

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO REMOTO PARA HORTA

REMOTE IRRIGATION SYSTEM FOR VEGETABLE GARDEN

Marcos Antonio Beck Junior^{*}
Ricardo Henrique Franco de Oliveira^{**}
Adriano Rogerio Bruno Tech^{***}

RESUMO

Técnicas de manejo e de cultivo estão sendo aprimoradas cada vez mais e, uma dessas técnicas baseia-se na irrigação eficiente das culturas, evitando assim o desperdício de água e maximizando a produção, garantindo que a cultura receba a quantidade ideal de água para o seu desenvolvimento em todas as suas fases de crescimento e possibilitando o plantio em diferentes épocas do ano. Portanto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma horta irrigada, em que foram plantadas diferentes hortaliças, utilizando um sistema de irrigação por aspersão com a possibilidade de ser acionado remotamente, garantindo que em todos os estágios de produção das culturas a quantidade de água fornecida seja adequada para o seu desenvolvimento. Pode-se concluir que o sistema automatizado de irrigação foi capaz de irrigar a horta (solo e hortaliças cultivadas), tornando possível o crescimento das hortaliças. Além disso, com relação ao manejo, foi possível perceber no dia a dia do experimento que o fato do sistema ser remoto trouxe uma facilidade no manejo, bem como melhor otimização do tempo e consumo de água. Sobre a ótica dos prazos de colheita, pode-se determinar que o resultado foi coerente com as informações retiradas dos manuais de cultivo da Embrapa, evidenciando mais uma vez que o sistema elaborado em questão foi efetivo.

Palavras-chave: Irrigação automatizada. Sistema de uso eficiente da água. IoT.

ABSTRACT

Management and cultivation techniques was improved more and more, and one of these techniques is based on the efficient irrigation of cultures, thus avoiding the waste of water, and maximizing production, guaranteeing that the culture receives the ideal amount of water for its development. Development in all its stages of growth and allowing planting at different times of the year. Therefore, the objective of this work was developed an irrigated garden, in which different vegetables will be planted, using a sprinkler irrigation system with the possibility of being triggered remotely, ensuring that in all stages of crop production the amount of water supplied is suitable for its development. It can be

* Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP. Engenheiro de Biosistemas Av. Duque de Caxias Norte, 225 – Jardim Elite, 13.635-900, Pirassununga – SP, Brasil. marcosbeck99@gmail.com

** Docente FAMEESP. Av. Pres. Kennedy, 1693 - Ribeirão Preto - SP, 14096-340. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP. Doutor em Qualidade e Produtividade Animal. Endereço: Av. Duque de Caxias Norte, 225 – Jardim Elite, 13.635-900, Pirassununga – SP, Brasil. Autor para correspondência. ricohfo@usp.br

*** Docente Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP. LTSI – ZAB - Av. Duque de Caxias Norte, 225 – Jardim Elite, 13.635-900, Pirassununga – SP, Brasil. adriano.tech@usp.br

concluded that the automated irrigation system was able to irrigate the garden (soil and cultivated vegetables), making it possible for the vegetables to grow. In addition, with regard to management, it was possible to perceive in the day-to-day of the experiment that the fact that the system was remote brought ease in management, as well as better optimization of time and water consumption. From the point of view of harvesting deadlines, it can be determined that the result was consistent with the information taken from the Embrapa cultivation manuals, showing once again that the system elaborated in question was effective.

Keywords: Automated irrigation. Efficient water use system. IoT

Introdução

Essencial para a manutenção da vida, a água é utilizada para consumo humano e para atividades industriais e agrícolas, o que traz uma certa preocupação aos pesquisadores da área visto que a tendência é o consumo dessa aumentar, oferecendo riscos as áreas de mananciais e aquíferos. De acordo com um estudo realizado na Universidade da Califórnia, mesmo com todas as questões naturais e os possíveis impactos gerados pelo aumento da demanda hídrica na irrigação, estima-se que tal expansão será inevitável devido ao aumento na necessidade de se produzir alimentos (Nagaraj *et al.*, 2021).

De maneira geral, a área irrigável no mundo aumentou consideravelmente do ano de 2001 e 2015, sendo as áreas que mais apresentaram esse crescimento foram América do Norte e Ásia (Nagaraj *et al.*, 2021).

No Brasil, estima-se que, dos 29 milhões de hectares, aproximadamente com potencial irrigável, apenas 4.5 milhões possuem uma área de plantio irrigada, o que, mesmo sendo uma quantidade relativamente baixa, já pode ser considerada expressiva (Paulino *et al.*, 2011)

Mesmo com a possibilidade de ocorrerem conflitos com relação ao uso dos recursos hídricos por parte dos produtores e Estado, devido ao aumento da população mundial, estima-se que em um futuro recente as áreas irrigáveis no país aumentem, de modo que a produção seja maximizada, principalmente a produção de grãos utilizados tanto na alimentação humana quanto animal (Paulino *et al.*, 2011).

Considerando o território brasileiro como um todo, é possível perceber que as regiões sudeste e sul possuíam no ano de 2017 a maior área cultivada irrigável do país, representando ao todo um total de 38.6% e 25.1%, respectivamente, seguidas pelas regiões Nordeste, Centro Oeste e Norte. É válido salientar que mesmo com essas últimas

apresentando crescimento nos últimos anos, ainda não foi suficiente para se destacarem nesse contexto (Carvalho *et al.*, 2020).

Considerando a necessidade de se produzir mais alimentos, reduzindo o consumo hídrico, e levando em consideração a expansão de sistemas agrícolas irrigados convencionais, o objetivo do presente trabalho foi elaborar um sistema de irrigação por aspersão comandado remotamente em uma horta comunitária com diferentes espécies de hortaliças. Essa aplicação tecnológica facilita o manejo do sistema, uma vez que não será necessário estar presente na área para que o acionamento do sistema.

1 Revisão de Literatura

1.1 Panorama geral no Brasil e no mundo

De acordo com organizações como FAO (Organização dos Alimentos e Agricultura das Nações Unidas) e ONU (Organização das Nações Unidas), uma grande parcela da população mundial atualmente não possui acesso a alimentação básica, fato esse que tende a se agravar durante os próximos anos, devido ao crescimento acelerado do número de seres humanos. Sendo assim, a quantidade de alimentos produzidos nos campos vem ganhando destaque, havendo pesquisadores de todo o mundo tentando desenvolver técnicas para aumentar essa taxa, visto que encontram uma série de barreiras como por exemplo a expansão da fronteira agrícola que é restrita (Saath; Fachinello, 2018).

Sendo um dos principais produtores de alimentos no mundo, o Brasil apresenta grande importância nesse cenário e acaba tornando-se foco em uma série de discussões pertinentes ao assunto. Possuindo uma grande diversidade em relação a fauna e flora, há uma grande preocupação com a expansão das fronteiras agrícolas no nosso território devido a questões ambientais, retardando um crescimento que em um passado recente, ocorria com uma maior facilidade (Saath; Fachinello, 2018).

Por ser um país que se destaca nesse assunto, o Brasil acaba por atrair investidores estrangeiros que visam obter o lucro a partir do grande potencial produtivo presente em nossas terras. Foi possível perceber que, devido a fatos que ocorreram tanto na nossa história como na história mundial, a partir do ano de 1965 aproximadamente, houve um grande aumento do capital privado inserido no setor agrícola (Viaja Júnior, 2021).

No período que compreende os anos de 1964 até 1975, por conta de empresas internacionais, foram firmados 38 contratos referentes a modernização agrícola, sendo

que, de acordo com análises realizadas, mais de 50% desses tiveram como base desenvolvimento de estudos voltados para a irrigação (Viaja Júnior, 2021).

Analisando o crescimento da área brasileira em que a produção agrícola era irrigada, no que compreende o período de 1960 até 2017, tem-se que houve um salto de menos de 1.000.000 de hectares para mais de 7.000.00 de hectares, havendo destaque para as regiões Sudeste e Sul com, aproximadamente, 3.000.000 e 2.000.000 de ha, respectivamente, no ano de 2017 (Carvalho *et al.*, 2020).

Em 2017, houve um aumento de 33% comparado ao ano de 2006, tendo-se o sistema de irrigação mais presente no Brasil baseado no uso de emissores do tipo aspensor, irrigando uma área de aproximadamente 1.800.000 hectares e superando o sistema de irrigação por pivô central em aproximadamente 300.000 hectares de área irrigada, sendo esse o segundo mais utilizado (Carvalho *et al.*, 2020).

Analisando especificamente a região Sudeste, o Estado que possui uma maior área irrigada é o Estado de São Paulo, sendo seguido por Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Além disso, condizendo com o que foi citado anteriormente, os tipos de irrigação mais utilizados são por aspersores e pivô central, havendo apenas exceção no Espírito Santo onde é mais utilizada os aspersores e a irrigação localizada (Paulino *et al.*, 2011).

O Brasil apresenta uma área total irrigada de aproximadamente 4,5 milhões de hectares, sendo predominante o tipo de irrigação por aspersão em grande parte do país (Paulino *et al.*, 2011).

1.2 Tipos de irrigação

Ao analisar os tipos de irrigação existentes atualmente, podemos destacar basicamente 4 tipos, caracterizados pela maneira que fazem com que a água chegue até as culturas, sendo eles: irrigação por aspersão, irrigação localizada, irrigação por superfície e irrigação subterrânea (Frizzone, 2017).

Com relação a irrigação por superfície, tem-se que essa foi a primeira a ser utilizada no mundo pelas civilizações mesopotâmicas e é baseada no fato de se inundar uma área por um determinado período. Existem alguns tipos de irrigação por superfície, sendo eles: inundação em pequenos tabuleiros retangulares, inundação em grandes tabuleiros retangulares, inundação em tabuleiros de contorno e em faixas de 2,5 a 3m (Bernardo *et al.* 2011).

Sobre a irrigação Subterrânea, essa consiste em um sistema de irrigação em que a água é direcionada a cultura pelo subsolo, por meio de lençóis freáticos por exemplo, podendo ele ser artificial ou natural, desde que controlado. Um ponto importante de ser comentado é que essa fonte hídrica deve ser controlada de modo que mantenha uma distância suficiente das raízes da cultura e mantenha um fluxo constante e adequado (Frizzone, 2017).

Com relação a irrigação localizada, essa é responsável por direcionar a água diretamente para a região radicular e em pequenas intensidades, diferentemente da irrigação por superfície que acaba por inundar uma determinada área. Os principais tipos dessa modalidade de irrigação são: Gotejamento e Micro aspersão (Bernardo *et al.* 2011).

A irrigação por gotejamento surgiu no Brasil por volta de 1972, enquanto a micro aspersão por volta de 1982. Essas diferem-se em quesitos como fluxo de água e maneira como a água é aplicada no terreno. No gotejamento, é realizada a irrigação gota a gota com uma vazão que varia de 1 litro por hora a até 20 litros por hora. Já na micro aspersão a aplicação é realizada de maneira pulverizada com uma vazão de 20 litros por hora a 150 litros por hora (Bernardo *et al.* 2011).

Falando sobre a irrigação por aspersão, mais comum em território Nacional, essa é caracterizada por pulverizar a água sobre as plantas, simulando o efeito das chuvas sobre as culturas. Com relação a esse tipo de sistema, existem uma série de classificações e subclassificações que podem ser realizadas, sendo elas: irrigação por aspersão convencional, constituindo-se por linhas principais, secundárias e laterais, sendo elas móveis ou não, e irrigação por aspersão mecanizada, cujo intuito baseia-se na redução de mão-de-obra utilizada na produção, sendo o pivô central um exemplo desse agrupamento (Frizzone, 2017).

Abordando especificamente as subclassificações dos sistemas convencionais e mecanizados, essas podem ser: fixas permanentes, fixas temporárias, semifixas e portáteis para o primeiro e linhas laterais autopropelidas, sistema com deslocamento linear e movimentação contínua, sistema com deslocamento linear e movimentação intermitente, sistema com deslocamento radial e aspersores autopropelidos (Frizzone, 2017).

Um ponto interessante que pode ser comentado a respeito da irrigação por aspersão de maneira geral é que, em sistemas de cultivo de hortaliças, essa é a mais escolhida, realizando uma melhor distribuição da água sobre a cultura (mesmo sofrendo interferência do vento) e simulando o fenômeno da chuva (Marouelli; Silva, 2011).

1.3 Agricultura de Precisão

Devido ao crescimento exacerbado da população, estima-se que, até o ano de 2050, a demanda hídrica utilizada na irrigação deva aumentar algo em torno de 10%, sendo que, atualmente, 70% dos recursos hídricos do planeta são captados para serem utilizadas irrigação de apenas 25% das propriedades produtoras do meio agro no mundo. Tal fato, associado com as mudanças climáticas que vem ocorrendo no mundo acabam por gerar um empasse na questão do aumento da utilização da água para realizar tal atividade (Bwambale; Abagale; Anornu, 2022).

Desse modo, surge a agricultura de precisão como solução para tal problema, sendo essa responsável por estudar e aplicar os conhecimentos adquiridos com o intuito de se maximizar a produção evitando-se desperdícios que acabam por ocorrer nas propriedades rurais (Bwambale; Abagale; Anornu, 2022).

Para que se possa minimizar as perdas de água, uma série de dados devem ser captados em tempo real e analisados com o máximo de precisão possível, tanto de atributos de qualidade do solo, das plantas, do clima e do próprio sistema de irrigação. Artíficos utilizados para a realização dessa captação e análise de dados são sensores conectados com a rede e IoT (Internet of Things) (Abioye *et al.*, 2020).

Outro ponto importante a ser comentado tem como base a “plataforma em nuvem” que possibilita tanto o armazenamento dos dados captados em campo como a própria análise dos mesmos, de modo que os resultados obtidos a partir dos processamentos realizados influenciam diretamente nas decisões tomadas pelo produtor (Abioye *et al.*, 2020).

Nesse contexto, surge o quesito da comunicação remota que permite a transmissão de dados com maior facilidade, bem como o próprio acionamento do sistema que necessita de menos mão de obra (O’Shaughnessy; Rush, 2014).

Em 2005, Starr desenvolveu um modelo capaz de suportar a tomada de decisão no tema de irrigação de precisão, sendo tal trabalho utilizado como base para criação de outros “datasets/models” (O’Shaughnessy; Rush, 2014).

Nesse modelo, dentre os diversos pontos, é possível notar que uma de suas partes trata do acionamento de emissores remotamente, associando-os a sensores responsáveis por alimentar o sistema com informações, possibilitando a tomada de decisão. Segue abaixo imagem exemplificando o modelo criado por Starr 2005.

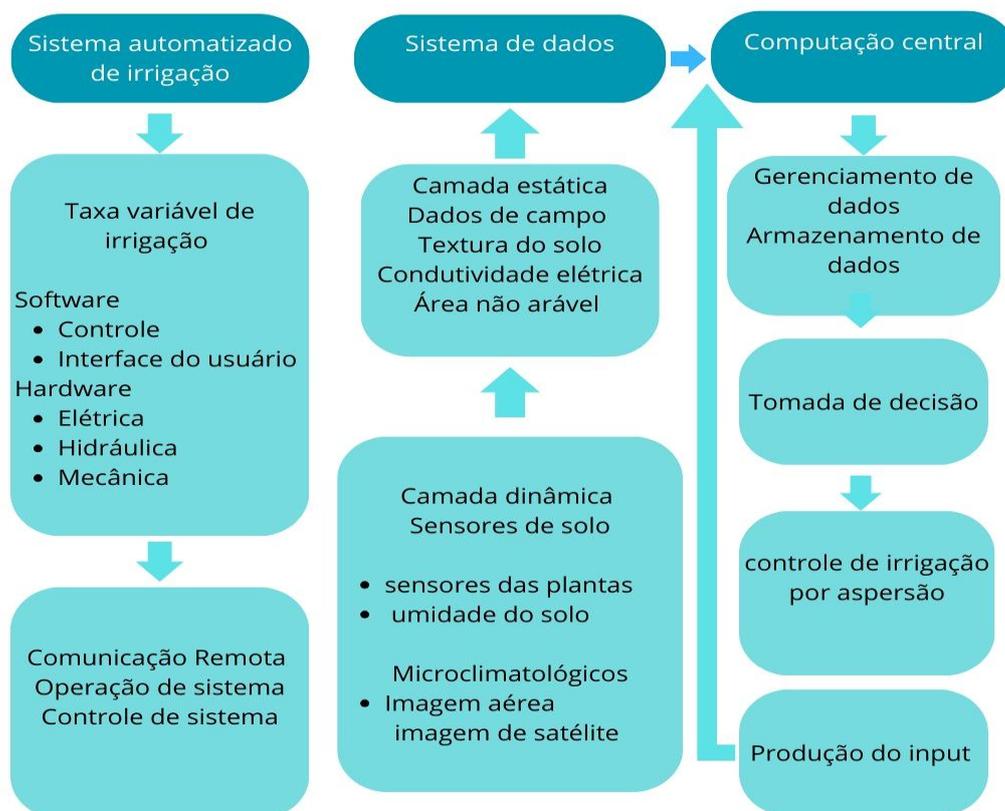


Figura 1: Modelo adaptado de Starr 2005

Nesse contexto, um fator que limitou o desenvolvimento dessa prática no passado foi a falta de existência de tecnologia como por exemplo comunicação Wireless e Sensores (Chávez *et al.*, 2010).

Quando pensamos nos dias atuais, conseguimos observar um grande avanço com relação a custo e acessibilidade desses produtos, sendo um exemplo disso a existência dos sensores utilizados na programação em Arduino para fins educacionais. Vale ressaltar que mesmo nos dias de hoje, a existência de tecnologia apropriada ainda é um fator que impede o avanço da agricultura de precisão, mesmo esse fato tendo evoluído nos últimos anos.

1.4 Manejo Hortaliças

De maneira geral, hortaliças podem ser classificadas de acordo com suas características foliares, sendo alguns tipos: Hortaliças Folhosas, tipo Raízes, tipo Frutos, tipo Legumes, etc. (Amaro *et al.*, 2007)

Ao pensarmos em clima de cultivo, temos que cada tipo de hortaliça tem a sua própria característica, variando de acordo com as classificações comentadas anteriormente. Porém, temos que de maneira geral, climas mais amenos, com temperaturas não tão altas e nem tão baixas, com chuvas leves, são os mais aceitos por esse tipo de cultura (Amaro *et al.*, 2007)

Com relação ao manejo de hortaliças, temos que cada tipo de hortaliça tem a sua característica própria, assim como possuem climas específicos de cultivo. Sobre a alface, por exemplo, caracterizada como uma Hortaliça Folhosa, temos que a colheita deve ser realizada antes do início do florescimento, no momento em que a hortaliça atinge crescimento satisfatório (Henz *et al.*, 2008)

Já sobre a Rúcula, uma hortaliça também do tipo folhosa, assim como a alface, de acordo com uma reportagem noticiada e divulgada na página Globo Rural, temos que o prazo para colheita é de 30 a 40 dias após o plantio.

Com relação ao pepino, uma hortaliça do tipo furto, segundo a EMBRAPA, temos como DAS (Dias após sementeira) um intervalo de tempo correspondente a 50 e 80 dias, podendo variar de acordo com a qualidade climática e nutricional do local em que o plantio for realizado (Pilon; Donizete; Carvalho, 2018)

2 Materiais e Métodos

2.1 Materiais e Montagem

O projeto está localizado na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA/USP), Campus Fernando Costa, Estado de São Paulo, Brasil (21°57'34" S, 47°27'08" W, a 620 m de altitude), em área cedida pela Prefeitura do Campus Fernando Costa ao Laboratório de Tecnologia e Sistemas de Informação (LTSI), do Departamento de Ciências Básicas (ZAB).

A área experimental cedida ao Laboratório LTSI possui uma área aproximada de 400 m² e, sua divisão para a realização do presente trabalho foi realizada da seguinte maneira: divisão em 3 canteiros de 1m x 4m (onde será realizado o plantio das hortaliças), espaçados entre si de 70 cm (onde será instalado o sistema de irrigação por aspersores).

Sobre a ótica de implementação do sistema tema do presente trabalho, temos que algumas atividades foram necessárias, sendo elas a aeração do solo e adubação.

Na primeira atividade, utilizando enxadas, todas as áreas de plantio foram remexidas com o intuito de melhorar a aeração do solo uma vez que foi notado que ele

estava sedimentado. Com relação a adubação do solo, adotamos a adubação orgânica com o auxílio da Prefeitura do Campus Fernando Costa que disponibilizou um caminhão com esterco proveniente das atividades de produção animal para que pudesse ser utilizado na área experimental.

Para a construção do sistema de irrigação optou-se pelo método de irrigação por aspersão, sendo essa caracterizada pelo fato de simular o fenômeno natural da chuva por meio de emissores que pulverizam a água no ar, com a utilização de um sistema de gerenciamento automatizado, sendo o controle operacional realizado de forma remota, através da internet.

Para a instalação do sistema no local da horta foram utilizados os seguintes materiais:

- 5 troncos de madeira de 2.5 m de altura (No caso foi utilizado de Mourão, porém pode ser utilizado qualquer outro tipo de estrutura que suporte uma caixa d'água);
- 1 palete de 1.5 m²;
- 1 caixa d'água de 310 L;
- 1 bomba elétrica (no caso foi usada uma de máquina de lavar roupas, não havendo necessidade de usar bombas mais potentes);
- 2 m de mangueira grossa no diâmetro da bomba escolhida;
- Duas torneiras;
- Duas válvulas solenoides;
- 50 m de mangueira comum;
- 6 aspersores;
- 3 m de cano de PVC;
- 6 conexões em "T" de plástico;
- 4 conexões em "T" de PVC;
- 4 conexões "cotovelo" de PVC;
- 1 ESP 8266;
- 15 resistores;
- 6 Relés;
- 7 optoacopladores;
- 6 portas de energia (valor superior ao real utilizado, porém dessa maneira há possibilidade de serem realizadas melhorias futuras, como por exemplo, acréscimo de sensor de nível de água para proteger o sistema);
- 1 boia d'água;
- 1 Raspberry Pi3;
- Cartão Sd 4gb.

Tendo sido apresentado os materiais necessários anteriormente, seu funcionamento ocorrerá de maneira remota, via internet, sendo que existirá um link para que o usuário, independentemente de onde estiver, consiga entrar no sistema e realizar a ativação das

válvulas solenoides, permitindo, então, que o sistema possa ser ligado ou desligado a distância em tempo real.

Um dos aspectos que devem ser salientados tem como base o uso do software “Proteus” com o intuito de auxiliar a montagem dos circuitos elétricos/eletrônicos, bem como a realização de testes em tempo real via sistema online. O “Proteus” é uma ferramenta completa e inteligente, na qual é possível criar os designs de projetos eletrônicos. O programa é constituído a partir de dois softwares: Isis e Ares. O software Isis tem como finalidade funcionar como um simulador de circuitos digitais, analógicos e microprocessadores e o software Ares, que é utilizado para criar o layout da PCI.

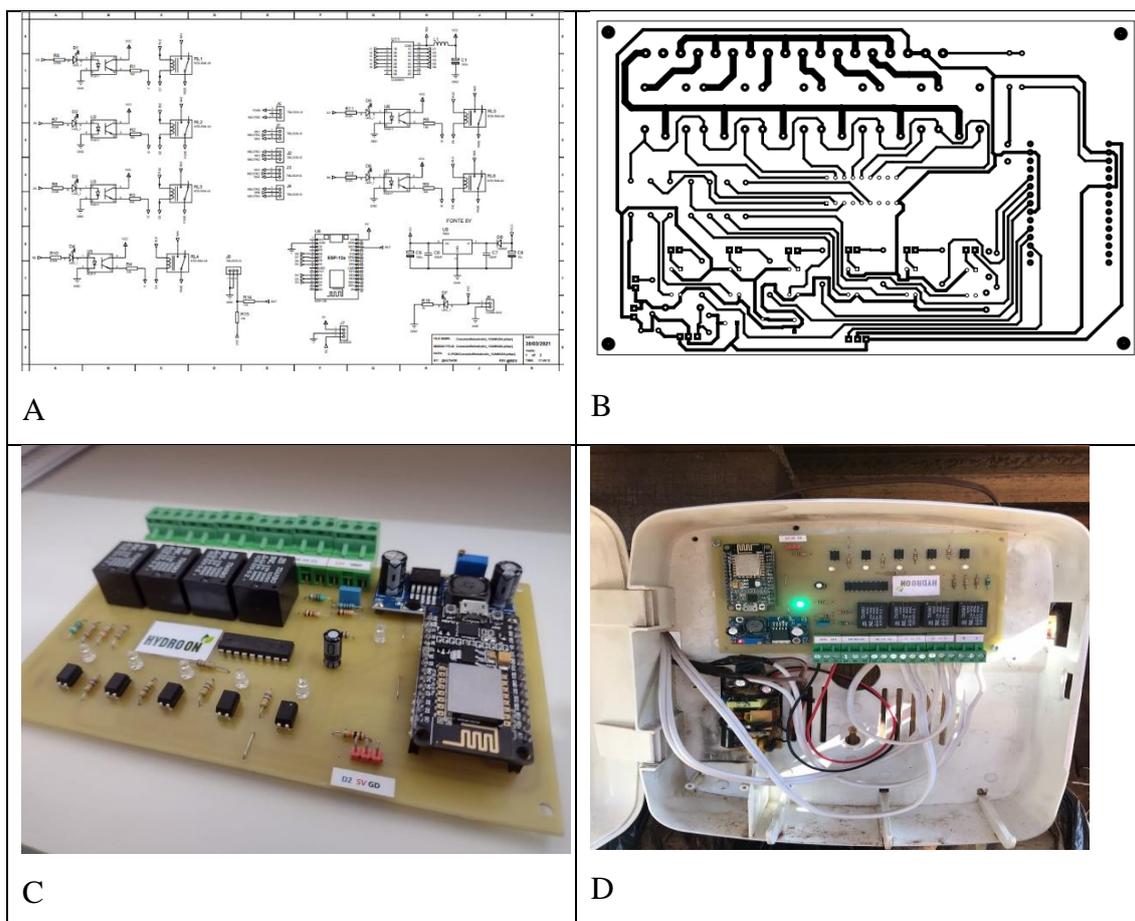
Em seguida, será utilizada a Prototipadora LPKF para a montagem de fato da placa com o circuito elétrico, que nada mais é do que um dispositivo capaz de “imprimir” o modelo lógico em uma chapa de cobre.

Um fato importante que pode ser citado tem como base a funcionalidade do opto acoplador, que é capaz de isolar tensões de entrada e saída, protegendo o circuito a ser implementado. Além disso, utilizando-se Raspberry Pi3, associado com ESP 8266 + cartão Sd + relé de 5V será montado um sistema capaz de controlar o ESP utilizando um servidor MQTT, por meio de uma página HTML, ou seja, o sistema implementado permite o acionamento do módulo de maneira remota, não havendo a necessidade de ligar manualmente a irrigação.

Para realizar a montagem do sistema de irrigação serão instalados e configurados os seguintes sistemas: Instalação do Raspberry Pi Os Lite utilizando os links “Operating system images – Raspberry Pi” e “Operating system images – Raspberry Pi”; Configuração do Raspberry com o comando “sudo raspi-config”, após a instalação do sistema operacional e login no sistema e instalação do MQTT, por meio do comando “sudo apt install mosquitto mosquitto-client”.

No quadro 1 são apresentadas as informações de diagrama de circuito, a placa para impressão, a placa impressa e o sistema instalado no local. Para a implementação do circuito e geração do layout da placa para impressão foi utilizado o Software Proteus. E para a implementação do código de controle a IDE do Arduino. Para a impressão da placa foi utilizada a Prototipadora LPKF, como já descrito acima.

Quadro 1 – Diagrama e montagem dos componentes do sistema de irrigação

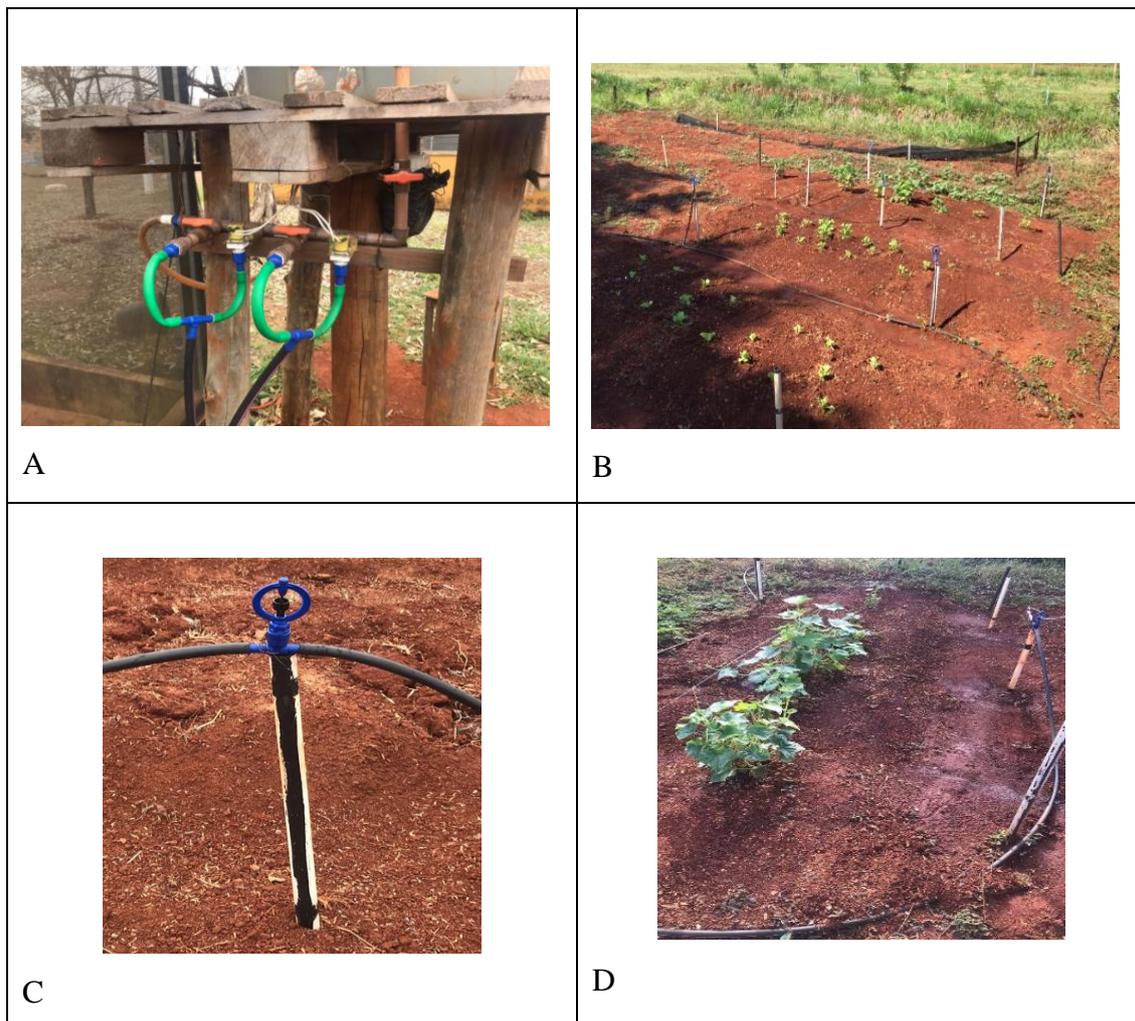


A - Diagrama de Circuitos (Software Proteus); B - Placa de Impressão do Circuito; C - Placa impressa com os componentes conectados; D - Sistema pronto e instalado Fonte: Própria Autoria.

Com o circuito pronto foi realizada a montagem da estrutura de apoio, com os mourões e paletes a para a elevação da caixa d'água, além do motor para aumento de potência do sistema de aspersão, bem como toda a estrutura de encanamento e válvula (solenoide) para a distribuição da água na área da horta. Foi estruturado, também, um sistema manual de irrigação, como segurança em caso de falha do sistema automatizado.

No quadro 2 são apresentadas imagens da disposição das linhas de aspersores e a preparação dos canteiros para o cultivo das hortaliças.

Quadro 2 – Componentes do sistema de irrigação e disposição da linha de aspersores e preparação dos canteiros



A - Estrutura de apoio para a caixa d'água e sistemas de conexões; B - Área da horta comunitária; C - Detalhe do aspersor usado; D - Linha de irrigação. Fonte: Própria Autoria.

3 Resultados e Discussão

O cultivo das hortaliças ocorreu de modo automatizado e houve o crescimento de todos os vegetais (Tabelas 1, 2 e 3) onde são apresentados os valores médios e desvios padrão de crescimento do alface, rúcula e pepino respectivamente.

Tabela 1 - Valores médios e desvios padrão de crescimento da alface em centímetros

Semana	18/03	25/03	01/04	08/04	15/04	22/04	29/04	06/05	13/05	20/05	27/05
Muda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Média	7,0	7,9	7,7	7,6	7,0	8,5	9,9	11,3	11,4	12,2	12,2
DP	0,8	1,0	0,8	1,6	1,6	1,6	1,9	2,2	2,8	3,1	3,1

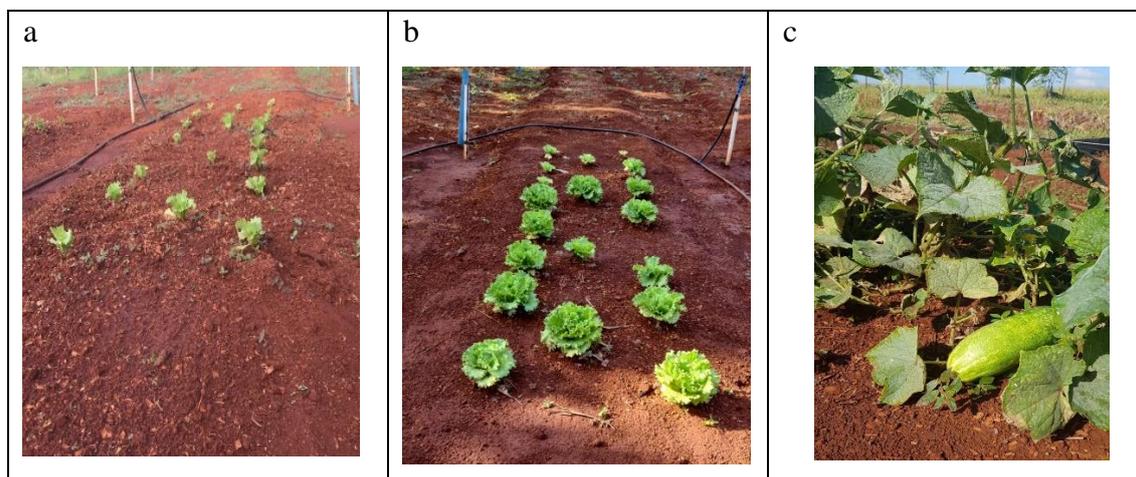
Tabela 2 Valores médios e desvios padrão de crescimento da rúcula em centímetros

Semana	18/03	25/03	01/04	08/04	15/04	22/04	29/04
Muda	1	2	3	4	5	6	7
Média	4,5	5,9	8,9	10,1	10,1	15,0	19,9
DP	0,6	1,3	2,8	3,7	4,1	5,8	7,1

Tabela 3 Valores médios e desvios padrão de crescimento das mudas de pepino em centímetros

Semana	18/03	25/03	01/04	08/04	15/04	22/04	29/04
Muda	1	2	3	4	5	6	7
Média	8,7	14,0	20,3	32,6	26,6	33,6	33,6
DP	3,9	6,3	7,6	16,6	13,5	13,5	13,5

Quadro 3 Registro das culturas de rúcula (a), alface (b) e pepino (c) respectivamente



Ao analisarmos os resultados obtidos, percebemos que em algumas semanas o crescimento médio não houve ou até reduziram tal fato pode ser atribuído pela infestação de larvas no canteiro das rúculas em específico, sendo as mudas mais afetadas.

Houve um crescimento médio de $5,2 \pm 2,3$ cm para as mudas de alface, $16,8 \pm 6,3$ cm e $24,9 \pm 9,6$ cm para as mudas de rúcula e pepino respectivamente.

Além desse fato, é possível observar que, de maneira geral, não houve um crescimento uniforme semana a semana das hortaliças que foram cultivadas. A explicação para isso deve-se ao fato de que as cultivares ficavam expostas ao clima e, muitas vezes por ação dos ventos e das chuvas, as folhas acabavam por ficarem menores do que a medição das semanas anteriores.

Sobre o prazo de colheita, é possível perceber que em comparação a revisão bibliográfica, obteve-se resultados semelhantes ao esperado.

Considerações Finais

Analisando os valores presentes nas tabelas mostradas anteriormente, pode-se concluir que o sistema automatizado de irrigação é capaz de irrigar a horta (solo e hortaliças cultivadas), tornando possível o crescimento das hortaliças.

Além disso, com relação ao manejo, é possível perceber no dia a dia do experimento que o fato do sistema ser remoto proporcionou uma facilidade no manejo, bem como melhor otimização do tempo e consumo de água. Novas tecnologias e soluções devem ser pensadas e desenvolvidas de forma a otimizar a produção com o menor custo possível.

Sobre a ótica dos prazos de colheita, pode-se inferir que o resultado é coerente com as informações retiradas dos manuais de cultivo da Embrapa, evidenciando mais uma vez que o sistema elaborado é eficaz.

Referências

ABIOYE, E. A.; ABIDIN, M. S. Z.; MAHMUD, M. S. A.; BUYAMIN, S.; ISHAK, M. H. I.; RAHMAN, M. K. I. A.; OTUOZE, A. O.; ONOTU, P. RAMLI, M. S. A. A review on monitoring and advanced control strategies for precision irrigation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 173, n. August 2019, p. 105441, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105441>. Acesso em: 15 out. 2021.

AMARO, G. B.; SILVA, D. M. da; MARINHO, A. G.; NASCIMENTO, W. M. Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar. **Embrapa Hortaliças**, p. 12. 2007. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream /CNPH-2009/33346/1/ct_47.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/33346/1/ct_47.pdf). Acesso em: 5 dez. 2023.

BWAMBALE, E.; ABAGALE, F. K.; ANORNU, G. K. Smart irrigation monitoring and control strategies for improving water use efficiency in precision agriculture: a review. **Agricultural Water Management**, v. 260, n. October 2021, p. 107324, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107324>. Acesso em: 16 out. 2021.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. 8. ed. Universidade Federal de Viçosa, 35 p. 2011. Disponível em: [https://pt.scribd.com /doc/274529439/Manual-de-Irrigacao](https://pt.scribd.com/doc/274529439/Manual-de-Irrigacao). Acesso em: 5 dez. 2023

CHÁVEZ, J. L.; PIERCE, F. J.; ELLIOTT, T. V.; EVANS, R. G. A Remote Irrigation Monitoring and Control System for continuous move systems. Part A: description and development. **Precision Agriculture**, v. 11, p. 1-10, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11119-009-9109-1>. Acesso em: 5 dez. 2023.

CARVALHO, D. F.; MARTINS, R. C. F.; SANTOS, J. J. S.; TELES, G. C.; GENTILE

M. A. D.; OLIVEIRA, M. S. Evolution and current scenario of irrigated area in Brazil: Systematic data analysis TT - Evolução e cenário atual da área irrigada no Brasil: Análise sistemática dos dados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 8, p. 505-511, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662020000800505&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v24n8/1807-1929-rbeaa-24-08-0505.pdf. Acesso em: 16 out. 2021.

CHÁVEZ, J. L.; PIERCE, F.; ELLIOTT, T. V.; EVANS, R. G. A remote irrigation monitoring and control system for continuous move systems. Part A: description and development. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 11, p. 1-10, 2010.

FRIZZONE, J. A. Os métodos de irrigação. 2017, 32 p. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Frizzone/LEB_1571/TEXT_O_COMPLEMENTAR_1_-_METODOS_DE_IRRIGACAO.pdf. Acesso em: 17 out. 2021

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Seleção de Sistemas de Irrigação para Hortaliças. **Embrapa**, p. 1-24, 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/916702/selecao-de-sistemas-de-irrigacao-para-hortalicas>. Acesso em: 22 out. 2021.

NAGARAJ, D. P. E.; RULLI, T. A.; M.C. D'Odorico, P. A new dataset of global irrigation areas from 2001 to 2015. **Advances in Water Resources**, v. 152, n. March, p. 103910, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2021.103910>. Acesso em: 18 out. 2021.

O'SHAUGHNESSY, S. A.; RUSH, C. Precision Agriculture: Irrigation. **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, v. 4, p. 521-535, 2014.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A.; ROMÁN, R. M. S.; JOSÉ, J. V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 163-176, 2011. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/201>. Acesso em: 1 dez. 2023.

PILON, L.; DONIZETE, A.; CARVALHO, F. **Recomendações técnicas para a colheita e pós-colheita de pepino**. 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193555/1/COT-119.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2023.

HENZ, G. P.; CALBO, A. G.; MALDONADE, I. G. **Manuseio pós colheita do alface**. 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144268/1/ct-68.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2023.

SAATH, K. C. de O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 195-212, 2018.

STAR, G. C. Assessing temporal stability and spatial variability of soil water patterns

with implications for precision water management. **Agricultural Water Management**, v. 72, n. 3, p. 223-243, 2005.

VIAJA JÚNIOR, M. M. A Irrigação no Brasil na mira do capital internacional (1964-1975). **Revista de História**, n. 180, p. 1-33, 2021.