a necessidade de se produzir mais alimentos, tem crescido cada vez mais, com isso se torna de suma importância a necessidade de práticas tecnológicas para aumento da produção. Baseado nisso, a agricultura de precisão torna-se uma prática difundida em todo meio de produção agrícola.

O artigo de (VURAN et al., 2018) descreve um novo tipo de IoT aplicado ao conceito de agricultura de precisão, que é conceito de Internet Of Underground Things (IOUT).

Com o IOUT se consegue um processo totalmente autônomo, onde quando interligados com todos componentes do campo, se consegue tomar decisões em tempo real, através da base de dados do sistema, aumentando assim a produtividade e a diminuição de custos operacionais.

As principais características desse sistema são o sensoramento, comunicação sem fio, interconexão de máquinas de campo com sensores, rádios e nuvem, e tomada de decisão em tempo real. Baseado nessas características, o autor ainda apresenta as principais tecnologias para implementação dessas características em um sistema de IOUT.

Além disso, o autor apresenta soluções acadêmicas e comerciais, que usam de tecnologias de detecção e comunicação para exemplificar o uso da IOUT. No artigo ainda são apresentadas tabelas que mostram a arquitetura baseada e a tecnologia implementada.

Por fim, o autor apresenta os principais desafios dessas tecnologias, que podemos resumir em baixo custo de produção, maior autonomia com uso de baterias, criação de um protocolo de comunicação e segurança.

#### 2. **Monitoring system using web of things in precision agriculture** A agricultura de precisão é um conjunto de tecnologias e ciência capaz de melhorar o meio de produção agrícola.

Baseado nessa ideia o artigo de (KARIM; KARIM; FRIHIDA, 2017) tem como objetivo mostrar a criação de um protótipo capaz de receber informações vindas de sensores sem fio, instalados na área de produção agrícola, e criar uma base de dados na nuvem por meio do conceito de Internet das Coisas, que conterá informações e alertas para os agricultores que poderão ver que o seu cultivo precisa ser irrigado. Em resumo, utilizando de uma tecnologia de IoT, o sistema é baseado em um software para o usuário que mostra as variações das condições do solo, através de informações vindas por meio de um sistema web de sensores espelhados pelo campo agrícola. O autor conclui dizendo

que a aplicação pode ser melhorada, utilizando de novas técnicas, como o cálculo da quantidade de água que uma planta necessita por dia.

### 3 Métodos e materiais

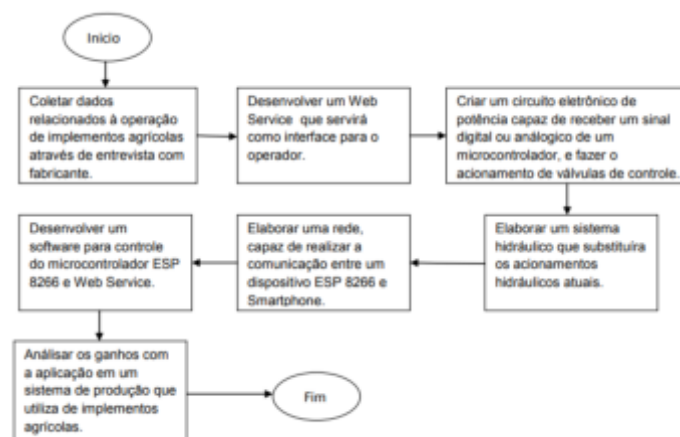
Segundo (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, pp. 31–42), a presente pesquisa é descritiva quanto ao objetivo, caracterizada pela realização de entrevistas com intuito de levantar dados em relação a operação prática dos objetos em questão; aplicada quanto à natureza por gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à otimização de um processo de produção agrícola; experimental quanto aos procedimentos técnicos pois irá introduzir novas técnicas de produção.

Os métodos foram organizados da seguinte maneira:

1. Coletar dados relacionados à operação de implementos agrícolas;
2. Desenvolver um Web Service que servirá como interface para o operador;
3. Criar um circuito eletrônico de potência capaz de receber um sinal digital ou analógico de um microcontrolador, e fazer o acionamento de válvulas de controle;
4. Elaborar um sistema hidráulico que substituirá os acionamentos hidráulicos atuais;
5. Elaborar uma rede, capaz de realizar a comunicação entre um dispositivo ESP 8266 e Smartphone;
6. Desenvolver um software para controle do microcontrolador ESP 8266 e Web Service;
7. Analisar os ganhos com a aplicação em um sistema de produção que utiliza de implementos agrícolas.

Os métodos acima foram disposto em um fluxograma na figura 7, para melhor compreensão.

Figura 7 – Fluxograma da metodologia empregada para o desenvolvimento do projeto.



Fonte: O autor

Os materiais utilizados serão:

- Notebook Inspiron 14 3000 Series;
- Smartphone iPhone 6s Cinza Espacial 64GB;
- Roteador Wireless Multilaser N Mini 150Mbps;
- Osciloscópio portátil digital Minipa;
- Módulo WiFi ESP8266 NodeMcu ESP-12:
  - \* Wireless padrão 802.11 b/g/n;
  - \* Antena embutida;
  - \* Conector micro-usb;
  - \* Modos de operação: STA/AP/STA+AP;
  - \* Suporta 5 conexões TCP/IP;
  - \* Portas GPIO: 11;
  - \* GPIO com funções de PWM, I2C, SPI, etc;
  - \* Tensão de operação: 4,5-9V;
  - \* Taxa de transferência: 110-460800bps;
  - \* Suporta Upgrade remoto de firmware;
  - \* Conversor analógico digital (ADC).
- Sistema Hidráulico:
  - Bloco Hidráulico;
  - Válvulas Proporcional;
  - Válvulas On/Off;
  - Cilindro Hidráulico.
- Componentes Eletrônicos:
  - Placa de circuito impresso;
  - Resistores;
  - Transistores;
  - Fusíveis;
  - Diodos.
- Ambientes de Desenvolvimento:
  - Arduino IDE 1.8.12;
  - Proteus 8.9;

## 4 Construção de um protótipo para acionamento remoto de uma válvula hidráulica através de um dispositivo móvel

O desenvolvimento deste trabalho consiste em criar um protótipo de um acionamento remoto de uma válvula hidráulica através de um dispositivo móvel. Este sistema servirá como base para implementação em um trator de campo para controle de processo de produção agrícola. Com base nesse conceito, espera-se desenvolver uma solução eficiente e de baixo custo.

Sendo assim, neste capítulo será apresentado os passos para o desenvolvimento do trabalho, desde a estrutura de hardware e software que foi necessária para atingir o objetivo proposto pelo trabalho.

### 4.1 Operação de implementos agrícolas

Por meio de entrevista feita com operadores de máquinas agrícolas, pode se obter informações de como é feito o processo de produção em um campo agrícola.

Em equipamentos com quantidade de acionamentos maiores que a capacidade do trator, seja em vazão hidráulica ou número de VCRs, o fabricante cria um sistema hidráulico independente em seu equipamento e o acionamento é realizado manualmente por manípulos ou joysticks interligados por cabos de aço às VCRs instaladas no equipamento (veja figura 8).

Figura 8 – Representação de um implemento agrícola com sistema hidráulico independente



Fonte: Autor

Assim, o operador precisa parar as máquinas e descer das mesmas para fazer o acionamento destes implementos, não sendo possível atuar de forma paralela e remota. Diante desse cenário, percebeu-se que seria de grande valia implementar um sistema de controle hidráulico de baixo custo que atuaria de forma remota no acionamento deste sistema.

O sistema de controle hidráulico irá substituir o acionamento mecânico das válvulas por comandos enviados de um smartphone para um controlador eletrônico (ESP-8266) instalado nos implementos. O controlador irá acionar as bobinas das válvulas hidráulicas que substituirão as válvulas manuais, sendo algumas válvulas com acionamento digital (ON/OFF) e outras com acionamentos PWM (veja figura 9).

Figura 9 – Representação do sistema a ser implementado



Fonte: Autor

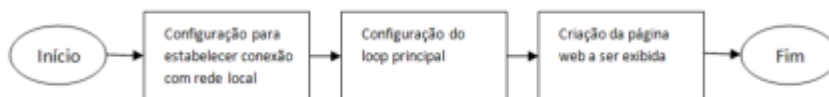
## 4.2 Criação do Web Service

Esta seção tem por objetivo demonstrar como foi criado um servidor web para controlar duas válvulas sendo uma com acionamento digital e uma com acionamento proporcional (PWM) usando a IDE Arduino. Quanto ao Servidor Web temos que:

- O servidor web será capaz de controlar duas válvulas ligada a um sistema hidráulico, sendo uma válvula digital e uma válvula proporcional;
- O servidor web será acessado digitando o endereço IP do ESP-8266 em um navegador que esteja na rede local.

Os passos para desenvolvimento do web service foram exemplificados no fluxograma a baixo (veja figura 10).

Figura 10 – Fluxograma para criação do Web Service

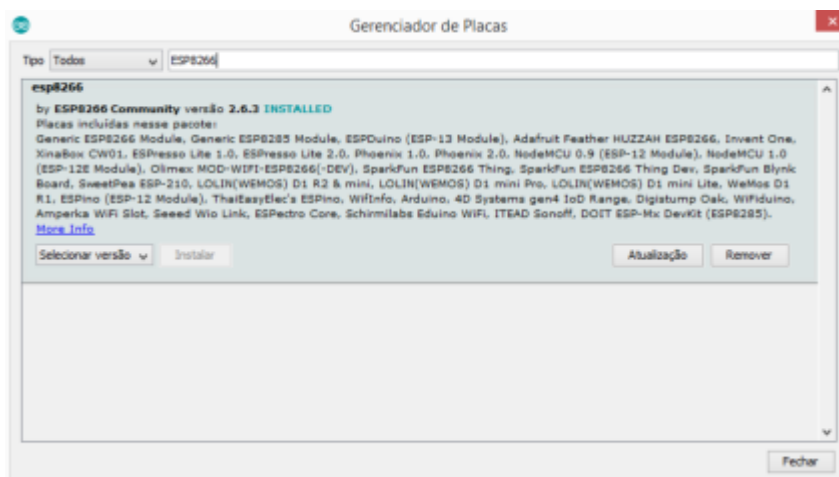


Fonte: Autor

#### 4.2.1 IDE Arduino

Para desenvolvimento do servidor web foi utilizado a IDE Arduino 1.8.12. Para utilização da mesma, se fez necessário a instalação da extensão da biblioteca para ESP8266 que pode ser feita através do gerenciador de placas da IDE (veja figura 10).

Figura 11 – Instalação de biblioteca para uso do ESP8266



Fonte: Autor

#### 4.2.2 Passos seguidos para codificação

##### 4.2.2.1 Configurando conexão com rede local

Primeiro deve ser feita a configuração de conexão do ESP-8266 a rede local, para isso seguimos os seguintes passos:

1. Foi estabelecida uma conexão entre o ESP-8266 e a rede local, através de uma variável que irá receber o id da rede e senha;
2. Configuração do servidor para porta 80;
3. Criação de uma variável para armazenar o cabeçalho da solicitação HTTP;
4. Verificação de conexão.



#### 4.2.2.2 Configurando loop principal

No loop principal foi implementado o que irá acontecer toda vez que um novo cliente estabelecer uma conexão com o web service, onde o servidor irá:

1. verifica se um novo cliente se conectou;
2. verifica se o cliente enviou alguma solicitação;
3. verifica qual botão foi pressionado na página web, e faz o controles da saída de acordo com o que foi solicitado pelo cliente.

#### 4.2.2.3 Exibição da página web

Para exibição da página web, o ESP-8266 enviará um código em HTML, toda vez que algum cliente acessá-lo através de um navegador, sendo detalhado nos seguintes passos:

1. Fazer as configurações de uma página HTML;
2. Estilizar a página utilizando CSS;
3. Exibe o estado do botão de acordo com a URL solicitada.

A estilização da página ainda não funcional pode ser observada na figura abaixo (veja figura 12):

Figura 12 – Página Web que será acessada pelo operador



Fonte: Autor

### 4.3 Criação do circuito eletrônico de potência das válvulas

O acionamento das válvulas, foi feito utilizando as saídas do ESP8266, sendo uma saída digital para acionamento da válvula ON/OFF e uma saída analógica para acionamento da válvula proporcional. Essas válvulas possuem as seguintes características elétricas:

- **Tensão de Operação:** 24V DC;
- **Corrente de Operação:** 0.8A a 1.2A.

Conforme ilustrado na figura 12 retirada do datasheet do ESP8266, verificou-se que o mesmo só trabalha com níveis de tensões entre 2,5V - 3,6V, além de uma corrente máxima de 12mA, impossibilitando de se fazer o acionamento diretamente pelos pinos do microcontrolador.

Tendo em vista as características elétricas das válvulas, se fez necessário então a elaboração de um circuito de potência capaz de alimentar as válvulas com tensões de 24 volts, e níveis de corrente que podem chegar a 1.2A.

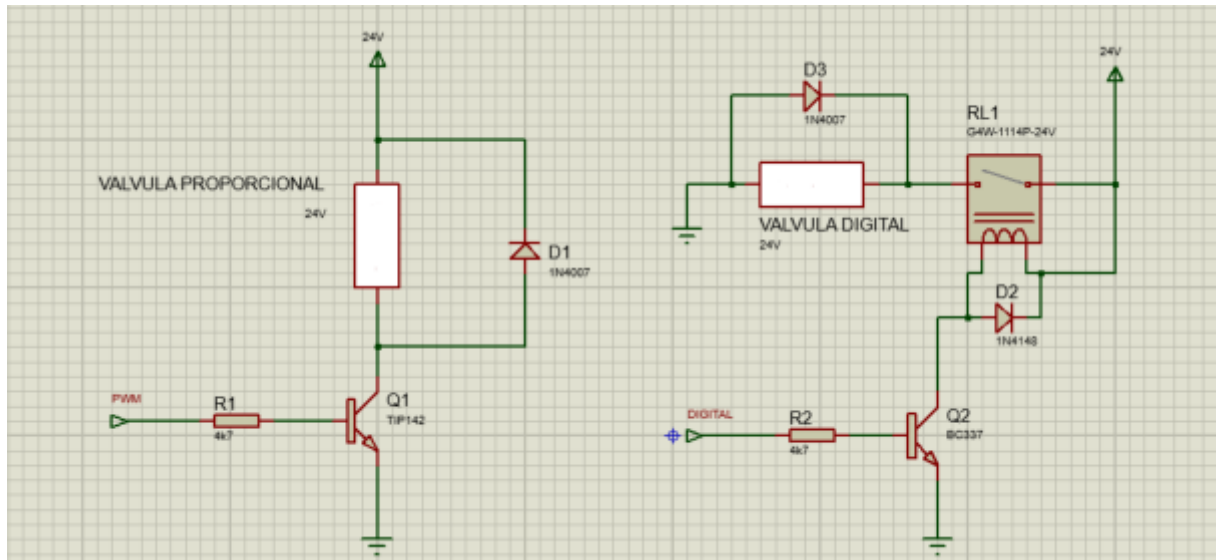
Figura 13 – Especificações Elétricas ESP8266

| Parameters                    |                  | Conditions          | Min                  | Typical | Max                  | Unit |
|-------------------------------|------------------|---------------------|----------------------|---------|----------------------|------|
| Operating Temperature Range   |                  | -                   | -40                  | Normal  | 125                  | °C   |
| Maximum Soldering Temperature |                  | IPC/JEDEC J-STD-020 | -                    | -       | 260                  | °C   |
| Working Voltage Value         |                  | -                   | 2.5                  | 3.3     | 3.6                  | V    |
| I/O                           | V <sub>IL</sub>  | -                   | -0.3                 | -       | 0.25 V <sub>IO</sub> | V    |
|                               | V <sub>IH</sub>  | -                   | 0.75 V <sub>IO</sub> | -       | 3.6                  |      |
|                               | V <sub>OL</sub>  | -                   | -                    | -       | 0.1 V <sub>IO</sub>  |      |
|                               | V <sub>OH</sub>  | -                   | 0.8 V <sub>IO</sub>  | -       | -                    |      |
|                               | I <sub>MAX</sub> | -                   | -                    | -       | 12                   | mA   |
| Electrostatic Discharge (HBM) |                  | TAMB = 25 °C        | -                    | -       | 2                    | KV   |
| Electrostatic Discharge (CDM) |                  | TAMB = 25 °C        | -                    | -       | 0.5                  | KV   |

Fonte: (ESPRESSIF, 2020)

Utilizando o software Proteus, foi criado o esquemático elétrico do circuito a ser implementado (veja figura 14).

Figura 14 – Esquemático do circuito elétrico de potência capaz de fazer o acionamento das válvulas



Fonte: O autor

O circuito presente no lado esquerdo da figura representa o circuito criado para acionamento das válvulas proporcionais. Nele foi necessário a utilização de três componentes eletrônicos, sendo eles:

- Resistor 4K7 ohms, 1/4 watts, 5% ;
- Transistor TIP 147 PNP:
  - Máxima tensão de coletor [VCEO] = 100V;
  - Máxima corrente de coletor [IC] = 10A;
  - Máxima tensão de base emissor [VBEO] = 5V.
- Diodo 1N4007:
  - Corrente = 1A;
  - Corrente reversa = 1000V.

O funcionamento do circuito eletrônico, se baseia em um transistor que tem ligado em seu coletor a válvula a ser controlada alimentada por uma tensão de 24 volts. Então, a medida que o ESP8266 aumenta o valor de polarização na base do transistor, ele permite que circule uma corrente maior entre seu coletor e emissor, fazendo com que se aumente também o valor de corrente na válvula gerando o efeito de proporcionalidade na válvula. Além disso, se fez necessário o uso de um diodo em paralelo com a válvula polarizado reversamente, pois existe uma corrente reversa muito alta toda vez que se desliga uma válvula, podendo fazer com que

queime o transistor, então, com o uso do diodo fez com que toda essa corrente reversa, não "voltasse" para o circuito, e fosse dissipada na bobina da válvula.

Já o circuito presente no lado direito da figura representa o circuito criado para acionamento das válvulas digitais. Nele foi necessário a utilização de cinco componentes eletrônicos, sendo eles:

- Resistor 4K7 ohms, 1/4 watts, 5% ;
- Transistor TIP 147 NPN:
  - Máxima tensão de coletor  $[V_{CEO}] = 45V$ ;
  - Máxima corrente de coletor  $[I_C] = 500mA$ ;
  - Máxima tensão de base emissor  $[V_{BE0}] = 5V$ .
- Diodo 1N4007:
  - Corrente = 1A;
  - Corrente reversa = 1000V.
- Relé Finder 32.21.7.024.2000:
  - Configurações de contato: 1 reversíveis de 6A;
  - Tensão de alimentação: 24 VCC.

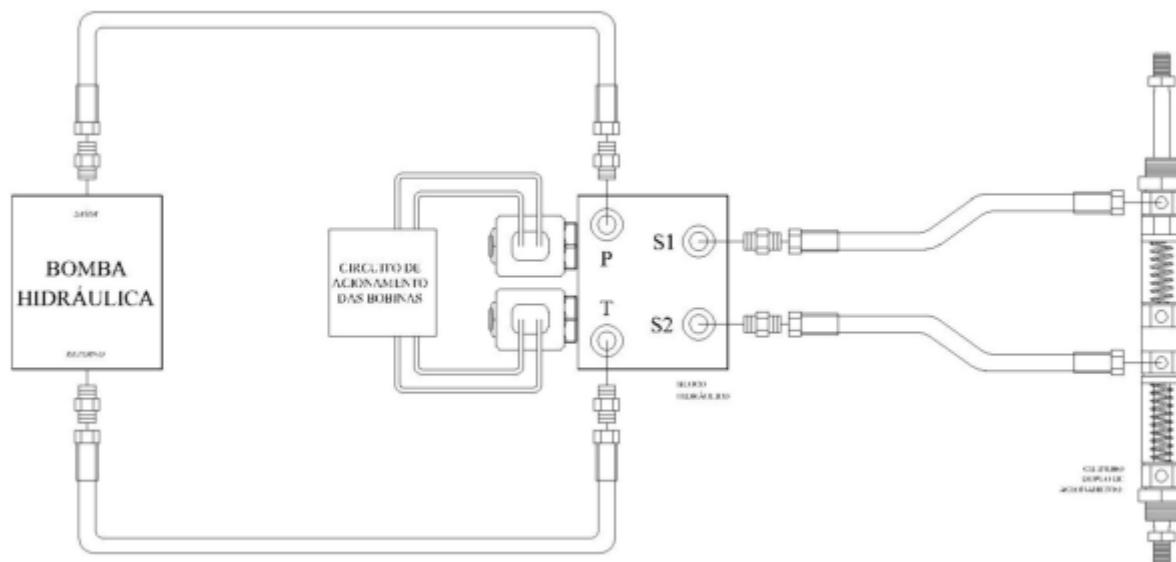
No circuito em questão, era necessário apenas uma chave seletora para ligar ou desligar a bobina, com isso, foi utilizado um relé para atuar a válvula. Como o acionamento das válvulas será feito por parte do relé, foi utilizado um transistor de baixa potência, que terá como finalidade apenas permitir a polarização da bobina do relé. Então, quando se quiser fazer o acionamento da válvula, o ESP8266 enviará em sua porta nível lógico alto, que servirá para polarizar a base do transistor, que por sua vez permitirá a passagem de corrente para o terra, fazendo o acionamento do relé. Com o relé acionado, o seu contato que antes estava aberto, irá fechar, permitindo que a válvula seja alimentada com 24 volts. Assim, como no circuito das válvulas proporcionais, se fez necessário o uso de um diodo em paralelo com a válvula para que haja dissipação da corrente em sua bobina. Como o relé também possui bobina, então foi colocado também um diodo em paralelo com a bobina do relé, com a mesma finalidade.

## 4.4 Elaboração de um sistema hidráulico

Para o funcionamento do sistema foi necessário a utilização de uma bomba de 1000 psi cuja função é fornecer a pressão para o sistema. Como a pressão fornecida pela bomba é superior a pressão suportada pelo bloco e válvula é necessário utilizar uma válvula reguladora já instalada na bomba, onde é feita a regulagem da pressão que alimentará o sistema. Foi necessário também a utilização de um bloco manifold com duas saídas. Sendo uma saída

regulada através da utilização de uma válvula proporcional Ehpr08 e outra saída controlado por meio de uma válvula digital. O fluxo da saída é ligada ao cilindro para que o mesmo faça o acionamento dos tanques do implemento agrícola. O desenho do circuito foi feito utilizando o software AutoCad e pode ser observado a baixo (veja figura 15).

Figura 15 – Esquemático do circuito hidráulico capaz de fazer o acionamento dos cilindros



Fonte: O autor

Resumidamente, o circuito funcionará da seguinte forma: A bomba ficará encubada de mandar pressão para o circuito, ou seja, ela que fará com que o fluido percorra todo o circuito. Quando o cilindro não está atuado, esse fluido entrará pelo bloco hidráulico na entrada P e retornará para o tanque da bomba pela saída T do bloco. Já quando as válvulas estiverem polarizada, ela criará um campo magnético que fará com que o fluido saia pelas saídas S1 e S2 respectivamente, de acordo com a bobina ligada em cada saída. Ou seja, na saída S1 que está ligada a válvula digital, quando a mesma tiver sido acionada, todo o fluido necessário para acionar todo o cilindro será disponibilizado na saída S1, e quando a válvula proporcional tiver acionada, ela vai permitir que haja circulação desse fluido na saída S2, de forma proporcional, ou seja, a medida que se vai aumentando a corrente na válvula, mais fluido é transferido para o cilindro, fazendo assim com que aumente a haste do cilindro gradativamente.

## 4.5 Elaboração de uma rede wifi

Para se fazer a comunicação entre o smartphone e o ESP8266 foi necessário se criar uma rede wifi. Para isso se utilizou um roteador wireless Multilaser, que foi configurado usando os seguintes passos:

1. conexão do cabo Ethernet à porta WAN do roteador;

2. acesso a página de configuração do roteador através do endereço 192.168.0.1 utilizando o navegador Chrome:

- a) escolha do nome da rede em SSID:

Figura 16 – Defenição do nome da rede

☒ Habilitar a função sem fio

Modo Operacional Sem Fio ☒ Ponto de Acesso sem Fio(AP) ☐ Ponte de Rede (WDS)

Modo de Rede modo misto 11b/g/n ▼

SSID Residencia\_Souza

Broadcast(SSID) ☒ Habilitar ☐ Desabilitar

Canal 2437MHz (Channel 6) ▼

Fonte: O autor

- b) configurar a senha:

Figura 17 – Defenição da senha da rede

SSID -- "Residencia\_Souza"

Modo de Segurança WPA - PSK ▼

Algoritmos WPA ☒ AES ☐ TKIP ☐ TKIP&AES

Chave \*\*\*\*\*

Intervalo Renovação Chave 3600 Segundo

Fonte: O autor

3. Salvar as configurações. Agora basta se conectar usando a nova senha.

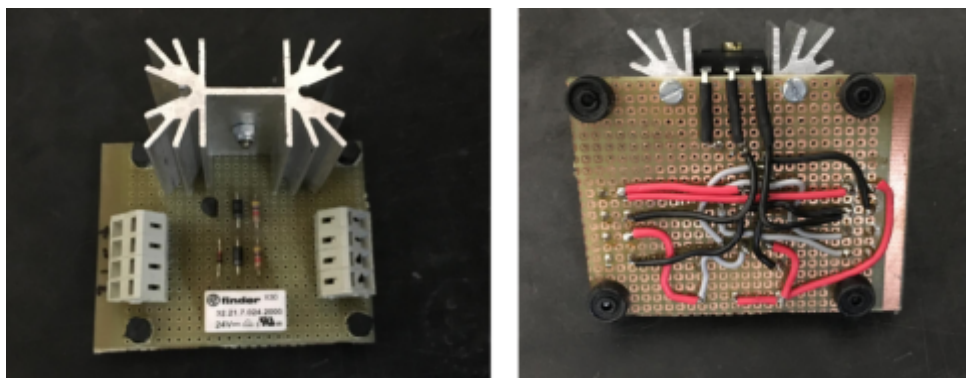
## 5 Testes e resultados

Este capítulo apresenta os testes feitos e os resultados obtidos no desenvolvimento do protótipo de um acionamento remoto de uma válvula hidráulica. Para isso, utilizou-se de uma bancada hidráulica capaz de fazer o acionamento do circuito hidráulico, e equipamentos eletrônicos como osciloscópio que servirá de instrumento de medição de sinais elétricos.

### 5.1 Desenvolvimento da placa eletrônica

Feito a implementação do circuito em um software, foi feita a criação do circuito real em uma placa perfurada. Toda ligação foi feita por meio de cabos 0.30mm por debaixo da placa. Fazendo os testes da placa com carga (válvula), observou-se que o transistor TIP 142 estava aquecendo muito ocasionado pela corrente que circula no mesmo. Por conta dessa situação foi colocado um dissipador de calor com intuito de evitar a danificação do componente eletrônico em questão. A montagem da placa de potência pode ser visualizado na imagem a baixo (veja figura 18):

Figura 18 – Placa eletrônica para circuito de potência



Fonte: Autor

### 5.2 Montagem do circuito hidráulico

A fim de se prototipar o funcionamento do projeto desenvolvido, foi montado um circuito hidráulico da forma que seria implementado na máquina. Neste circuito, utilizou-se de uma bomba hidráulica já presente em uma bancada de testes, capaz de fazer com que os fluídos circulem no sistema. Esta bomba foi regulada através de uma válvula reguladora já presente na bomba, com uma pressão de 300 psi que pode ser visualizada através de um manômetro presente na bancada (veja figura 19).

Figura 19 – Bomba Hidráulica e Manômetro para controle de pressão



Fonte: Autor

A saída da bomba foi ligada na entrada do bloco, enquanto as duas saídas dos blocos controladas pelas válvulas foram ligadas nos cilindros que estão presos em um suporte fabricado pelo autor. Todo fluido de retorno irá retornar para o tanque da bomba. O projeto final do circuito pode ser visualizado na figura a baixo (veja figura 20):

Figura 20 – Circuito Hidráulico para prototipação de projeto



Fonte: Autor



### 5.3 Conexão de um usuário ao ESP 8266

Após a montagem do circuito hidráulico e eletrônico, o próximo passo foi fazer a conexão do microcontrolador ao sistema. O primeiro passo foi fazer a conexão do Web service ao circuito de rede criado para transmissão de dados. Para isso se utilizou o painel serial da IDE Arduino onde pode se visualizar o endereço de IP do ESP 8266 que servirá de acesso ao usuário, além de se fazer o controle se houve conexão (veja figura 21).

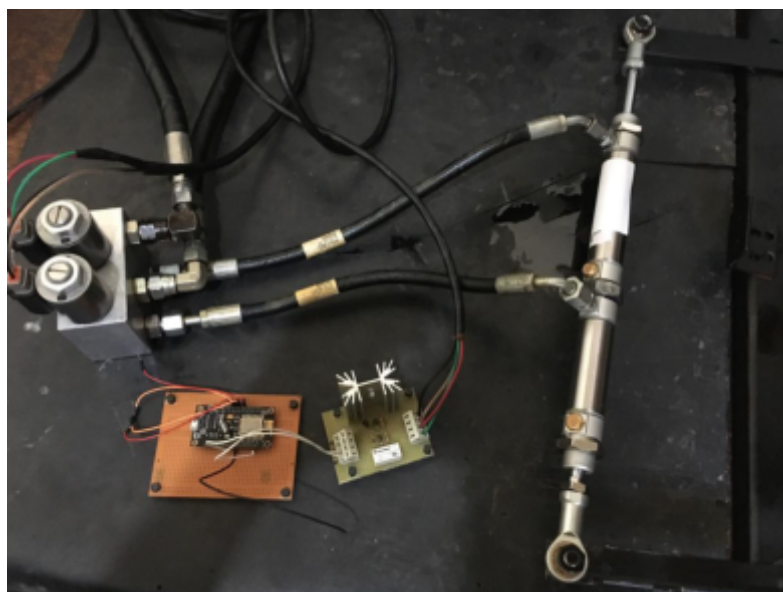
Figura 21 – Controle de acesso ao Web Service



Fonte: Autor

Com o usuário conectado, finalmente o microcontrolador foi colocado junto ao sistema hidráulico e eletrônico. As saídas do microcontrolador foram colocadas nos bornes de entrada da placa eletrônica servindo de controle para o circuito. Além disso se fez necessário do uso de uma fonte de 24V que serviu de alimentação para as válvulas (veja figura 22).

Figura 22 – Protótipo de acionamento remoto de uma válvula hidráulica



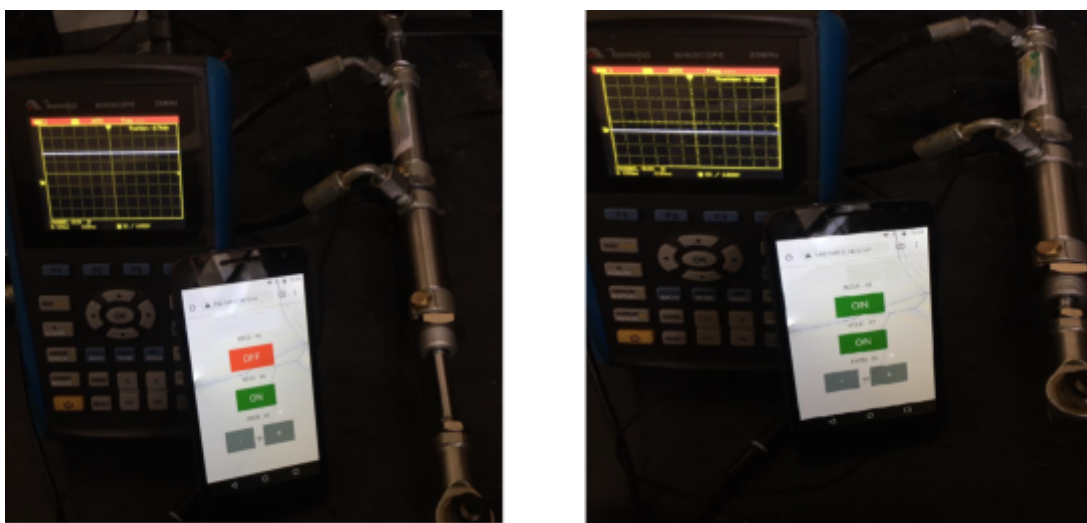
Fonte: Autor

## 5.4 Resultados

Depois de todo circuito montado, e a conexão do usuário com o sistema feito, pode se realizar os testes e analisar os resultados. O primeiro teste feito, foi com a válvulas manual, nesse caso o resultado esperado era que o cilindro fosse acionado ou desligado quando o operador apertasse o botão no smartphone, servindo como protótipação de um cilindro abrindo e fechando a tampa de um tanque.

Para visualização do sinal elétrico, utilizou um osciloscópio portátil, afim de observar se os 24V necessários para ativação das válvulas estavam sendo gerados, aplicando o mesmo conceito para desligamento das mesmas (veja figura 23).

Figura 23 – Teste de acionamento de um cilindro utilizando válvula digital



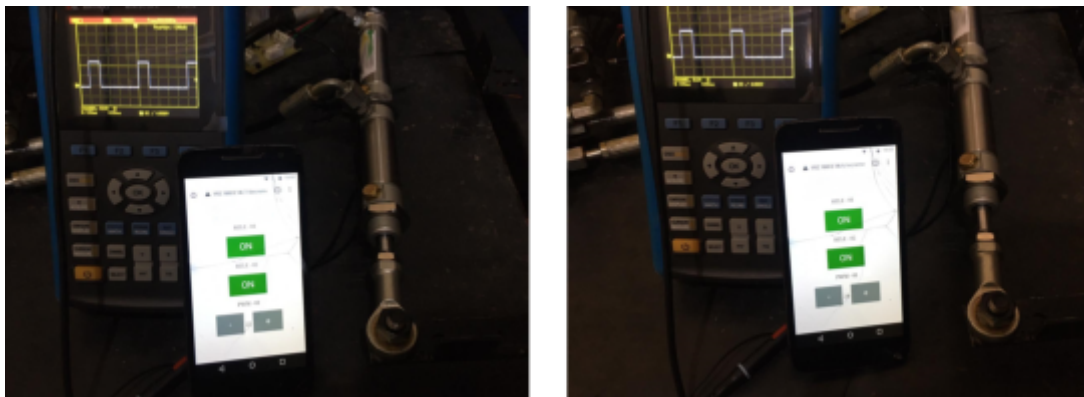
Fonte: Autor

Conforme mostrado nas imagens podemos perceber que o sistema funcionou conforme o esperado. Na imagem da esquerda a haste do cilindro está toda para fora do corpo dele, caracterizando o cilindro acionado, e na imagem da direita a haste está toda na parte de dentro do cilindro, caracterizando então o cilindro desligado.

O segundo teste a se fazer foi o de acionamento proporcional dos cilindros, ou seja, a idéia é fazer com que a haste do cilindro aumente gradativamente servindo como prototipação de controle de abertura de um tanque de forma gradativa. Para teste do sinal de pwm utilizou um osciloscópio em paralelo com as saídas de acionamento das válvulas.

Na imagem a baixo está demonstrado duas configurações de pwm, sendo uma de 20% e outra com 24%. Conforme pode se observar o acionamento do cilindro começa a partir de um sinal pwm de 24%, aumentando proporcionalmente à medida que se vai aumentando esse valor (veja figura 24).

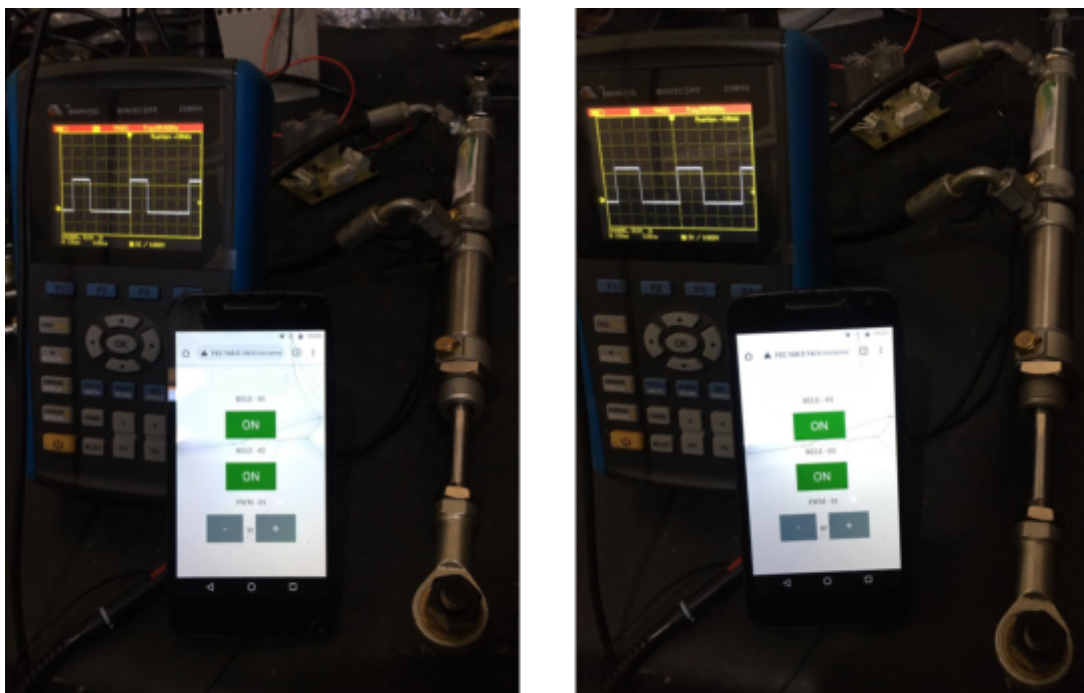
Figura 24 – Teste de acionamento proporcional com pwm de 20% e 24% respectivamente



Fonte: Autor

Fazendo os testes, pode se concluir que o cilindro trabalha com uma faixa de operação de 20% até 40%, sendo o cilindro em seu estado inicial com pwm de 20% e ele todo atuado com pwm de 40%. Na imagem a baixo, podemos visualizar o cilindro operando com 30% e 40% respectivamente.

Figura 25 – Teste de acionamento proporcional com pwm de 30% e 40% respectivamente



Fonte: Autor

## 6 Conclusão e Trabalhos Futuros

O objetivo desse trabalho foi de criar um Web Service que em conjunto com um dispositivo microcontrolado e microprocessado fosse capaz de se fazer acionamentos de duas válvulas sendo uma digital e uma proporcional de forma remota, substituindo os acionamentos que antes eram feitos de forma manual.

Inicialmente o objetivo era de se fazer os testes no campo, permitindo assim a análise de funcionamento e ganhos com o projeto aplicado, mas por conta da pandemia do Covid 19, fez com que não houvesse a possibilidade de se aplicar no campo devido as restrições impostas pelas empresas. Com base nessa linha, o projeto foi adaptado para que pudesse se fazer todos os testes simulando o ambiente no campo.

Baseado nos testes feitos, pode se concluir que o sistema funcionou conforme esperado, onde teve como resultados o acionamento de forma remota tanto das válvulas digitais, quanto das válvulas proporcionais, servindo como base para projetos futuros de aplicação no campo.

### 6.1 Trabalhos Futuros

- aplicação e análise de resultados do projeto atuando em um campo de produção agrícola;
- inclusão de mais módulos no projeto, como controle de sensores, automatização de acionamentos, etc,
- criação de aplicativo substituindo o web service.

# Referências

ALMEIDA, F. M. de. *INTERNET DAS COISAS APLICADA À DOMÓTICA*. São Cristóvão - Sergipe: [s.n.], 2013. 77 p. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6855/2/FernandoMendon{ç}adeAlmei>>. Citado na página 23.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010. ISSN 13891286. Disponível em: <<https://www.cs.mun.ca/courses/cs6910/IoT-Survey-Atzori-2010.pdf>>. Citado na página 11.

CARRION, P.; QUARESMA, M. Internet da Coisas (IoT): Definições e aplicabilidade aos usuários finais. *Human Factors in Design*, 2019. ISSN 2316-7963. Disponível em: <<http://www.revistas.udesc.br/index.php/hfd/article/viewFile/2316796308152019049/9858>>. Citado na página 16.

CISCO. Cisco Annual Internet Report (2018–2023). *Cisco*, 2020. Disponível em: <<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/q-and-a-c67-482177.html>>. Citado na página 16.

DUTRA, F. A história do telefone celular como distinção social no Brasil. Da elite empresarial ao consumo da classe popular. *Revista Brasileira de História da Mídia*, 2016. ISSN 2238-3913. Citado na página 11.

ESPRESSIF. *ESP8266EX Datasheet*. 2020. Disponível em: <<https://www.espressif.com/en/support/documents/technical-documents>>. Citado na página 32.

FERNANDES, A. C. et al. Sistema de aquisição de sinais ECG processado pelo LabVIEW com comunicação wi-fi por meio do módulo ESP8266. *Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, 2017. ISSN 1517-0306. Citado na página 22.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. *Métodos de Pesquisa*. [s.n.], 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Citado na página 26.

JÚNIOR, A. P. d. A.; CHAGAS, C. V. das; FERNANDES, R. G. Uma rápida análise sobre automação industrial. *Ufrn*, 2003. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17829/material/ARTIGO05.pdf>>. Citado na página 11.

KARIM, F.; KARIM, F.; FRIHIDA, A. Monitoring system using web of things in precision agriculture. In: *Procedia Computer Science*. [S.l.: s.n.], 2017. ISSN 18770509. Citado na página 24.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. *Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down*. [S.l.: s.n.], 2010. ISBN 9788543014432. Citado na página 19.

LINSINGEN, I. V. *Fundamentos de Sistemas Hidráulicos*. 3ª edição. ed. Florianópolis: [s.n.], 2003. Citado na página 15.

MIRANDA, A. C. C. de; VERÍSSIMO, A. M.; CEOLIN, A. C. Agricultura de Precisão: Um Mapeamento da Base da Scielo. *Gestão.Org*, 2017. ISSN 1679-1827. Citado na página 15.

NETO, P. M. d. C. *ESTUDO DO USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS PESSOAIS EM AMBIENTE CORPORATIVO NO ÂMBITO DA SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO*. 2010. Tese (Artigo) — Universidade do Sul de Santa Catarina, 2010. Citado na página 11.

PONTES, N. R. *Avaliação dos impactos e transformações do programa MODERFROTA na indústria de máquinas agrícolas: caso AGCO*. 2004. Tese (Dissertação (Mestrado)) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004. Citado na página 12.

SANTOS, A. *Arquitetura de Redes TCP/IP*. 2016. Disponível em: <<https://www.uniaoageek.com.br/arquitetura-de-redes-tcpip/>>. Citado nas páginas 18 e 19.

SÉRGIO, D. O. *Internet das Coisas com ESP8266, ARDUINO, RASPBERRY PI*. Novatec ed. São Paulo: [s.n.], 2017. Citado na página 20.

SIMPLICIO, F. *Microcontroladores PIC - Programação Embarcado em C Família PIC18F - Microship Baseado no compilador mikroC PRO for PIC*. São Paulo: [s.n.], 2017. Citado na página 22.

TANENBAUM, A. S. *Redes de computadores* Quarta edição. Editora Campus, 2003. ISSN 13891286. Disponível em: <[http://www.vazzi.com.br/arquivos{\\\_}moodle/RedesdeComputadores-Tanenbaum.](http://www.vazzi.com.br/arquivos{\_}moodle/RedesdeComputadores-Tanenbaum.)> Citado na página 17.

VAMUINO. *ESP8266 NodeMCU*. 2020. Disponível em: <<https://lojinha.vamuino.com.br/produto/esp8266-nodemcu-amica-cp2102/>>. Citado na página 21.

VARELLA, C. A. A. *SISTEMA HIDRÁULICO DO ENGATE DE 3 PONTOS*. Varella: [s.n.], 2012. 15 p. Disponível em: <[http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154{\\\_}motores{\\\_}e{\\\_}tratores/apresenta/sistemahidra](http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154{\_}motores{\_}e{\_}tratores/apresenta/sistemahidra)>. Citado na página 16.

VURAN, M. C. et al. Internet of underground things in precision agriculture: Architecture and technology aspects. *Ad Hoc Networks*, 2018. ISSN 15708705. Citado na página 24.