

Desenvolvimento de Protótipo para Automação de Sistema de Irrigação Utilizando IoT

Karoline Rodrigues Lima
Departamento de Engenharia e Tecnologia
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró, Brasil
karolinerodrigueslima@hotmail.com

Herick Talles Queiroz Lemos
Departamento de Engenharia e Tecnologia
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró, Brasil
herick.lemos@ufersa.edu.br

Resumo—A agricultura desempenha um papel muito importante na vida das pessoas e economia do país. O sistema de irrigação, geralmente, é executado de forma manual por pequenos e médios produtores, que precisam se deslocar até o local várias vezes para regar as plantações. Isso reduz o rendimento da colheita, pois não fornece a quantidade ideal de água para a planta, consome mais água do que o necessário, mais energia, além de necessitar de mais mão de obra. Este problema pode ser resolvido através da IoT (*Internet of Things*). Um sistema de baixo custo e fácil implementação pode ser desenvolvido a fim de otimizar a irrigação para agricultores que dispõem de poucos recursos. Este artigo propõe um projeto de controle automático para sistema de irrigação utilizando tecnologias IoT. O hardware desenvolvido utiliza o ESP8266 NodeMCU ESP-12E e protocolo MQTT como ponte para enviar dados por uma distância de 6,5 km, onde está a plantação. O módulo que aciona a válvula solenoide é baseado no Arduino Pro Mini. O transceptor HC12 é responsável pela transmissão e recepção dos dados, na faixa 433,4 MHz. Neste sistema, o Adafruit IO é o servidor MQTT. A fonte dos circuitos são painéis solares, o que torna o sistema de automação da irrigação ainda mais eficiente. Com base nos testes realizados o sistema de controle é seguro. Trocando a antena do HC12 por uma antena dipolo com maior ganho foi possível alcançar a distância desejada. Dessa forma, o projeto de controle automático para sistema de irrigação desenvolvido é eficaz, eficiente e economicamente viável.

Palavras-chave—automação, irrigação, IoT, MQTT, painel solar

I. INTRODUÇÃO

A agricultura ocupa um importante espaço na economia do país, portanto, inovações tecnológicas devem estar voltadas para essa área. Com o surgimento da IoT (*Internet of Things*), a automação se tornou presente em sistemas de irrigação. Este sistema se beneficia utilizando a água de forma eficiente, ou seja, garante que a planta receba a quantidade ideal para o seu desenvolvimento, evitando o desperdício. A automação ainda otimiza o consumo de energia e reduz custos com mão de obra [1]. No mercado há sistemas de automação para a irrigação, mas que atendem apenas grandes empresas. Pequenos produtores ainda utilizam métodos pouco eficiente para a irrigação de suas plantações, utilizando a água de forma imprecisa e mais mão de obra [2].

A revolução tecnológica modificou completamente as formas de trabalho da sociedade. A automação e robotização dos sistemas de produção possibilitaram maior produtividade

e lucratividade com menos esforço manual. Nesse contexto, a IoT tem se tornado constituinte fundamental no gerenciamento e monitoramento autônomo para uma infinidade de aplicações, como agricultura, indústria e medicina. A IoT pode ser explicada como uma rede que conecta dispositivos de computação e comunicação para fornecer serviço inteligente [3-4]. Geralmente, a arquitetura do sistema IoT é composta por dispositivos finais, gateways, servidor e aplicativos. A forma como os elementos comunicam entre si é definida pelo protocolo de comunicação [5].

O protocolo de comunicação MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) já é bastante popular. Este protocolo utiliza o padrão *publish/subscribe*, onde os dispositivos finais, sensores e atuadores, podem enviar dados e receber solicitações de atuação por meio do servidor MQTT, também conhecido como broker MQTT. Em [6] é proposto a coleta de dados de sensores, umidade do solo e estado da bomba, e envio desses dados para usuários utilizando o ESP 8266 como servidor gateway para conexão com o broker MQTT.

A rede Low Power Wide Area Network (LPWAN) vem sendo utilizada em IoT em casos onde há necessidade do envio de poucos dados em longas distâncias. A LPWAN tem topologia estrela, onde os dispositivos finais são diretamente conectados ao ponto de acesso, um gateway por exemplo, e comunicam-se por distâncias quilométricas. Dentre as tecnologias disponíveis em LPWAN, a LoRa™ (abreviação para Long Range) se destaca pelo longo alcance, como o próprio nome sugere, baixo consumo de energia e baixo custo [7].

A tecnologia LoRa™ é a camada física que utiliza modulação *Chirp Spread Spectrum* (CSS) para criar o link de longo alcance. O protocolo de comunicação e arquitetura do sistema são definidos pelo LoRaWAN™. Este protocolo define uma configuração em que os dispositivos finais estão associados a um gateway. O gateway encaminha as informações para o servidor de rede, que analisa os dados enviados. O servidor fornece interface de programação para criação de aplicativos, assim, diversos aplicativos podem ser produzidos para monitorar e controlar remotamente um determinado serviço, através das plataformas Android e iOS por exemplo [8].

Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos nesse sentido, em [1], os autores desenvolvem um sistema de irrigação inteligente baseado em LoRa™, onde é possível enviar comandos de controle para a irrigação por meio de um

aplicativo. É utilizado o microcontrolador STM32L151CB, o transceptor SX1276 e um gerador hidrelétrico como fonte de energia para o dispositivo. Em [9], é desenvolvido sistema de irrigação automático para estufa baseado na tecnologia LoRa. Os dispositivos finais possuem sensores e controle para a válvula solenoide, onde utilizam componentes como o microcontrolador STM32F103 e o transceptor SX1278.

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo para automação do sistema de irrigação de uma plantação localizada na zona rural de Pereiro, Ceará, Brasil, utilizando o ESP8266 NodeMCU ESP-12E, Arduino Pro Mini, o transceptor HC12 e protocolo MQTT. O Transceptor HC12 é responsável por transmitir e receber informações, mas em uma distância bem inferior a proporcionada pela tecnologia LoRa™. O alcance do HC12 pode chegar a 1 km em áreas abertas [10], enquanto o dispositivo LoRa™ cobre um raio de até 15 km [11]. Para aumentar o alcance do transceptor HC12 foram realizados testes com antenas diferentes da antena que acompanha o dispositivo. A fim de tornar o sistema de irrigação ainda mais eficiente, optou-se por utilizar fonte de energia solar nos módulos de automação, por ser a fonte de energia mais abundante no mundo e um tipo de energia limpa [12].

Este artigo descreve as fases de projeto e implementação do hardware desenvolvido. Na seção II é descrito o sistema de irrigação. A seção III mostra uma visão geral da IoT. Na seção IV há uma breve explanação sobre o protocolo MQTT e na seção V sobre a tecnologia LoRa™. A seção VI explica a arquitetura do sistema. O projeto elétrico de hardware é detalhado na seção VII e sua implementação é descrita na seção VIII. Os resultados são mostrados e discutidos na seção IX. Finalmente, a seção X apresenta as considerações finais do trabalho.

II. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Irrigação é a maneira artificial de regar as plantas. Quando realizada de forma convencional, consome mais água do que o necessário, mais energia e necessita de mais mão de obra. Nos últimos anos, buscou-se formas mais eficientes de realizar essa atividade. Através do controle automático do sistema de irrigação é possível fornecer a quantidade ideal de água nos melhores horários para sua absorção. Isso diminui o trabalho no campo e otimiza o processo de irrigação [13].

A irrigação de superfície e irrigação localizada tem sido prática comum quando se trata de tecnologia voltada para sistemas de irrigação. Na irrigação de superfície, a água é distribuída sobre a superfície através do efeito da gravidade. As técnicas da irrigação de superfície são mais adequadas para culturas básicas. A irrigação localizada é um tipo de agricultura de precisão e necessita de alta eficiência hídrica, dessa forma, são necessárias técnicas para garantir a quantidade de água ideal para a irrigação. Os métodos mais utilizados na irrigação localizada são: irrigação por gotejamento, irrigação por aspersão e irrigação por canal [14].

As culturas precisam de quantidades específicas de água para desenvolver, de modo que a irrigação adequada pode melhorar significativamente o rendimento da colheita. A irrigação por gotejamento, prática utilizada no sistema em questão, é uma das melhores formas de economizar água durante a irrigação. Nesse sistema, a água flui por uma

tubulação principal, se divide em vários tubos adjacentes e goteja lentamente na raiz das plantas através de válvulas, tubulações etc. O alto custo é uma desvantagem dessa prática de irrigação em relação as demais [14].

Pequenos e médios produtores enfrentam dificuldades para introduzir tecnologias no cultivo de suas culturas e aumentar, consideravelmente, a produção. Considerando a importância dessa classe para o mercado interno do país, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias eficazes de baixo custo voltadas para essa área [2]. O uso de tecnologias de informação e comunicação está se disseminando no campo. Em IoT, há uma variedade de dispositivos que se comunicam utilizando diferentes tecnologias e protocolos.

III. VISÃO GERAL DE INTERNET OF THINGS (IoT)

A *Internet of Things* (IoT) refere-se a conexão entre dispositivos dentro de um determinado sistema para fornecer serviço de forma inteligente. Isso significa adicionar recursos de computação e conectividade com a nuvem a sistemas que até então não eram conectados, possibilitando a análise e controle de qualquer que seja a aplicação. Os sistemas de IoT são compostos por quatro elementos básicos comuns a praticamente todas as soluções em IoT: dispositivos finais, gateways, plataforma em nuvem e os aplicativos. Os dispositivos finais são hardwares constituídos de sensores e atuadores, ou seja, são capazes de coletar dados e executar alguma atuação. Os gateways coletam, pré-processam e transferem dados do sensor para nuvem ou fornecem solicitações de atuação da nuvem para os dispositivos. A plataforma em nuvem ou servidor fornece serviços como aquisição e análise de dados, gerenciamento e atuação de dispositivos. Por fim, os aplicativos podem ser desde painéis de visualização de dados na WEB a aplicativos móveis específicos [5].

Atualmente os aplicativos dependem do protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) para obter informações. Este protocolo é bastante complexo para pequenos dispositivos IoT [16]. A grande maioria das aplicações de IoT são elementos simples, como lâmpadas, tomadas, sensores de temperatura ou válvulas, portanto, não exigem protocolos complexos e não precisam de sistemas operacionais. Isso reduz bastante a capacidade de memória do hardware utilizado e protocolos como MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) podem suprir bem as necessidades do sistema. Os protocolos de comunicação configuram a forma como se dá a troca de informações entre gateway e internet, atualizam os usuários com os dados mais recentes e transmitem comandos de aplicativos para os dispositivos finais [5]. Quando a aplicação requer comunicação por longas distância, como cidades inteligentes ou mesmo na agricultura de precisão, a tecnologia LoRa™ e o protocolo LoRaWAN™ se destaca por possuir características como longo alcance e baixo consumo de energia [15].

IV. PROTOCOLO MQTT

MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) é um protocolo de rede muito utilizado em IoT por ser simples e de fácil implementação, ideal para comunicação remota entre dispositivos que irão transferir poucos dados e em redes com largura de banda limitada. Fornece comunicação assíncrona entre as partes, é baseado na pilha TCP/IP (*Transmission Control Protocol*) e tem arquitetura publish/subscribe. Este

protocolo é um padrão aberto OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) [6], [16], [17].

O MQTT compreende duas entidades: o servidor, também conhecido como broker e os clientes. O broker MQTT é responsável por armazenar os dados dos clientes e fornecer essas informações para os clientes interessados. O cliente é qualquer elemento capaz de interagir com o broker, pode ser um sensor de IoT ou um aplicativo em um data center. As mensagens do MQTT são organizadas em tópicos. Portanto, a comunicação ocorre da seguinte forma: o cliente conecta-se ao servidor via TCP/IP e assina o tópico de interesse, o cliente publica as mensagens em um tópico e envia para o broker, que se encarrega de encaminhar essas mensagens aos clientes que assinaram esse tópico [16].

V. TECNOLOGIA LoRa™ E LoRaWAN™

Tecnologias de comunicação como o WiFi e Bluetooth atendem muito bem as aplicações relacionadas à comunicação de dispositivos pessoais. Assim como a rede celular é ideal para aplicações onde é necessário a alta taxa de transferência de dados. As redes LPWAN oferecem longo alcance para o envio de pequenas quantidades de dados. Dessa forma, LPWAN complementa as outras redes já existentes. Dentre as redes LPWAN, a tecnologia LoRa™ se destaca por possuir um alcance maior que qualquer outra tecnologia de comunicação padronizada [8].

A. LoRa™

LoRa™ é a camada física que utiliza a modulação *Chirp Spread Spectrum* (CSS). Assim como a modulação *Frequency Shifting Keying* (FSK), o CSS possui características de baixa potência, mas aumenta consideravelmente o alcance de comunicação. Este tipo de modulação tem sido utilizado na comunicação militar e espacial, devido as longas distâncias alcançadas e alta imunidade a interferências, o que minimiza o consumo da corrente [8].

B. LoRaWAN™

Enquanto a modulação LoRa™ permite o link de comunicação de longo alcance, o LoRaWAN™ é o protocolo de comunicação e arquitetura do sistema da rede. Este tem influência na vida útil da bateria de um nó, na capacidade da rede, qualidade do serviço, na segurança e variedade dos aplicativos desenvolvidos pela rede [8].

A arquitetura do sistema de rede LoRaWAN™ usa topologia estrela, formada por módulos conectados à gateways, que servem como ponte para transportar as informações para servidores de rede, onde os dados são analisados e gerenciados, possibilitando o desenvolvimento de aplicativos [8]. Os módulos podem ser sensores ou atuadores e estão diretamente ligados a aplicação. Os gateways estabelecem a conexão entre os módulos e os servidores de rede. Considerando o local de instalação, um gateway pode cobrir um raio de até 15 km em áreas rurais [11].

VI. ARQUITETURA DO SISTEMA

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver o controle automático de um sistema de irrigação, onde a válvula solenoide pode ser ligada e desligada remotamente.

A configuração do sistema é mostrada na Fig. 1. O módulo de irrigação recebe comandos para ligar ou desligar a válvula solenoide através de um segundo módulo que funciona como gateway e está conectado ao broker MQTT. O gateway é uma ponte para a troca de informações entre o módulo de irrigação e o broker MQTT.



Fig. 1. Arquitetura do sistema. (Autoria própria)

No sistema proposto o Adafruit IO é o broker MQTT. Esta plataforma é um serviço em nuvem que armazena e gerencia dados. Diferente de outros serviços, o Adafruit IO permite uma divertida e simples interação com o microcontrolador. Por meio do Adafruit IO, são enviados comandos para ligar ou desligar a válvula solenoide para o microcontrolador presente no gateway.

A arquitetura do gateway é mostrada na Fig. 2. Este módulo é formado por três blocos: fonte, controle e comunicação. A fonte do sistema tem como base módulos fotovoltaicos associados ao banco de baterias por meio de regulador de tensão. O controle é realizado por meio do ESP8266 NodeMCU ESP-12E em conjunto com o protocolo MQTT interagindo com o Adafruit IO. E o HC12 é o transceptor responsável pela comunicação entre o gateway e o módulo de comunicação.

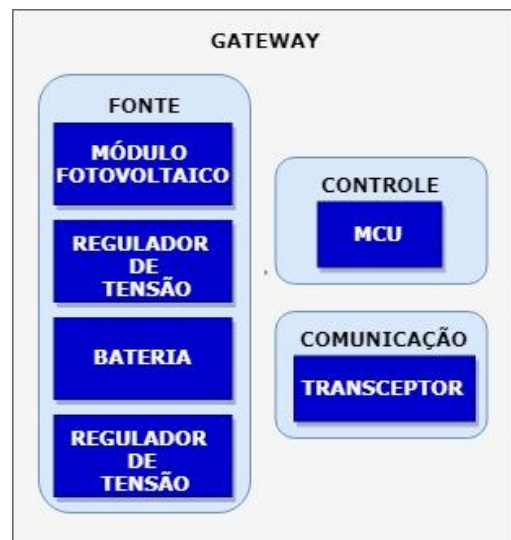


Fig. 2. Arquitetura do gateway. (Autoria própria)

A arquitetura do módulo de irrigação, Fig. 3, é composta por quatro blocos: fonte, controle, comunicação e drive. A fonte deste módulo é exatamente igual à do gateway, o controle é realizado por meio do Arduino Pro Mini e a comunicação pelo HC12. O drive que aciona a eletroválvula é composta por um optoacoplador e um transistor.

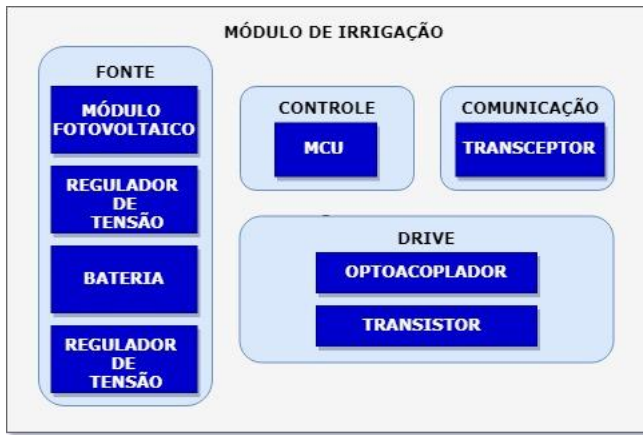


Fig. 3. Arquitetura do módulo de irrigação. (Autoria própria)

VII. PROJETO DE HARDWARE

A. Gateway

A fonte do gateway é composta por três módulos fotovoltaicos, modelo LL-3W, são portáteis, ideal para pequenos projetos, como os de IoT. Com tensão máxima de 12 V, corrente máxima de 0,25 A e máxima potência 3 W. Os módulos fotovoltaicos são associados em paralelo, fornecendo tensão de 12 V e corrente 0,75 A. O conjunto dos módulos são conectados ao conversor de tensão DC/DC abaixador MP1584, que aceita tensão de entrada entre 4,5 e 28 V e a tensão de saída pode ser ajustada entre 0,8 e 20 V. Suporta corrente de até 2 A com pico de 3 A. Portanto, o MP1584 foi ajustado para manter a tensão na saída em 12 V e conectado ao banco de baterias. Considerando um consumo médio de até 700 mA e tempo de trabalho de até 3 horas, adotou-se bateria com capacidade de 2200 mAh e tensão 3,7 V para o gateway e para o módulo de irrigação. O banco é composto por três baterias associadas em série, totalizando uma tensão de 11,1 V.

No bloco de controle, optou-se por utilizar o microcontrolador ESP8266 NodeMCU ESP-12E, que pode conectar-se à internet via Wi Fi e interagir com o Adafruit IO. O NodeMCU é uma placa de desenvolvimento que integra o chip ESP8266 ESP-12E. A placa já vem preparada para fazer o chip ESP-12E funcionar, integrando interface serial-USB, regulador de tensão 3,3 V, botões de controle e barramentos de pinos para uso do módulo em protoboard. A alimentação da placa pode ser feita através da conexão USB com o computador ou com fonte externa, sua faixa de tensão de operação está entre 4,5 e 9 V e possui consumo máximo de 220 mA. Seu processador pode atingir até 160 MHz, tem memória RAM de 20 KB e 4 MB de memória flash. A programação pode ser feita usando diversos ambientes de programação, entre eles, LUA ou o ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino (Arduino IDE) [6].

As baterias fornecem energia para o ESP8266 NodeMCU por meio de um outro conversor de tensão MP1484 com a tensão na saída em 5 V. Foi inserido um botão que permite abrir o circuito, caso seja necessário. O ESP8266 NodeMCU ESP-12E e o HC12 são conectados utilizando os pinos 3,3V-VCC, GND-GND, D1-SET, D2-TXD e D5-RXD. O módulo de comunicação sem fio HC12 possui banda de frequência de 433,4-473,0 MHz, um total

de 100 canais podem ser configurados ao passo de 400 kHz. A potência máxima de transmissão é 100 mW (20 dBm) e a distância de comunicação é até 1 km em espaço aberto. A corrente máxima de trabalho (modo de transmissão) é 100 mA e sua tensão de operação está na faixa de 3,2 a 5,5 V. O módulo vem acompanhado de uma antena dipolo [10].

O ESP8266 foi programado utilizando a IDE do Arduino para executar os seguintes procedimentos: estabelecer conexão Wi-Fi; conectar-se ao servidor MQTT; enviar comando liga/desliga; e receber resposta do módulo de irrigação. A Fig. 4 apresenta o esquema elétrico do gateway.

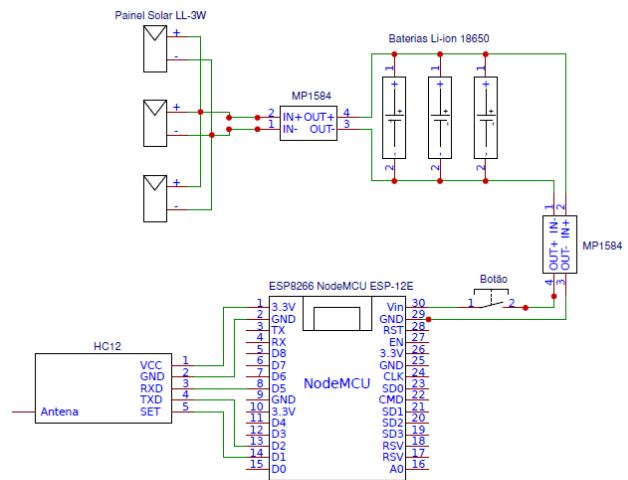


Fig. 4. Esquema elétrico do gateway. (Autoria própria)

B. Módulo de Irrigação

O módulo de irrigação segue o mesmo padrão de alimentação do gateway, três painéis solares associados em paralelo, fornecendo tensão de 12 V e corrente 0,75 A. Os painéis estão conectados a um conversor de tensão MP1584, que mantém a tensão na saída em 12 V e são responsáveis por recarregar o banco de baterias, composto por três baterias de 3,7 V conectadas em série, resultando em uma tensão de 11,1 V. Neste módulo também foi inserido um botão que permite abrir o circuito, quando necessário.

As baterias fornecem energia para o Arduino Pro Mini e para a válvula solenoide. O Arduino Pro Mini é uma plataforma de prototipagem eletrônica que possui código aberto, baseada no microcontrolador ATmega328p. Ele tem 14 pinos de entrada/saída digital, dos quais 6 podem ser utilizados como saídas PWM, 8 entradas analógicas, oscilador de cristal de 16 MHz e botão de reset. Pode ser ligado via USB ou com fonte externa. Ele trabalha com a tensão de 5 V e possui um regulador de tensão para 3,3 V. O ATmega328p tem 32 KB de memória flash, 2 KB de memória SRAM e 1 KB de memória EEPROM. A programação é feita utilizando o ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino [10]. Um conversor de tensão MP1584 é ligado entre as baterias e o Arduino ajustando a tensão em 5 V. O Arduino é conectado ao HC12 através dos pinos VCC-VCC, GND-GND, 2-RXD, 3-TXD, 4-SET.

Por meio do pino 13, o Arduino envia os comandos para o drive de acionamento da válvula. O optoacoplador PC817 faz o isolamento elétrico entre a parte de controle e a parte de potência do circuito. O PC817 é um componente

eletrônico com 4 pinos capaz de fazer o isolamento de algumas partes do circuito. Constituído de um diodo emissor de luz infravermelho e fototransistor de silício NPN. Com máxima tensão de coletor-emissor de 80 V, CTR (Current Transfer Ratio) de 50% e alta tensão de isolamento entre a entrada e a saída, 5 kV. O diodo interno do PC817 recebe tensão de 3,3 V do arduino e trabalha com tensão na faixa de 1,2 a 1,4 V e corrente 20 mA. Portanto, um resistor de 100 Ω é ligado entre o pino 13 e o optoacoplador, limitando a corrente que chega até o diodo interno do componente. O coletor do transistor interno do PC817 é ligado ao polo positivo da bateria e o emissor a um resistor de pull down de 10 k Ω .

Para o acionamento da válvula solenoide foi utilizado o transistor de efeito de campo IRF540, componente eletrônico de três pinos indicado para controle de circuitos de potência. Possui as seguintes características: $V_{DS} = 100$ V, $R_{DS(ON)} = 0,077 \Omega$ e $I_D = 28A$. O MOSFET IRF540, tem o gate ligado ao pino 3 do PC817, o dreno ao polo negativo da válvula e o terminal source ao polo negativo da bateria. Por fim, A válvula solenóide utilizada para a irrigação, possui conexão 3/4, é alimentada em 12 V, com um consumo de 300 mA e pressão 0,02 a 0,8 Mpa. Por meio de testes constatou-se que a válvula pode ser acionada a partir de 8 V. O polo positivo é ligado ao polo positivo do banco de baterias e o polo negativo ligado ao dreno do MOSFET IRF540.

O Arduino Pro Mini foi programado utilizando a IDE do Arduino para executar os seguintes procedimentos: monitorar as informações recebidas pelo HC12; analisar a informação recebida; executar ação de acordo com a informação (ligar/desligar); enviar resposta para o gateway. A Fig. 5 apresenta o esquema elétrico do módulo de irrigação.

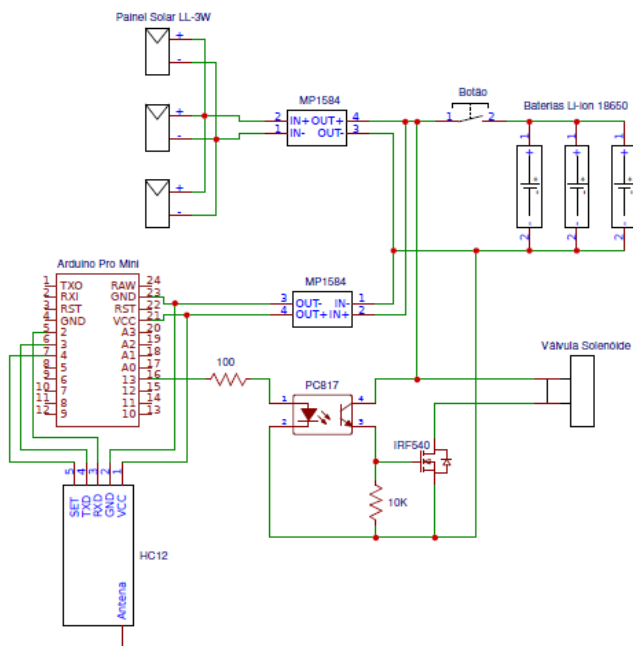


Fig. 5. Esquema elétrico do módulo de irrigação. (Autoria própria)

VIII. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

O sistema de automação foi testado na zona rural da cidade de Pereiro, Ceará, Brasil, em uma região chamada Açude Novo. A Fig. 6 ilustra a área da plantação que deve ser automatizada. No entanto, os testes iniciais contemplaram algumas fileiras da plantação de pitaya, área contornada de vermelho. O módulo de irrigação foi conectado à válvula solenoide na fileira de plantas e o gateway foi posicionado a uma distância de aproximadamente 6,5 km, em linha reta, sobre um edifício de aproximadamente 8 m. O link do edifício a plantação é ilustrado na Fig. 7. Para testar o máximo alcance do transceptor HC12, distanciouse o módulo de irrigação do gateway progressivamente.



Fig. 6. Plantação no Açude Novo (zona rural da cidade de Pereiro). (Autoria própria)



Fig. 7. Link de comunicação. (Autoria própria)

IX. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os componentes dos circuitos, com exceção dos módulos fotovoltaicos, antenas e válvula foram dispostos em caixas para facilitar o deslocamento dos dispositivos. A Fig. 8 apresenta o gateway instalado sobre o ponto mais alto de um edifício de aproximadamente 8 m de altura. O módulo de irrigação é apresentado na Fig. 9.

Foram enviados comandos do Adafruit IO para o ESP8266 NodeMCU ESP-12E (gateway) para ligar/desligar a válvula. Ao distanciar o módulo de irrigação do gateway, para testar a comunicação estabelecida pelo HC12, notou-se que em uma distância de aproximadamente 350 m o sinal parou de chegar até o módulo de irrigação. A Fig. 10 mostra o alcance obtido utilizando o transceptor HC12 com antena helicoidal.



Fig. 8. Gateway com antena helicoidal. (Autoria própria)



Fig. 9. Módulo de irrigação com antena helicoidal. (Autoria própria)



Fig. 10. Alcance do sinal usando antena helicoidal. (Autoria própria)

Com esse alcance não seria possível controlar a válvula solenóide no lugar desejado, a uma distância de 6,5 km. Para

aumentar o alcance do sinal enviado pelo gateway e solucionar este problema as antenas que acompanham o HC12 foram substituídas por antenas dipolo com diagrama de radiação omnidirecional com ganho relativamente elevado. No gateway a antena foi substituída por uma antena modelo NAGOYA NA-771, banda VHF/UHF, frequência 144/430 MHz e ganho 2,15 dB. O gateway com a nova antena é mostrado na Fig. 11. No módulo de irrigação, Fig. 12, a antena foi substituída por uma antena de banda VHF/UHF, frequência 144/430 MHz e ganho 7 dB.

As antenas utilizadas possuem faixa de frequência diferente da frequência utilizada no rádio HC12, de 433,4 MHz. Mesmo com essa diferença de frequências entre o HC12, em 433,4 MHz e a antena, em 430 MHz, foi possível obter alcance de até 8,62 km. Esse alcance foi suficiente para colocar o projeto em prática. A Fig. 13 ilustra o alcance obtido utilizando o transceptor HC12 com antena omni.



Fig. 11. Gateway com antena omni. (Autoria própria)



Fig. 12. Módulo de irrigação com antena omni. (Autoria própria)

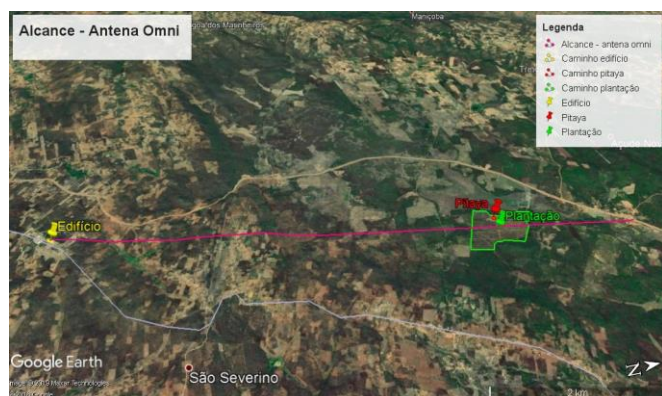


Fig. 13. Alcance do sinal usando antena omni. (Autoria própria)

X. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da IoT, a agricultura pode ser desenvolvida de forma mais eficiente, beneficiando as pessoas e o meio ambiente. Muitos projetos tecnológicos têm se voltado para sistemas de irrigação, tendo em vista que estes consomem bastante água. Este artigo apresentou um projeto de controle automático para sistema de irrigação, utilizando o ESP8266 NodeMCU ESP-12E, Arduino Pro Mini, HC12 e o protocolo MQTT, incluindo a arquitetura do sistema e projeto detalhado do hardware utilizado. Para validar o sistema proposto, o protótipo foi testado em uma plantação na zona rural da cidade de Pereiro, Ceará, Brasil.

Nos testes iniciais, constatou-se que o módulo HC12 possibilita transmissões até uma distância de 350 m, o qual é insuficiente para comunicação entre o gateway e o módulo

de irrigação do projeto, distanciados em 6,5 km. Com a substituição da antena do dispositivo HC12 por antena dipolo com diagrama de radiação omnidirecional com ganho relativamente alto, foi possível um alcance próximo a 8,62 km, possibilitando a implantação do sistema de irrigação automatizado no local desejado.

Através da plataforma Adafruit IO foi possível enviar comandos para ligar ou desligar a válvula solenoide da irrigação. Este sistema é vantajoso para os agricultores, que podem aumentar a produtividade das suas plantações ao fornecer a quantidade de água ideal sem precisar ir ao local fazer isso manualmente. Para automatizar projetos de sistema de irrigação com distâncias ainda maiores, a tecnologia LoRa apresenta inúmeras vantagens como descrito neste artigo. O alcance da tecnologia LoRa chega até 15 km em áreas abertas e possui o protocolo LoRaWAN, desenvolvido especificamente para esta tecnologia. Para esta aplicação específica, o sistema desenvolvido contemplou todas as necessidades. Foi eficiente, de fácil implementação e baixo custo.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a empresa Agritech, localizada em Pereiro, Ceará, Brasil, por todo apoio e suporte tecnológico.

REFERÊNCIAS

- [1] W. Zhao, S. Lin, J. Han, R. Xu e L. Hou, "Design and Implementation of Smart Irrigation System Based on LoRa," *IEEE Globecom Workshops*, Dez. 2017.
- [2] N. Shaghghi, P. Ferguson, J. Mayer, Z. Cameron e B. Dezfouli, "A Low-Power Wireless Sensing Unit for Hydro-System Automation," *IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference*, Jan. 2019.
- [3] L. Ang e K. P. Seng, "Application Specific Internet of Things (ASIoTs): Taxonomy, Applications, Use Case and Future Directions," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 56577 - 56590, Mai. 2019.
- [4] J. C. Silva, J. J. P. C. Rodrigues, K. Saleem, S. A. Kozlov e R. A. L. Rabêlo, "M4DN.IoT - A Networks and Devices Management Platform for Internet of Things," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 53305 - 53313, Abr. 2019.
- [5] A. Taivalsaari e T. Mikkonen, "A Taxonomy of IoT Client Architectures," *IEEE Software*, vol. 35, no. 3, pp. 83-88, Mai. 2018.
- [6] R. K. Kodali e B. S. Sarjerao, "A Low Cost Smart Irrigation System Using MQTT Protocol," *IEEE Region 10 Symposium*, Jul. 2017.
- [7] T. Elshabrawy e J. Robert, "Interleaved Chirp Spreading LoRa-Based Modulation," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 2, Abr. 2019.
- [8] LoRa Alliance, A Technical Overview of LoRa® and LoRaWAN™, Nov. 2015.
- [9] V. A. Vu, D. C. Trinh, T. C. TRUVANT e T. D. Bui, "Design of automatic irrigation system for greenhouse based on LoRa technology," *International Conference on Advanced Technologies for Communications*, IEEE, Dez. 2018.
- [10] V. T. Jamdar, S. B. Deosarkar e S. V. Khobragade, "An Effective Arduino Based Communication Module for Railway Transportation System," *Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems*, IEEE, Mar. 2019.
- [11] H. Lee e K. Ke, "Monitoring of Large-Area IoT Sensors Using a LoRa Wireless Mesh Network System: Design and Evaluation," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 67, no. 9, pp. 2177-2187, Set. 2018.
- [12] G. Alex e M. Janakiranimathi, "Solar based plant irrigation system," *2nd International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics*, IEEE, Ago. 2016.
- [13] P. Singh e S. Saikia, "Arduino-Based Smart Irrigation Using Water Flow Sensor, Soil Moisture Sensor, Temperature Sensor and

ESP8266 WiFi Module,” *IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference*, Abr. 2017.

- [14] P. Jain, P. Kumar e D. K. Palwalia, “Irrigation Management System with Micro-Controller Application,” *1st International Conference on Electronics, Materials Engineering and Nano-Technology*, IEEE, Out. 2017.
- [15] I. Florea, R. Rughinis, L. Ruse e D. Dragomir, “Survey of Standardized Protocols for the Internet of Things,” *21st International*

Conference on Control Systems and Computer Science, IEEE, Jul. 2017.

- [16] R. K. Kodali e K. S. Mahesh, “A low cost implementation of MQTT using ESP8266,” *2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics*, Mai. 2017.
- [17] K. Pernapati, “IoT Based Low Cost Smart Irrigation System,” *Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies*, IEEE, Set. 2018