



**Agricultura Inteligente: Diferentes Maneiras de Inovar**

**Caroline de Sousa Oliveira<sup>1</sup>, Cristiane De Oliveira<sup>2</sup>, Professor Marcelo Teixeira de Azevedo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)  
Rua da Consolação, 930 Consolação, São Paulo - SP, 01302-907 – Brazil

{csoliveira1998@gmail.com, criskite.oliveira@gmail.com}

**Abstract.**

*The concept of smart agriculture, also known as precision agriculture, has revolutionized how we approach food production and the management of agricultural resources. At the core of this approach lies the automation of irrigation systems, such as pivots and irrigation channels. Through the integration of technologies like Arduino and web services, it is possible to develop systems that collect and process sensor data to automatically adjust irrigation according to plant needs. This allows for a more efficient use of water and optimized agricultural production. However, technical and economic challenges need to be overcome for successful implementation. This article explores the proposal of automating irrigation pivots and channels through Arduino prototyping and web service integration, highlighting its benefits and inherent challenges. Smart agriculture holds promising potential to increase agricultural productivity sustainably in a scenario of growing food demand.*

**Resumo.**

*O conceito de agricultura inteligente, também conhecida como agricultura de precisão, tem revolucionado a forma como abordamos a produção de alimentos e a gestão dos recursos agrícolas. No centro dessa abordagem está a automação de sistemas de irrigação, como pivôs e canais de irrigação. Através da integração de tecnologias como Arduino e serviços web, é possível desenvolver sistemas que coletam e processam dados de sensores para ajustar automaticamente a irrigação de acordo com as necessidades das plantas. Isso permite um uso mais eficiente da água e uma produção agrícola otimizada. No entanto, desafios técnicos e econômicos precisam ser superados para uma implementação bem-sucedida. Este artigo explora a proposta de automação de pivôs e canais de irrigação por meio de prototipação com Arduino e integração de serviços web, destacando seus benefícios e desafios inerentes. A agricultura inteligente mostra um potencial promissor para aumentar a produtividade agrícola de forma sustentável em um cenário de crescente demanda por alimentos.*

## 1. Introdução

A agricultura de soluções, que evoluiu para a agricultura inteligente, teve suas raízes no final do século XX, quando os primeiros sistemas de monitoramento e automação começaram a ser aplicados na agricultura. Ao longo dos anos, a introdução de sensores avançados, dispositivos de automação e algoritmos de aprendizado de máquina revolucionou a forma como os agricultores gerenciam suas operações e desde então tem revolucionado a forma como cultivamos alimentos e gerenciamos recursos agrícolas.

Combinando tecnologias avançadas e automação, a agricultura inteligente visa otimizar o uso dos recursos disponíveis, aumentar a eficiência da produção e reduzir os impactos ambientais. Um dos aspectos cruciais dessa abordagem é a automação de sistemas de irrigação, como pivôs e canais de irrigação.

A automação de pivôs e canais de irrigação desempenha um papel vital na garantia de um suprimento de água adequado e oportuno para as culturas. Através da integração de dispositivos eletrônicos e tecnologias de comunicação, como o Arduino e serviços web, é possível desenvolver sistemas de irrigação que se ajustam automaticamente às necessidades hídricas das plantas.

O Arduino, uma plataforma de prototipagem eletrônica, atua como o cérebro do sistema, coletando dados de sensores de umidade do solo, temperatura, umidade atmosférica e outros parâmetros relevantes. Esses dados são então processados para determinar a quantidade ideal de água necessária para as plantações. A integração com serviços web permite o monitoramento remoto e a gestão dos sistemas de irrigação. Agricultores podem acessar os dados em tempo real e controlar os pivôs e canais de irrigação de forma conveniente, mesmo à distância. Além disso, a prototipação por meio do Arduino possibilita a criação de soluções personalizadas e adaptáveis às condições específicas de cada cultivo.

Quando se trata do distribuidor de fertilizantes é acionado com base nas leituras do sensor de pH do solo. Ele libera a quantidade correta de fertilizante para otimizar o crescimento das plantas. Já quanto se trata de Atuadores para Sistemas de Sombreamento, Ayaz et al. (2019) afirmam que a gerência é feita no controle da exposição das plantas à luz solar, ajudando a otimizar o crescimento e proteger contra condições climáticas extremas.

No entanto, é importante ressaltar que a implementação de sistemas de agricultura inteligente envolve desafios técnicos e econômicos. A escolha dos sensores adequados, a calibração precisa dos sistemas, a segurança das informações transmitidas pela internet e a viabilidade financeira são aspectos críticos a serem considerados.

Nesta abordagem de agricultura inteligente com prototipação por Arduino e integração de

serviços web, espera-se uma melhoria significativa na eficiência hídrica, aumento da produtividade agrícola e redução do impacto ambiental. À medida que a tecnologia continua a avançar, a agricultura inteligente tem o potencial de desempenhar um papel fundamental na garantia da segurança alimentar global de maneira sustentável.

## **2. Objetivos**

Com base na proposta para solução de problemas, foram analisadas as seguintes questões para o projeto de Agricultura Inteligente.

### **1. Otimização da Produção Agrícola;**

Utilização de sensores para monitoramento em tempo real de condições climáticas, solo e plantas, permitindo ajustes precisos de supervisão, fertilização e manejo de cultivos para maximizar a produção.

Monitoramento Avançado: Utilização de sensores IoT (Internet of Things), ou Internet das Coisas, para monitorar variáveis como umidade do solo, temperatura, umidade relativa do ar e outras condições agronômicas.

Análise de Dados e Machine Learning: Coleta e análise de dados em tempo real para fornecer insights acionáveis por meio de algoritmos de machine learning, permitindo decisões baseadas em dados para melhorar a investigação e a produção.

### **2. Eficiência no Uso de Recursos:**

Implementação de sistemas de supervisão automatizados e controlados por sensores para garantir o uso eficiente da água, minimizando o desperdício e economizando recursos hídricos.

Irrigação Inteligente; Implementação de sistemas de controle automatizados controlados por algoritmos que envolvem as condições adversas e as necessidades específicas de cada plantas, garantindo um uso eficiente da água.

## **3. Problemas a serem solucionados**

Ineficiência na aplicação de insumos: O uso excessivo de água, fertilizantes e pesticidas pode ocorrer devido à falta de informações precisas sobre as condições do solo e das plantas.

Perdas devido às condições climáticas variáveis: Mudanças climáticas imprevisíveis podem prejudicar os cultivos. A Agricultura Inteligente permite adaptações rápidas em resposta às mudanças climáticas, minimizando as perdas.

Eficiência no Uso de Recursos: A eficiência no uso de recursos é um dos pilares da Agricultura

Inteligente. A tecnologia é usada para garantir que os recursos essenciais, como a água, sejam utilizados de maneira eficaz, sem desperdícios.

Esgoto de água: A agricultura consome uma grande parte dos recursos hídricos. Sistemas de segurança inteligentes minimizam o uso de água, aplicando-a apenas quando e onde necessário.

Impacto ambiental: O uso excessivo de insumos agrícolas pode levar à poluição do solo e da água. A Agricultura Inteligente busca minimizar esse impacto através da aplicação precisa e controlada de fertilizantes e pesticidas.

Redução de Resíduos e Sustentabilidade: A Agricultura Inteligente promove práticas agrícolas sustentáveis, reduzindo os resíduos e otimizando o uso de recursos naturais.

Gestão de resíduos agrícolas orgânicos: Resíduos agrícolas, se não gerenciados especificamente, podem causar poluição e degradação ambiental. A Agricultura Inteligente incentiva a gestão e o aproveitamento adequado desses resíduos.

Consumo excessivo de energia: A agricultura pode consumir grandes quantidades de energia. A Agricultura Inteligente visa otimizar o uso de energia através da automação e da eficiência operacional.

#### **4. Materiais e Métodos**

O protótipo do sistema de agricultura inteligente opera de maneira eficiente, monitorando continuamente a umidade do solo por meio do sensor dedicado. Inicialmente, o sensor de umidade do solo, conectado à Protoboard, realiza leituras periódicas do nível de umidade no solo. Essas leituras são interpretadas pelo Arduino WiFi, que processa os dados e toma decisões com base nas condições do solo.

Quando o Arduino determina que a irrigação é necessária, ele aciona o módulo relé, conectado à Protoboard, que, por sua vez, controla a válvula solenoide. Esse processo físico de acionamento do relé e, consequentemente, da válvula solenoide, resulta na liberação controlada da água para irrigação. O módulo relé atua como um interruptor elétrico que possibilita o controle eficaz da válvula solenoide.

Além do controle físico da irrigação, o protótipo incorpora uma camada de conectividade significativa. O módulo ESP8266, integrado ao Arduino via comunicação serial, desempenha um papel crucial na comunicação do sistema com um servidor MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). Essa comunicação MQTT é configurada no código do Arduino, especificando detalhes como endereço do servidor, porta, nome de usuário e senha para estabelecer uma conexão eficiente.

O protótipo do sistema de agricultura inteligente, conforme evidenciado pelo código apresentado, opera de maneira coordenada, utilizando o sensor de umidade do solo para determinar a necessidade de irrigação. Quando o Arduino WiFi decide que a irrigação é necessária, o código realiza o envio de uma mensagem ao servidor MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), especificamente no tópico "Regando". A mensagem, no formato "1", sinaliza ao servidor a ação de regar, indicando, por exemplo, uma condição de solo que requer atenção imediata.

A função de callback no código é acionada quando mensagens são recebidas no tópico ao qual o Arduino se inscreveu. Nesse caso, o código interpreta a mensagem recebida, armazenando-a em uma *string* para análise posterior. Essa capacidade de receber e interpretar mensagens MQTT possibilita uma comunicação bidirecional no sistema, permitindo que outros dispositivos ou sistemas conectados respondam às condições do solo ou forneçam comandos específicos.

Além disso, o código inclui uma função de reconexão ao servidor MQTT, garantindo uma operação robusta do sistema mesmo em condições de desconexão temporária. A tentativa de reconexão ocorre de maneira cíclica, com um intervalo de espera de dois segundos entre as tentativas, assegurando uma gestão eficaz da conexão.

Dessa forma, a integração entre o Arduino e o servidor MQTT, conforme demonstrado no código, confere ao sistema a capacidade de tomar decisões com base nas leituras do sensor, comunicar essas decisões através de mensagens MQTT e reagir a comandos ou informações provenientes de outros dispositivos conectados, consolidando assim um sistema de agricultura inteligente e conectada.

A implementação do sistema destaca-se pela integração eficaz de sensores e atuadores, proporcionando uma automação inteligente na agricultura. A combinação de leituras precisas do sensor de umidade do solo, decisões lógicas do Arduino, controle físico por meio do relé e válvula solenoide, e comunicação assíncrona via MQTT, demonstra um sistema completo e eficiente para aprimorar a gestão da irrigação em ambientes agrícolas.

## 4.2 Métodos e Ferramentas

A montagem do protótipo envolveu a conexão cuidadosa dos sensores, atuadores e microcontroladores de acordo com um esquema elétrico predefinido. Esta configuração proporcionou uma integração eficiente entre os componentes, permitindo a coleta precisa de dados e a realização de ações específicas em resposta às condições do ambiente agrícola.

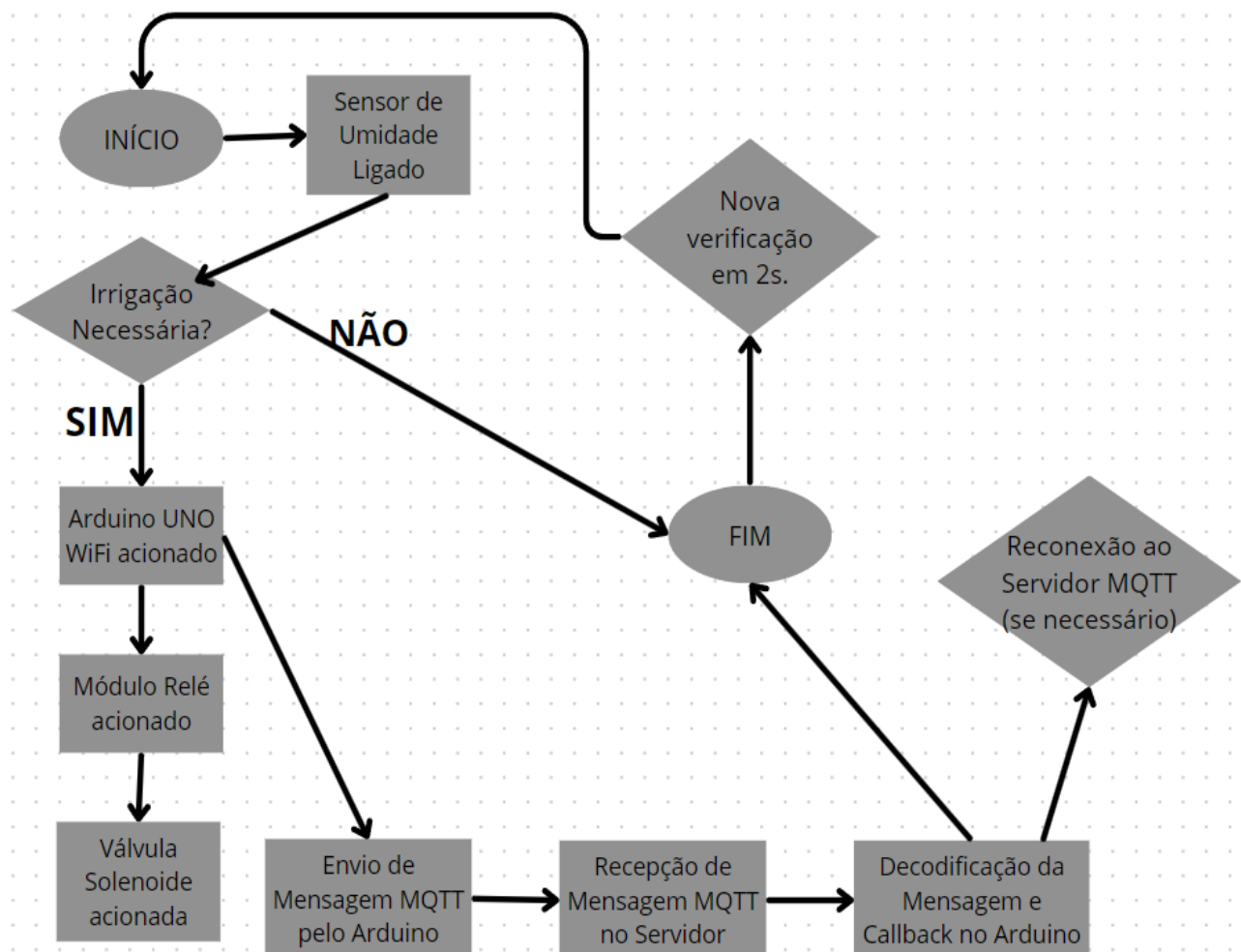
O código foi elaborado e implementado no microcontrolador, neste caso, o Arduino WiFi, com o objetivo principal de processar os dados provenientes dos sensores de umidade do solo. Ao detectar variações nos níveis de umidade, o código determina se a irrigação é necessária ou se deve ser interrompida. Essa inteligência embarcada permite que o sistema responda dinamicamente às condições do solo, otimizando o uso da água na agricultura.

De forma notável, a conectividade do protótipo foi estendida além dos limites físicos do sistema

por meio da implementação do protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). Essa adição é fundamental para possibilitar a comunicação assíncrona e bidirecional entre o Arduino WiFi e um servidor MQTT, atuando como broker. Quando o código do Arduino determina a necessidade de irrigação, uma mensagem é formatada e enviada ao servidor MQTT, especificamente no tópico "Regando", como indicado pelo trecho de código apresentado anteriormente. Essa mensagem serve como um meio eficiente de informar outros dispositivos ou sistemas conectados sobre a decisão de iniciar o processo de irrigação.

Assim, a integração do protocolo MQTT na comunicação do protótipo contribui significativamente para a expansão do alcance do sistema, possibilitando a troca de informações em tempo real e a coordenação eficaz de ações entre dispositivos conectados, tornando-o um exemplo notável de agricultura inteligente e conectada.

#### 4.2.1 Fluxograma de funcionamento do protótipo



#### 4.2.2 Lista Descritiva de Materiais

Microcontrolador (Arduino WIFI); Sensor de Umidade do Solo; Protoboard Breadboard 400 Pontos Furos; Válvula solenoide; Cabo Wire Jumper 20cm 40 Fios fêmea-macho e macho-macho; Resistor 220 Ohms; Modulo Shield Rele 1 Canal 5v.

#### 4.3 Plataforma

A plataforma de prototipagem eletrônica adotada foi o Arduino. De acordo com Ayaz et al. (2019), o Arduino é uma escolha popular na agricultura de precisão, devido à sua ampla disponibilidade, facilidade de uso e suporte à comunicação via protocolo MQTT para a conectividade com a internet. No entanto, outras plataformas, como NodeMCU, também podem ser utilizadas com adaptações mínimas.

##### 4.3.1 Arduino

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto que oferece uma ampla gama de placas e módulos para criar sistemas embarcados personalizados. Uma das características distintivas do Arduino é sua linguagem de programação baseada em C ++, que é acessível mesmo para iniciantes na eletrônica e programação.

Além disso, o Arduino oferece uma comunidade ativa de desenvolvedores e uma biblioteca rica em recursos que simplifica a programação de dispositivos e a integração de sensores e atuadores. A plataforma suporta uma variedade de interfaces de comunicação, incluindo UART, I2C e SPI, o que facilita a conexão de sensores e atuadores ao sistema.

No contexto da Agricultura Inteligente, o Arduino desempenha um papel fundamental como o cérebro do sistema. Ele coleta dados de sensores de umidade do solo e outros parâmetros relevantes. Esses dados são então processados para determinar a quantidade de água e tempo de irrigação ideal necessário para as plantações. A integração com serviços web, como o protocolo MQTT, permite o monitoramento remoto e a gestão dos sistemas de irrigação, proporcionando aos agricultores acesso a dados em tempo real e controle conveniente, mesmo à distância.

##### 4.3.2 Protocolo MQTT

O protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) é um protocolo de comunicação leve e eficiente que desempenha um papel fundamental na capacidade de conectar o protótipo da Agricultura Inteligente à internet. Ele é projetado para situações em que a largura de banda é limitada e a confiabilidade da conexão é essencial. O MQTT utiliza um modelo de

publicação/assinatura, em que os dispositivos podem publicar informações em tópicos específicos e outros dispositivos podem se inscrever nesses tópicos para receber atualizações em tempo real. Essa abordagem torna o MQTT ideal para a Agricultura Inteligente, onde é crucial a capacidade de monitorar e controlar o sistema remotamente. Através do protocolo MQTT, os agricultores podem acessar dados em tempo real e ajustar as configurações do sistema de irrigação e fertilização a partir de qualquer lugar com conectividade à internet, contribuindo para uma gestão mais eficaz e sustentável da agricultura.

A utilização do MQTT também oferece a vantagem de manter a integridade dos dados e garantir a entrega confiável de mensagens, mesmo em condições de conectividade instável. Isso é essencial para garantir que os dados dos sensores sejam precisos e que as ações dos atuadores sejam executadas de forma confiável, contribuindo assim para o sucesso da Agricultura Inteligente.

A versatilidade e a escalabilidade do Arduino tornam-no uma escolha sólida para a Agricultura Inteligente, permitindo a criação de soluções personalizadas e adaptáveis às condições específicas de cada cultivo.

O protótipo da Agricultura Inteligente demonstra como sensores e atuadores podem ser integrados para melhorar a eficiência hídrica, aumentar a produtividade agrícola e reduzir o impacto ambiental. Isso contribui para uma abordagem mais sustentável na agricultura, onde a gestão dos recursos agrícolas se torna mais eficaz.

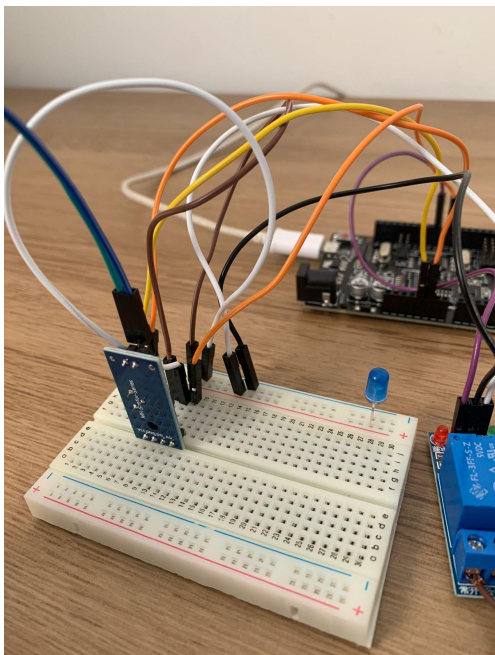
## **5. Resultados**

### **5.1 Funcionamento**

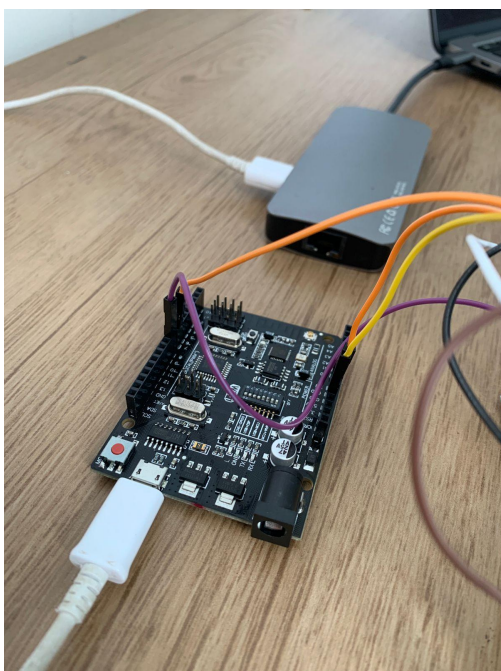


Sensor de umidade de solo, ligado a placa Protoboard Breadboard, realizando verificação do solo a cada dois segundos.

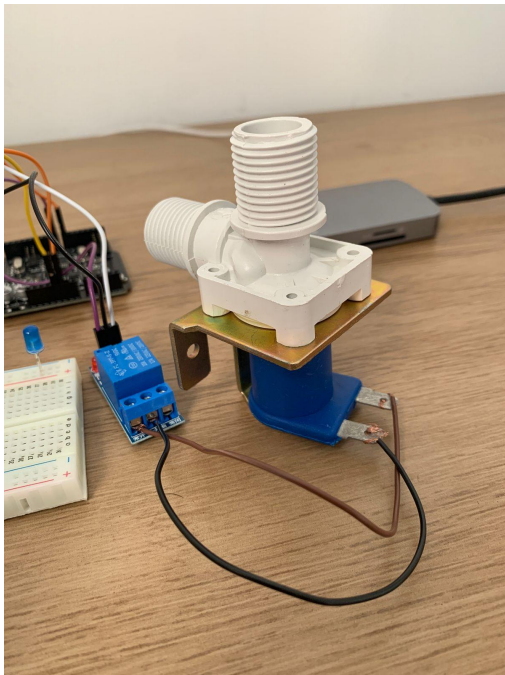




Protoboard Breadboard com Jumpers conectados e led, indicando estar energizado.



Arduino utiliza um módulo de comunicação ESP8266 para estabelecer a conexão com um servidor MQTT. Quando o Arduino determina que a irrigação é necessária com base nas leituras do sensor, ele envia um sinal para acionar o módulo relé. O módulo relé é um dispositivo chave nesta etapa, pois atua como um interruptor elétrico controlado pelo Arduino.



O módulo relé, ao ser acionado pelo Arduino, completa o circuito elétrico que alimenta a válvula solenoide. Isso resulta na ativação da válvula solenoide, permitindo a liberação controlada da água para a irrigação.

Overview

Authentication & ACL

Monitor

Metrics

Alerts

Online Test

Client Connections Guide

Settings

Monitor

Deployments ⓘ

Refresh

Sessions

1

Total TPS

0 per second

Total messages sent

0 per second

Total messages received

0 per second

Retained messages

0

Topics

1

Subscriptions

1

Shared subscriptions

0

Clients

Client ID

Username

Search

Reset

More

Client ID	Username	IP Address	Keepalive	Protocol Type	Status	Connected At	Actions
emqx_cloud6685fe	teste123	201.26.82.97:60322	60	MQTT	Connected	2023-11-18 16:35:19	Kick Out

O Arduino, agora conectado ao servidor MQTT, pode publicar mensagens em tópicos específicos. Essas mensagens podem conter dados de sensores, estados de dispositivos ou qualquer outra informação relevante.

Irregador

Disconnect

▲ testtopic/#

QoS 0

Topic: testtopic/1 QoS: 0

{ "message": "Regando" }

2023-11-18 16:35:34

## 5.2 Cálculos

Núm. medida	Sensor/Atuador	*Tempo de Resposta (segundos)
1 2 3 4	Sensor de Umidade	0.8 0.7 0.9 0.9    média = 0.82 s
1 2 3 4	Atuador (válvula)	1.5 1 1 1.5    média = 1.25 s

\*Dados coletados levando em conta que a verificação da umidade do solo é feita a cada dois segundos.

## 5.3 Links

Repositório GitHub:

<https://github.com/CrisKite12/ObjetosIntel/tree/main>

Vídeo-demonstração no YouTube:

<https://youtu.be/SNbAfN3IRDQ>

## **6. Conclusão**

Diante da implementação do protótipo de Agricultura Inteligente baseado em Arduino e integração com o protocolo MQTT, podemos avaliar se os objetivos propostos foram alcançados, os principais problemas enfrentados, as vantagens e desvantagens do projeto, além de identificar possíveis melhorias.

Os objetivos propostos para o projeto foram alcançados. A implementação eficaz de sensores, atuadores e a integração com o protocolo MQTT demonstraram a viabilidade do sistema de Agricultura Inteligente. A utilização do Arduino como cérebro do sistema proporcionou um monitoramento preciso da umidade do solo e a tomada de decisões para otimizar a irrigação.

Os principais problemas enfrentados durante o projeto incluíram a inexperiência com hardware e a implementação do protocolo MQTT. Contudo, essas dificuldades foram superadas por meio de pesquisa, testes práticos e consultas à comunidade Arduino. A integração do protocolo MQTT exigiu um entendimento aprofundado da configuração, endereçamento e autenticação, superados com a implementação cuidadosa e revisão do código.

As vantagens do projeto incluem a automação inteligente na agricultura, permitindo uma gestão eficiente da irrigação com base em dados em tempo real. A utilização do MQTT proporciona uma comunicação assíncrona e bidirecional, ampliando o alcance do sistema para uma coordenação eficaz entre dispositivos conectados. No entanto, as desvantagens incluem desafios técnicos e econômicos, como a escolha adequada de sensores, a calibração precisa e a segurança das informações transmitidas.

Para aprimorar o projeto, é recomendável investir em capacitação específica em hardware e protocolos de comunicação para mitigar desafios de inexperiência. Além disso, a implementação de técnicas de aprendizado de máquina pode melhorar a precisão das decisões do sistema com base nos dados coletados. A expansão do projeto para incorporar mais variáveis agronômicas e a interoperabilidade com outros dispositivos inteligentes também podem contribuir para a evolução do sistema.

## **7. Considerações Finais**

O projeto de Agricultura Inteligente apresenta um passo promissor em direção a práticas agrícolas sustentáveis e eficientes. Superando desafios iniciais, o protótipo destaca a importância da integração entre hardware, software e protocolos de comunicação para alcançar uma agricultura mais inteligente e conectada. O caminho para o aprimoramento contínuo envolve aprendizado constante, inovação e a adaptação do sistema às demandas dinâmicas da agricultura moderna.

## Referências

ARDUINO. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 20 set 2023.

AMMAD-UDDIN, M.; AYAZ, M.; MANSOUR, A.; M. AGGOUNE. SHARIF, Z. *Internet of Things in Agriculture: Implementation and Applications*. **IEEE Access**. University of Tabuk, Tabuk, Saudi Arabia, 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8784034>>. Acesso em: 16 out 2023.

BACA, J. F. M.; BHERING, S. B.; CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C. S.; TANAKA, A. K. Estrutura e organização dos sistemas de informação georreferenciados de solos do Brasil (SIGSOLOS - Versão 1. 0). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 28, n. 5, p. 865-876, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000500009>>. Acesso em 17 out 2023.

BERNARDI, A. C; NAMASU, Y. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. **Embrapa Instrumentação**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1002959/agricultura-de-precisao-resu>  
[ltados-de-um-novo-olhar](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1002959/agricultura-de-precisao-resu)>. Acesso em 17 out 2023.

BRINDAL, M.;TEY, Y. *Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications*. **Springer Science+Business Media**. LLC 2012. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/257640209\\_Factors\\_influencing\\_the\\_adoption\\_of\\_precision\\_agricultural\\_technologies\\_A\\_review\\_for\\_policy\\_implications](https://www.researchgate.net/publication/257640209_Factors_influencing_the_adoption_of_precision_agricultural_technologies_A_review_for_policy_implications)>. Acesso em: 16 out 2023.

FRITZING. Disponível em: <<https://fritzing.org/>>. Acesso em 16 out 2023.

SILVA, A. M.; MUXITO, E. M. Agricultura Inteligente – Proposta de Automação de Pivôs e Canais de Irrigação com Prototipação por Arduino e Webservice. **V Congress of Industrial Management and Aeronautical Technology**. FATEC-SJC, 2018. Disponível em: <<https://publicacao.cimatech.com.br/index.php/cimatech/article/view/124/2>>. Acesso em: 29 ago 2023.