



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JOSÉ GLAUCO DE ALMEIDA LEMOS

**ANÁLISE ECONÔMICA DE UNIDADE SEMIAUTOMÁTICA PARA IRRIGAÇÃO
DE BAIXO CUSTO CONTROLADO VIA APLICATIVO PARA PRODUÇÃO DE
RÚCULA**

FORTALEZA

2021

JOSÉ GLAUCO DE ALMEIDA LEMOS

ANÁLISE ECONÔMICA DE UNIDADE SEMIAUTOMÁTICA PARA IRRIGAÇÃO DE
BAIXO CUSTO CONTROLADO VIA APLICATIVO PARA PRODUÇÃO DE RÚCULA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Oliveira da Silva.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L577a Lemos, José Glauco de Almeida.
Análise econômica de unidade semiautomática para irrigação de baixo custo controlado via aplicativo para produção de rúcula / José Glauco de Almeida Lemos. – 2021.
44 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva.
1. Automação. 2. Análise econômica. 3. Ambiente protegido. I. Título.

CDD 630

JOSÉ GLAUCO DE ALMEIDA LEMOS

ANÁLISE ECONÔMICA DE UNIDADE SEMIAUTOMÁTICA PARA IRRIGAÇÃO DE
BAIXO CUSTO CONTROLADO VIA APLICATIVO PARA PRODUÇÃO DE RÚCULA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: 26/08/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Bruno Ricardo Silva Costa
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Eng. Agrônoma Bruna Aires da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Alessandro Oliveira da Silva pelo apoio, orientação e oportunidade de aprendizado que me ofereceu.

Aos participantes da banca examinadora Dr. Bruno Ricardo Silva Costa e a engenheira agrônoma Bruna Aires da Silva pelo tempo, colaborações e valiosas sugestões.

Aos irmãos que a graduação me deu Nilo Rocha, Igor Vieira, Igor Cláudio, Vitor Teodósio, Halisson Andrade e Matheus Sales por todo o suporte fornecido durante o curso, pelas conversas e toda parceria fornecida ao longo desses anos, seja dentro ou fora do âmbito universitário.

Aos meus pais José de Lima e Elis Gláucia por serem meu alicerce e por terem me dado todo o apoio e amor incondicional durante toda a minha vida, independentemente das dificuldades, pela minha criação e acima de tudo por sempre terem acreditado no meu potencial e me dado força para sempre continuar lutando pelos meus objetivos, além de terem me ensinado a sempre persistir, mesmo nas situações mais adversas.

A todos aqueles que ofereceram apoio e ajuda durante o experimento Talyson, Albano, Bruna, Leticia e Weverton, vocês foram fundamentais para o meu sucesso.

A todos os colegas que tive durante a minha graduação que foram vários, seria injusto citar nomes pois acabaria esquecendo de alguém, mas, ainda assim, creio que todos em determinado momento foram importantes para minha formação, pelos diálogos e momentos de diversão, o que ajudou a propiciar meu desenvolvimento pessoal e intelectual.

RESUMO

Com os constantes aumentos de custos de água e energia, além da quantidade limitada desses recursos, a automação de processos como a irrigação podem auxiliar os produtores a elevar a produção. Diante disto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar economicamente o desempenho de sistemas automáticos de baixo custo para manejo da irrigação na produção de hortaliças e compará-los com os sistemas manuais. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com 4 tipos de manejo da irrigação, dividido em sistemas automáticos e manuais: manejo automático via solo (IAS); manejo automático via clima (IAC), manejo manual via solo (IMS) e manejo manual via clima (IMC). Cada tratamento possuía 8 parcelas experimentais, totalizando assim 32 parcelas experimentais. A cultura estudada foi a rúcula (*Eruca sativa*) com ciclo de produção de 30 dias, onde foram utilizados três preços como parâmetros, de R\$ 1,90, R\$ 2,50 e R\$ 3,50, respectivamente, em função da produção de maços (250 g). Os sistemas automáticos apresentaram uma maior receita bruta em relação aos sistemas manuais, uma vez que apresentaram valores de produtividade maiores. No entanto, por apresentar elevado custo em relação aos demais, o IAC apresentou os piores resultados de relação benefício/custo, o que não se refletiu no IAS que embora também possuísse custos elevados, apresentou ótimos resultados de 1,48, 1,95 e 2,73. Já o IMS apresentou os melhores resultados de 1,81, 2,38 e 3,34, sendo a melhor opção dentre os tratamentos estudados.

Palavras chaves: Automação. Análise econômica. Ambiente protegido.

ABSTRACT

With the constant increases in water and energy costs, in addition to the limited amount of these resources, the automation of processes such as irrigation can help producers to increase production. Therefore, the objective of this research was to evaluate the performance of low-cost automatic systems for irrigation management in the production of vegetables and to compare them with manual systems. The experiment was conducted in randomized blocks with 4 types of irrigation management, divided into automatic and manual systems: automatic handling via soil (IAS); automatic handling via climate (IAC), manual handling via soil (IMS) and manual handling via climate (IMC). Each treatment had 8 experimental plots, thus totaling 32 experimental plots. The culture studied was aragula (*Eruca sativa*) with a 30-day production cycle, where three prices were used as parameters, R\$ 1.90, R\$ 2.50 and R\$ 3.50, respectively, depending on the production of bundles (250 g). Automatic systems had a higher gross revenue compared to manual systems, as they had higher productivity values. However, due to its high cost in relation to the others, the IAC presented the worst results in terms of benefit-cost ratio, which was not reflected in the IAS, which, although also having high costs, presented excellent results of 1.48, 1.95 and 2.73. The IMS showed the best results of 1.81, 2.38 and 3.34, being the best option among the studied treatments.

Keywords: Automation. Economic Analysis. Protected environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da casa de vegetação	20
Figura 2 – Visão geral do delineamento experimental e disposição dos tratamentos	23
Figura 3 – Curva característica do solo obtida para a realização do manejo da irrigação	24
Figura 4 – Organograma do funcionamento do dispositivo (A) e interface do comando no aplicativo (B)	26
Figura 5 - Manejo da irrigação automática via solo utilizado no experimento com uso de aplicativo móvel	27
Figura 6 - Manejo da irrigação automática via clima utilizado no experimento com uso de aplicativo móvel	28
Figura 7 - Organograma do funcionamento do dispositivo (A) e interface do comando no aplicativo (B)	29
Figura 8 - Variação do preço do maço obtido para a CEASA-SP	31
Figura 9 - Massa fresca (A) e altura das plantas (B) submetida ao teste de Tukey aos 30 DAT, DMS = 7,01 (A), 30 DAT, DMS = 3,62 (B)	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição de rúcula a cada 100 g de matéria fresca	17
Tabela 2 - Dados meteorológicos observados no experimento	21
Tabela 3 - Características químicas do solo utilizado	22
Tabela 4 - Valores iniciais de custos relacionados aos manejos automáticos	31
Tabela 5 - Valores iniciais de custos relacionados aos manejos manuais	32
Tabela 6 - Lâmina de irrigação aplicada para os diferentes manejos de irrigação utilizados ...	34
Tabela 7 - Análise de variância (quadrado médio) para a variável produtividade por quantidade de água utilizada	35
Tabela 8 - Análise econômica para a lucratividade da rúcula nos manejos de irrigação estudados para o valor de R\$ 1,90 maço ⁻¹	36
Tabela 9 - Análise econômica para a lucratividade da rúcula nos manejos de irrigação estudados para o valor de R\$ 2,50 maço ⁻¹	37
Tabela 10 - Análise econômica para a lucratividade da rúcula nos manejos de irrigação estudados para o valor de R\$ 3,50 maço ⁻¹	38

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1.	Manejo da irrigação	12
2.2.	Automação na irrigação	14
2.3.	Cultura da rúcula	16
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1.	Caracterização do experimento	20
3.2.	Cultura utilizada	21
3.3.	Solo utilizado	21
3.4.	Adubação	22
3.5.	Tratamentos e delineamento experimental	22
3.5.1.	<i>Manejo de irrigação manual via solo (IMS)</i>	23
3.5.2.	<i>Manejo de irrigação manual via solo (IMC)</i>	24
3.5.3.	<i>Manejo de irrigação automático via solo (IAS)</i>	24
3.5.4.	<i>Manejo de irrigação automático via clima (IAC)</i>	27
3.6.	Variáveis analisadas	29
3.7.	Análise econômica	30
3.8.	Análise estatística	33
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1.	Lâmina de irrigação aplicada	34
4.2.	Variáveis de crescimento e produção	34
4.3.	Análise econômica	36
5.	CONCLUSÕES	39
	REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

A escassez hídrica e o aumento da tarifação da água e energia como também os novos rumos em que a agricultura brasileira está caminhando, com a necessidade de produtos mais saudáveis, de melhor qualidade e com menos agrotóxicos além do menor custo com mão de obra, fazem com que os processos da agricultura estejam se modernizando de diferentes maneiras, incluindo os métodos de irrigação, que passam cada dia mais a serem automatizados (SILVA et al., 2020).

Particularmente, haverá um impacto desproporcional sobre os pobres em áreas rurais, onde os meios de subsistência da maioria dependem diretamente dos recursos naturais (FISCHER et al., 2002). De acordo com Altieri e Koohafkan (2008), esses produtores são particularmente susceptíveis devido à sua localização geográfica, baixos níveis de renda, grande dependência da agricultura (de sequeiro, principalmente) e limitada capacidade adaptativa. Segundo Morton (2007), um quadro conceitual é necessário para compreender melhor os impactos das mudanças climáticas sobre os pequenos produtores.

Tal quadro deve, necessariamente, considerar medidas de adaptação. Conforme Lobell et al. (2011), a adaptação é um fator-chave que irá moldar a gravidade futura dos impactos das mudanças climáticas na produção de alimentos. Pequenos produtores são frequentemente caracterizados por estratégias adaptativas para diminuir sua vulnerabilidade a choques climáticos, além de ações para lidar com os impactos ex-post. De acordo com Dillon (2011), projetos de irrigação de pequena escala podem gerar diversos benefícios, particularmente em termos de eficiência, baixos custos de participação e mais influência sobre a gestão dos recursos hídricos. Ademais, a irrigação pode ser uma poderosa medida adaptativa no Brasil devido à disponibilidade de água e solos adequados.

Dentre várias formas de atualizações da irrigação, estão inclusos o uso de sensores de umidade, de várias metodologias, ligados a computadores e controladores que por meio de sinais digitais, interligam o sistema de irrigação, controlando todo o manejo da irrigação e aplicação de nutrientes (SOUZA et al., 2019; SILVA et al., 2020). Outra forma de automação é com a utilização de programas computacionais, que se comunicam de forma remota com os equipamentos, como por exemplo, sistemas de irrigação por pivô central, onde todo o conjunto embora trabalhem de forma independente, combinam-se em um funcionamento contínuo e organizado para manter uma estrutura de irrigação linear (SILVA et al., 2020). Esse processo de inovação visa reduzir os custos com energia elétrica e água, além dos custos com a mão-de-obra.

Embora seja uma ótima solução para baratear os processos e ter um controle maior sobre o plantio, a inserção de sistemas automatizados continua sendo um desafio. Isso porque para realização de tal processo, é preciso um investimento inicial elevado e mão de obra especializada, assim, muitos produtores de menor porte acabam ficando excluídos desses métodos (SOARES FILHO et al., 2015), pois o retorno na produção de hortaliças, como a rúcula (*Eruca Sativa L.*) por exemplo, é baixo e muitas vezes não compensa o investimento. Para amenizar essa situação, a utilização de ferramentas de menores custos e sistemas que embora mais simples façam o suficiente para realizar as funções com exatidão, podem levar a modernização aos pequenos produtores (SOUZA et al., 2019).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo de avaliar diferentes manejos de irrigação entre manuais e automáticos na produção de rúcula em ambiente protegido, a fim de determinar o potencial econômico dos manejos automáticos em relação aos manuais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Manejo da irrigação.

O manejo da irrigação é uma atividade muito importante na agricultura, levando em consideração a aplicação de água no momento e quantidade ideais conforme a necessidade hídrica da cultura. A necessidade de água das culturas varia conforme o estágio de desenvolvimento. O manejo da irrigação não pode ser de caráter fixo, mas sim de caráter flexível (CRUZ, 2019).

Sendo assim, se aplicar água em excesso, isso pode causar danos na planta, porque satura o solo, impedindo a aeração, induz a maior evaporação e salinização. Além disso, lixivia nutriente e com esse excesso causa um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças, que podem causar prejuízo à cultura (CUNHA, 2019).

Na agricultura irrigada, deve-se estabelecer uma atenção exclusiva ao manejo da água, estimando de modo preciso as necessidades hídricas da cultura, de forma que não ocorra excesso ou déficit, assim como do momento mais adequado para proceder à irrigação, visando, desta forma, elevar ao máximo a eficiência do uso da água (AZEVEDO et al., 2014).

A irrigação assume o papel de autorizar uma agricultura menos arriscada e mais produtiva, porém o foco desta prática deve ser o manejo da própria, garantindo que exista responsabilidade no uso dos recursos hídricos, tendo conhecimento do período, da quantidade correta de irrigar e a forma, baseado na competência de armazenamento de água no solo e no consumo hídrico das plantas (PINHEIRO, 2019).

Existem várias metodologias para se fazer o manejo da irrigação, as quais podem ser escolhidas: monitoramento das condições climáticas, das condições de solo ou utilizando a própria cultura analisando o estresse hídrico, por exemplo. Grande parte dos produtores que usam irrigação fazem o manejo de forma simples e sem o auxílio de equipamentos. O manejo da irrigação feito no “olhômetro” ou no “bico da bota” resultam em desperdício de água e aumento de custos (AGROSMART, 2018).

A aplicação em grandes quantidades de água acima dos limites aceitáveis pode aumentar o custo de produção, e pode gerar poluição no ambiente. O método da irrigação com maior frequência pode oferecer excesso de água dependendo da cultura, por isso é importante estudar cada cultura antes de colocar a irrigação, se fizer o manejo inadequado isso pode reduzir a produtividade (FARACO et al., 2016). Sendo assim, é essencial a realização de estudos que

possam orientar melhor o produtor em relação ao volume de recipiente e frequência de irrigação para permitir conhecimento visando desenvolvimento e produção (COSTA, 2017).

Para determinar a quantidade certa de água é necessário ter um parâmetro importante no uso da água para poder ter sustentabilidade nos recursos hídricos. A forma mais adequada de quantificar a água a ser aplicada durante o ciclo da cultura é considerar os processos de evaporação do solo e de transpiração da planta em conjunto um com outro, esse trabalho é denominado evapotranspiração (VALERIANO et al., 2018).

No que diz respeito aos parâmetros climáticos para as atividades do manejo da irrigação, observa-se que o clima é o fator que mais causa a perda de água de uma cultura (SILVA, 2020). As mudanças climáticas ocorridas nos últimos tempos são as responsáveis por perdas expressivas no rendimento das culturas. Por isso é preciso dar mais importância ao monitoramento das medidas climáticas, em áreas irrigadas, fazendo o controle da evapotranspiração das culturas, essa prática é de suma importância para a produção (SILVA et al., 2017).

A prática da irrigação sempre foi vista como vilã quando se trata do uso racional dos recursos hídricos. Isso acontece porque vários lugares da região do Brasil que possuem áreas irrigadas não têm nenhum programa de manejo de irrigação eficiente e isso gera preocupação dos produtores com essa situação (SILVA, 2020). Os produtores querem alcançar o êxito na agricultura irrigada e no eficiente uso da água que é essencial para a produção, sendo necessário trabalhar com os métodos de irrigação juntamente com as práticas de manejo de irrigação adequadas adotadas por pesquisadores que têm o resultado do sucesso com esse sistema de irrigação (CAMARGO, 2016).

A irrigação como um procedimento que utiliza o fornecimento de água adequado para as culturas, deve ser no tempo e na medida certa. Os pequenos produtores têm conhecimento muito vago sobre aplicação e manejo adequado de irrigação. Observa-se que muitas vezes falta visita técnica de um profissional do órgão estadual ou municipal, ou de empresas que dão assistência técnica para atender os pequenos produtores em relação às dúvidas que eles possam ter sobre o manejo do solo e da irrigação. Utilizando essa técnica de forma adequada o produtor poderá produzir mais gerando aumento na produtividade e na qualidade da cultura implantada na área (ROSA et al., 2019).

Portanto a importância da irrigação pode ser resumida em algumas vantagens: maior eficiência no uso do solo com fertilizantes, segurança em períodos de secas, redução do consumo de energia, melhor produtividade das culturas, melhor qualidade do produto, tendo a possibilidade de fazer uma plantação com colheitas a longo prazo, minimizando os custos com

a produção do investimento. Pode ser considerada também como vantagens socioeconômica, através dessas atividades há geração de empregos, aumento de renda para os pequenos produtores, e melhoria no desenvolvimento rural da região (LOPES SOBRINHO et al., 2019).

2.2. Automação na irrigação.

A automação consiste em um sistema de equipamentos mecânicos e/ou eletrônicos que servem para controlar seu funcionamento, com pouquíssima intervenção humana. Vale salientar que automação e mecanização são coisas distintas, pois, a mecanização tem como base o uso de máquinas para realizar determinado trabalho, de forma que substitua o esforço físico do homem. Já a automação permite que um trabalho seja realizado através de máquinas controladas de forma automática, que se regulam sozinhas (PINTO, 2005).

O processo de automatizar um projeto de maneira simplificada se resume à emissão de sinais elétricos feitos pelo microcontrolador central, os quais são recebidos por acessórios, válvulas elétricas e relês (MEYER, 2005). Para viabilizar a automação de um sistema de irrigação é necessário que seja realizado o levantamento dos dados hidráulicos e de equipamentos instalados, servindo para a determinação da melhor estratégia de controle e para a escolha dos recursos de hardware ou software necessários para a aplicação no sistema. A irrigação automatizada consiste, basicamente, em um sistema hidráulico controlado por um controlador eletrônico. O sistema é composto por uma casa de bombas que capta a água de um reservatório e, utilizando uma rede de dutos, lançam água sobre a superfície através de emissores de rega, no caso, os aspersores. (MEYER, 2005).

De acordo com Alencar et al. (2007), a automação dos sistemas de irrigação tem se mostrado como uma técnica fundamental para melhorar a produtividade no campo. Outra vantagem da irrigação automatizada é permitir um melhor aproveitamento do tempo do agricultor, permitindo que o mesmo execute mais atividades e de forma melhor. Para Guirra e Silva (2010) os sistemas automatizados de irrigação se tornaram uma ferramenta essencial para a aplicação de água na quantidade necessária e no devido tempo, contribuindo para a manutenção da produção agrícola e, também, para a utilização sustentável dos recursos hídricos.

Dessa forma, faz-se necessário o monitoramento e a alteração de determinados parâmetros dependendo dos resultados do plantio, época do ano e estágio de desenvolvimento da planta. Para minimizar esses erros poder-se-ia variar a frequência de irrigação de acordo com os estágios da cultura (ALBUQUERQUE e DURÃES, 2008).

Segundo Gornat & Silva (1990), a automatização do sistema de irrigação apresenta as seguintes vantagens:

a) Melhor administração da propriedade ou projeto agrícola: controle centralizado, tomada de decisão automática, monitoração ou supervisão da operação do sistema, obtenção do histórico completo das aplicações de água e fertilizantes;

b) Obtenção de maiores produtividades a um menor custo: controle preciso do tempo de aplicação da irrigação, irrigação sob condições ótimas, medições precisas das quantidades de água e fertilizantes;

c) Economia de mão-de-obra: abertura e fechamento automático de válvulas e registros, operação automática de bombas de recalque e de reforço;

d) Economia de água;

e) Economia de energia;

f) Economia de fertilizante: quantidades administradas de forma precisas, solução balanceada apropriadamente.

Um sistema automático bem elaborado pode responder às situações de adversidade de forma inteligente, evitando que o problema se agrave. Em último caso, um sistema de alarme pode ser acionado para chamar a atenção do produtor para possíveis problemas. Mesmo que o produtor esteja ausente da propriedade, é possível, por exemplo, que um sistema mais sofisticado disque para um aparelho de telefone automaticamente e anuncie uma das mensagens pré-definidas, alertando o produtor ou responsável de plantão a respeito do tipo de ocorrência (FIALHO, 1999). Além disso, a automação permite monitorar e controlar o funcionamento de um sistema físico de forma segura, rápida e automática. Este controle visa monitorar tarefas rotineiras, reagindo a certas características previsíveis do ambiente (SILVA, 2000).

O monitoramento automático para manejo de irrigação, embora ainda incipiente no Brasil, constitui uma ferramenta importante no controle das aplicações de água para as plantas e uma maior eficiência do seu uso, assegurando a sustentabilidade do sistema agrícola irrigado e a preservação do meio ambiente. Nos sistemas de irrigação em jardins é comum a adoção de controle automático da irrigação com o uso do temporizador eletrônico, equipamento que promove a abertura ou o acionamento de motobombas em períodos de tempo predeterminados. Entretanto, esses equipamentos não levam em consideração o teor de água do solo ou outra variável do sistema solo-planta-atmosfera. Sistemas automáticos utilizando o tensiômetro existem comercialmente no mercado, porém em pequena escala. O desenvolvimento dessa metodologia constitui uma linha de pesquisa e extensão no sentido de sempre contribuir para o

advento de equipamentos eficientes no controle de irrigação com baixo custo e acessível a agricultores (CARVALHO et al., 2001).

Os sistemas de automação para irrigação têm sido, neste século, uma tecnologia de profunda repercussão, cuja importância provém não só de substituir o trabalho humano nas tarefas monótonas e/ou cansativas, mas também, e principalmente, do fato de permitir sensível melhoria na qualidade dos processos, com pequena elevação no custo do equipamento (CASTRUCCI, 1969).

Lucena et al. (2007) atesta que com a evolução da tecnologia nos últimos anos, a automação está alcançando novos patamares, surgindo novas técnicas de implementação de funcionalidades, e aperfeiçoando-se a produção industrial. Em vista disso, a automação está diretamente ligada com a economia global, onde diversas áreas das engenharias trabalham cada vez mais para aprimorar os sistemas e diminuir a intervenção humana (RODIC, 2009).

2.3. Cultura da rúcula.

Originária e muito cultivada na região mediterrânea, a rúcula é conhecida desde a antiguidade, sendo que o primeiro registro data do século I, encontrado no herbário Grego Dioscorides (MORALES & JANICK, 2002). Na Itália, onde é apreciada pela sua pungência, essa hortaliça folhosa é consumida em larga escala. No Brasil, é consumida na forma de salada crua e em pizzas, sendo que nos últimos anos teve aumento na sua popularidade e consumo.

Pertencente à família das brássicas, três espécies são utilizadas no consumo humano: *Eruca sativa* Miller, que possui ciclo de crescimento anual, *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC. e *Diplotaxis muralis* (L.) DC., ambas perenes (PIGNONE, 1997). No Brasil, a espécie mais cultivada é a *Eruca sativa* Miller, representada principalmente pelas cultivares Cultivada e Folha Larga. Porém, também se encontram cultivos em menor escala da espécie *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., conhecida como rúcula selvática (STEINER, 2009).

Além de servir como alimento, a rúcula possui propriedades nutracêuticas, sendo um bom depurativo, fonte de vitamina C e de ferro (PIGNONE, 1997). A sua composição em cada 100 g de massa de matéria fresca pode ser observada na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição de rúcula a cada 100 g de matéria fresca.

Composição	Qte.	Unidade
Água	91,7	g
Proteína	2,58	g
Fibra	1,6	g
Cálcio	160	mg
Ferro	1,46	mg
Magnésio	47	mg
Fósforo	52	mg
Potássio	369	mg
Sódio	27	mg
Zinco	0,47	mg
Vitamina C	15	mg
Tiamina	0,044	mg
Riboflavina	0,086	mg
Niacina	0,305	mg
Ácido pantotênico	0,437	mg
Vitamina B6	0,073	mg

Fonte: USDA (2021).

A rúcula é uma hortaliça folhosa herbácea de rápido crescimento vegetativo e ciclo curto. O período que abrange desde a emergência das plântulas até a iniciação floral, representa sua produção economicamente viável, que se encerra ao atingir o maior tamanho das folhas. Suas folhas são relativamente espessas e recortadas, de coloração verde, com nervuras verde-claras. (CAMARGO, 1992; TRANI et al., 1992; MINAMI & TESSARIOLI NETO, 1998, MORALES & JANICK, 2002). As principais cultivares de rúcula apresentam diferenças quanto aos tipos de folhas, que podem ter bordas lisas, variando até ficarem bem recortadas (MORALES & JANICK, 2002; SALA et al., 2004).

Essa planta cresce rapidamente sob temperaturas amenas, florescendo em dias longos com altas temperaturas (MORALES & JANICK, 2002). No Brasil, segundo Trani et al. (1992), para o bom desenvolvimento da planta, com produção de folhas grandes e tenras, existe a necessidade de temperaturas entre 15 a 18° C, sendo que a melhor época de plantio no planalto paulista ocorre de março a julho (outono/inverno). Os autores também ressaltam que quando ocorrem temperaturas elevadas a produção fica prejudicada, sendo que as folhas acabam ficando menores e rijas, tornando-se impróprias para a comercialização. Contudo, Filgueira (2000) cita que apesar da rúcula produzir melhor sob temperaturas amenas, ela tem sido cultivada ao longo do ano em numerosas regiões brasileiras. Este resultado é comprovado por Gusmão et al. (2003), que cultivando rúcula nas condições do Trópico Úmido em Belém (PA),

sob alta temperatura e umidade do ar, verificaram um desenvolvimento normal comparável ao de regiões de temperaturas amenas.

Com relação à radiação necessária ao cultivo, Pimpini & Enzo (1997) citam que na falta da mesma, que normalmente é observada nos cultivos em ambiente protegido no hemisfério norte, no inverno, ocorre estiolamento das plantas, as folhas tornam-se mais finas, adquirem coloração verde clara, perdem aroma e acumulam mais nitrato.

A semeadura da rúcula pode ser feita diretamente no canteiro definitivo, utilizando-se 0,2 gramas de semente por metro linear ou em bandejas (poliestireno expandido ou polietileno), com posterior transplante das mudas para o canteiro. Ressalta-se, que na semeadura direta, muitas vezes, é difícil obter um estande uniforme, principalmente pela dificuldade de semeadura devido as sementes da rúcula serem pequenas (REGHIN et al. 2004a). Atualmente o produtor está optando pela produção de mudas em bandejas. Em ambos os sistemas de cultivo, o espaçamento utilizado entre linhas é de 0,15 a 0,25 m (TRANI et al., 1992).

Com relação à necessidade hídrica da cultura, Trani et al. (1992) e Pimpini & Enzo (1997) citam que ela não suporta o excesso de água de chuva torrencial ou irrigação excessiva. O excesso hídrico na fase inicial favorece com frequência a doença conhecida como tombamento das plantas (*damping off*), provocada por fungos de solo. Sob chuva torrencial, as plantas apresentam menor tamanho, além de ficarem com as folhas amareladas, danificadas e sujas, comprometendo seu valor comercial. Trani et al. (1992) recomendam que a cultura seja irrigada diariamente com 10 a 20 litros de água por metro quadrado.

A colheita da rúcula é feita de 30 a 40 dias após a semeadura. Após esse período as folhas começam a ficar fibrosas e impróprias para o consumo, pois a planta começa a entrar no estágio reprodutivo. Este termina aproximadamente aos 110 – 130 dias após a semeadura (DAS), quando tem início a colheita das sementes, com duração de cerca de 25 dias (TRANI et al., 1992; MINAMI & TESSARIOLI NETO, 1998).

Em cultivos comerciais, a rúcula é colhida de uma só vez, arrancando-se as plantas inteiras com folhas e raízes. Porém, ela pode ser colhida diversas vezes, cortando-se as folhas sempre acima da gema apical, onde haverá rebrota, possibilitando um novo corte. Devido a perecibilidade do produto e a queda de produção dos cortes nas sucessivas rebrotas, como demonstrado por Takaoka & Minami (1984) e Pignone (1997) dá-se preferência à colheita da planta inteira.

Para o comércio, as folhas de rúcula (maços ou dúzias de plantas), devem estar com 15 a 20 cm de comprimento, bem desenvolvidas, verdes e frescas (MINAMI & TESSARIOLI

NETO, 1998). Trani et al. (1994) consideram como padrão comercial a altura aproximada de 20 cm, aceitando uma variação de 10% em torno dessa medida. Porém o mercado é muito variável, existindo regiões que preferem folhas grandes e outras que apreciam folhas pequenas.

Em termos de produtividade, é difícil uma estimativa média para a cultura, pois como foi mencionado, o mercado é muito variável na exigência do produto e também não existe uma classificação oficial para o mesmo. Nos trabalhos científicos consultados, realizados nas mais diversas condições de cultivo, encontrou-se produtividade de rúcula variando de 1,5 a 4,7 kg m⁻² (TAKAOKA & MINAMI, 1984; TRANI et al., 1994; CAVARIANNI, 2004; PEREIRA, et al., 2003; REGHIN et al., 2004b; PEGADO et al., 2004).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização do experimento.

O ambiente utilizado para a aplicação, testes e experimento foi uma casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola – DENA, localizada na estação meteorológica da Universidade Federal do Ceará – UFC, campus do Pici, nas coordenadas geográficas 3°44'45"S, 38°34'55"W e 19,5 m de altitude acima do mar (Figura 1). A casa de vegetação possui dimensões de 6,25 metros de largura e 12 metros de comprimento, uma cobertura em arco simples com filme de polietileno de baixa densidade com 0,10 mm de espessura e uma tela de sombreamento (50%) em seu interior na cor preta.

Figura 1 – Localização da casa de vegetação.



Fonte: Google Maps.

O experimento foi realizado entre os dias 1 de fevereiro de 2021 e 3 de março de 2021. Durante o ciclo, foram monitorados a temperatura ambiente (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar (MJ.m^{-2}) e evaporação da água no tanque Classe A (mm.dia^{-1}). Os dados médios a cada dez dias, podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados meteorológicos observados no experimento.

Dias	----- Dados climáticos -----					
	Tmax	Tmin	Tmed	UR	Rn	ECA
	----- (°C) -----			(%)	(MJ.m ⁻²)	mm
10	37,5	25,9	30,0	59,0	7,5	4,8
20	36,9	25,6	29,0	63,5	6,3	5,2
30	36,9	25,0	30,0	64,8	6,8	5,5

Tmax – temperatura máxima, Tmin – temperatura mínima, UR – umidade relativa do ar, Rn – radiação solar, ECA – evaporação do tanque classe A.

Fonte: Dados de pesquisa.

3.2. Cultura utilizada.

A cultura utilizada foi a rúcula (*Eruca Sativa L.*), semeada em bandejas de poliestireno de 200 células com pó de coco (50%) e vermiculita (50%) utilizados como substrato. Foram semeadas duas sementes por célula e após o aparecimento da terceira folha, foram escolhidas as mais vigorosas e em seguida, realizado o desbaste de plantas com alguma deficiência ou baixo vigor. Aos 30 dias após a semeadura, as plantas foram transplantadas para os canteiros e irrigadas com lâminas constantes visando garantir um bom desenvolvimento, além de buscar amenizar o estresse gerado pelo transplântio. Foi realizado um ciclo de produção e as plantas foram colhidas com 30 dias após a inserção da cultura.

3.3. Solo utilizado.

O solo utilizado no experimento foi classificado como um Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013), possuindo as seguintes características físicas: areia: 62 %; silte: 10 % argila: 28 % e densidade do solo: 1,52 g.cm⁻³. As características químicas podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Características químicas do solo utilizado.

Complexo Sortivo (cmol _c kg ⁻¹)							
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	S	CTC
1,20	0,60	0,23	0,36	1,98	0,15	2,6	4,37
pH em água	P (mg kg ⁻¹)	CE (dS m ⁻¹)	C (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	M O (g kg ⁻¹)		
6,0	32	0,35	6,48	0,61	11,17		

Fonte: Dados de pesquisa.

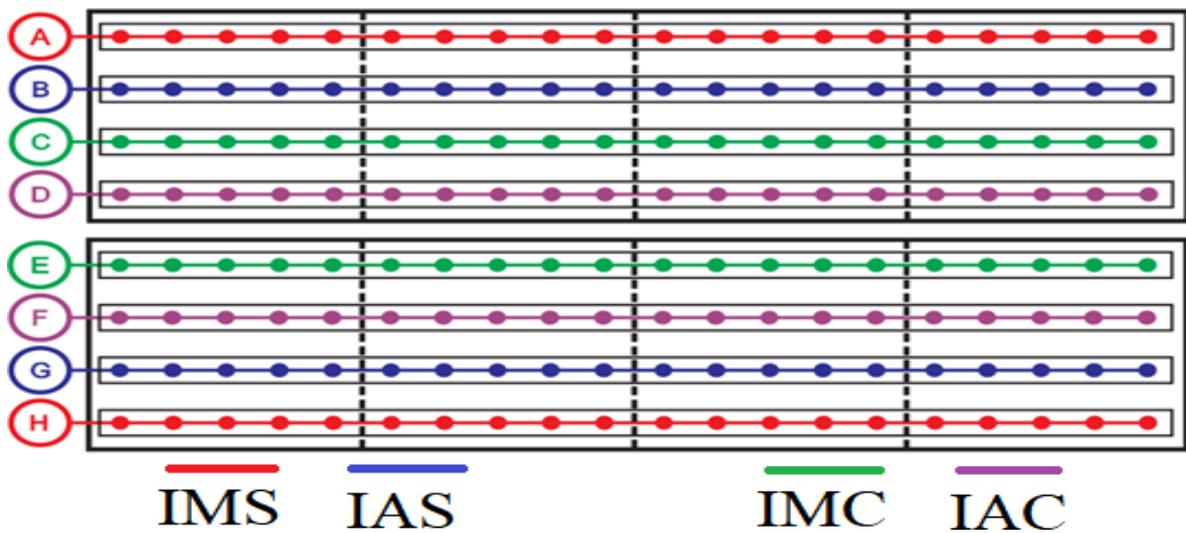
3.4 Adubação.

A adubação foi realizada via fertirrigação com as doses de 40 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, conforme recomendação de adubação de Trani (1997), para tanto foram utilizados os seguintes fertilizantes: Ureia (45% de N), MAP (12% de N e 61% de P₂O₅) e Dripsol NKS (45% de K₂O e 12% de N). Foram aplicados 50% dos nutrientes aos 10 dias após o transplântio (DAT) e 50% aos 20 DAT, onde foram diluídos em água e inseridos no solo via fertirrigação.

3.5. Tratamentos e delineamento experimental.

O experimento foi realizado em blocos casualizados com quatro tipos de manejo da irrigação, divididos em manejos automáticos e manuais: manejo automático via solo (IAS); manejo automático via clima (IAC), manejo manual via solo (IMS) e manejo manual via clima (IMC), conforme pode ser visualizado na Figura 2 abaixo. A parcela experimental foi constituída por canteiros com uma área de 1,5 m x 0,30 m, possuindo cinco plantas espaçadas em 0,30 m. Cada tratamento possuía oito parcelas experimentais, totalizando 32 parcelas.

Figura 2 – Visão geral do delineamento experimental e disposição dos tratamentos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5.1. Manejo de irrigação manual via solo (IMS).

O manejo manual da irrigação via solo (MANTOVANI et al., 2009), foi realizado por tensiômetros de punção com medição realizadas por tensímetro digital e com auxílio de curva característica (Figura 3) para determinação da umidade do solo e posteriormente foi determinada a irrigação real necessária a ser aplicada (Eq. 1).

$$IRN = (U_{cc} - U_{atual}) \times ds \times Z \quad (1)$$

Onde:

IRN = Irrigação real necessária (mm);

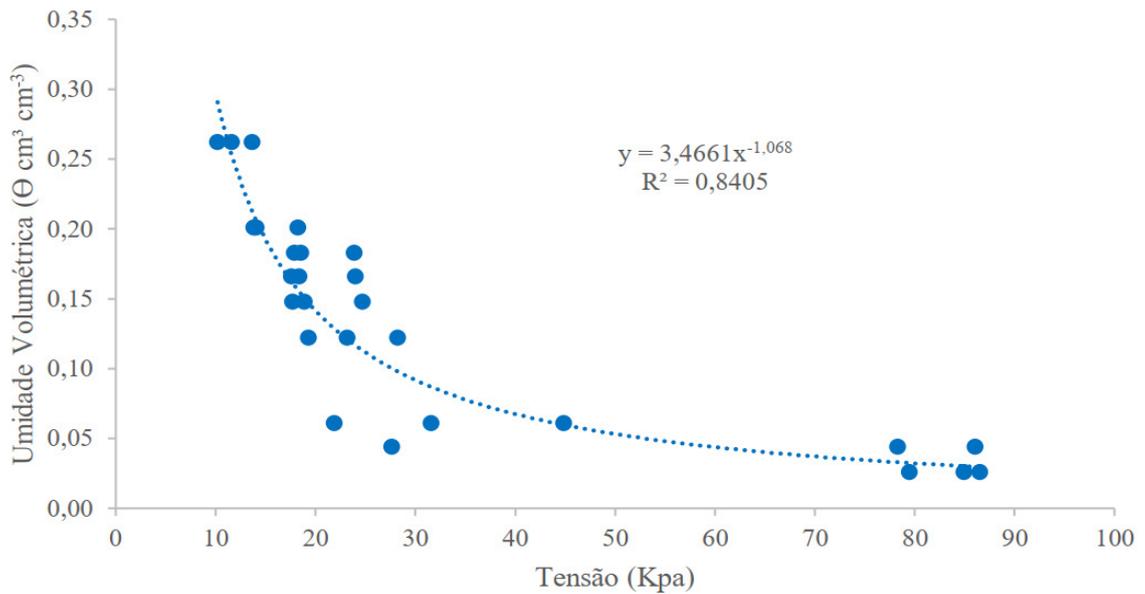
U_{cc} = Umidade em capacidade de campo ($g\ g^{-1}$);

U_{atual} = Umidade atual do solo ($g\ g^{-1}$);

ds = Densidade do solo ($g\ cm^3$);

Z = Profundidade do solo (mm);

Figura 3 – Curva característica do solo obtida para a realização do manejo da irrigação.



Fonte: Dados de pesquisa.

A aplicação foi realizada manualmente, com a multiplicação da lâmina pela área da parcela experimental, utilizando recipiente graduado. Para estabelecimento inicial da cultura foi estabelecida uma lâmina constante. A partir de cinco dias após o transplântio (DAT), foram obtidas as umidades e calculado o volume a ser aplicado por canteiro.

3.5.2. Manejo de irrigação manual via clima (IMC).

O manejo manual da irrigação via clima (IMC) foi realizado através da evapotranspiração da cultura (ETc), obtida pela determinação da evapotranspiração de referência (ETo), através de tanque classe A presente no ambiente protegido com as medidas de evaporação e coeficiente do tanque (Kp), além do coeficiente da cultura, conforme Allen et al., (1998).

A aplicação da lâmina da irrigação foi realizada manualmente, com a multiplicação da ETc pela área da parcela experimental, utilizando recipiente graduado. O coeficiente de cultivo da cultura da rúcula utilizado, teve como base as informações obtidas por Villares et al. (2011) com valores de 0,29 (0-8 DAT), 0,52 (9-16 DAT), 0,93 (17-24 DAT), 0,87 (24-30 DAT).

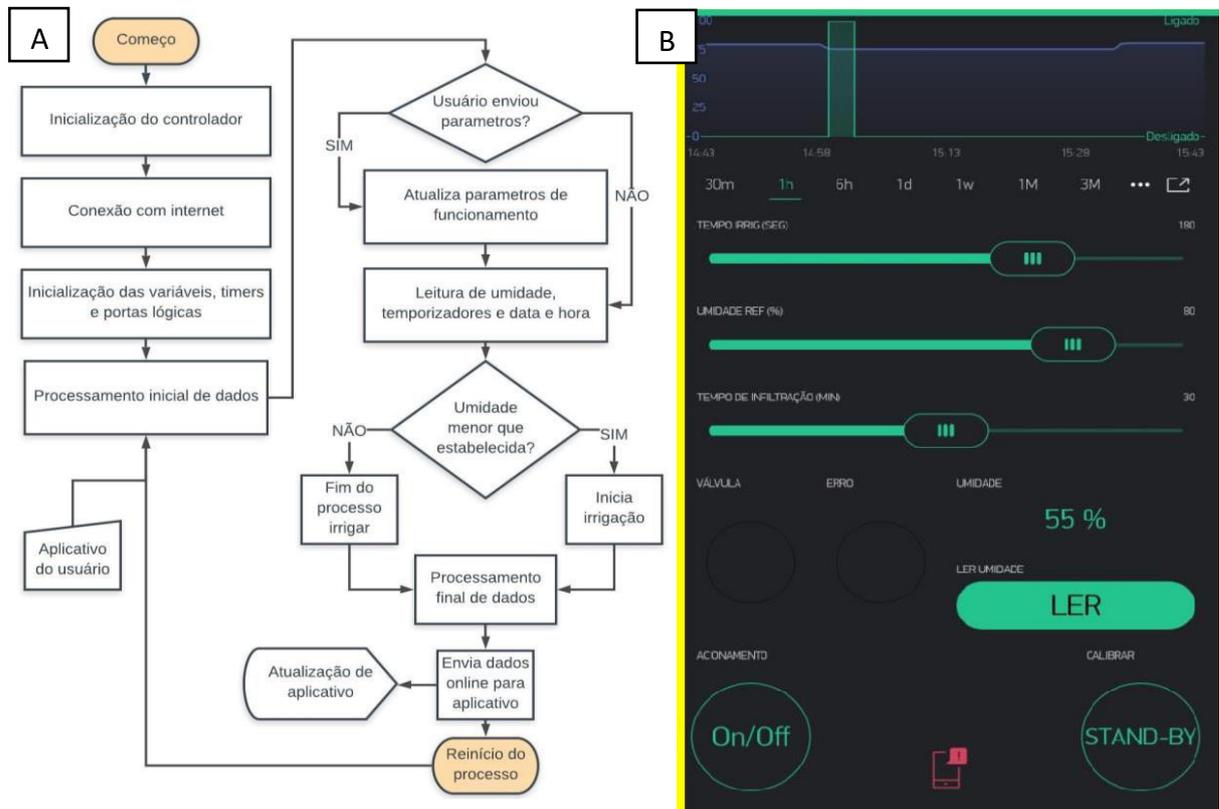
3.5.3. Manejo de irrigação automático via solo (IAS).

O dispositivo irrigador autônomo via solo (IAS) desempenhou a função de irrigador com análise em sensores de umidade inseridos no solo e capazes de identificar a umidade baseada no coeficiente elétrico do solo, pois quanto mais úmido, maior sua condutibilidade.

A estrutura do programa se divide em acionamentos de válvulas, leitura de umidade do solo e salvamento dos dados em um microcontrolador, além de transmitir esses dados em tempo real para o usuário de modo que possa ter conhecimento da situação da cultura. As etapas do funcionamento podem ser observadas na figura 4, que representa o fluxograma da execução do programa (Figura 4A).

A cada ciclo de processo o sistema atualiza a interface do usuário para que tenha uma informação atualizada em tempo real e no aplicativo (Figura 4B) existe a opção de acionamentos manual e automático, utilizado de acordo com a necessidade do usuário. Na opção manual o usuário terá controle das informações em tempo real dos valores de umidade do solo nos canteiros e pode controlar o acionamento da irrigação. No modo automático o usuário define o parâmetro para acionamento do sistema, sendo este a umidade do solo (θ , $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) desejada, então, o sistema entra em ação e realiza o possível para manter as condições pré-estabelecidas com irrigações em intervalos de até 10 minutos (irrigação por pulsos), até alcançar a irrigação pré-estabelecida.

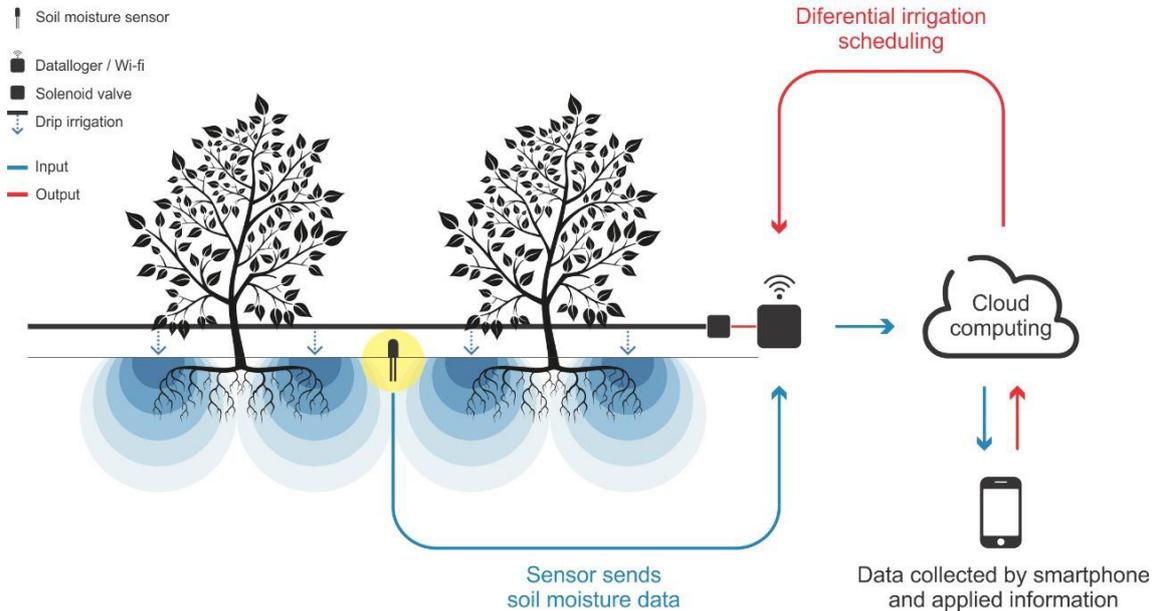
Figura 4 – Organograma do funcionamento do dispositivo (A) e interface do comando no aplicativo (B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o IAS foi utilizado o sensor imersivo do tipo eletrodo, com material metálico resistente a corrosão, com a capacidade de variação de resistência de acordo com a umidade do solo, com dados armazenados na memória de um microcontrolador instalado no ambiente protegido e enviadas para um servidor online acessível pelo aplicativo de celular (Figura 5). Após obtidos os dados, aciona-se o comando da irrigação através de válvulas solenóides que faziam a liberação da água proveniente da uma caixa d'água instalada no local, para a tubulação de irrigação. A partir de então, a irrigação foi realizada por fita gotejadora com vazão de $0,8 \text{ L h}^{-1}$, as vazões dos emissores foram medidas durante a realização do experimento, obtendo-se coeficiente de uniformidade (CUC) de 92% e realizando a irrigação total necessária (ITN) com eficiência do sistema de 90% (BERNARDO et al., 2019).

Figura 5 - Manejo da irrigação automática via solo utilizado no experimento com uso de aplicativo móvel.



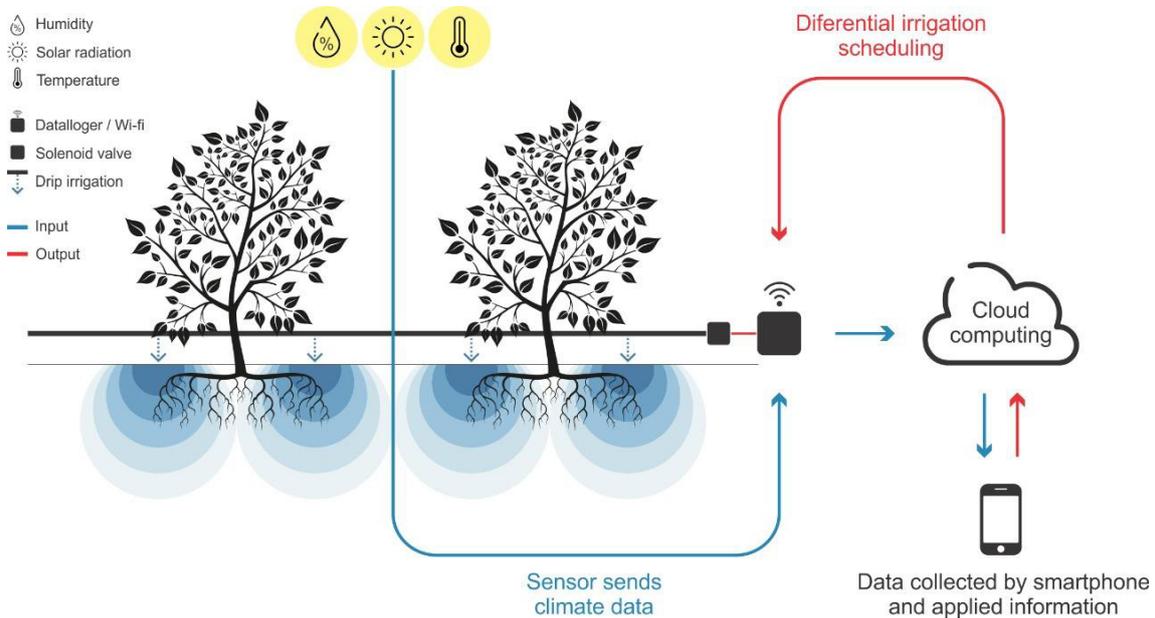
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5.4. Manejo de irrigação automático via clima (IAC)

O manejo automático da irrigação via clima (IAC) consistiu em um dispositivo que exercia determinadas funções, desempenhando aplicação da irrigação, mas com a capacidade de um sistema autônomo que capta a temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar decorrente do dia e armazenados na memória de um microcontrolador instalado no ambiente protegido, com informações enviadas para um servidor online acessível pelo aplicativo de celular (Figura 6).

O controlador realizava o cálculo da evapotranspiração da cultura por Hargreaves (ALLEN et al., 1998) e conseqüentemente a lâmina de água aplicada nos canteiros, fazendo-se a conversão para litros com a multiplicação do valor da lâmina de irrigação pela área da parcela experimental. A irrigação era dividida em intervalos de 10 minutos (pulsos) até completar sua total aplicação por meio da fita gotejadora, assim como no IAS.

Figura 6 - Manejo da irrigação automática via clima utilizado no experimento com uso de aplicativo móvel.

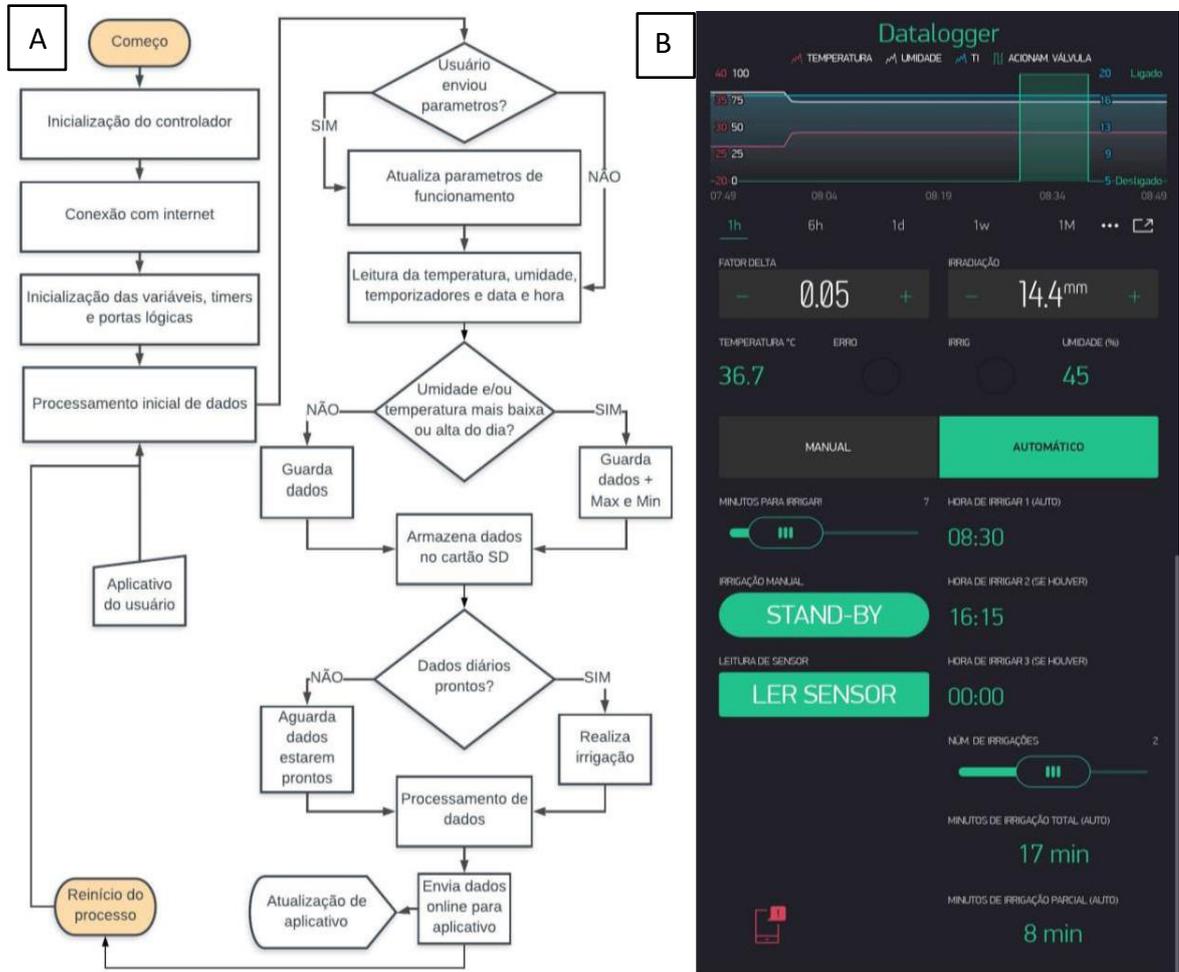


Fonte: Elaborado pelo autor.

O aplicativo foi desenvolvido e utilizado através de smartphone, onde, de posse dos dados, acionava-se o sistema de irrigação através de válvula solenóide e com o sistema de gotejamento, aplicava-se a ITN. Para tanto considerou-se uma eficiência de irrigação de 90% (BERNARDO et al. 2019).

A utilização do aplicativo é intuitiva, onde o usuário tem a opção de uso manual ou automático, no qual, no modo manual, pode-se realizar a leitura dos sensores e uma irrigação temporizada. Já no modo automático o usuário deve inserir os dados de radiação, o número de irrigações diárias desejada e os horários, além dos valores equivalentes ao coeficiente da cultura, área a ser irrigada, eficiência da irrigação, número de gotejadores por planta, vazão do gotejador. O passo a passo do funcionamento pode ser observado na Figura 7A, que representa o fluxograma da execução do programa e a interface do aplicativo desenvolvido (Figura 7B).

Figura 7 - Organograma do funcionamento do dispositivo (A) e interface do comando no aplicativo (B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.6. Variáveis analisadas.

Foram avaliadas durante o experimento as seguintes variáveis: massas de matéria fresca (MF) das plantas obtidas por meio de balança de precisão de 0,01 g, comprimento da parte aérea (ALT), realizada aos 30 dias após o transplântio (DAT) com auxílio de uma régua milimétrica (cm) e a eficiência do uso da água pelas plantas (EUA), calculada pela relação entre a produção da cultura (Y), por meio da massa fresca e pela lâmina de irrigação total (ITN) aplicada no ciclo (SILVA et al., 2012), conforme a (Eq. 2) a seguir:

$$EUA = \frac{Y}{V} \quad (2)$$

Em que:

EUA = Eficiência do uso da água (kg m^{-3});

Y = Produção da cultura, (kg);

V = Volume de água total aplicado por tratamento (m^3).

3.7. Análise econômica.

Para a obtenção da receita bruta (RB), realizou-se o cálculo em função da produção de maçãs, através da divisão da produtividade pelo peso comercial do maçã (250 g), e pelo preço de mercado obtido nas CEASAS (PRECOTA AGRO, 2021). A equação para a obtenção da receita bruta pode ser observada na (Eq. 3).

$$RB = YM \times PM \quad (3)$$

Onde:

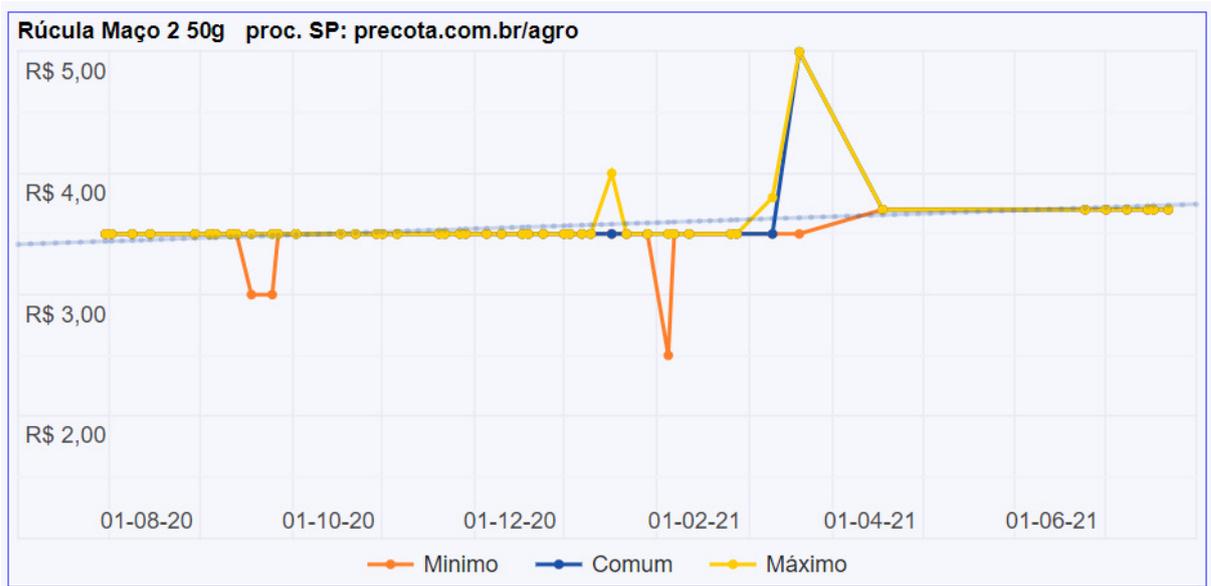
RB = Receita bruta (R\$);

YM = Produção de maçã de rúcula;

PM = Preço médio do maçã de rúcula (R\$);

O preço médio dos maçãs estudados foram de R\$ 1,90; R\$ 2,50 e R\$ 3,50 maçã^{-1} . Tais preços foram obtidos no tempo médio de um ano, acompanhando assim a variação média do preço dado pela cultura, como pode ser observado na Figura 8, na CEASA-SP.

Figura 8 - Variação do preço do maço obtido para a CEASA-SP.



Fonte: <https://precota.com.br/agro/grafico-preco-tabela-rucula-ceasa-para-maco-250kg-sp/>.

Para a obtenção da receita líquida (RL), foram levados em consideração os custos fixos e variáveis de cada tratamento, no caso manejo da irrigação, onde o custo de mão-de-obra diária foi suprimido devido ao próprio produtor realizar a atividade da irrigação. Os custos de cada tratamento, equivalente a montagem em uma casa de vegetação, podem ser observados na Tabela 4 e 5, abaixo:

Tabela 4 – Valores iniciais de custos relacionados aos manejos automáticos.

	Automático via Clima		Automático via Solo	
	Material	Total	Material	Total
Custos fixos iniciais	Controlador	R\$50,00	Controlador	R\$50,00
	Sensores	R\$20,00	Sensores	R\$90,00
	Válvula	R\$45,00	Válvula	R\$45,00
	Materiais elétricos gerais (infraestrutura)	R\$100,00	Materiais gerais (infraestrutura)	R\$100,00
	Mangueiras	R\$70,00	Mangueiras	R\$70,00
	Caixa d'água	R\$200,00	Caixa d'água	R\$200,00
	Sistema elétrico de alimentação	R\$120,00	Sistema de potência	R\$120,00
	Instalação (salário mínimo 2021)	R\$2.200,00	Instalação (salário mínimo 2021)	R\$2.200,00

Custos variáveis de execução (anual)	Água	R\$55,32	Água	R\$55,32
	Energia	R\$360,00	Energia	R\$360,00
	Manutenção	R\$2.200,00	Manutenção	R\$2.200,00
Total		R\$5.420,32	R\$5.490,32	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5 – Valores iniciais de custos relacionados aos manejos manuais.

	Manual via Clima		Manual via Solo	
	Material	Total	Material	Total
Custos fixos iniciais	Caixa d'água	R\$200,00	Caixa D'água	R\$200,00
	Tanque classe A	R\$ 946,00	Tensiômetro	R\$ 240,00
	Instalação (salário mínimo 2021)	R\$550,00	Instalação (salário mínimo 2021)	R\$550,00
Custos variáveis de execução (anual)	Água	R\$55,32	Água	R\$55,32
	Manutenção	R\$1.100,00	Manutenção	R\$ 1.100,00
Total		R\$ 2.851,32	R\$ 2.145,32	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A receita líquida (RL), portanto, foi obtida pela diferença entre a RB e os custos totais de produção (Eq. 4). Estes custos compreendem os custos não relacionados à irrigação (CNRI), os custos fixos relacionados a irrigação (CFRI), e os custos variáveis relacionados a irrigação (CVRI), ambos os custos foram divididos pelo total de ciclos produzidos no ano (12 ciclos). As correções e juros foram ligados à vida útil do sistema de irrigação, valor presente líquido e taxa de atratividade, todos obtidos em Frizzone et al. (2005).

$$RL = RB - CNRI - CFRI - CVRI \quad (4)$$

Onde:

RL = Receita líquida obtida em cada tratamento (R\$ ciclo⁻¹);

RB = Receita bruta obtida em cada tratamento (R\$ ciclo⁻¹);

CNRI = custos não relacionados a irrigação (R\$ ciclo⁻¹);

CFRI = custos fixos relacionados a irrigação (R\$ ciclo⁻¹);

CVRI = custos variáveis relacionados a irrigação (R\$ ciclo⁻¹).

A razão benefício/custo foi calculada por meio da Eq. 5, levando em consideração as receitas e os custos obtidos em cada tratamento.

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n B/(1+j)^t}{\sum_{t=0}^n C/(1+j)^t} \quad (5)$$

Onde:

B/C = Razão benefício/custo;

B = Receitas, em R\$ ciclo⁻¹;

C = Despesas, em R\$ ciclo⁻¹.

J = Taxa mínima de atratividade (decimal);

T = Período do projeto (anos).

3.8. Análise estatística.

A análise estatística foi realizada primeiramente pela avaliação da normalidade dos dados e posteriormente pela análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade para as variáveis eficiência de uso da água, massa fresca e altura das plantas. Os dados significativos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Lâmina de irrigação aplicada.

Na Tabela a seguir é possível observar os valores totais e médios da lâmina de irrigação aplicada para cada um dos tratamentos durante o ciclo (Tabela 6).

Tabela 6 - Lâmina de irrigação aplicada para os diferentes manejos de irrigação utilizados.

Irrigação aplicada	IMS	IMC	IAS	IAC
ITN (mm ciclo ⁻¹)	93,8	75,0	142,5	90,2
ITN (mm dia ⁻¹)	3,1	2,5	4,7	3,0

Fonte: Dados de pesquisa.

Souza et al. (2019) em estudos sobre irrigação semiautomática na cultura do tomate, demonstraram a efetividade dos sensores de umidade do tipo TDR para o correto manejo da irrigação. Segundo Silva et al. (2020), os sensores de umidade do solo podem ser uma ferramenta importante para o correto manejo da irrigação, já que estes sensores podem irrigar no momento exato em que o solo está no processo de perda de umidade, repondo de maneira imediata o que foi consumido.

4.2. Variáveis de crescimento e produção.

De acordo com a análise de variância (ANOVA), as variáveis MF e AP foram influenciadas ($p < 0,05$) pelos tratamentos estudados (Tabela 7), o que possivelmente pode ter ocorrido devido às diferenciações nas aplicações de água em cada tratamento, contudo a aplicação de água de diferentes maneiras pelos tratamentos, não influenciou na eficiência do uso da água.

Tabela 7 - Análise de variância (quadrado médio) para todas as variáveis analisadas.

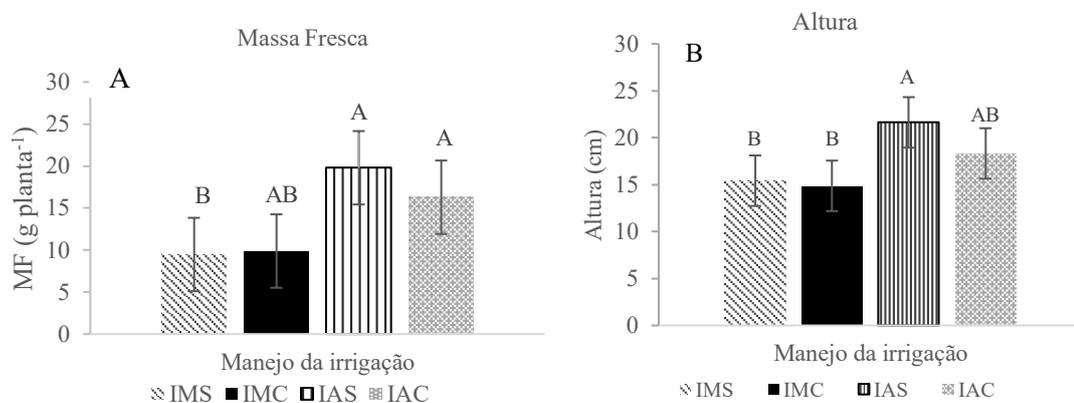
F.V.	----- Quadrado médio-----			
	G. L.	MF	AP	EUA
Bloco	7	21,89 ^{NS}	4,42 ^{NS}	0,96 ^{NS}
Tratamento	3	203,31 ^{**}	77,27 ^{**}	2,1 ^{NS}
Resíduo	21	25,28	6,78	1,02
CV		36,28	14,83	30,92

** e * - Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente; NS – não significativo

Fonte: Dados de pesquisa.

Para a variável MF (Figura 9A) observou-se que os tratamentos IAC (16,29 g planta⁻¹), IAS (19,79 g planta⁻¹) e IMC (9,88 g planta⁻¹) foram estatisticamente semelhantes em ambos os ciclos avaliados. Diante disto, entende-se que o IMC pode ser uma opção viável para manejo da irrigação em situações de falta de recursos econômicos para implementação da automação dos sistemas de irrigação em pequenas propriedades, já que nas pequenas áreas o monitoramento da ETc pode ser realizadas com maior facilidade e praticidade através do uso do tanque Classe A. Moline et al. (2015) observaram valores superiores a 80 g em rúculas que receberam lâminas com 100% da ETc. Cunha et al. (2013) observaram valores de MF (17,03 g planta⁻¹) condizentes com os apresentados no presente experimento, o que demonstra a variabilidade da produção desta cultura aos métodos de produção utilizados.

Figura 9 - Massa fresca (A) e altura das plantas (B) submetida ao teste de Tukey aos 30 DAT, DMS = 7,01 (A), 30 DAT, DMS = 3,62 (B).



*Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Dados de pesquisa.

Para a altura de plantas (Figura 9B), observou-se que para os manejos IAS e IAC foram obtidos os maiores valores (21,64 e 18,32 cm) para a variável estudada, não diferindo entre si ($p < 0,05$). Os manejos IMS, IMC e IAC não diferiram entre si, estatisticamente. Apesar dos critérios de irrigação estabelecidos para a cultura da rúcula (MAROUELLI, MELO, BRAGA, 2017), o estresse hídrico pode ter ocasionado as diferenças nos tratamentos. Tal estresse pode ter sido causado pelo único horário em que as irrigações manuais eram realizadas, durante o dia (9 h da manhã), diferentemente das irrigações com sistema automático, que eram manejadas por pulsos, ao longo do dia, o que possivelmente pode estar relacionado aos maiores valores de produtividade observados no manejo automático.

4.3. Análise econômica.

Para o maço de R\$ 1,90 é possível observar na Tabela 8 abaixo que ambos os tratamentos automáticos apresentaram uma maior receita bruta de R\$ 557,12 e R\$ 676,99 para o IAC e IAS, respectivamente, uma vez que a produtividade de ambos foram maiores se comparadas aos manejos manuais. Já a receita líquida foi maior em ambos os tratamentos via solo, de R\$ 219,26 para o IAS e de R\$ 145,01 para o IMS, o que, em consequência propiciou uma maior relação B/C para ambos os tratamentos de 1,48 e 1,81, respectivamente, uma vez que as despesas foram menores em relação às receitas obtidas.

Tabela 8 - Análise econômica para a lucratividade da rúcula nos manejos de irrigação estudados para o valor de R\$ 1,90 maço⁻¹.

	R\$ 1,90			
	IAC	IAS	IMC	IMS
RB	557,12	676,99	337,98	323,79
RL	105,42	219,46	100,37	145,01
B/C	1,23	1,48	1,42	1,81

Fonte: Dados de pesquisa.

Para o maço de R\$ 2,50 é possível observar na Tabela 9 abaixo que ambos os tratamentos automáticos também apresentaram uma maior receita bruta de R\$ 733,05 e R\$ 890,78 para o IAC e IAS, respectivamente. Esse resultado é esperado, uma vez que o aumento da RB é proporcional ao preço de venda, sabendo-se que a produção é constante na fórmula de cálculo. Já a receita líquida foi maior em ambos os tratamentos automáticos de R\$ 281,36 para

o IAC e de R\$ 433,25 para o IAS. Ao elevar o nível de produtividade, a irrigação proporciona maior lucro líquido na atividade, o que proporciona também a elevação da receita maior que os custos de produção (ARÊDES, 2009). Entretanto, diferentemente do preço de R\$ 1,90 o fato de o IAC apresentar a segunda maior receita líquida entre os tratamentos não propiciou um maior relação B/C, justamente por que os custos são altos em relação às receitas obtidas, além de apresentar uma produtividade bem menor se comparada com o tratamento IAS, por exemplo. Assim como no preço anterior, as maiores relações B/C foram de ambos os tratamentos via solo, de 1,95 para o IAS e 2,38 para o IMS.

Tabela 9 - Análise econômica para a lucratividade da rúcula nos manejos de irrigação estudados para o valor de R\$ 2,50 maço⁻¹.

	R\$ 2,50			
	IAC	IAS	IMC	IMS
RB	733,05	890,78	444,71	426,04
RL	281,36	433,25	207,10	247,26
B/C	1,62	1,95	1,87	2,38

Fonte: Dados de pesquisa.

Para o maço de R\$ 3,50 é possível observar na Tabela 10 abaixo que ambos os tratamentos automáticos também apresentaram uma maior receita bruta de R\$ 1026,27 e R\$ 1247,09 para o IAC e IAS, respectivamente. Já a receita líquida, assim como no preço de R\$ 2,50, foi maior em ambos os tratamentos automáticos de R\$ 574,58 para o IAC e de R\$ 789,56 para o IAS. Entre os automáticos, não há uma discrepância entre valores para os métodos utilizados, porém esses valores irão divergir à medida que se aumenta a quantidade de sensores utilizados (SOUZA et al., 2019) no solo, já que se faz necessário uma quantidade proporcional ao número de canteiros e casas de vegetação.

Assim como no preço de R\$ 2,50, o fato do IAC ter apresentado a segunda maior renda líquida entre os tratamentos não propiciou uma maior relação B/C, também pelo fato de os custos serem altos em relação às receitas obtidas. Assim como nos outros preços anteriores, as maiores relações B/C foram de ambos os tratamentos via solo, de 2,73 para o IAS e 3,34 para o IMS..

Tabela 10 - Análise econômica para a lucratividade da rúcula nos manejos de irrigação estudados para o valor de R\$ 3,50 maço⁻¹.

	R\$ 3,50			
	IAC	IAS	IMC	IMS
RB	1026,27	1247,09	622,60	596,45
RL	574,58	789,56	384,99	417,68
B/C	2,27	2,73	2,62	3,34

Fonte: Dados de pesquisa.

5. CONCLUSÕES

Para todos os tratamentos estudados foi possível observar relações benefício/custo acima dos valores indicados como positivos ($B/C > 1$), ou seja, com as respectivas produtividades obtidas e os presentes preços estimados, em nenhuma das situações apresentadas ocorreu prejuízo.

Ademais, também foi possível ver que ambos os tratamentos automáticos apresentam melhores produtividades, visto que a Receita Bruta para ambos os preços considerados foi maior. No entanto, eles apresentaram divergência na relação B/C, visto que em ambos os preços, o tratamento IAC apresentou menor relação se comparado aos demais, uma vez que a produtividade obtida não foi suficiente para compensar os custos totais, isso, se compararmos com os outros tratamentos em questão. Já a relação para o tratamento IAS apresentou o segundo melhor resultado no presente estudo.

O tratamento IMS apresentou os melhores resultados para a relação B/C para todos os preços, sendo, portanto, o mais recomendado dentre os tratamentos utilizados.

A cultura da rúcula pode ser uma hortaliça com alta viabilidade para complementação da renda do pequeno agricultor, em qualquer dos manejos da irrigação utilizados, sendo necessário avaliar a particularidade de cada agricultor para uso ou não da irrigação semiautomática.

REFERÊNCIAS

- AGROSMART. **3 formas de fazer o manejo da irrigação na lavoura**. Disponível em: <<https://agrosmart.com.br/blog/3-formas-de-fazer-o-manejo-da-irrigacao-na-lavoura/>>. Acesso em: 06 jun. 2021.
- ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa, 2008.
- ALENCAR, C.A.B.; CUNHA, F.F. da; RAMOS, M.M.; SOARES, A.A.; PIZZILO, T.A.; OLIVEIRA, R.A. de. Análise da automação em um sistema de irrigação convencional fixo por miniaspersão. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 109-118, abr./jun. 2007.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper N° 56).
- ALTIERI, M. A. e KOOHAFKAN, P. **Enduring Farms: Climate Change, Smallholders and Traditional Farming Communities**. Penang, Malaysia: Third World Network, 2008.
- ARÊDES, A. F.; PEREIRA, M. W. G. ; GOMES, M.F.M. ; RUFINO, J. L. S. . Análise econômica da irrigação na cultura do maracujá. *Revista de Economia da UEG. Seção Eletrônica*, v. 5, p. 66-86, 2009.
- AZEVEDO, B. M. GOMES SOUSA, G.; PAIVA, T.F.P.; RÊGO MESQUITA, J.B.; ARAÚJO VIANA, T.V. **Manejo da irrigação na cultura do amendoim**. *Magistra*, Cruz das Almas, BA, V. 26, n. 1, p. 11 - 18, Jan./Mar. 2014. Disponível em: <<https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/433/115>>. Acesso em: 16 mar. 2020.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9ª Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2019, 545 p.
- CAMARGO, L. de S. **As hortaliças e seu cultivo**. 3 ed. Campinas: Fundação Cargil, 1992. 252 p.
- CAMARGO, D. C. **Conservação, uso racional e sustentável da água**. Ministério do Meio Ambiente e Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada. Fortaleza, CE. 2016. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2129/4/Manejo_da_Irrigacao-4h.pdf>. Acesso em 06 jun. 2021.
- CARVALHO, D.F.; SILVA, W.A.; MÉDICE, L.O.; PEREIRA, M.G. Avaliação de um sistema automático de baixo custo para manejo da irrigação (compact disc). In:

- CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., Foz do Iguaçu, 2001. **Anais**. Foz do Iguaçu: SBEA, 2001.
- CASTRUCCI, P. (1969). **Controle Automático Teoria e Projeto**. Edgar Blucher, São Paulo - SP.
- CAVARIANNI, R. L. **Produção de cultivares de rúcula no sistema NFT e teores de nitrato**. 2004. 42 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- COSTA, P. A. A. **Produção de Alface em Substrato Utilizando Diferentes Volumes de Recipiente e Frequências de Irrigação**. Universidade Federal Rural do Semi Árido Mossoró 2017. Disponível em: < <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5254>>. Acesso em 06 jun. 2021.
- CUNHA, F. F. et al. Irrigação de diferentes cultivares de rúcula no nordeste do Mato Grosso do Sul. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 2, n. 3, p. 131-141, 2013.
- CUNHA, M. M. **Desenvolvimento de um sistema embarcado para realização de manejo de irrigação**. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão / SE, 2019. Disponível em: <<http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/10937>>. Acesso em: 06 jun. 2021.
- CRUZ, J. P. H, **Crescimento e eficiência no uso da água de cafeeiro submetido a estratégias de manejo da irrigação**. Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019. Disponível em: < <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26078>>. Acesso em: 06 jun. 2021.
- DILLON, A. Do differences in the scale of irrigation projects generate different impacts on poverty and production? **Journal of Agricultural Economics**, v. 62, n. 2, p. 474-492, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- FARACO, J. R. CASTRO, N.M.R.; LOUZADA, J.A.; SILVA, P.R.F. SCHOENFELD, R. et al. Rendimento e grãos e eficiência do uso de água da cultura do milho em áreas de cultivo de arroz inundado com diferente manejo de irrigação e drenagem. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 274-290, 2016. Disponível em: < DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p274-290>>. Acesso em: 06 jun. 2021.
- FIALHO, F.B. Modernização no controle da produção de suínos – zootecnia de precisão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA E QUALIDADE NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE SUÍNOS, Piracicaba, 1999. **Resumos**. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 61-80.

- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa. UFV, 2000. 402 p.
- FISCHER, G., SHAH, M. e VAN VELTHUIZEN, H. **Climate change and agricultural vulnerability**. Johannesburg: International Institute for Applied Systems Analysis to World Summit on Sustainable Development, Special Report, 2002.
- FRIZZONE J. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. **Planejamento de irrigação: Análise de decisão de investimento**. Embrapa informações tecnológicas, Brasília, DF, 2005. 626 p.
- GORNAT, B.; SILVA, W.L.V. Sistemas de controle e automatização da irrigação. **ITEM. Irrigação e Tecnologia Moderna**, n.41, p.20-24, 1990.
- GUIRRA, A. P. P. M.; SILVA, E. R. **Automação em Sistemas de Irrigação**. Comunicado Técnico 08, Uberaba, p. 1 - 7, 01 set. 2010.
- GUSMÃO, S. A. L. de. et al. Cultivo de rúcula nas condições do Trópico Úmido em Belém. In: Anais do 43o Congresso Brasileiro de Olericultura. **Horticultura Brasileira**, Recife, v.21, n.2, jul. 2003. Suplemento 2. CD-ROM.
- LOBELL, D. B., BURKE, M. B., TEBALDI, C., MASTRANDREA, M. D., FALCON, W. P. e NAYLOR, R. L. **Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030**. Science, v. 319, p. 607-610, 2008.
- LOPES SOBRINHO, O. P. YURI, J.E. CORREIA, R.C. COSTA, N.D.; CALGARO, M. A cultura da cana-de-açúcar (*saccharum officinarum*) e o manejo da irrigação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR). v. 12, n.4, p. 1605-1625. 2019. Disponível em: <DOI:10.17765/2176-9168.2019v12n4p1605-1625>. Acesso em 06 jun. 2021.
- LUCENA, V.; NEVES, C. & DUARTE, L. & VIANA, N. 2007. **Os dez maiores desafios da automação industrial: as perspectivas para o futuro**.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. Viçosa: Editora UFV, 2009. 328 p.
- MAROUELLI, W. A.; MELO, R. A. C.; BRAGA, M. B. **Irrigação no cultivo de brássicas**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2017. 25p. (Circular Técnica. 158).
- MEYER, Gabriel Ladeira. **Controle de sistemas de irrigação com monitoramento via programação**. 2005. 79 f. Monografia de graduação em Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.
- MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J. A **cultura da rúcula**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1998. 19 p.

- MOLINE, E. F. V.; BARBOZA, E.; STRAZEIO, S. C.; BLIND, A. D.; FARIAS, E. A. P. Diferentes lâminas de irrigação na cultura da rúcula no sul de Rondônia. **Nucleus**, v.12, n.1, p. 1-8, 2015.
- MORALES, M.; JANICK, J. **Arugula: a promising specialty leaf vegetable**. In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (ed.). *Trends in new crops and new uses* Alexandria: ASHS Press, 2002.
- MORTON, J. F. **The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture**. PNAS, v. 104, n. 50, p. 19697-19704, 2007.
- PEGADO, D. S. et al. Densidade de plantio de rúcula, em sistemas de cultivo protegido. In: Anais do 44o Congresso Brasileiro de Olericultura, **Horticultura Brasileira**, Campo Grande, v.22, n.2, jul. 2004. Suplemento 2. CD-ROM.
- PEREIRA, E. R.; SILVA, I, J. O.; MOURA, D. J. Alterações microclimáticas em túneis baixos com plástico perfurado no cultivo da rúcula em época de verão e de outono. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.407-414, 2003.
- PIGNONE, D. Present status of rocket genetic resources and conservation activities. In: PADULOSI, S.; PIGNONE, D. **Rocket: A Mediterranean crop for the world**. Report of a Workshop. 1996, Legnaro (Padova), Italy. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 1997. p.2-12.
- PIMPINI, F. & ENZO, M. Present status and prospects for rocket cultivation in the Veneto region. In: PADULOSI, S.; PIGNONE, D. **Rocket: A Mediterranean crop for the world**. Report of a Workshop. 1996, Legnaro (Padova), Italy. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 1997. p.51-66.
- PINHEIRO, A. A. **Manejo da irrigação utilizando umidade do solo e dados climáticos em lavouras de cafeeiro conilon**. Universidade Federal do Espírito Santo, ALEGRE – ES. 2019. Disponível em: < <http://repositorio.ufes.br/handle/10/10964> > Acesso em: 06 jun. 2021.
- PINTO, Fábio da Costa. **Sistema de automação e controle**. 2005. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/41/41.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2021.
- PRECOTA AGRO. Disponível em <<https://precota.com.br/agro/grafico-preco-tabela-rucula-ceasa-para-maco-250kg-sp/>>. Acesso em 17 de ago. 2021.
- REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F. VAN DER VINNE, J. Efeito de densidade de mudas por célula e do volume da célula na produção de mudas e cultivo da rúcula. **Ciência e agrotecnologia**. Lavras, v.28, n.2, p.287-295, 2004a.
- REGHIN, M. Y. et al. Respostas produtivas de rúcula em função do espaçamento e tipo de muda produzida em bandejas contendo duas ou quatro plântulas por célula. In: Anais do 44o

Congresso Brasileiro de Olericultura, **Horticultura Brasileira**, Campo Grande, v.22, n.2, julho de 2004b. Suplemento 2. CD-ROM.

RODIC, A. D. **Automation And Control, Theory And Practice**. India: Intech, 2009.

ROSA, D. R. Q.; NOGUEIRA, N. O.; MONTEIRO, C. R. **Disseminando conhecimentos sobre manejo da irrigação no cafeeiro**. Revista ELO – Diálogos em Extensão, v.8, n.1. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/elo/article/view/1309>>. Acesso em: 06 jun. 2021.

SALA, F. C. et al. Caracterização varietal de rúcula. In: Anais do 44o Congresso Brasileiro de Olericultura. **Horticultura Brasileira**, Campo Grande, v.22, n.2, jul. 2004. Suplemento 2. CD-ROM.

SILVA, A. O.; SILVA, B. A.; SOUZA, C. F.; AZEVEDO, B. M.; BASSOI, L. H.; VASCONCELOS, D. V.; BONFIM, G. V.; JUAREZ, J. M.; SANTOS, A. F.; CARNEIRO, F. M. Irrigation in the age of agriculture 4.0: management, monitoring and precision. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 51, p. 1-17, 2020.

SILVA, A. O.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; KLAR, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizadores em Ibimirim-PE. **Irriga**, Botucatu, v.17, p.114-125, 2012.

SILVA, G. U.; PARIZI, A.R.C.; SANTO GOMES, A.C; PIVOTO, O.G.; PECCIN, M.D. Manejo de irrigação via solo e clima na cultura do milho (*Zea mayz* L.) na região de Alegrete/RS. **Revista de Ciência e Inovação**. v.2, n. 1, julho de 2017. Disponível: <https://doi.org/10.26669/2448-4091143>. Acesso em: 06 jun. 2021.

SILVA, K.O. **Desenvolvimento de sistema automatizado de baixo custo para aquisição de dados de umidade e temperatura do ar**. Piracicaba, 2000. 70p. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SILVA, S.; NEVES, E.; **IMPORTÂNCIA DO MANEJO DA IRRIGAÇÃO**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, 2020.

SOARES FILHO, R.; DA CUNHA, J. P. A. R. Agricultura de precisão: particularidades de sua adoção no sudoeste de Goiás–Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 689-698, 2015.

SOUZA, C. F.; CONCHESQUI, M. E. S.; SILVA, M. B. Semiautomatic irrigation management in tomato. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. special issue, p. 118-125, 2019.

STEINER, F.; PINTO JÚNIOR, A.S. ; FREIBERGER, M.B. ; ZOZ, T. ; DRANSKI, J.A.L. ; RHEINHEIMER, A.R. ; ECHER, M. de M.; GUIMARÃES, V.F. **Germinação de sementes de rúcula sob temperaturas adversas**. In: 49º CONGRESSO BRASILEIRO DE

- OLERICULTURA, 2009, Águas de Lindóia - SP. Horticultura Brasileira, v.27, n.2, 2009. v. CD ROM.
- TAKAOKA, M.; MINAMI, K. Efeito do espaçamento entre linhas sobre a produção de rúcula (*Eruca sativa* L.). **O solo**. Piracicaba, v.2, n.76, p.51-55, 1984.
- TRANI, P. E. et al. Produção e acúmulo de nitrato pela rúcula afetados por doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.1, p.25-29,1994.
- TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. **Cultura da rúcula**. Campinas: IAC. 8p. 1992. (Boletim técnico 146).
- TRANI, P.E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed. rev. ampl. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- USDA. **Nutrient Database for Standard Reference**. Disponível em <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169387/nutrients>>. Acesso 01 de jun. 2021.
- VALERIANO. T. T. B. SANTANA.; M.J. JESUS.; M.V.; LEITE, L.S. Manejo de irrigação para a alface americana cultivada em ambiente protegido. **Pesquisas Agrárias e Ambientais. Nativa**, Sinop, v. 6, n. 2, p. 118-123, mar./abr. 2018. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i2.5024>. Acesso em: 06 jun. 2021.
- VILLARES J. L. O.; SANTANA M. J.; FEITOSA NETO J. A.; MANCIN C. A.; RIBEIRO A. A. Evapotranspiração da cultura da rúcula cultivada no município de Uberaba, MG. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n. 2, p.3469-3475, 2011.