

Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado de baixo custo

Diogo Giomo¹
Carlos Eduardo Camargo Nogueira²
Márcio Antonio Vilas Boas³
Matheus Schmidt⁴
Jair Antonio Cruz Siqueira⁵

Resumo

Atualmente, a irrigação é fundamental para o desenvolvimento de várias culturas agrícolas. Em muitas regiões do mundo, não era possível produzir alimentos devido à falta de chuvas. Hoje a irrigação alterou esse cenário, proporcionando o cultivo o ano todo. No entanto, muitos agricultores não possuem conhecimentos técnicos para o manejo dessa prática, logo, irrigam de forma empírica, assim, prejudicando o solo, as plantações e desperdiçando água e energia elétrica. Diante a escassez de água, é essencial que seu uso seja feito de forma consciente e aprimorada. Nessa linha, muitos sistemas automatizados de irrigação auxiliam os agricultores a otimizar o uso da água nas práticas agrícolas, porém, esses sistemas possuem custos elevados, não sendo viáveis para os pequenos agricultores. Sendo assim, esse trabalho visa apresentar um sistema de irrigação automático de baixo custo, possibilitando a irrigação sem intervenção humana e coleta de dados através de um aplicativo móvel. Para isso, foi realizada a calibração dos sensores e após isso, desenvolvido um protótipo com três sensores de umidade do solo (em diferentes posições), válvula solenoide, microcontrolador *Raspberry* e computação em nuvem, onde a automação coletou dados e armazenou em um serviço online, assim, disponibilizando essas informações para visualização através de um aplicativo móvel via internet. Dessa forma, o sistema atingiu o objetivo de controlar a irrigação, mantendo a umidade do solo adequada para a cultura escolhida, com um custo final de R\$ 290,81.

Palavras-chave: Irrigação automática; Sistema de baixo custo; Eficiência no uso da água.

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. E-mail: giomodiogo@gmail.com

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE

³ Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE

⁴ Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE

⁵ Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE

Abstract

Currently, irrigation is essential for the development of various agricultural crops. In many regions of the world, where it was not possible to produce food due to the lack of rain, irrigation has now changed this scenario, providing cultivation throughout the year. However, many farmers do not have technical knowledge to manage this practice, so they irrigate empirically, thus damaging the soil, the plantations and wasting water and electricity. In view of the scarcity of water, it is essential that its use be made in a conscious and improved way. Along these lines, many automated irrigation systems help farmers to optimize the use of water in agricultural practices, however, these systems have high costs and are not viable for small farmers. Therefore, this work aims to develop a low-cost automatic irrigation system, allowing irrigation without human intervention and data collection through a mobile application. For this, the sensors were calibrated and after that, a prototype was developed with three soil moisture sensors (in different positions), solenoid valve, *Raspberry* microcontroller and cloud computing, where automation collected data and stored it in an online service, thus making this information available for viewing through a mobile application via the internet. Therefore, the system achieved the objective of controlling irrigation, maintaining the soil moisture suitable for the chosen crop, with a final cost of R\$ 290.81.

Keywords: Automatic irrigation; Low cost system; Efficiency in the use of water.

1. Introdução

O grande desafio da agricultura moderna é conseguir produzir mais alimentos com menos recursos. A tecnologia é uma aliada para otimizar essas produções e minimizar os impactos ambientais, sem diminuir a qualidade dos produtos. Isso pode ser observado nas práticas de irrigação, que possibilitam o controle das culturas de forma eficiente, sem desperdício de energia elétrica e de água.

Por outro lado, muitos agricultores não possuem acesso a essas tecnologias, devido à falta de conhecimento técnico e o alto custo de instalação. Sendo assim, eles utilizam métodos empíricos para a aplicação de água em suas lavouras, aumentando o uso desse recurso. Fica evidente que a falta de controle no processo de irrigação causa prejuízos para o produtor rural que já enfrenta a competitividade

no mercado agrícola, com o risco de diminuir a qualidade dos produtos e aumentar seus custos de produção.

Dessa maneira, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) aponta que 70% de toda a água doce disponível no mundo é utilizada para agricultura, sendo a irrigação a maior consumidora. (FAO, 2009). Segundo Azevedo (2002), é comum a utilização de bombas elétricas para levar a água dos reservatórios até as áreas irrigadas, e com o aumento dos custos da energia elétrica, se torna cada vez mais importante a utilização de técnicas para o controle adequado das culturas, assim possibilitando uma diminuição nos custos dos sistemas de irrigação.

Portanto, a necessidade de um sistema para a automação da irrigação, acessível para produtores rurais, é essencial, porque possibilitará que o processo de irrigação seja feito de forma eficaz, sustentável, em qualquer horário e sem a necessidade de intervenção humana.

1 1. A agricultura e seus desafios

A FAO estima que a população mundial chegará a 9,1 bilhões em 2050. A urbanização continuará em constante crescimento e a população rural em declínio (FAO, 2009). Para Bruinsma (2009), no período de 2005/07 a 2050, a produção agrícola precisaria aumentar aproximadamente 70% para atender as demandas nutricionais da população, da mesma forma, Tilman et al. (2011) afirmam que a produção de alimentos precisará dobrar para o mesmo período. Sendo que a maior preocupação é se haverá água doce suficiente para manter as práticas não agrícolas e agrícolas, observando que, a irrigação é a maior consumidora desse recurso (BRUINSMA, 2009).

Da mesma maneira, Pereira (2017) explica que a água e a irrigação são os fatores mais importantes para atingir a segurança alimentar e a produção de alimentos para uma população em constante crescimento. Assim, a irrigação trouxe diversos avanços para a produção agrícola em diversas regiões do mundo, no

entanto, o mal-uso, não intencional, da água para essa prática, vem causando efeitos colaterais, em escala mundial, como fechamento das bacias dos rios, esgotamento da água subterrânea e poluição severa da água (FALKENMARK, 2013). Com isso, Beer et al. (2009) destacam que existe uma grande comoção, para otimização do manejo da água nas práticas de irrigação.

Em razão disso, os pequenos agricultores se encontram obrigados a buscar novas tecnologias que contribuam para o aumento da produtividade, substituindo o trabalho humano. Segundo Euclides Filho et al. (2011), a melhoria de vida, de renda e o apoio aos produtores de pequeno porte serão fundamentais para alimentar uma superpopulação, que futuramente será em sua maior parte idosos e estará nas áreas urbanas.

1 2. Necessidade hídricas das culturas

O desenvolvimento das culturas agrícolas está intimamente ligado à disponibilidade hídrica da região, dessa forma, em determinadas épocas do ano, a produção diminui consideravelmente, devido à falta de água (FERNANDES et al., 2016). O déficit hídrico nos cultivos prejudica o crescimento e o desenvolvimento das plantas no mundo todo, visto que os povos sumérios já buscavam maneiras para o aproveitamento dos recursos hídricos.

Dessa maneira, a escassez de água nas práticas agrícolas é um dos principais fatores para a perda das lavouras (FARIAS et al., 2001). Independentemente de outros fatores, a disponibilidade de água é uma das principais condições para a produtividade agrícola, afetando a produção em ambientes com pouca disponibilidade desse recurso, no entanto, esses prejuízos podem ser minimizados com a capacidade que a cultura possui de resistir à seca (MORANDO et al., 2014).

Segundo Albuquerque et al. (2012), o setor agrícola é o que mais consome água, podendo variar de acordo com o tipo de plantação. O autor ainda explica que, com a escassez dos recursos hídricos, o controle do uso da água é indispensável.

Dessa forma, o manejo dos recursos hídricos, pode ser feito através da irrigação (FERNANDES et al., 2016). Contudo, Gomes et al. (2010) mostram que não basta apenas irrigar, é preciso conhecer a necessidade hídrica do cultivo, assim, utilizando lâminas de água que representam a real necessidade das plantas, tornando o processo de irrigação eficiente.

1 3. Sistemas de irrigação automatizados

A automação, de modo geral, transforma processos, tornando-os mais eficientes, e na maioria das vezes, sem a necessidade de intervenção humana. Com a irrigação, não é diferente. De acordo com Guimarães (2011), a utilização desses equipamentos trazem melhorias não apenas de caráter humano, como também promove o uso mais satisfatório de insumos e diminuição do custo de produção.

Dessa maneira, Reis (2015) explica que há uma grande evolução no uso de sistemas de irrigação automatizados, isso devido a visíveis resultados na melhoria do processo de cultivo, excluindo a necessidade de intervenção humana, além de otimizar o uso da água. Testezlaf (2013) defende que a irrigação automatizada apresenta economia dos recursos hídricos, pelo fato de conseguir controlar a quantidade de água aplicada nas culturas de forma precisa, economia de energia elétrica, quando utilizado motobombas, possibilitando o acionamento apenas quando realmente é necessário e também economia de mão-de-obra.

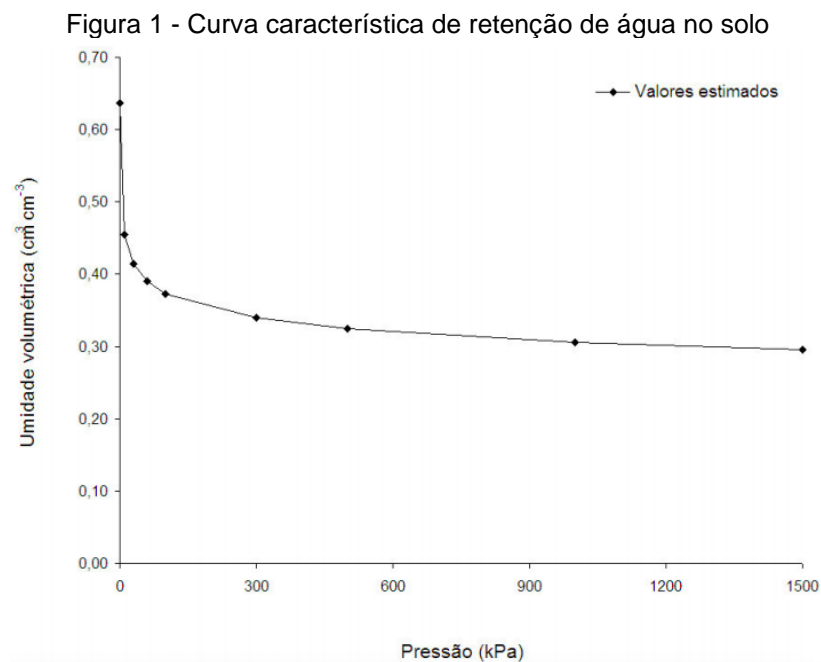
Para Gonçalves (2016), visto os grandes benefícios de automatizar um sistema de irrigação, ainda é possível agregar conceitos de sustentabilidade ao sistema automatiza, isso pode ser feito utilizando fontes de energias renováveis, por exemplo, energia fotovoltaica, como fonte de alimentação, assim, evitando o uso de energia elétrica.

2. Material e métodos

Este trabalho foi desenvolvido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), localizada no município de Cascavel, Paraná, com localização geográfica definida pelas coordenadas 24°59'13.3"S 53°26'58.8"W. A coleta do solo foi feita no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola (NEEA), próximo à rodovia BR 467 – Km 101, Cascavel - PR, com localização geográfica 24°53'59.85" latitude sul e 53°32'1.98" longitude oeste de Greenwich e altitude 750 m.

O solo utilizado para o experimento é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico, com relevo levemente ondulado e textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006).

Com isso, na Figura 1, é apresentada a curva característica de retenção de água no solo, que expressa a relação entre o conteúdo de água (cm^3/cm^3) e o potencial matricial de água no solo (força de ligação entre as moléculas de água e as partículas de solo).



Fonte: LUCAS, 2010.

Para esse trabalho, foram utilizados os valores obtidos pela câmera de Richards, sendo que o melhor ajuste para os valores pode ser representado pela Equação 1 (LUCAS, 2010).

$$\theta = 0,01778 + \frac{0,61906}{[1 + (0,44276 * \Psi_m)^{1,09074}]^{0,08319}} \quad (1)$$

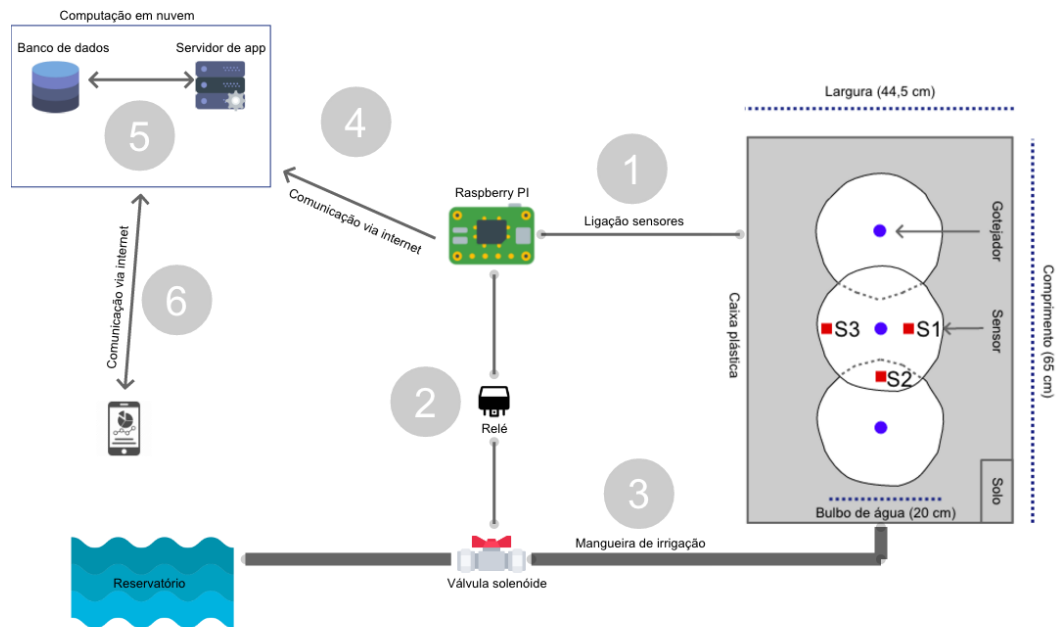
Em que:

- θ : Conteúdo de água do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$).
- Ψ_m : Potencial matricial ($\text{cm H}_2\text{O}$).

Para obtenção do conteúdo de água no solo (θ), é necessária a conversão de (kPa) para cmH_2O (Ψ_m).

Para o desenvolvimento do protótipo, foram utilizados os seguintes materiais: microcontrolador *Raspberry Pi*, sensores de umidade do solo capacitivo (S1, S2, S3), mangueira de irrigação 3/8", gotejador autocompensante, válvula solenoide, caixa plástica, relé, conversor de sinal analógico para digital e um smartphone. Na Figura 2, é apresentada uma ilustração com o lay-out completo do projeto.

Figura 2 - Projeto completo



Descrição das etapas do projeto, conforme a numeração apresentada na Figura 2.

1. Ligação dos sensores: A ligação dos sensores é a etapa onde os sensores são conectados ao microcontrolador, assim, possibilitando a captura de informações do solo.
2. Nesta etapa o *Raspberry* é conectado a um relé, que tem a função de ligar e desligar a válvula solenóide, e conseqüentemente, liberar ou bloquear o fluxo de água no solo.
3. A mangueira de irrigação é responsável por conduzir a água do reservatório para a caixa plástica.
4. Nesta etapa o microcontrolador envia os dados capturados para um serviço hospedado em nuvem, assim, possibilitando o acesso a informação de qualquer lugar do mundo, desde que tenha acesso a internet. Dessa maneira, todos os dados dos sensores são processados

pelo o *Raspberry*, e enviados imediatamente para o serviço de armazenamento.

5. O servidor e o banco de dados estão hospedados na nuvem. Nesse processo, as informações enviadas pelo sistema de automação chegam até o banco de dados.
6. Nesta etapa é feita a leitura de informações hospedadas na nuvem, o processo consiste em conectar-se em um aplicativo onde estarão disponíveis as informações para visualização.

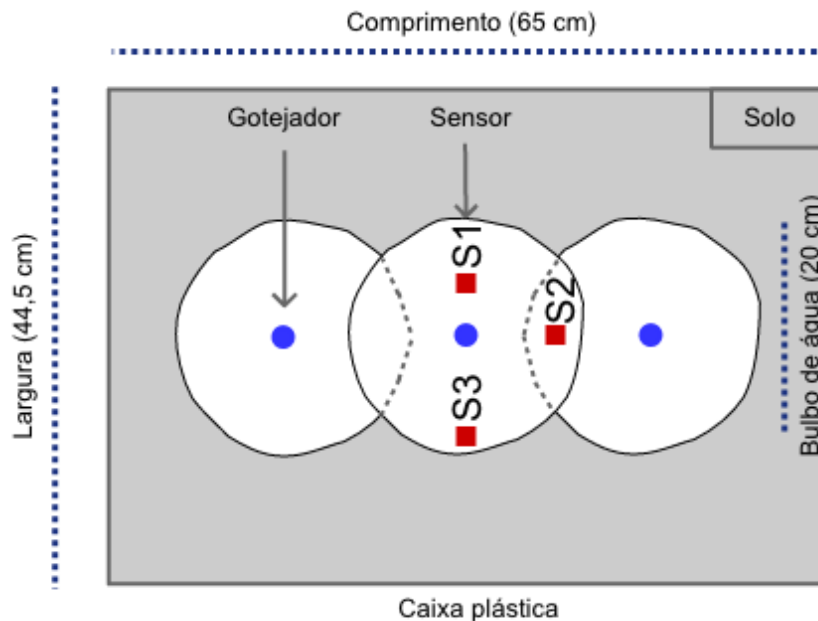
O experimento consiste no desenvolvimento de um software e na integração de hardwares (microcontrolador, válvula e sensores) para o controle automático da irrigação. A validação e testes do projeto foram feitos com variados níveis de umidade do solo (irrigado e posteriormente seco ao ar livre), de modo a verificar os acionamentos da válvula solenóide (abertura e fechamento) nas umidades pré-estabelecidas para a cultura. O software armazena os valores de umidade do solo e status da válvula (ligada/ desligada), possibilitando a apresentação de um gráfico que mostre a variação da umidade ao longo do tempo, em cada um dos sensores, e o horário de abertura e fechamento da solenoide (para determinação do tempo de irrigação em cada teste).

Desse modo, avaliando a curva de umidade de cada sensor, pode-se determinar o manejo mais adequado para a irrigação, considerando a necessidade hídrica de uma cultura hipotética, e o tempo em que a água demorou para infiltrar e se espalhar no solo. Além disso, foram determinadas, manualmente, a vazão de cada gotejador (consideradas constantes, em função dos gotejadores serem autocompensantes) e a área aproximada dos bulbos.

A caixa plástica com o solo foi preenchida com aproximadamente 20 cm de solo coletado, e foram colocados, na parte superior da mesma, três gotejadores em uma linha, separados 16 cm entre si. Cada gotejador cria um bulbo irregular entre 18 e 20 cm de diâmetro.

Dessa forma, após a calibração, os sensores foram adicionados de forma estratégica em três posições diferentes, e enterrados no solo a 5 cm de profundidade. Na Figura 3 é possível visualizar a caixa plástica em uma visão superior, junto com os gotejadores e os sensores.

Figura 3 - Estrutura do solo com sensores e gotejadores



Os gotejadores são identificados pelos círculos azuis, e cada um dos círculos irregulares (brancos) representam os bulbos formados pelos gotejadores (os três gotejadores foram ligados através da mangueira de irrigação). Já os quadrados vermelhos representam as posições dos sensores, sendo S1 (sensor 1), S2 (sensor 2) e S3 (sensor 3). Por fim, o solo é representado pelo preenchimento cinza, delimitando a área total da caixa plástica.

A Figura 4 mostra a configuração final do projeto, apresentando a caixa com o solo, sensores, gotejadores e mangueira, além do *Raspberry* com seus componentes.

Figura 4 - Protótipo em funcionamento



Na Figura 5, é apresentada a instalação da válvula solenoide. Foi utilizada uma mangueira mais flexível na base da válvula para facilitar o manuseio, evitando vazamentos, e depois conectada na mangueira de irrigação.

Figura 5 - Válvula solenoide



3. Resultados e discussão

A seguir, são apresentadas as curvas de calibração dos sensores de umidade do solo, e os resultados obtidos com o desenvolvimento do sistema de irrigação automático. Os resultados obtidos com a calibração dos sensores são apresentados nas Figuras 6, 7 e 8.

Figura 6 - Calibração sensor 1

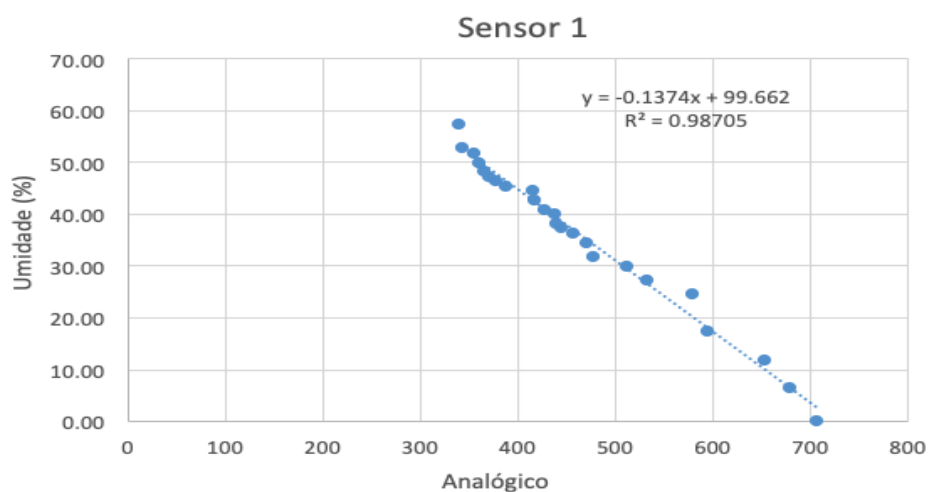


Figura 7 - Calibração sensor 2

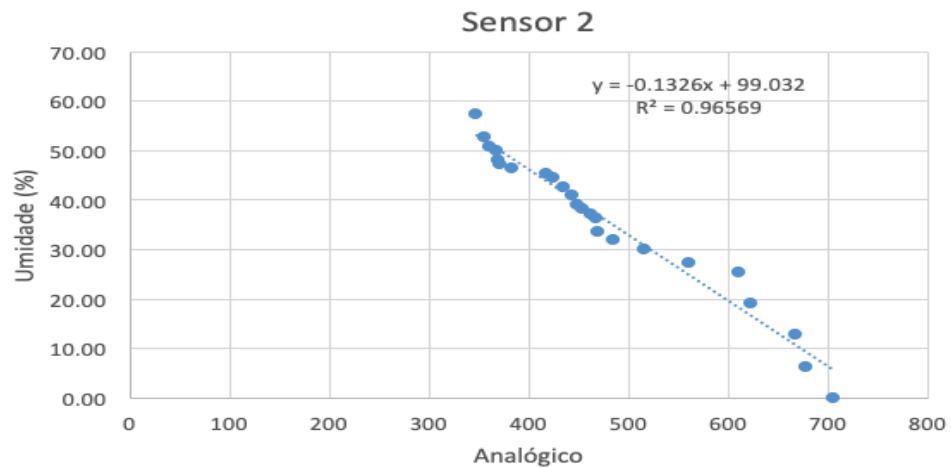
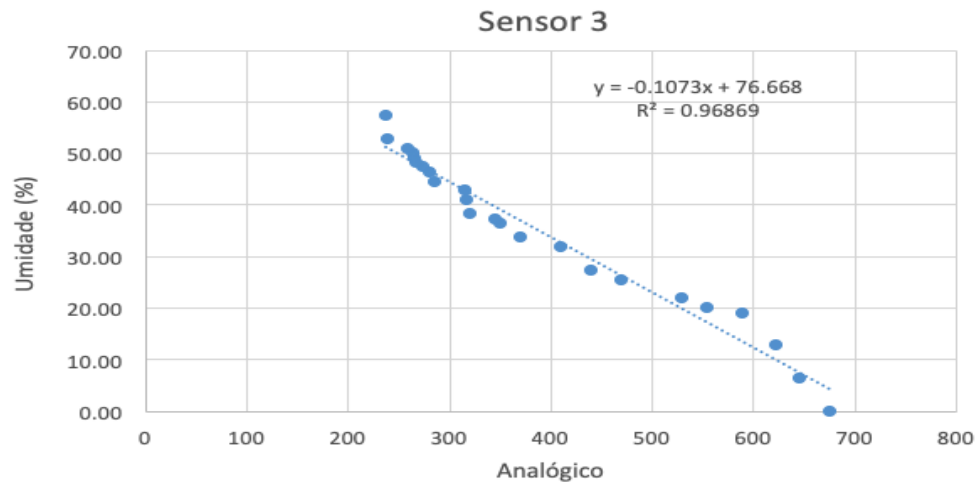


Figura 8 - Calibração sensor 3



As curvas de calibrações possuem nas abscissas o valor analógico do sensor, e nas ordenadas a umidade do solo (%). Os dados foram ajustados com uma equação de segundo grau, resultando em um R^2 acima de 98% para o sensor 1 e superior a 96% para os sensores 2 e 3.

O experimento simulou o cultivo do alface, que utiliza uma tensão matricial do solo nos limites de 20 a 50 kPa (SAMMIS, 1980). Ou seja, para que a hortaliça permaneça com uma umidade adequada, é necessário que a tensão do solo permaneça entre 20 e 50 kPa, onde, quanto maior o kPa, maior é a dificuldade da planta extrair a água do solo.

Para definir o momento de irrigação, foi necessário correlacionar a curva característica de retenção de água no solo (Figura 1) com as curvas de calibração dos sensores de umidade do solo (Figuras 6, 7 e 8).

A Tabela 1 apresenta o valor percentual de umidade para 20 e 50 kPa (obtidos a partir da Equação 1, após terem sido feitas as devidas conversões de unidade), bem como os valores analógicos enviados para o microcontrolador pelos sensores 1, 2 e 3 (obtidos a partir das equações de calibração dos sensores).

Tabela 1 - Relação entre kPa, umidade do solo (%) e valor analógico

kPa	Umidade (%)	Sensor	Valor Analógico
50	40%	S1	434
		S2	445
		S3	341
20	43%	S1	412
		S2	422
		S3	313

A partir da correlação entre a umidade do solo (%) e o valor analógico dos sensores, apresentados na Tabela 1, foi definido o manejo automático da irrigação do alface, utilizando-se as seguintes regras:

- Quando um dos sensores (S1, S2 ou S3) atingir 40% (ou menos) de umidade do solo, a irrigação inicia;
- No momento em que todos os sensores (S1, S2 e S3) atingirem 43% (ou mais) de umidade do solo, a irrigação cessa;

- Durante o processo de irrigação, os dados são coletados a cada 30 segundos. Durante o período em que não ocorre irrigação, os dados são coletados a cada 1h:30m.
- Com base nos dados coletados, foram elaboradas as curvas de umidade do solo, para cada um dos sensores (Figuras 9, 10 e 11).

Figura 9 - Curva irrigação sensor 1

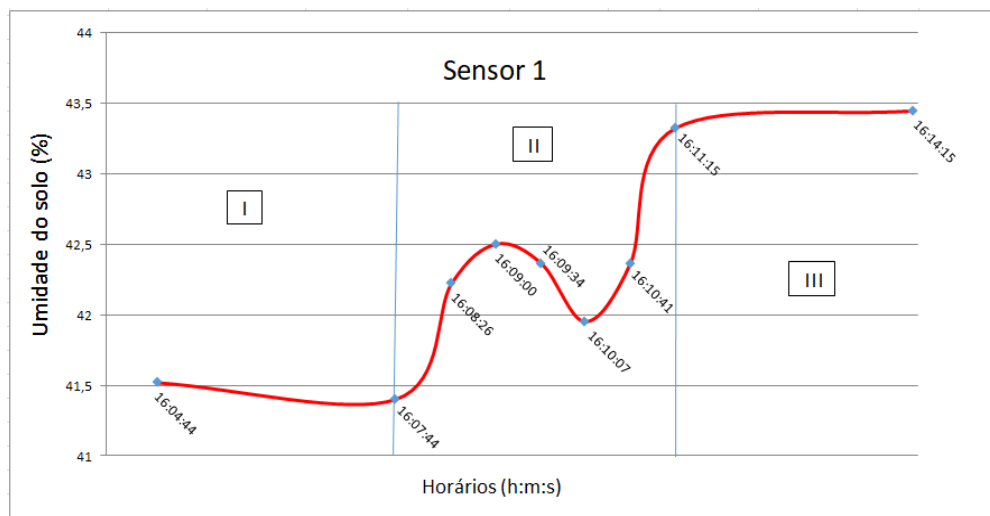


Figura 10 - Curva irrigação sensor 2

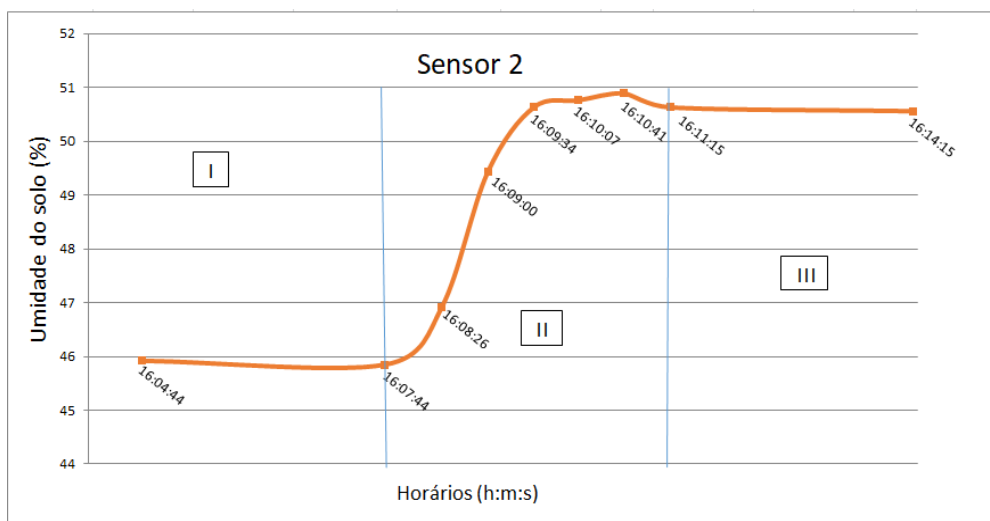
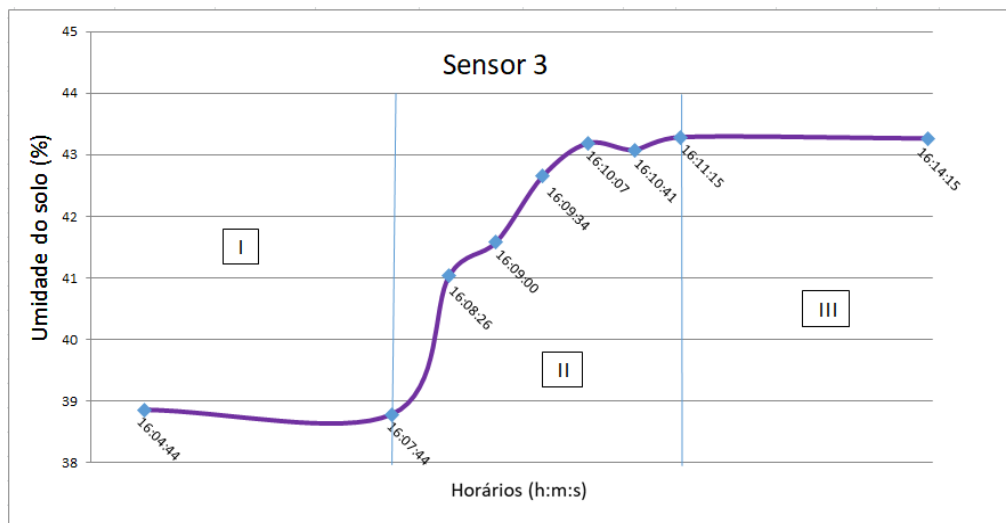


Figura 11 - Curva irrigação sensor 3



- As curvas apresentam nas abcissas os horários das coletas dos dados, e nas ordenadas os valores das umidades do solo (%). Para o desenvolvimento das curvas foram interpolados os valores iniciais e finais, visto que o período de coleta das informações acontece a cada 1h:30m, quando não ocorre a irrigação. Foram ajustados os valores para três minutos antes e depois da irrigação, como pode ser visualizado nas etapas I e III, respectivamente.
- Conforme pode ser observado nos gráficos, o início da irrigação ocorreu às 16h:07m:44s, terminando às 16h:11m:15s, ou seja, aproximadamente 4 minutos de irrigação. Nesse período, pode-se notar que os sensores 2 e 3 possuem comportamentos similares. O sensor 2 inicia a irrigação quando a umidade do solo se encontra próximo à 46%, e termina quando chega a mais ou menos 51% de umidade. O sensor 3, nesse período, é o sensor que se encontra com menor umidade, 39% aproximadamente, finalizando a irrigação próximo a 43% de umidade.

No desenvolvimento do projeto, procurou-se utilizar materiais de baixo custo, possibilitando que pequenos e médios agricultores tenham acesso a ele. A Tabela 2 apresenta uma relação dos custos de todos os dispositivos utilizados no projeto.

Tabela 2 - Custo do projeto

Material	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
<i>Raspberry Pi 3</i>	115,50	1	115,50
<i>MCP3008</i>	26,90	1	26,90
Válvula solenoide	40,13	1	40,13
Relé	7,90	1	7,90
Caixa plástica	45,00	1	45,00
Mangueira	15,00	1	15,00
Sensor umidade solo	13,01	3	39,03
Gotejador	0,45	3	1,35
Total (R\$)			290,81

Portanto, para a construção desse projeto foi gasto R\$ 290,81.

4. Conclusões

Foi desenvolvido um sistema de automação para irrigação localizada utilizando-se de um microcontrolador *Raspberry Pi*, sensores de umidade do solo capacitivos, válvula solenoide e gotejadores.

Os resultados obtidos foram satisfatórios, mostrando que o sistema desenvolvido foi efetivo no controle dos períodos de irrigação estabelecidos para a cultura.

Foi possível calibrar os sensores, definir o tipo de manejo adequado para a cultura e desenvolver o sistema de automação, a partir da integração de todos os componentes (sensores e atuadores). Foi desenvolvido também o software de monitoramento e o aplicativo móvel para acompanhamento do processo de irrigação.

Por fim, com o sistema de automação de baixo custo, foi possível manter a umidade do solo adequada aos parâmetros programados, evitando-se eventuais déficits ou excessos de água para a cultura em estudo.

5. Referências

ALBUQUERQUE, Francimar da Silva. et al. NECESSIDADE HÍDRICA E COEFICIENTE DE CULTIVO DO PIMENTÃO FERTIRRIGADO. *Irriga, Botucatu*, Botucatu, v. 17, n. 1, p.481-493, 2012.

AZEVEDO, Juscelino Antônio de. *Controle da Irrigação para Uso Racional de Água e de Energia*. Planaltina: Embrapa, 2002.

BEER, David. et al. Celebrity Gossip and the New Melodramatic Imagination. *Sociological Research Online*, v. 14, n. 2, p. 1–12, 2009.

BRUINSMA, Jelle. The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? *FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050*, 2009.

EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2006, 306 p.

EUCLIDES FILHO, Keppler. et al. O papel da ciência e da tecnologia na agricultura do futuro. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, DF, p.98-111, 2011.

FALKENMARK, Malin. Growing water scarcity in agriculture: Future challenge to global water security. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 371, n. 2002, 2013.

FARIAS, José Renato Bouças. et al. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v. 3, n. 9, p.415-421, 2001.

FAO. How to Feed the World in 2050. 2009. *Food and Agriculture Organization*.

FERNANDES, José Normand Vieira. et al. Determinação de Coeficientes de Cultivo de culturas agrícolas em Uruçuí-PI com Índice Espectral de Vegetação. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2016, Campina Grande-PB. Anais do I CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO [...], 2016.

GOMES, Eder Pereira. et al. Desenvolvimento e produtividade do girassol sob lâminas de irrigação em semeadura direta na região do Arenito Caiuá, Estado do Paraná. *Irriga, Botucatu*, v.15, n.4, p.373-385, 2010.

GUIMARÃES, Vinícius. Galvão. *Automação e Monitoramento de Sistemas de Irrigação na Agricultura. Brasília*, 2011.

LUCAS, Juliana Fenner Ruas. *Obtenção da curva de retenção da água no solo pela câmara de compressão triaxial e pelo papel filtro*. 2010.

MORANDO, Rafaela. et al. DÉFICIT HÍDRICO: EFEITO SOBRE A CULTURA DA SOJA. *Journal Of Agronomic Sciences, Umuarama*, v. 3, n. 1, p.114-129, 2014.

PEREIRA, Luis Santos. Water, Agriculture and Food: Challenges and Issues. *Water Resources Management*, v. 31, n. 10, p. 2985–2999, 2017.

REIS, Jéssica Sarto. *SISTEMA DE CONTROLE APLICADO À AUTOMAÇÃO DE IRRIGAÇÃO AGRÍCOLA*. 2015.

TILMAN, David. et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 108, n. 50, p. 20260–4, 2011.

TESTEZLAF, Roberto. *Sistemas Automáticos de Controle em Irrigação*. UNICAMP. 2013.