

AGRONET: UM SISTEMA PARA CONTROLE E GERENCIAMENTO DA IRRIGAÇÃO UTILIZANDO *INTERNET OF THINGS*

André Luis Albuquerque Pinheiro¹, Joyce de Sousa Monteiro¹, Pedro Emanuel Lima de Almeida¹, Robson Gonçalves Fachine Feitosa¹, Francisco Gauberto Barros dos Santos¹, Guilherme Álvaro Rodrigues Maia Esmeraldo¹, Harley Macedo de Mello¹, Manuel Antônio Navarro Vasquez¹

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Crato (IFCE)
Rodovia CE 292, KM 15, Gisélia Pinheiro - CEP 63115-500 - Crato - CE – Brazil

{andre.luis.albuquerque07, joyce.sousa.monteiro06,
pedro.emanuel.lima08}@aluno.ifce.edu.br, {robsonfeitosa, gauberto,
guilhermealvaro, harley.mello, avasquez}@ifce.edu.br

Abstract. *This work describes the AgroNet system that facilitates remote control and management of plantations. With an emphasis on the use of good system usability practices, and communication between software and hardware. The presented application provided an easy-to-use interface, and its communication with the databases had low latency. The experiment with the application showed an increase of 74.67% in plant fresh mass compared to the manual experiment.*

Resumo. *O presente trabalho descreve o sistema AgroNet que facilita o controle e gerenciamento remoto da plantação. Com ênfase na utilização de boas práticas de usabilidade do sistema, e na comunicação entre o software e o hardware. O aplicativo apresentado forneceu uma interface de fácil utilização, e sua comunicação com os bancos de dados apresentou baixa latência. O experimento com o aplicativo apresentou um incremento de 74,67% de massa fresca das plantas em relação ao experimento manual.*

1. Introdução

A Tecnologia da Informação surge como uma área do conhecimento que, munida com técnicas, ferramentas computacionais e equipamentos eletrônicos, possibilita a automatização dos mais diversos setores, por exemplo, na agricultura ela auxilia na automatização dos sistemas de irrigação. Modificando as ações dos sujeitos e ressignificando práticas tradicionais, assim possibilitando interações entre o mundo físico e virtual (PESSOA e MACHADO, 2019). Ao mesmo tempo, o Semiárido Nordeste tem a irrigação como grande aliada, devido sua condição climática com baixa precipitação pluviométrica e elevadas temperaturas. Segundo Silva et. al (2020) a utilização de estratégias de irrigação como o déficit hídrico controlado, pode otimizar a utilização de água e de energia elétrica sem prejudicar a produtividade. O que possibilita um menor custo de produção, além do aumento da produção sem a necessidade de expandir outras áreas de plantio (SILVA et. al, 2020).

O sistema AgroNet é o resultado de um trabalho dividido em três etapas, a primeira diz respeito à criação do desenvolvimento de uma interface para o sistema, cujo objetivo é atender aos princípios de usabilidade, como: ergometria, simetria, cores, números de cliques e organização da informação. A segunda, trata-se da utilização de ferramentas e aplicações para o desenvolvimento do aplicativo mobile, bem como, sua integração com banco de dados e componentes de hardwares. Por fim, a terceira consiste no desenvolvimento do sistema de hardware capaz de conectar-se ao aplicativo mobile e a sistemas de banco de dados via tecnologias de armazenamento na nuvem e APIs, de modo a concretizar o sistema como um todo.

Em termos gerais, o sistema AgroNet visa permitir que os produtores tenham a possibilidade de realizar consultas históricas sobre a umidade do solo, umidade relativa do ar e temperatura do ar de forma simplificada, além disso, a possibilidade de realizar o acionamento de bombas para a irrigação de forma automática baseada na leitura de sensores, e de forma remota através de um aplicativo mobile de baixo consumo computacional.

2. Trabalhos Relacionados

As crescentes preocupações com a eficiência hídrica e o consumo consciente de energia, tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas cada vez mais automatizados, ou de fácil monitoramento. Diversas pesquisas têm explorado o uso de tecnologias de sensores e *Internet of Things* (IoT), no entanto, poucos trabalhos se preocupam em desenvolver interfaces amigáveis e de simples utilização. (GRIMBLATT et al., 2019), apresentam uma proposta de sistema capaz de medir os parâmetros mais importantes para o crescimento das plantas através de sensores. Para verificação da umidade do solo foram testados os sensores resistivos FC-28 e o capacitivo SEN0193. O sensor SI7021 é citado como exemplo para a utilização da verificação da temperatura ambiente. Para a verificação dos nutrientes do solo foi construído um protótipo utilizando o sensor de luz ISL29125, que realiza a medição utilizado as características de reflexão. Foi utilizada a sonda de pH da Atlas Scientific para medição do pH do solo, mas não foram obtidos resultados específicos. Para medir a temperatura do solo foi utilizado DS18B20. Dentre os sensores utilizados somente o de umidade do solo, o de nutrientes do solo e o de pH do solo atuaram de forma automaticamente, os restantes funcionaram apenas como indicadores. Foi utilizado o DesignWare ARC EM Starter Kit para conexão dos sensores, e o desenvolvimento do software. Os testes realizados foram apenas em laboratório e a comunicação com o usuário foi realizada através de alarme e leds indicativos. O sistema proposto, apresenta a utilização de diversos sensores que vão desde o monitoramento

do ambiente até o pH do solo, no entanto não é citado dados, e a comunicação com o usuário se dá apenas através de alarme e leds.

(DHOLU e GHODINDE, 2018) apresentam uma proposta de sistema de monitoramento agrícola, utilizando o sensor de umidade do solo YL-69 combinado com chip YL-38 para converter a mudança de resistência em voltagem analógica, e o sensor DHT11 para medir a umidade relativa e temperatura do ar. Foi utilizado o microcontrolador ESP8266 para conectar os sensores, e a plataforma ThingSpeak para o armazenamento e visualização dos dados. Foi desenvolvido um aplicativo por meio da plataforma App Inventor para visualização das leituras dos sensores em tempo real. Os testes realizados foram em laboratórios, e apresentaram ser eficiente no envio de dados para a plataforma ThingSpeak. No entanto, o aplicativo desenvolvido apresentava de forma simples apenas as últimas leituras que os sensores tinham realizados.

(IQBAL et al., 2024) propõe um sistema de coleta de dados via sensores, para monitoramento de plantações de açafrão. Foi utilizado o microcontrolador ESP32, e os sensores DHT11 e o sensor LDR para medir a potência da luz. Foi desenvolvido um aplicativo em ReactJS para a exibição dos dados, o armazenamento dos dados foram feitos todos no Firebase. O aplicativo seguiu padrão de design, como espaços em brancos e preenchimento de margem igual para os componentes. O sistema desenvolvido também indica se as condições da plantação estão favoráveis para o desenvolvimento correto do açafrão, comparando os dados lidos dos sensores com os dados configurados, fornecendo uma mensagem via aplicativo para o usuário indicando a situação. Existe uma função no aplicativo para indicar se o sistema está funcionando ou não. Os autores afirmam um crescimento e desenvolvimento maior da plantação de açafrão monitorado, quando comparado com outras não monitoradas. O sistema apresentado realiza apenas o monitoramento do ambiente através de sensores, e com isso gera recomendações, no entanto, todas as ações devem ser realizadas presencialmente. A utilização apenas do Firebase pode ser um custo a longo prazo, porque existe um limite de armazenamento de dados para versões grátis.

(BOTHA e VAN., 2018) apresentam uma proposta de desenvolvimento de um de protótipo de um aplicativo móvel para o gerenciamento e monitoramento do solo, adaptado às necessidades específicas dos agricultores sul-africanos, a pesquisa utiliza um estudo de caso, focando em um pomar sul-africano no Cabo Oriental, com a participação de 23 designers de experiência do usuário (UX) e 16 agricultores. O estudo visa a identificação dos fatores que impactam o design do aplicativo, incluindo as necessidades e habilidades dos usuários, as

tecnologias disponíveis e as práticas de manejo mais eficazes para o contexto. Projetado com base nos dados coletados por meio de revisão da literatura e avaliação de atuais soluções móveis de gerenciamento do solo, o protótipo foi testado quanto à usabilidade e satisfação do usuário, de acordo com os esboços do plano de UX de superfície, esqueleto, estrutura, escopo e estratégico. A pesquisa aplica uma triangulação de dados que combina metodologias qualitativas e quantitativas para alcançar conclusões sólidas.

Diante dos trabalhos apresentados é possível observar: que todos os trabalhos apresentam sistemas para o monitoramento de plantações, com potencial para auxiliar na tomada de decisões dos usuários; todos apresentaram uma proposta de informar aos usuários os dados capturas; apenas um não desenvolveu um aplicativo móvel; apenas um desenvolveu um estudo com os usuários; todos apresentaram resultados em laboratórios. Observa-se então que, para o desenvolvimento do presente trabalho, além de tratar da experiência do usuário com um aplicativo de simples utilização, buscou-se desenvolver um sistema de irrigação com acionamento remoto da bomba, armazenamento dos dados distribuído em dois locais e navegação no aplicativo com poucos cliques.

3. Metodologia

O desenvolvimento do trabalho aqui apresentado foi dividido em etapas. Inicialmente, realizou-se uma revisão de literatura sobre: boas práticas de usabilidades de aplicativos para a agricultura, desenvolvimento de aplicativos mobile, sistemas IoT e desenvolvimento de hardware. Além disso, também foram realizadas pesquisas sobre armazenamento em nuvem.

A versão preliminar da interface do aplicativo móvel foi desenvolvida utilizando a ferramenta Figma¹, versão 88.1.0, uma plataforma de prototipagem e design de interface colaborativo. O principal objetivo dessa versão foi estabelecer uma base sólida para futuras iterações e refinamentos, à medida que o projeto progredisse e processos de design centrado no usuário fossem aplicados. O ponto central foi a criação de uma representação de alta fidelidade que capturasse e refletisse a identidade do produto a caráter da agricultura e da tecnologia, garantindo que a experiência visual fosse diretamente alinhada com a proposta do sistema, proporcionando aos usuários uma conexão imediata com o visual e com as funcionalidades de controle e gerenciamento da irrigação de suas plantações. Neste estágio, foi criada paleta de cores, escala tipográfica, ícones e elementos visuais escolhidos com especial cuidado para

¹ Link para a ferramenta de prototipação Figma: <https://www.figma.com/>. Último acesso em 26 de março de 2024.

transmitir tanto a inovação tecnológica quanto a ligação com o ambiente agrícola, criando uma experiência agradável e envolvente. Além disso, os princípios essenciais do design de interface foram aplicados para assegurar que os elementos estivessem dispostos intuitivamente, que a hierarquia visual das informações fosse clara e que uma estética visual coesa fosse mantida em todas as partes do aplicativo (NIELSEN, 2024).

O desenvolvimento do aplicativo foi realizado utilizando a Linguagem de Programação JavaScript, com o padrão de estilização react-native versão 0.71.7 *Software Development Kit* (SDK) versão 48.0.0. A comunicação do aplicativo com os bancos de dados foi por meio de *Application Programming Interface* (API), facilitando na implementação e no desempenho computacional. A Figura 1 ilustra a interface do aplicativo em alta fidelidade.

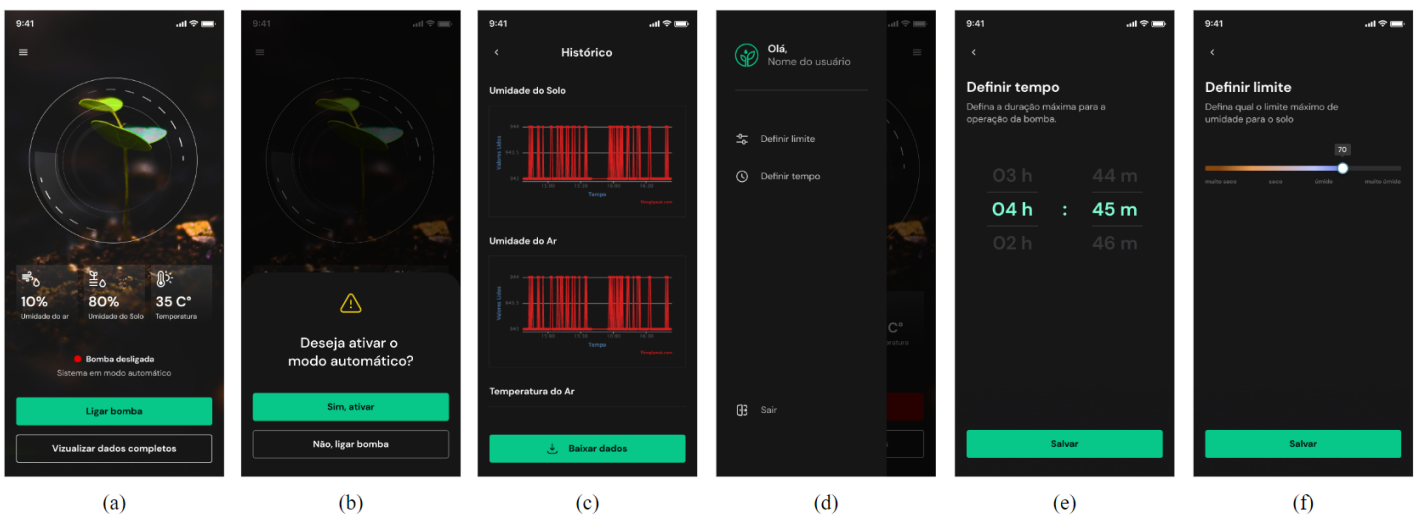


Figura 1. (a) Tela inicial e de parâmetros dos sensores. (b) Modal de confirmar a ação do usuário. (c) Histórico dos dados. (d) Menu de opções. (e) Configurações da duração de operação da bomba. (f) Configuração do limite da umidade do solo.

A interface principal do aplicativo (a) exibe as informações em tempo real sobre a umidade do ar, a umidade do solo e a temperatura, além de indicar o status da bomba de irrigação e permitir realizar as ações de ativar e desativar a bomba. A tela (b) oferece a opção de confirmar a mudança no estado da bomba, ou a operação de modo automático. Na tela de histórico (c), são apresentados gráficos que mostram os dados históricos da umidade do solo, umidade e temperatura do ar, com a opção de baixar esses dados para posteriores análises. O menu lateral de configurações (d) oferece opções para definir limites e tempos de operação, além de permitir o logout do usuário. A tela de definição de tempo (e) permite que o usuário configure a duração máxima para a operação de irrigação. Por fim, a tela de definição de limite (f) permite ajustar o limite máximo de umidade que o usuário deseja para o solo. Para o

desenvolvimento do hardware, foi utilizado o microcontrolador NodeMCU ESP8266, responsável pela interface de comunicação entre os sensores e atuadores de hardware e seu gerenciamento via Internet. O ESP8266 foi utilizado devido sua simplicidade de configuração para comunicação via rede sem fio, seu número de portas de comunicação, além de seu baixo custo (OLIVEIRA 2017).

Para a programação foi utilizada a plataforma IDE do Arduino na versão 1.8.9 baseado na linguagem de programação C++ nativa do Arduino. A escolha dessa plataforma deu-se devido a sua praticidade, boa documentação por possuir uma grande comunidade de usuários, e não haver custo de aquisição. O código fonte para a execução do hardware está disponível no repositório AgroNet² armazenado no Github. Para modelagem do hardware foi utilizada a ferramenta Fritzing na versão 0.9.4, pois segundo (KURDEYA et al., 2015), esses softwares para a criação de desenhos de diagramas esquemáticos, permitem que o desenho dos diagramas em 3D seja mais detalhado Figura 2.

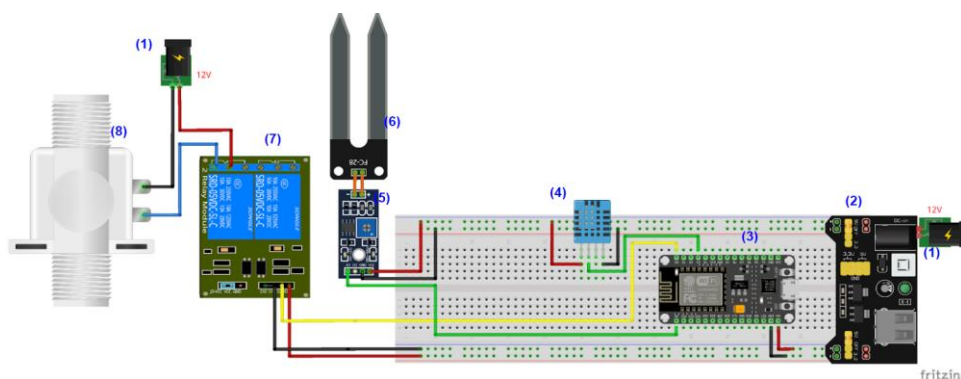


Figura 2. Esquema elétrico e eletrônico da montagem do sistema.

A Figura 2 apresenta o esquema elétrico e eletrônico da montagem do sistema. Os principais componentes incluem duas fontes de alimentação 12V (1), uma para alimentar a válvula solenoide, e a segunda para alimentar o circuito eletrônico. A fonte ajustável (2) recebe 12V na entrada e transforma em 5V energia em que o ESP8266 necessita para o funcionamento. O sistema está dividido em quatro camadas, nas quais estão os componentes necessários para o funcionamento do sistema. A Figura 3 ilustra cada camada e seus seguintes componentes. A primeira camada corresponde a Interface do sistema (1), ela permite a interação de forma simples do usuário com as ações do sistema. A segunda camada consiste no armazenamento dos dados gerados. O sistema conta com dois bancos de dados, o ThingSpeak³ (3) para o

2 Link para o repositório AgroNet: <https://github.com/AndreAlbu/AgroNet>. Último acesso em 26 de março de 2024.

3 Link para a plataforma ThingSpeak: <https://thingspeak.com/>. Último acesso em 26 de março de 2024.

armazenamento dos dados históricos gerados pelos sensores, e o Firebase⁴ (2) para o armazenamento e comunicação com o aplicativo mobile. O Firebase foi escolhido devido sua fácil integração via *Application Programming Interface* (API), e a segurança dos dados oferecidos devido ser um produto Google⁵.

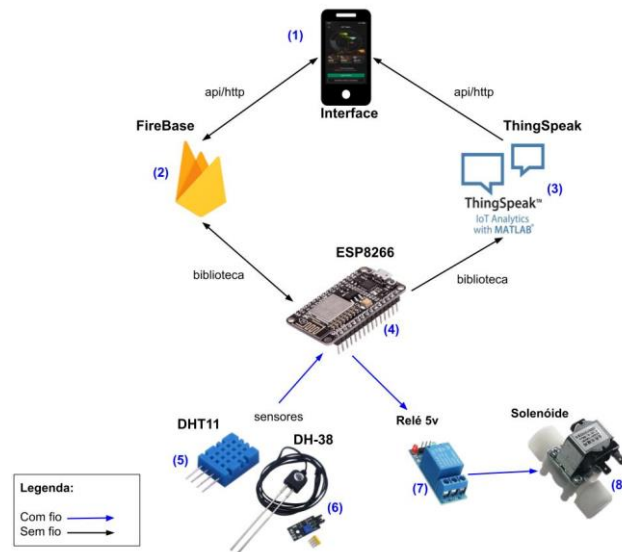


Figura 3. Ilustração da Arquitetura do Sistema.

Na terceira camada está o microcontrolador, o NODEMCU ESP8266 (4). Esta camada é responsável por realizar a comunicação entre os sensores e o banco de dados. O microcontrolador recebe as informações dos sensores e armazena na base de dados, além disso realiza consultas na base de dados para realizar ações, como o acionamento da bomba. A última camada corresponde aos sensores utilizados no sistema, esta camada é responsável por captar informações provenientes do solo através do sensor DH-38 (6), e informações da temperatura e umidade relativa do ar por meio do sensor DHT11 (5), além disso, conta com o Relé (7) para acionamento da Válvula Solenoide (8). Para validação do sistema foram realizados experimentos em uma horta caseira. Foram testadas diferentes configurações de sistemas com a utilização de sensores e atuadores acoplados em uma *protoboard*.

4. Resultados

Para a validação do sistema foi construído uma horta de pequeno porte, com dimensões de 180cm x 400cm, com 40 mudas de Alface (*Lactuca sativa*), durante o período de 20-07-2023 à 05-08-2023, na cidade de Juazeiro do Norte no Estado do Ceará. Utilizaram-se dois métodos de acionamento, o manual e o automático. O modo automático funcionou a partir da leitura do

4 Link para o Firebase: <https://firebase.google.com/>. Último acesso em 26 de março de 2024.

5 Link para o Google: <https://www.google.com.br/>. Último acesso em 01 de julho de 2024.

sensor DH-38, neste modo, o solenóide é acionado e desligado automaticamente com base no limite estabelecido via aplicativo mobile. O limite pode ser estabelecido entre 0 a 100, sendo facilmente ajustado no aplicativo conforme necessidade do usuário. No modo manual, o solenóide é acionado e desligado via aplicativo com poucos toques na tela, necessitando apenas de uma conexão com a internet.

Os experimentos foram realizados em dois cenários, o primeiro cenário foi o manual que contava com 20 mudas de Alface e durante o período de funcionamento do sistema foram realizadas irrigação manuais. O segundo, era o cenário do aplicativo, e também contava com 20 mudas de Alface, onde todas as irrigações foram realizadas por meio do aplicativo. Entre os dias 20-07-2023 à 31-07-2023 as irrigações foram realizadas no mesmo horário, para manter o padrão de irrigação, ambos os cenários, a irrigação acontecia até o solo estar completamente molhado. Entre os dias 01-08-2023 à 05-08-2023 o cenário manual foi irrigado apenas depois das 17:40, enquanto que o cenário do aplicativo foi irrigado em dois horários, uma irrigação realizada na manhã e outra no período da tarde; isso aconteceu por não haver uma pessoa disponível para realizar a irrigação manual. No período dos dias 01-08-2023 à 03-08-2023 percebeu-se que, no cenário manual, duas mudas secaram e morreram, devido à falta de irrigação.

Durante o período em que o sistema ficou funcionando, foi possível observar o desempenho dos sensores DHT11 e do DH-38. O sensor DH-38 apresentou uma baixa sensibilidade na leitura da umidade do solo, o que prejudicou o desempenho do sistema no modo automático. A Figura 4 apresenta o gráfico do desvio padrão das médias diárias das leituras dos sensores.

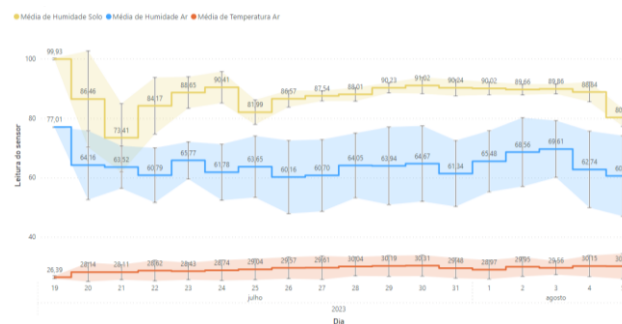


Figura 4. Desvio padrão das médias diárias das leituras dos sensores.

Observando a Figura 4, percebe-se que houve uma baixa variação nas leituras do sensor de umidade do solo, o que não deveria acontecer quando comparado com o sensor de umidade do ar. A temperatura do ar normalmente não apresenta grandes variações, pois na região onde foram realizados os experimentos a temperatura tende a se manter no mesmo intervalo. Na colheita das plantas de alface realizada com apenas 12 dias após o plantio das mudas, os

resultados relativos à qualidade das plantas demonstraram que no cenário de irrigação manual 14 plantas estavam aptas para consumo e 6 consideradas não comerciais. A massa fresca total das 20 plantas de alface foi de 289 gramas. Com uso do aplicativo, 19 plantas estavam aptas para o consumo, e 1 considerada não comercial com uma massa fresca total de 387 gramas. A Figura 5 apresenta o resultado da colheita das 40 plantas de alface.

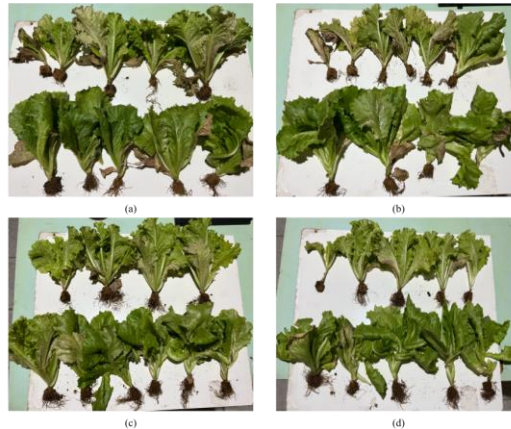


Figura 5. (a) colheita lado 1 irrigação manual. (b) colheita lado 2 irrigação manual. (c) colheita lado 1 irrigação via aplicativo. (d) colheita lado 2 irrigação via aplicativo.

Como é possível observar, a colheita em que as plantas de alface foram irrigadas via aplicativo apresentaram um crescimento mais consistente (c) e (d), com apenas uma planta inapta para o consumo. Já a colheita manual (a) e (b) apresentam crescimento pouco desenvolvido.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

O presente trabalho apresentou o AgroNet, um sistema para gerenciamento e controle remoto da plantação. Foram realizados experimentos em uma horta de pequeno porte e avaliado o sistema como um todo. Percebeu-se que o cenário do aplicativo apresentou um número maior de pés de Alface para consumo, e um peso de 74.67% a mais que o cenário manual, isso se deve as irrigações realizadas de forma remota. O sensor de umidade apresentou pouca sensibilidade, o que fez com que o sistema não pudesse operar em modo automático. O aplicativo foi fundamental para a execução do presente trabalho, pois forneceu uma interface gráfica simples e prática para a execução das tarefas exigidas. Como trabalhos futuros, pretende-se realizar um estudo da interface do aplicativo com diversos usuários no campo, para avaliar a usabilidade e a eficácia do sistema em diferentes cenários. Além disso, planeja-se desenvolver uma placa de circuito impresso dedicada ao sistema, o que permitirá uma montagem mais compacta e robusta. Por fim, pretende-se utilizar sensores industriais mais confiáveis e robustos.

Referências

KURDEYA, O.; SALAMIN, H.; BET-RASHED, I. Smart Plant Pot. Palestine Polytechnic University. College of IT and Computer Engineering. Department of Computer Engineering. Hebron, Palestina. 2015.

NIELSEN, J. 10 Heurísticas de Usabilidade para Design de Interface de Usuário. 24 de abril de 1994. Atualizado em 30 de janeiro de 2024.

OLIVEIRA, S. (2017) “Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry PI”, São Paulo: Novatec Editora, 312 p.

PESSOA, R. R.; MACHADO, S. B. A importância do uso do computador no processo de ensino e aprendizagem dos alunos da 3a etapa da educação de jovens e adultos da escola estadual Joanira Del Castillo. **Revista Exitus**, Santarém-PA, v. 9, n. 1, p. 232-257, 2019. DOI 10.24065/2237-9460.2019v9n1ID722.

SILVA, V. T. da; GAVA, R.; COTRIM, M. F.; WASSOLOWSKI, C. R.; TEODORO, P. E.; SNYDER, R. L. Irrigation management in soybean culture under no-tillage system, on Brachiaria ruziziensis cultural remains. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 6, p. e64963430, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i6.3430. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3430>. Acesso em: 26 mar. 2024.

Iqbal, A., Taqvi, S.A.A., Asim, J., Muneeb, Q., Mahajan, G., Sambyal, R., and Anand, S. (2024). Design of an iot-based saffron crop irrigation system. **Industrial Crops and Products**, 212, 118350.

Dholu, M. and Ghodinde, K. (2018). Internet of things (iot) for precision agriculture application. In **2018 2nd International conference on trends in electronics and informatics (ICOEI)**, 339–342. IEEE.

Grimblatt, V., Ferré, G., Rivet, F., Jogo, C., and Vergara, N. (2019). Precision agriculture for small to medium size farmers-an iot approach. In **2019 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)**, 1–5. IEEE.

S. Botha and D. Van Greunen. Factors Impacting the Design of a Mobile Application for Soil Management: A Case Study of the Eastern Cape Crops. **2018 IST-Africa Week Conference (IST-Africa)**, Gaborone, Botswana, 2018, pp.