
PROTÓTIPO DE APARELHO AUTÔNOMO DE MEDIÇÃO DE UMIDADE DO SOLO VIA DISPOSITIVO MÓVEL

Abner Adriel Oliveira de Campos
abner.campos5@etec.sp.gov.br
Etec Doutor Dario Pacheco Pedroso
Alan Almeida de Oliveira
alan.oliveira143@etec.sp.gov.br
Etec Doutor Dario Pacheco Pedroso
Albano Lopes de Barros Neto
albano.barros@etec.sp.gov.br
Etec Doutor Dario Pacheco Pedroso
Felipe Senji Kurihara Barros Morita
felipe.morita01@etec.sp.gov.br
Etec Doutor Dario Pacheco Pedroso
Pamela Luzia Nogueira Araujo
pamelaluzia20@gmail.com
Etec Doutor Dario Pacheco Pedroso
Pedro Henrique Bastocellis
pedrobastocellis7@gmail.com
Etec Doutor Dario Pacheco Pedroso
Diego da Silva Queiroz
diego.queiroz3@etec.sp.gov.br
Etec Doutor Dario Pacheco Pedroso
Alexandre Camargo da Silva
alexandre.silva808@etec.sp.gov.br
Etec Doutor Dario Pacheco Pedroso

Resumo: A crescente demanda por produtos agrícolas nas últimas décadas aumentou significativamente. Logo, por meio da agricultura 4.0, (ou agricultura de precisão) que se mostra uma solução para muitos dos problemas causados por essa demanda, possibilitou a produção em maior escala e menos perdas de matéria-prima, como a água. Com isso, o estudo em questão objetiva abordar sobre um sistema de monitoramento de umidade remoto que possibilita a redução de desperdícios de água e ademais custos de operação, para a maior efetividade da cultura. O protótipo apresentado se mostrou eficiente em diversos aspectos, dando destaque a sua praticidade, o monitoramento em tempo real possibilitou uma irrigação no tempo adequado e sem desperdícios aos limites impostos. Além disso, o sistema possui possibilidades de expansão, estipulado como forma de exemplo nos canteiros da ETEC Doutor Dario Pacheco Pedroso no município de Taquarivaí, interior de São Paulo, mais conhecida como colégio agrícola de Taquarivaí. Julga-se necessária a implementação desse modelo no colégio agrícola, principalmente pelo fato da escola não contar com número suficiente de funcionários para irrigação manual aos finais de semana e feriados, haja vista que nos períodos mencionados os horários de trabalho são no modelo de escala. Também serve de implemento de outras ideias ao programa central por ser versátil. A elaboração também se mostra sustentável visto que integra um painel solar como fonte de energia principal, fonte essa que é renovável e tenta se adequar da melhor forma ao meio ambiente. Além disso, o protótipo também possui valor educacional por ter sido efetuado por alunos e dirigido por professores de diferentes componentes curriculares, sendo um projeto interdisciplinar.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão, Internet das Coisas (IoT), Sensor de Umidade do Solo, ESP32, Automação Agrícola

1. Introdução

A gestão do uso da água constitui um dos principais desafios enfrentados pela agricultura moderna, especialmente em um contexto de crescente demanda por alimentos e de restrições hídricas em diversas regiões do planeta. A irrigação, enquanto um manejo agrônomo fundamental, apresenta estreita relação com a umidade do solo, variável essencial para o desenvolvimento fisiológico das plantas, a maximização da produtividade agrícola e a conservação dos recursos naturais (CARVALHO, 2016). Contudo, quando empregada sem a devida atenção, a irrigação pode acarretar desperdícios hídricos, elevação nos custos operacionais e impactos ambientais adversos — uma condição ainda prevalente em sistemas agrícolas convencionais (G1, 2015 apud CAMPOS et al., 2022).

Nesse contexto, a agricultura de precisão tem avançado como um campo competitivo, por integrar tecnologias capazes de otimizar a aplicação de insumos e oferecer informações diretas ao agricultor. Entre as soluções mais recentes, destacam-se os sistemas baseados na Internet das Coisas (IoT), que permitem a coleta e análise de dados em tempo real, facilitando o monitoramento contínuo de parâmetros essenciais e a automação de processos agrícolas (CARRION; QUARESMA, 2019). Dispositivos como o Arduino e, mais recentemente, o ESP32, vêm sendo amplamente integradas em projetos que unem baixo custo e facilidade de implementação (MARINHO, 2012; OLIVEIRA, 2019).

Pesquisas recentes evidenciam o potencial da automação na gestão hídrica. Adolphs (2020) propõe um sistema de irrigação monitorada para hortas, destacando a diminuição do esforço humano e a otimização do aproveitamento da água. De forma semelhante, Ribeiro, Valle Junior e Martins (2022) criaram a “Hortomação”, que integra IoT ao contexto educacional, ressaltando também o valor didático da aplicação dessas tecnologias. Já Carvalho (2016) investiga a aplicabilidade de sensores de umidade movidos a energia solar, ampliando as perspectivas de uso em ambientes agrícolas sustentáveis.

Para se alcançar esses resultados favoráveis destacados pela literatura, existem alguns desafios, como os altos custos de implantação e a limitação de acesso por parte dos pequenos agricultores. Nesse contexto, o desenvolvimento de protótipos de baixo custo, com uso simplificado e aptos a transmitir informações em tempo real para aparelhos móveis, configura-se como uma solução estratégica para ampliar o acesso às tecnologias digitais no meio rural (SOUZA et al., 2021).

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi propor o desenvolvimento de um protótipo voltado à automatização da medição da umidade do solo por meio de dispositivos móveis. Para atingir tal finalidade, utilizou-se o microcontrolador ESP32 em conjunto com um sensor de umidade anticorrosivo, ambos integrados a uma plataforma em nuvem que possibilita o acompanhamento contínuo dos dados. O projeto busca aliar baixo custo, precisão e aplicabilidade prática, visando atender tanto a contextos educacionais e de pesquisa quanto ao setor agrícola de forma mais ampla.

Este estudo trata de temas como agricultura de precisão, Internet das Coisas (IoT) e automação no campo, e está dividido em três partes principais: a importância de acompanhar a umidade do solo para tornar a produção agrícola mais sustentável; como a IoT ajuda a conectar sensores e plataformas digitais para coletar e analisar dados; e a aplicação prática do protótipo desenvolvido, destacando seu uso educativo e seu potencial para trazer novas ideias ao setor.

2. Materiais e Métodos

2.1 Materiais

Tabela 1. Lista de materiais

Materiais	Quantidade	Custo médio
Placa Esp32 Wifi Bluetooth 30 Pinos	1 unidade	R\$ 35,99
Sensor umidade solo anticorrosivo	1 unidade	R\$ 33,00
Placa ilhada	1 unidade	R\$ 46,90
Jumpers	1 kit	R\$ 15,19
bateria 3,7V recarregável LiPo	1 unidade	R\$ 33,25
cola quente	1 unidade	R\$ 38,97
placa solar 6V 1W ou 2W	1 unidade	R\$ 35,95
caixa plástica	1 unidade	R\$ 33,78
suporte para bateria	1 unidade	R\$ 19,22
alicate decapador	1 unidade	R\$ 32,14
Ferro de solda	1 unidade	R\$ 27,99

Tabela 1 - Materiais necessários para montagem de um protótipo de um dispositivo de medição de umidade autônomo, bem como a quantidade e custo de cada item.

2.2 Métodos

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um aparelho autônomo de medição de umidade do solo via dispositivo móvel. O projeto foi desenvolvido por alunos com o acompanhamento de professores de diferentes componentes curriculares de forma interdisciplinar, buscando solucionar um problema iminente identificado na horta da escola, como a irrigação inadequada e a falta dela em finais de semana e feriados, cujo número de trabalhadores é reduzido devido ao sistema de escala.

No decorrer do levantamento bibliográfico, foi decidido a utilização do microcontrolador ESP32 devido às suas vantagens em relação a outros modelos, especialmente em aplicações de Internet das Coisas (IoT). Para a medição, foi escolhido um sensor resistivo de umidade do solo anticorrosivo, adequado por sua resistência e durabilidade.

A execução do projeto envolveu a colaboração de professores da instituição, que auxiliaram na montagem do protótipo, incluindo a soldagem dos componentes na placa ilhada e a programação do microcontrolador.

2.2.1 Passo a passo da montagem e teste do dispositivo

1. Escolha dos componentes: Foram selecionados os componentes mais adequados, considerando desempenho e custo-benefício.
2. Escolha do local: O desenvolvimento e os testes preliminares ocorreram no laboratório de Química, enquanto a instalação final foi realizada na horta da escola.
3. Montagem do circuito: Utilizando ferro de solda, foram fixados na placa ilhada o ESP32, o módulo do sensor e o conector para bateria. Em seguida, realizaram-se as ligações entre o conector para bateria e o ESP32, e entre o ESP32 e o módulo do sensor. Por último, o sensor foi conectado ao módulo.
4. Programação do microcontrolador: Foi instalado o aplicativo Arduino IDE em um computador. Posteriormente foram adicionadas as bibliotecas necessárias para o

microcontrolador e configurado a rede Wi-Fi (SSID e senha); o servidor MQTT, porta, usuário e senha; e o tópico MQTT para enviar a umidade.

5. Configuração do site: No site www.hivemq.com foram inseridas as mesmas credenciais programadas no ESP32 (host, port, username e password). Na seção "Add New Topic", foram definidos o QoS e o topic conforme a configuração do microcontrolador. Em seguida, o sensor foi calibrado para ajustar corretamente os valores percentuais de umidade, além de se determinar o intervalo de leitura e envio dos dados para a plataforma.
6. Teste do protótipo: Para o experimento, utilizaram-se três recipientes com terra com diferentes teores de umidade: copo 1 ($\approx 0\%$), copo 2 ($\approx 50\%$) e copo 3 ($\approx 100\%$). O sensor foi inserido em cada um deles, realizando-se ajustes e calibrações até que os valores exibidos no site correspondem corretamente à umidade real.

Figura 1. Protótipo montado.



Dados do instrumento de medição de umidade, sendo exibidos no dispositivo móvel.

Fonte: A autoria própria (2025)

3. Resultados e Discussão

A instalação de sensores de umidade que permitem a gestão virtual da porcentagem de umidade (na área de plantio a ser instalada), se mostra eficaz, por promover um manejo mais adequado a plantios que necessitam de um controle rigoroso de umidade, além de ser uma forma eficiente de evitar despesas e desperdícios de água pelos microaspersores.

A análise geral do projeto é fundamentada em 3 pilares:

1. Custo-benefício: Pilar esse que se mostra imponente no referente trabalho por possuir uma eficiência que evita margens para qualquer desperdício de água. Porém, ainda sendo um problema para a implementação em grande escala para pequenos produtores.
2. Eficiência: A eficiência apresentada pelo instrumento se mostra dentro do padrão esperado possuindo boa resposta aos experimentos com pequenas divergências em uma troca repentina de umidade, se estabilizando dentro do limite estipulado de tempo.
3. Segurança na Implementação: Dentre a algumas adversidades o esquema se mostra seguro a respeito de sua implementação na agricultura. Contudo, deve se instalá-lo

em local adequado, como exemplos “casinhas” de material isolante, que impossibilite a entrada de possíveis agentes corrosivos nos módulos e demais sensores; em exceção do sensor de umidade que é anticorrosivo.

3.1 Implementação em larga escala

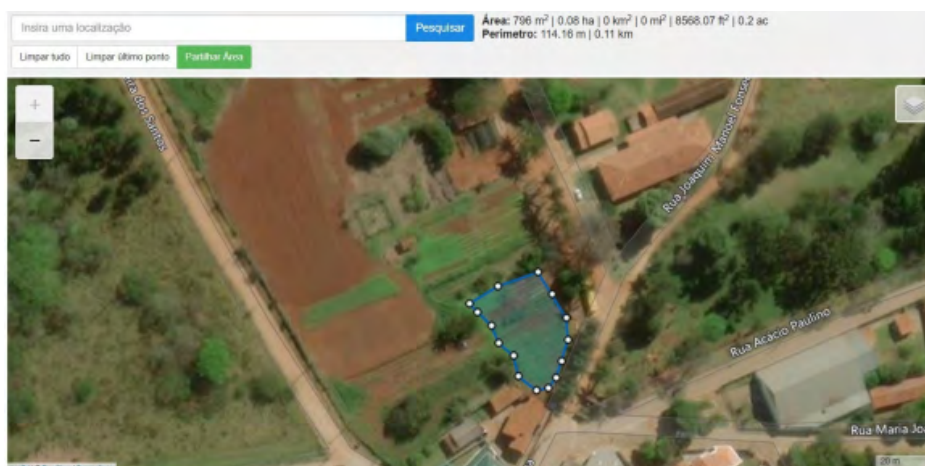


Figura 2. Área da horta do colégio calculada.

Área em azul destacada demonstra local da área de cultivo e tamanho (em escala) da localização feita pelo aplicativo Calcmaps. Fonte: Autoria própria (2025).

A área da horta da escola possui aproximadamente 796 m². Levando em conta que os micro aspersores (raio = 3m) situados no colégio alcancem aproximadamente 28 m², valor dado por: $\pi \cdot r^2$ onde temos que com $\pi \cdot 3^2 = 9 \cdot \pi \approx 28 \text{ m}^2$. Valor de raio comum entre micros aspersores.

Assim, juntamente aos valores apresentados na tabela 1, materiais necessários para montar um protótipo, pode-se fazer uma estimativa de investimento aproximado para implementação dessa tecnologia na horta do colégio.

Para tal, dividiu-se a área da horta (796 m²) pela área aproximada de cobertura de um microaspersor (28,27 m²) e obteve-se o número mínimo de 29 microaspersores. O total investido para um microaspersor foi de R\$ 352,38, porém, desse valor subtraiu as quantias referentes a materiais permanentes como a cola quente, o ferro de solda e o alicate decapador, R\$ 99,10, chegando ao valor de R\$ 253,28 necessários para os demais aparelhos.

Sendo assim, o valor final foi obtido pelo cálculo $352,38 + 28 \times 253,38$, resultando no total R\$ 7.444,22. Esse valor, apesar de substancial, pode ser recompensado evitando os antigos desperdícios de água, além de ocasionar uma maior produção em relação a plantios, que ficam vulneráveis sem esse controle. Além de tudo, como boa parte dos canteiros do colégio são para trabalhos de conclusão de curso, permite que não sofram danos devido ao excesso ou falta de irrigação. Com isso, se nota que para a implementação em outras áreas basta efetuar os mesmos cálculos para o terreno desejado ou em estufas, que terão resultados semelhantes a essa medição.

4. Considerações Finais

Conclui-se com este trabalho que o desenvolvimento do aparelho, realizado na ETEC Dr. Dario Pacheco Pedroso, na cidade de Taquarivaí - SP, foi bem-sucedido, atendendo as expectativas iniciais, sendo capaz de coletar dados do teor de umidade no solo, enviando e recebendo informações remotamente via dispositivo móvel.

Além de contribuir com a sustentabilidade e economia dos recursos naturais, o projeto promove uma iniciativa pedagógica, onde os alunos e professores tiveram participação total no projeto, utilizando as bases tecnológicas ensinadas em sala de aula, realizando a integração de sistemas IoT e agricultura de precisão.

Em relação a implementações futuras, o sistema por ser desenvolvido com o ESP32, pois é facilmente customizável para se adaptar a diferentes integrações e finalidades a dependerem do cultivar. A seguir, estão possíveis ideias que podem ser implementadas. O dispositivo juntamente a uma bomba d'água (tamanho de acordo com a área) e alguns outros sensores, pode irrigar o plantio conforme se atinja uma umidade abaixo do esperado naquela plantação, interrompendo a irrigação no momento que voltasse ao padrão, assim, evitando possíveis perdas e tendo um manejo mais autônomo no plantio, trabalho esse que por micro aspersão não seria viável. No mesmo modo, também é possível controlar a temperatura ideal do plantio, através de um intervalo de mínimo e máximo de temperatura, para que a planta não estresse por amplitude térmica.

5. Referências

ADOLPHS, R. S. Projeto: sistema de irrigação automático supervisionado para hortas. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/217376/001120677.pdf?sequence=1>. Acesso em: 03 set. 2025.

CALCMAPS. CalcMaps [aplicativo]. 2014. Disponível em: <https://www.calcmaps.com>. Acesso em: 5 set. 2025.

CARRION, P.; QUARESMA, M. Internet da Coisas IoT: definições e aplicabilidade aos usuários finais. *Human Factors in Design*, Florianópolis, v. 8, n. 15, p. 49-66, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/hfd/article/view/2316796308152019049>. Acesso em: 03 set. 2025.

CARVALHO, Matheus Souza de. Sensor para monitoramento de umidade do solo utilizando energia solar. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Software) – Universidade Federal do Ceará, Campus Quixadá, Quixadá, 2016.

G1 – Jornal Nacional (Globo.com). Maiores casos de desperdício de água estão na agricultura e na indústria. *G1*, 27 mar. 2015. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/03/maiores-casos-de-desperdicio-de-agua-estao-na-agricultura-e-na-industria.html>. Acesso em: 3 set. 2025.

MARINHO, M. Introdução ao Arduino. 2012. Disponível em: https://www.academia.edu/5229813/Introdu%C3%A7%C3%A3o_ao_Arduino. Acesso em: 03 set. 2025.

OLIVEIRA, J. Arduino, ESP32 e ESP8266: comparação. 2019. Disponível em: <https://xprojetos.net/arduino-esp32-e-esp8266-comparacao/>. Acesso em: 03 set. 2025.

RIBEIRO, Marcos M. A.; VALLE JUNIOR, Osvaldo; MARTINS, Cristiano P. HORTOMAÇÃO: sistema de automação de horta utilizando iot em parceria com escola estadual. *Jales*, 2022.

SOUZA, J. S. et al. Utilização da plataforma open-source Arduino para o controle de um sistema de irrigação de horta caseira baseado em lógica Er. 2021. Disponível em: http://www.netlogconference.com/proceedings/papers/NETLOG_2020_paper_80.pdf. Acesso em: 03 set. 2025.