

Horta Inteligente: Sistema automatizado com irrigação por gotejamento

VÍVIAN PRISCILLA RELVAS GARCIA
LUIZ CARLOS QUERINO FILHO
RENATA BRUNA DOS SANTOS COSCOLIN FAVAN

Resumo

O presente artigo foi realizado através de estudo de caso em um protótipo para a utilização de um Sistema automatizado com irrigação por gotejamento. Neste estudo foram encontradas duas ações para melhorias, primeiro seria gasto de água excessivo e segundo a falta de mão de obra. O objetivo foi auxiliar um determinado agricultor na irrigação da sua cultura, colocar em prática as ações para as melhorias, reduzindo gastos, evitando prejuízos e assim contribuindo com a sustentabilidade. A hortaliza estudada e pesquisada no protótipo foi a Alface, no qual o manejo adequado realizado e todas as etapas dos processos de aplicação, desde o início, ou seja, semeadura estendendo-se até o final, no caso a colheita. Esse Sistema permitiu que através da conexão e comunicação entre equipamentos e dispositivos, foram monitorados e visualizados nessa específica cultura, dessa maneira foram coletados dados consistentes e coerentes para a tomada de decisão. A irrigação por gotejamento foi imprescindível já que se torna preciso e localizado, como também é significativo a economia de água e a otimização dos serviços. Por intermédio, dos estudos e pesquisas realizado no Trabalho, por conseguinte o objetivo proposto e os resultados esperados, foram alcançados de forma eficiente.

Palavras-chave: IoT – Internet of Things. Automatização. Sistema Embarcado. Agricultura. *Lactuca sativa* L.

Smart Garden: Automated system with drip automation

Abstract

This article was carried out through a case study on a prototype for the use of an automated drip irrigation system. This study found two areas for improvement, firstly excessive water consumption and secondly a lack of manpower. The aim was to help a particular farmer irrigate his crop, to put the actions for improvement into practice, reducing costs, avoiding losses and thus contributing to sustainability. The vegetable studied and researched in the prototype was lettuce, in which proper management was carried out and all stages of the application processes, from the beginning, i.e. sowing, to the end, in this case harvesting. By connecting and communicating with equipment and devices, this system allowed them to monitor and visualize this specific crop, thus collecting consistent and coherent data for decision-making. Drip irrigation was indispensable because it is precise and localized, as well as saving water and optimizing services. Through the studies and research carried out in this work, the proposed objective and the expected results were achieved efficiently.

Keywords: IoT – Internet of Things. Automation. Embedded System. Agriculture 4.0. *Lactuca sativa* L.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente vem crescendo o uso de Tecnologia no Agronegócio, devido a essa evolução da Agricultura 4.0, onde os processos são totalmente automatizados e que aplicados na área da agricultura são imprescindíveis a partir do plantio até a colheita, como também o armazenamento adequado até chegar ao seu destino, que é o consumidor.

“E a agricultura está modelando o rendimento das safras com o aprendizado de máquinas, para aumentar a produtividade agrícola, usando dados fornecidos por sensores ligados às plantações e à terra [...]” (Sinclair, 2017, p. 23)

É notório que com esses avanços tecnológicos a IoT - Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things* – IoT) em sua amplitude, tem realizado um papel relevante nessas aplicações, conectando objetos e integrando os processos. A IoT (*Internet das Coisas*), os processos são totalmente automatizados e os dados são gerados, permitindo a troca de informações entre dispositivos que estão conectados, trazendo benefícios, reduzindo custos e aumentando lucros que são significativos para a agricultura e para o agricultor.

Diversas definições existem sobre a IoT, a mais relevante segundo Magrani (2018, p. 19) é que computadores, sensores e objetos, estão conectados e se comunicam, assim processam e trocam informações entre si.

Esse artigo, consiste na elaboração de um estudo e aplicação de um Projeto através de uma Horta Inteligente, com um Sistema automatizado com irrigação por gotejamento para Irrigação de hortaliças, utilizando a IoT em uma pequena parte importante da Inteligência Artificial (IA) que são os agentes, que entre sensores e objetos, facilitando a comunicação entre si, mas não será aprofundado este funcionamento de agentes neste respectivo Trabalho.

Segundo Stuart e Norvig (2013 *apud* Lavareda Filho, 2017, p. 20), “[...] agentes inteligentes é o sentido para perceber que sensores capta e recebe informações do ambiente e os atuadores age através dessas informações.”

Esse Sistema automatizado foi um estudo de caso para a solução de um cultivo de hortaliças, especificamente a Alface lisa (*Lactuca sativa* L.), em uma propriedade rural, no distrito de Paulópolis, na cidade de Pompeia, SP, com uma área de aproximadamente 3.000 m². Diversas ideias foram estudadas, mas duas vertentes essenciais foram encontradas para a tomada de decisão, sendo: a primeira seria a falta de mão de obra especializada em domingos e feriados e a segunda a baixa produção devido à falta de irrigação, como também utilizar eficiente e racional a aplicação de água sobre uma determinada cultura, evitando prováveis desperdícios. Logo após, foi encontrar soluções para esses problemas como: otimizar a falta de mão de obra e economia de água.

A princípio foi buscar uma solução para essas problemáticas encontradas, através de um sistema embarcado automatizado para irrigação por gotejamento. Esse sistema utiliza um sensor higrômetro (umidade do solo), onde este envia dados a um sistema embarcado que controla o processo de irrigação quando o solo está seco. Essa interface é configurada de maneira simples e eficaz, com a utilização de uma tecnologia wireless como troca de informações e comunicação com a IoT, viabilizando todos os processos à distância.

De acordo com Suzuki (2012 *apud* Almeida, Da Cruz, Freire, 2015, p. 9), “[...] é essencial mão de obra especializada para todos os processos operacionais, havendo economia significativa, reduzindo custos e aumentando os benefícios.”

2 DESENVOLVIMENTO

O objetivo norteador desse estudo, foram: Implantar IoT em um protótipo, com monitoramento de sistema automatizado com irrigação por gotejamento, através de um microcontrolador, sensor e atuador. Dessa forma, possibilitou a integração de todos os dispositivos, durante todos os processos realizados nesse protótipo.

Este sistema de irrigação por gotejamento escolhido para teste no protótipo após aplicação das melhorias, trouxe diversos benefícios. Segundo Testezlaf (2017, p. 12) sobre a irrigação “Vários são os benefícios gerados quando os agricultores passam a utilizar a técnica de irrigação no sistema produtivo, os quais determinam sua importância na sua adoção na agricultura [...]”.

A cultura pesquisada e estudada foi a hortaliça alface lisa (*Lactuca sativa* L.).

De acordo com Henz e Suinaga (2009, p. 2) “[...] é uma planta anual, originária de clima temperado, pertencente à família Asteracea, certamente uma das hortaliças mais populares e consumidas no Brasil e no mundo.”

2.1 Quadro teórico

O Sistema Automatizado de Irrigação, auxiliou e forneceu suporte a um determinado agricultor, evitando perdas e prejuízos, de certa forma com a economia de água contribuiu para o meio ambiente. Existem diversos tipos de Irrigação, mas nesse artigo é abordado a irrigação por gotejamento.

Segundo Medeiros (2018, p. 18) “[...] o sistema de irrigação por gotejamento, é realizado através de tubulação, ou seja, mangueira instaladas no solo que percorrem e distribuem a água gota a gota, diretamente na raiz das plantas e na quantidade correta.” A irrigação é um método artificial de utilização de água na cultura aplicada diretamente na área de cultivo, diminuindo desperdícios, aumentando a produtividade e rentabilidade.

Esse método de irrigação localizada, ou seja, por gotejamento, é um procedimento que segundo o Senar (2012, p. 18), possui “[...] algumas vantagens como economia de água, baixo consumo de energia, contribuindo com meio ambiente de maneira sustentável, evitando pragas e doenças que acometem as hortaliças com excesso de água em seu caule e folhas e redução de mão de obra.”

Outra vertente é fazer uma análise do solo para identificar sua classificação, para que assim a ação seja realizada corretamente, através do Sistema de Irrigação por gotejamento, onde será programada o controle de tempo e quantidade de água necessária para realizar a irrigação.

“A alface é uma hortaliça folhosa delicada e sensível às condições climáticas como temperatura, luminosidade, [...]” (Maldonado, Mattos e Moretti, 2014, p. 7). Uma hortaliça popularmente conhecida e bastante consumida pelos brasileiros, nutritiva, fácil preparo, baixo custo para seu plantio.

Nesse mesmo estudo, foi primordial saber que água seria usada, e neste caso, foi utilizado água provinda de uma caixa seca que coleta águas pluviais nos períodos de chuva intensa, e essa por sua vez é utilizada neste sistema de irrigação durante um bom período antes de chegar o período de seca.

Segundo Gomes (2016, p. 35) “Uma das alternativas para minimizar a escassez da água seria o aproveitamento de águas residuárias, previamente tratadas para fins agrícolas [...]”, com essa prática haveria uma economia significativa dela, contribuindo para a Sustentabilidade.

O Manejo correto de uma determinada cultura é essencial, desde a semeadura até sua colheita. Para obter sucesso em uma determinada cultura, envolve diversos agentes geográficos como: solo, clima, como também a prevenção de intempéries que acometem a mesma.

Para que o Manejo da alface seja efetivo e significativo é necessário associar essa cultura com a preparação do solo, semeadura, manejo integrado de pragas, manejo integrado de doenças e integrar todos esses processos e métodos às tecnologias disponíveis para esse tipo de cultura.

Segundo Lopes Quezado-Duval (1998, p. 1) a alface “[...] está sujeita a pragas e doenças devido algumas intempéries climáticas como também o seu cultivar, em todo caso é preciso fazer exames laboratoriais.”

O preparo do solo é um dos itens mais importante para a cultura a ser cultivada, pois é através dele que, no caso, a Alface lisa irá encontrar nutrientes essenciais ou até mesmo acrescentar alguns para sua correção e então a cultura estará preparada para todas as fases do seu desenvolvimento.

Os tratos culturais são um fator importante e precisa de cuidados como: sementes ou mudas de boa procedência e tratadas, espaço adequado (estufa ou cobertura), solo nutritivo, irrigação adequada, além de fatores climáticos que requer uma atenção especial para o desenvolvimento do ciclo.

Nascimento e Pereira (2016, p. 58) dizem que “[...] é necessário que sejam utilizadas sementes com alta qualidade para se obter elevada emergência, alta uniformidade e sanidade de plantas, maximizando assim o uso de insumos, espaço, tempo e renda ao produtor”.

“Desenvolvem-se melhor em temperaturas entre 12 e 22° C. Suportam frio de até 7° C. Em temperaturas acima de 25° C as folhas ficam grossas, menores e a planta floresce com grande facilidade e a época para o plantio e cultivo é durante todo o ano.” (Makishima, 1993, p. 50).

Nesse estudo de caso foi utilizado a irrigação localizada, ou seja, por gotejamento, dessa maneira água é racionada e localizada, visando molhar especificamente a área em que se encontra o sistema radicular da cultura.

O manejo integrado de pragas e doenças é essencial para a otimização do controle, sua identificação no início é indispensável para se aplicar as estratégias e metodologias adequadas para erradicar, ou até mesmo de viabilizar o monitoramento como forma de prevenção, assim é possível empregar a tomada de decisão adequada e retardar possíveis prejuízos. A forma de irrigação também é importante na escolha de uma determinada cultura, devido ao uso incorreto ou o excesso de água poderá prejudicar ou danificar desde a semeadura até a colheita, causando perdas.

De acordo com o Senar (2012, p. 59), para proteger o cultivo, é necessário a instalação e uma estufa ou casa de vegetação, dessa maneira é possível o controle ou erradicação de pragas e doença, protegendo contra clima quente e água da chuva em excesso, prevenindo os danos e prejuízos, assim aumentando a produção e produtividade.

2.2 Materiais e Métodos

Nessa fase do projeto, foi realizado um levantamento de materiais e levados em consideração todos os tipos gastos para a implantação de horta inteligente, com um sistema de irrigação por gotejamento.

Os materiais e objetos que compõem a infraestrutura (Figura 1, Figura 2) foram comprados em uma loja de artigos de Casa e Jardim e foram utilizados apenas para a demonstração do protótipo, não interferindo no Orçamento para a aplicação e implementação futura em um local apropriado. Abaixo os objetos estão listados:

- * 1 vaso jardineira para jardim
- * 3 gotejadores para irrigação
- * 1 mangueira para a passagem de água
- * 1 balde para o reservatório de água

Figura 1 - Materiais de jardinagem



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 2 - Gotejadores e mangueira



Fonte: Elaborada pela autora.

Logo após, foram utilizados outros materiais (Figura 3) que foram comprados em um site de Materiais eletrônicos e tecnológicos e foram utilizados apenas para a elaboração e implementação desse protótipo, mas foi calculado no Orçamento com o tópico seguinte para que o agricultor pudesse ter uma base de Custos e Benefícios para diversos tamanhos (comprimento x largura) da Horta que foi estudada no presente Trabalho de Graduação. Os Materiais estão abaixo listados:

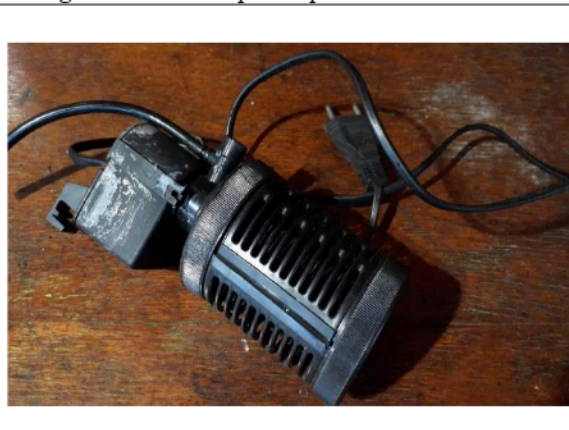
- * 1 placa ESP32 (*Wifi e Bluetooth*) + *proto board*
- * 1 sensor de umidade de solo resistivo
- * 1 bomba submersa (aquário)
- * 1 relê 5v

Figura 3 - Materiais eletrônicos



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 4 - Bomba para aquário



Fonte: Elaborado pela autora

O custo para a implantação desse protótipo, foi especificado (Tabela 1), discriminado e detalhado, com gastos de aproximadamente de R\$ 207,56. Todos esses objetos e materiais foram utilizados para a montagem do protótipo, logo após foi iniciado a conexão e realizado os testes necessários.

Tabela 1 - Custos e Gastos - Protótipo

Equipamentos	Quantidade	Valor Unitário
Jardineira	01	RS 29,00
Balde	01	RS 35,00
Mangueira	50 cm	RS 25,00
Gotejadores	03	RS 6,76
Placa ESP32 wifi	01	RS 47,60
Protoboard 830 pontos	01	RS 9,90
Sensor de Umidade do solo	01	RS 11,86
Relé 5 v – 1 canal	01	RS 8,46
Bomba submersa	01	RS 33,90
Valor Total		RS 207,56

Fonte: Elaborada pela autora

Os materiais de jardinagem utilizados no protótipo foram comprados na loja física “Empório Brasil”, situado no município de Pompeia, que comercializam utensílios para jardinagens. E os materiais eletrônicos foram orçados e comprados na loja virtual “Casa do LED”, situado no município de Garça, que comercializam equipamentos e dispositivos para eletrônica e robótica.

Essa etapa do protótipo foi fazer cotações e orçamentos dos equipamentos que podem ser utilizados e aplicados em campo e especificamente nessa propriedade rural que se encontra uma cultura de hortaliças, em uma área de 3.000 m², com espaço total de 10.000 m² (1 hectare), situado no Distrito de Paulópolis, município de Pompeia, SP. Foi possível elaborar dois orçamentos para visualizar os gastos necessários, priorizando os custos e benefícios para cada tipo de estrutura que futuramente possa receber o sistema da horta inteligente automatizada, conforme mostra a Tabela de Orçamento (Tabela 2), foi realizado para um área de aproximadamente 200 m² e sugerido a instalação de uma estufa que não consta nesse orçamento.

Tabela 2: Levantamento e Orçamento – Estufa 200 m²

Equipamentos	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Placa LoRa ESP32 wifi	1 peça	RS 169,00	RS 169,00
Sensores Capacitivos	30 peças	RS 19,90	RS 597,00
Bomba de água submersa	1 peça	RS 452,22	RS 452,22
Mangueira para água	500 metros	RS 284,99	RS 284,99
Gotejadores	400 peças	RS 0,62	RS 248,00
Válvulas Solenoides	1 peça	RS 37,90	RS 37,90
Relé (para a bomba)	1 peça	RS 32,90	RS 32,90
Total Geral			RS 1.822,91

Fonte: Elaborada pela autora.

Esse orçamento detalhado na Tabela de Orçamento (Tabela 3) abaixo, foi realizado para uma área sem estufa com o total de 10.000 m² (1 hectare).

Tabela 3 - Levantamento e Orçamento – Área 10.000 m²

Equipamentos	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Placa LoRa ESP32 wifi	2 peças	RS 169,00	RS 339,80
Sensores Capacitivos	150 peças	RS 19,90	RS 2.985,00
Bomba de água submersa	2 peças	RS 452,22	RS 904,44
Mangueira para água	2500 metros	RS 284,99	RS 1.424,95
Gotejadores	2000 peças	RS 0,62	RS 1.240,00
Válvulas Solenoides	2 peças	RS 37,90	RS 75,80
Relé (para a bomba)	2 peças	RS 32,90	RS 65,80
Total Geral			RS 7.008,79

Fonte: Elaborada pela autora.

Com esses componentes e dispositivos e de acordo com as metragens, o agricultor teria uma base através dos levantamentos e orçamentos, o que necessariamente seria acessível e viável para as implementações futuras em sua propriedade, calculando assim o quanto gastaria com todos os materiais.

De acordo com Maia (2018, p. 13) “[...] é importante realizar orçamentos para comparação de custos e gastos, assim viabilizar a implantação do sistema escolhido, otimizando mão de obra e contribuindo para redução de água, unindo economia com eficiência.”

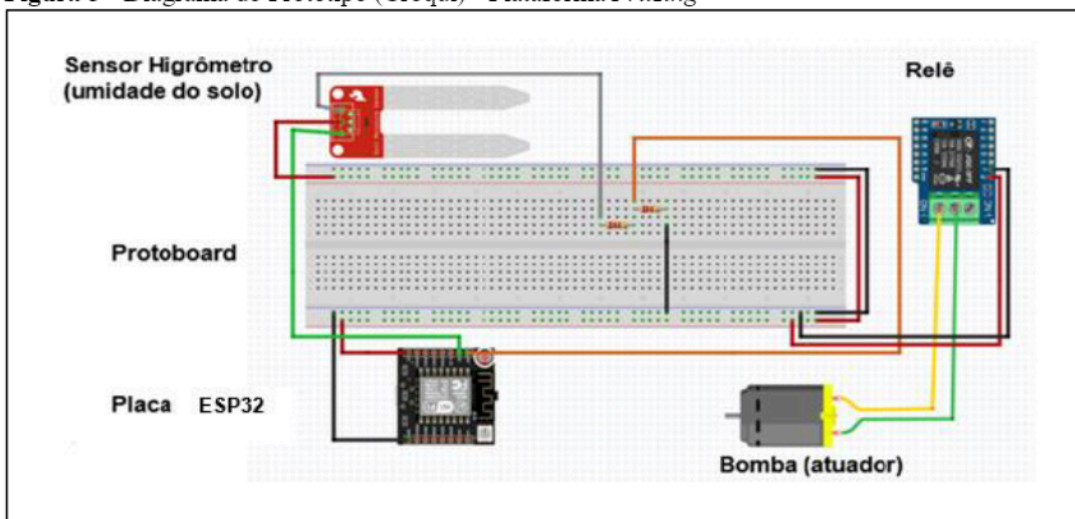
Os respectivos orçamentos mencionados acima, foram realizados através de pesquisas na internet, de diversas lojas virtuais, especificamente sites de compra, como: Amazon, Mercado Livre e Filipe Flop.

Nessa fase a metodologia e tecnologias envolvidas no Projeto foram aplicadas, e foram indispensáveis para a visualização do Sistema de Irrigação, com suas conexões e funcionalidades. Através dos estudos no protótipo foram utilizadas algumas ferramentas, que permitam a conexão da IoT com equipamentos, ou seja, comunicação de Máquina-Máquina (M2M).

Esse protótipo foi realizado para um estudo de caso mencionado anteriormente nesse artigo, em atender uma necessidade de envolver a tecnologia na agricultura.

Nessa etapa foi utilizada uma plataforma online e gratuita Fritizing, onde foi possível modelar a prototipagem do projeto e conectar todos os dispositivos e equipamentos (Figura 5), assim foi possível visualizar todas as tarefas realizadas pelo protótipo e suas funcionalidades.

Figura 5 - Diagrama do Protótipo (Croqui) - Plataforma *Fritzing*

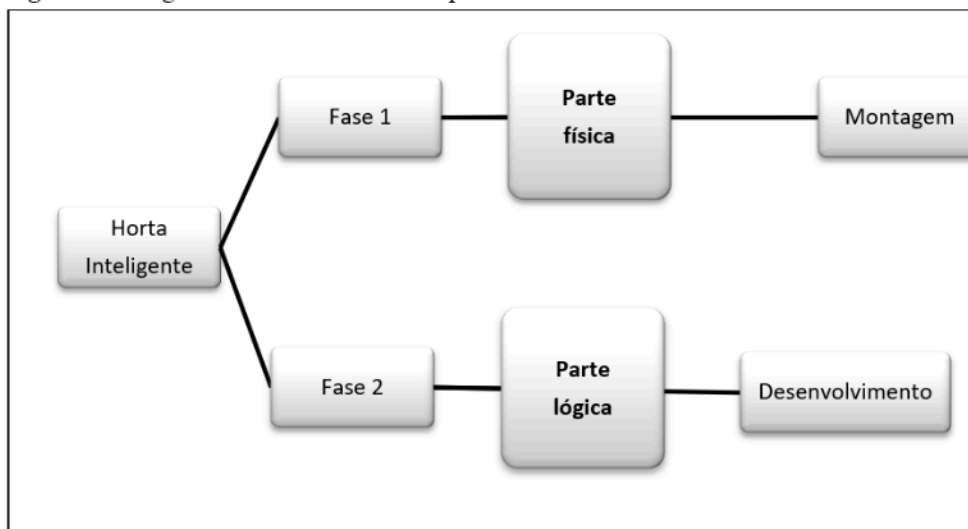


Fonte: Elaborado pela autora.

O protótipo foi realizado como um modelo construído para testar o serviço disponibilizado e a viabilidade do mesmo, para ser implementado futuramente na propriedade rural no distrito de Paulópolis, cidade de Pompeia, SP, especificamente em uma horta de com diversas hortaliças.

Foi realizado um planejamento seguindo um Diagrama (Figura 6) de como o protótipo e suas estruturas foram divididas.

Figura 6 - Diagrama das Fases do Protótipo



Fonte: Elaborada pela autora.

De acordo com Almeida (2015, p. 7), a IoT, “[...] Internet das Coisas faz uma integração entre objetos físicos e virtuais lógicos em redes conectadas, permitindo que as coisas, colem, troquem e armazenem um grande volume de dados.” Analisando essa explicação, é possível mensurar a quantidade de dados que geram muitas informações através dessa comunicação entre objetos.

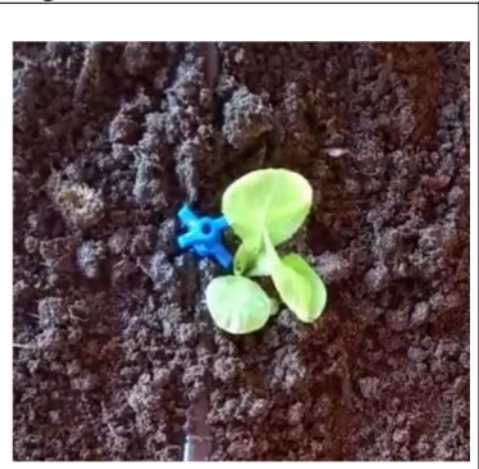
Nessa etapa ocorreu a montagem do protótipo da parte dos materiais de jardinagem (Figura 7), como também mostra a figura (Figura 8) a disponibilidade das mudas de Alface lisa (*Lactuca sativa* L.).

Figura 7 - Montagem da infraestrutura



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 8 - Muda de Alface lisa

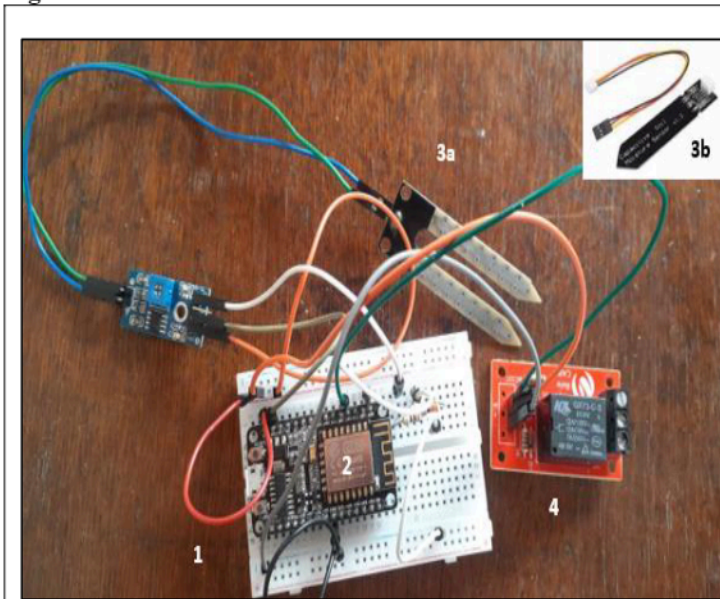


Fonte: Elaborada pela autora.

Em seguida foi a conexão dos materiais eletrônicos que foram implementados e que também compõem a parte física do protótipo (Figura 9). Logo em seguida, foi estudado, testado e implementando a viabilidade de uma Placa integrada com wifi, específica para fazer a conexão IoT e com os outros equipamentos e dispositivos, no caso a ESP32 (Figura 9 - 2) conectada na protoboard (Figura 9 - 1), e ligada para acionar um relé (Figura 9 - 4).

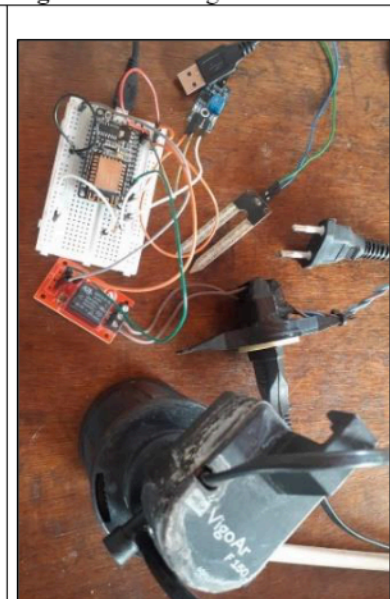
Foi utilizado o Sensor (Resistivo) Higrômetro de Umidade do solo (Figura 9 -3a), para os testes realizados no protótipo, onde o principal dispositivo é o sensor, através dele é possível averiguar se o solo está úmido ou seco, e assim acionar o sistema de irrigação para irrigar de forma precisa. Os dados gerados pelo Sensor, foram coletados de forma coerente e visualizados em uma plataforma de IoT, mas em uma implantação real o dispositivo a ser usado poderia ser substituído pelo Sensor Capacitivo de Umidade do solo (Figura 9 - 3b), pois este sensor específico é de excelente qualidade para realização dos testes em campo e sua durabilidade é maior, além de não ser corrosivo. A finalização da conexão dos dispositivos e equipamentos foi ligada na bomba submersa para aquário (Figura 10), todos estes testes foram realizados no protótipo.

Figura 9 - Materiais eletrônicos – Placa e Sensor



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 10 - Configurando a Bomba

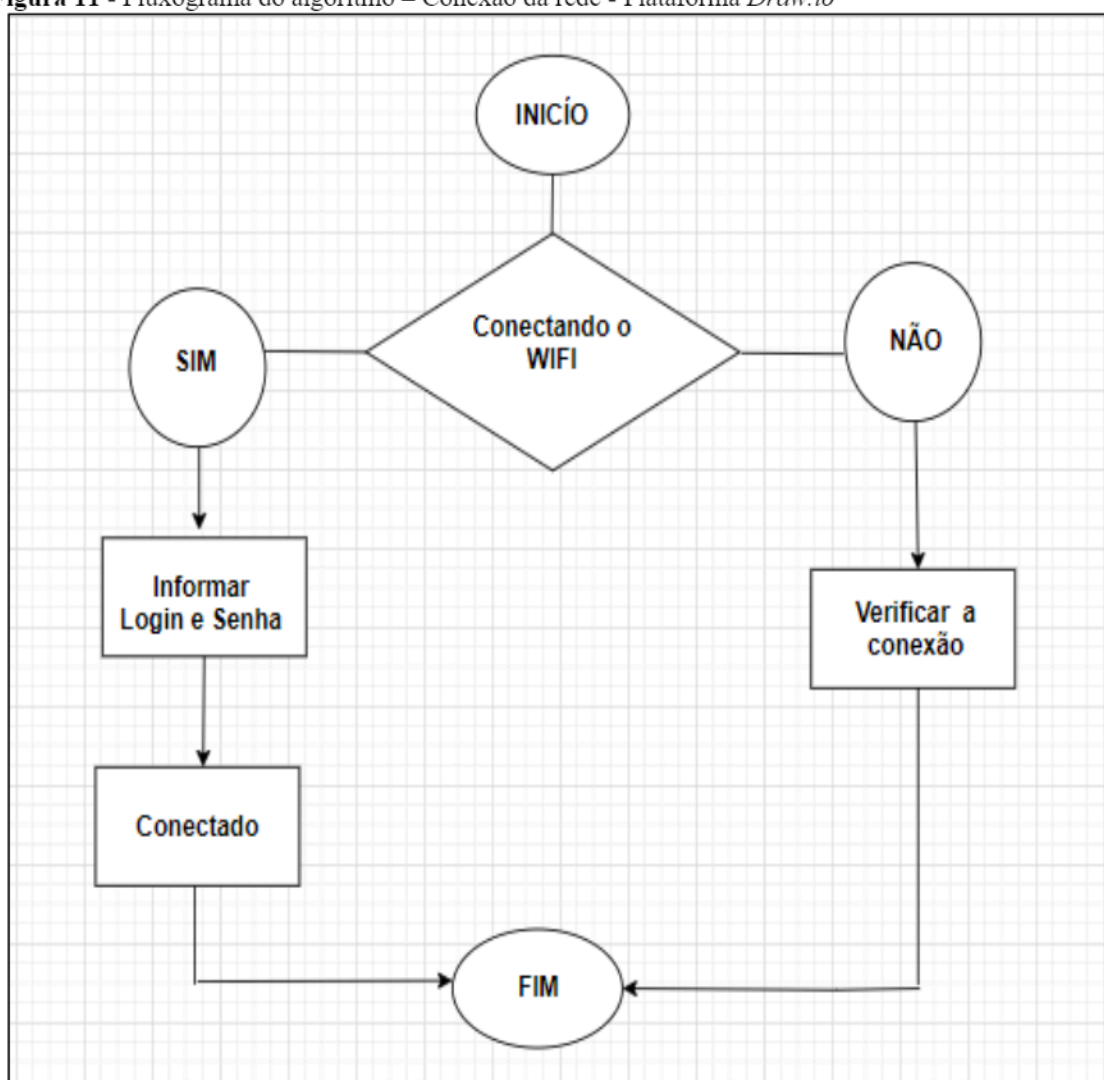


Fonte: Elaborada pela autora.

Nessa etapa do Projeto foi utilizado a Plataforma Arduino IDE com a Linguagem de programação C para a comunicação e conexão dos equipamentos de IoT. A princípio foi utilizado a Plataforma Arduino IDE, versão Web que foi de grande auxilia para a implementação e execução do código, incluindo a placa utilizada, fazendo conexão com a rede wi-fi e ajustando a API da plataforma de IoT, incluindo as bibliotecas, definindo as constantes e variáveis.

Logo em seguida, na fase da implementação do código, como mostra a figura Fluxograma do algoritmo – Conexão da Rede (Figura 11) foi realizado a conexão da rede através de uma função com o login de usuário e senha.

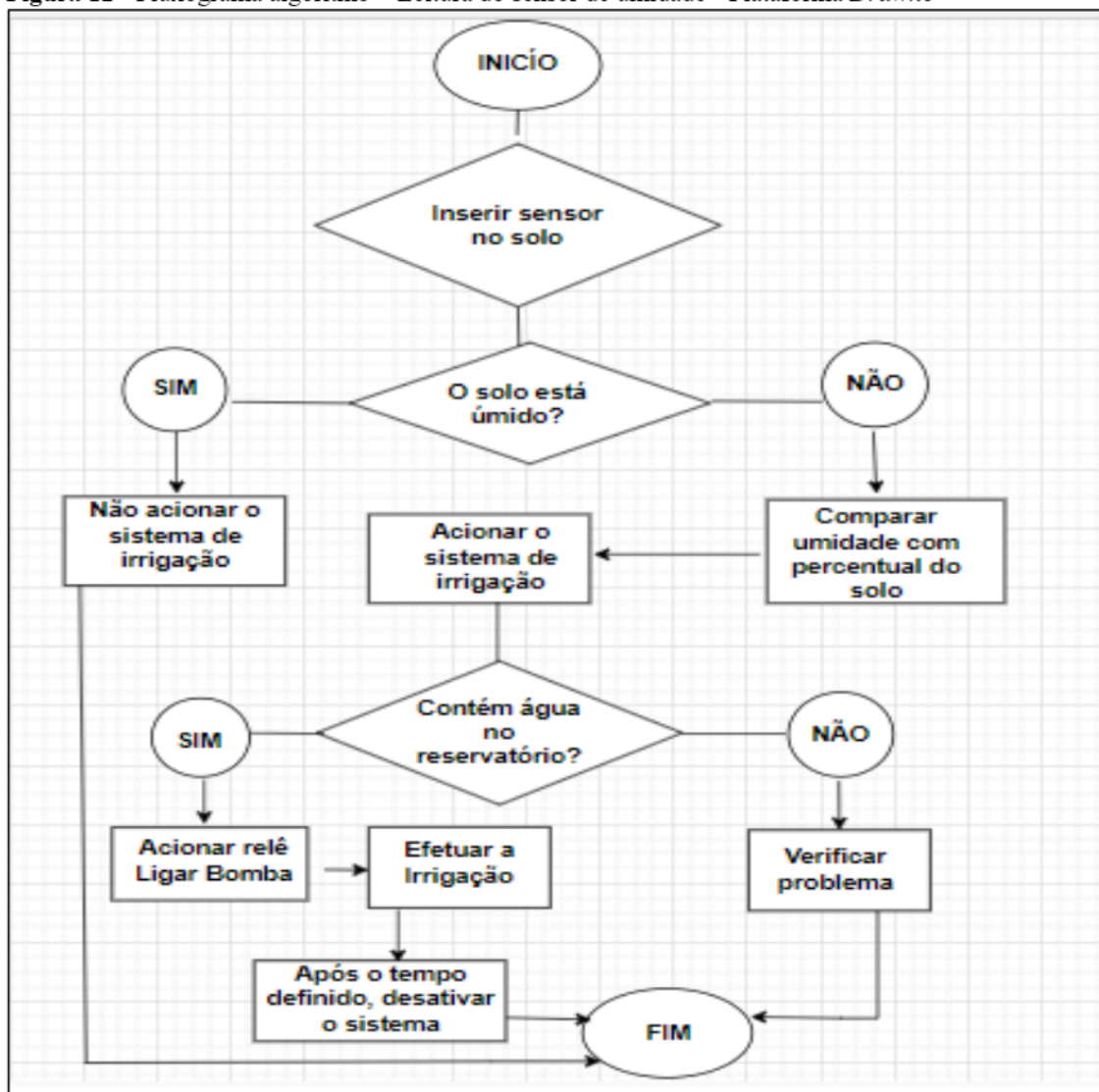
Figura 11 - Fluxograma do algoritmo – Conexão da rede - Plataforma *Draw.io*



Fonte: Elaborado pela autora.

Como mostra a figura Fluxograma do algoritmo – Leitura do Sensor de Umidade (Figura 12), nessa fase foi possível implementar uma função para obter a leitura de umidade do solo através do sensor de umidade que fazia uma comparação da umidade percentual do solo, se essa estivesse baixa, então acionava o relé que ligava a bomba submersa (atuador) para realizar a irrigação.

Figura 12 - Fluxograma algoritmo – Leitura do sensor de umidade - Plataforma Draw.io



Fonte: Elaborado pela autora.

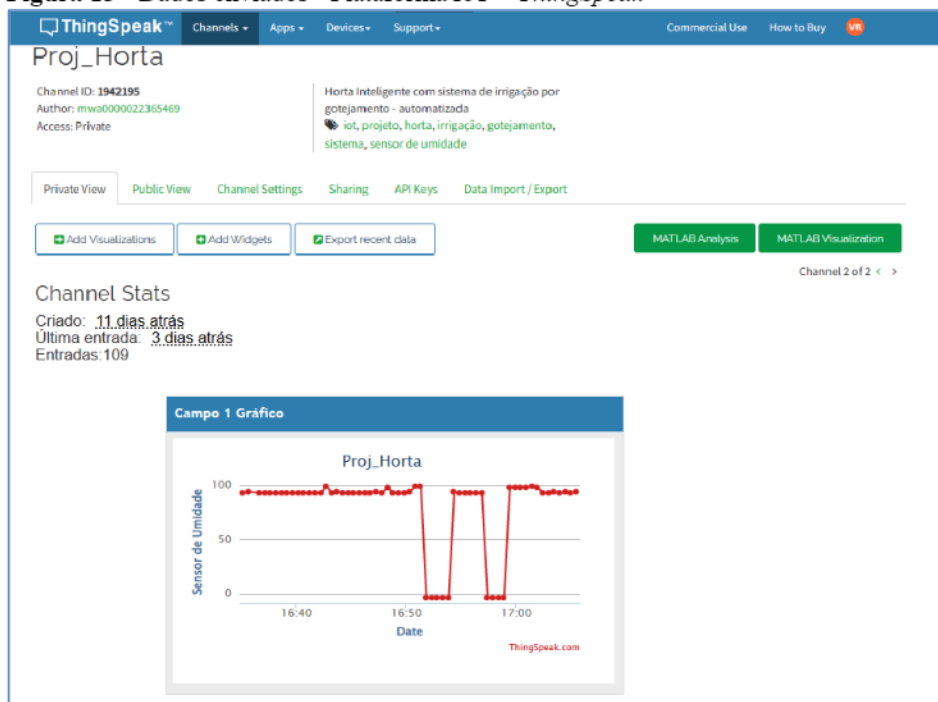
Após a implementação de todas as partes do código, foi possível a visualização das conexões dos equipamentos e dispositivos do projeto e todos os processos em funcionamento.

2.3 Resultados e discussões

Os resultados esperados em todas as fases foi alcançar os objetos propostos que foram concluídos durante todo o período de execução do protótipo. Na finalização do estudo no protótipo foi utilizada uma plataforma para a visualização dos dados coletados do sensor de umidade, através desses foi possível ajustar as informações, escolher a melhor alternativa para a tomada de decisão e assim aplicar as melhorias.

Nessa fase foi estudado, testado e implementado a conexão de todos os equipamentos e dispositivos com uma central de recebimentos de dados, onde foi utilizado o notebook e a plataforma gratuita on-line do ThingSpeak – IoT (*Internet of Things*), esses dados ficaram armazenados na nuvem, que puderam ser visualizados através de gráficos em tempo real, onde foi possível monitorar os dados da umidade do solo, através deles obter informações consistentes para uma tomada de decisão correta e trazer melhorias para agricultura, como mostra a figura (Figura 13).

Figura 13 - Dados enviados - Plataforma IoT – ThingSpeak



Fonte: Elaborado pela autora.

A princípio para a realização dos testes do protótipo, foi utilizado o sensor de umidade de solo resistivo, mas em uma implantação real em campo desse sistema é sugerido a substituição por outro, pelo sensor de umidade do solo capacitivo, na qual a utilização desse é mais preciso e eficiente para estudo de caso em campo, devido ser contra corrosão e sua durabilidade é favorável, principalmente em climas de temperatura elevada e umidades excessiva. Mediante este estudo de caso foram encontradas duas problemáticas como: falta de mão de obra e gastos de água. Nessa propriedade existe a utilização de água de reuso coletada através de águas pluviais (chuva) e depositada em caixa seca próximo a horta, como também a forma de irrigação que foi utilizada, ou seja, por gotejamento, e que ambas foram imprescindíveis, para a redução e economia de água que contribuiu de forma significativa para a Sustentabilidade.

Segundo De Brito, Gomes e Ludwig (2012, p. 8) sobre a reutilização da água para diversos fins e inclusive no setor agrícola “[...] a água utilizada na agricultura pode ser de qualidade inferior à da água empregada para usos residenciais e industriais. No entanto, em alguns casos a água pode passar por tratamento o aproveitamento de água tratada ou não”.

Com a reutilização desse bem natural é visível o impacto positivo para o setor ambiental, social e econômico do país e do mundo.

Essas soluções geraram insights que foram utilizadas na tomada de decisão precisa, auxiliando na irrigação correta e adequada da agricultura, evitando perdas e prejuízos, aumentando produtividade e otimizando os serviços.

Após as análises dos resultados obtidos e por meio dos levantamentos e orçamentos citados nesse artigo, foi concluído que esse sistema automatizado com irrigação por gotejamento é considerado de baixo custo e está acessível para a implantação em campo, assim tornando o projeto um MVP - produto mínimo viável (*do inglês Minimum Viable Product*) pronto para a comercialização.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das problemáticas encontradas no estudo de caso para esse artigo, como falta de mão de obra e gastos de água, foi possível estudar as soluções que auxiliaram a implantação de um sistema automatizado com irrigação por gotejamento. Esses principais problemas, foram solucionados e aplicados no desenvolvimento do protótipo para uma horta inteligente, onde foi possível otimizar a falta de mão de obra e com uma economia significativa de água, aplicando essas ações de melhorias que foram eficientes para uma determinada cultura.

Com base nos objetivos propostos, materiais e metodologias utilizados, testes efetuados, foi possível chegar nos resultados esperados que foram imprescindíveis na conclusão desse artigo. A criação desse sistema automatizado com irrigação por gotejamento, permitiu uma customização baixa de controle de umidade do solo através de estudos no protótipo.

De acordo com os Custos e Gastos, Levantamentos e Orçamentos que foram detalhados nesse artigo, sua usabilidade é favorável, sua implantação e aplicação é viável para a agricultura e está acessível no orçamento de um pequeno produtor.

Ainda que esse protótipo tenha sido direcionado a uma determinada hortaliça, especificamente o cultivo da Alface lisa (*Lactuca sativa* L.), esse sistema não está padronizado e limitado somente para essa cultura, ele é considerado expansível, ou seja, podendo ser reutilizado e reaproveitado para outros tipos de hortaliças, todavia, alguns ajustes futuros se fazem necessários para a adaptação de outros cultivos.

Portanto, é importante ressaltar que esse protótipo Horta Inteligente: sistema automatizado com irrigação por gotejamento, utilizando a IoT para conexão e comunicação, integrando as tecnologias aos processos, solucionando os problemas encontrados, trabalhando com os manejos culturais adequados com prevenção e controle, possibilitou um aumento da produtividade e uma redução de custos, concluindo que esse sistema pode ser implantado fora do protótipo, ou seja, sua instalação completa pode ser aplicada em campo, trazendo diversas vantagens e benefícios para a agricultura e agricultor.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. **Internet das Coisas – Tudo conectado**. Computação Brasil. Revista da Sociedade Brasileira de Computação. 29, 04/2015, p. 58. Disponível em: https://www.sbc.org.br/images/flippingbook/computacaobrasil/computa_29_pdf/comp_brasil_2015_4.pdf. Acesso em: 09 abr. 2023.

ALMEIDA, Gilliard Moreira; FREIRE, Lucas; DA CRUZ, Rafael Peres. **Sistema de irrigação por gotejamento**. Orientador: Paulo Fré. 2015. 50 f. TCC (Curso Técnico em Eletrotécnica) - ETEC “Jorge Street - Centro Paula Souza - São Caetano do Sul, SP, 2015.

DE BRITO, R. R.; GOMES, E. R.; LUDWIG, R. **Uso da água na irrigação**. Periódico eletrônico. v. 8, n. 2, p. 11, 2012. ISSN 1980-0827. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/irrigacao/artigos/USO%20DA%20AGUA%20NA%20IRRIGACAO.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2023.

GOMES, Edilson Ramos. **Aplicação de água residuária e deficiência hídrica em espécies de interesse agrônomo**. Orientador: Fernando Broetto. 2016. 161 f. Tese (Doutor em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Botucatu, 2016.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. **Tipos de Alface cultivados no Brasil**. Comunicado Técnico 75. Brasília, DF, nov. 2009, p. 7. ISSN 1414-9850. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2010/36477/1/cot-75.pdf>. Acesso em 19 abr. 2023.

LAVAREDA FILHO, Ronen Matos - **Sistema de Monitoramento Inteligente de uma Horta Escolar baseado na Plataforma Arduino**. Orientador: Jhonathan Araújo Oliveira. 2017. 64 f. Monografia (Graduação em Licenciatura em Computação) - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2017.

LOPES, C.; QUEZADO-DUVAL, A.M. **Doenças da Alface**. EMBRAPA Hortaliças. Circular Técnica 14. Brasília, DF, dez. 1998. 20 p. ISSN 1415-3033. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107340/1/CNPH-DOCUMENTOS-14-DOENCAS-DA-ALFACE-FL-07824.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2023.

MAIA, Joyce Mara Brito. **Análise de viabilidade de custo e um sistema de irrigação automatizado e baixo custo em pequenas propriedades de agricultores familiares no município de Feira de Santana**. Orientador: Juliano Pereira Campos. 2018. 46 f. TCC (Bacharel em Energia e Sustentabilidade) – Universidade do Recôncavo da Bahia. Feira de Santana, Bahia, 2018.

MAGRANI, E. **A internet das coisas**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018, 192 p. *E-book*. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/A_internet_das_coisas/qYtIDwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1. Acesso em: 21 abr. 2023.

MAKISHIMA, N. **O Cultivo de hortaliças**. EMBRAPA. Brasília, DF, 1993. 105 p.

MALDONADE, I. R.; MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L. **Manual de boas práticas agrícolas na produção de alface**. EMBRAPA Hortaliças – Documentos 142, 44 p. Brasília, DF, fevereiro. 2014. ISSN 1415-2312.

MEDEIROS, Pedro Henrique Silva. **Sistema de Irrigação automatizado para plantas caseiras**. Orientador: Harlei Miguel de Arruda Leite. 2018. 54 f. Monografia (Curso de Engenharia da Computação) Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2018.

NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. B. **Produção de Mudanças de Hortaliças**. EMBRAPA Hortaliças. Brasília, DF, 2016. 310 p.

SENAR, Coleção 150. **Hortaliças, cultivo de hortaliças folhosas**. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Brasília, DF, 2012. 164 p.

SINCLAIR, B. **IoT: como usar a INTERNET DAS COISAS para alavancar seus negócios**. Traduzido por Afonso Celso Cunha da Serra. Autêntica Business. São Paulo, 2018, 240 p.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. UNICAMP – FEAGRI, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP. 2017, 215 p. *E-book*. Disponível em: https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/testezlaf_irrigacao_metodos_sistemas_aplicacoes_2017.pdf. Acesso em 17 abr. 2023.