

DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA OPEN-SOURCE DE BAIXO CUSTO CONECTADA A INTERNET PARA AQUISIÇÃO DE PARÂMETROS AMBIENTAIS E UMIDADE DO SOLO

JAIR S. S. PINTO¹, LUIS C. CAMARGO², SERGIO N. DUARTE³

¹ Eng. Químico, Engenheiro Doutor, Depto de Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz” (ESALQ), USP, Piracicaba-SP, 19-3429.4398, jsspinto@usp.br

² Técnico de Elétrica, Técnico do Laboratório de Hidráulica, Depto de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba-SP

³ Eng. Agrônomo, Professor Associado 2, Depto de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba-SP

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 – Congresso On-line

RESUMO: O desenvolvimento da internet e das tecnologias a ela associada possibilitou a disseminação e o barateamento de equipamentos de comunicação, serviços de prototipagem, sensores eletrônicos e todo tipo de dispositivos. A Agricultura tem se beneficiado destes avanços tecnológicos para alavancar sua produtividade. Neste trabalho foi desenvolvido uma plataforma de aquisição de dados e controle para se ter em tempo real informações do campo para tomada de decisão, baseada numa plataforma de Internet das Coisas (IoT). Os componentes eletrônicos, de baixo custo, e o software utilizado são open-source. A plataforma desenvolvida foi validada durante um ciclo de desenvolvimento de duas variedades de alfaces (japonesa e crespa), no qual foi monitorado temperatura e umidade relativa do ar, temperatura e potencial mátrico do solo em duas profundidades (10 e 25 cm), evapotranspiração de referência e irradiação solar. Com os dados do potencial mátrico a plataforma controlou automaticamente as lâminas de irrigação, disponibilizando essas informações na internet.

PALAVRAS-CHAVE: Aquisição de dados, Open-Source, Internet das Coisas

DEVELOPMENT OF A LOW COST OPEN SOURCE PLATFORM CONNECTED TO THE INTERNET FOR ACQUISITION OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS AND SOIL HUMIDITY

ABSTRACT: The development of the internet and the technologies associated with it has made possible to disseminate and cheapen communication equipment, prototyping services, sensors, electronics and all types of devices. Agricultural has benefited from these technological advances to boost its productivity. In this work, a data acquisition platform was developed to have real time information from the field for decision making based on an Internet of Things (IoT) platform. The low cost electronic components and the software used are open source. The developed platform was validated during a development cycle of two varieties of lettuce (japanese and crespa), in which temperature and relative humidity, temperature and soil potential were monitored at two depths (10 cm and 25 cm), reference evapotranspiration and solar irradiation. With the data of the matric potential the platform automatically controlled the irrigation depths making this information available on the Internet.

KEYWORDS: Data acquisition, Open-Source, Internet of Things.

INTRODUÇÃO: Na Agricultura moderna ter dados confiáveis e em tempo real tem se tornado uma exigência disseminada para minimizar os riscos e maximizar os resultados de produção. Nesse contexto o uso de ferramentas da Internet das Coisas (IoT) é imperativo, pois quase tudo está conectado e distribuído no nosso cotidiano. Dispositivos como os “smartphones” podem receber ou acessar dados na “nuvem”, enviar ordens de controle de equipamentos, acompanhar a evolução de parâmetros ambientais e ser uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão (FISHER et al., 2018; FISHER & GOULD, 2012; JORDÃO et al., 2017; PAYERO et al., 2017). Esse trabalho teve por objetivo desenvolver uma plataforma de aquisição de dados robusta, de fácil instalação, operação, manutenção, autônoma quanto à energia, além de ser de baixo custo, podendo funcionar em condições adversas de tempo (sol e chuva). Os parâmetros monitorados poderão ter seus dados recebidos via mensagens de texto (SMS), armazenados em cartões de microSD, para avaliação posterior, e/ou enviados a plataformas de IoT, que possibilitam seu acesso em tempo real. Esse sistema é composto de vários subsistemas (microcontrolador, energia, sensores, armazenamento de dados e comunicação).

MATERIAL E MÉTODOS: O desenvolvimento da plataforma de aquisição de dados foi baseado na integração de diversos componentes, incluindo um microcontrolador, sensores, fonte de energia, comunicação e armazenamento de dados (Figura 1). A plataforma incluí outros dispositivos para atender a necessidades específicas. A plataforma foi projetada e a fabricação da placa de circuito impresso (PCB) foi realizada pela empresa JLCPCB (Hong Kong). Todo conjunto ficou dentro de um quadro de comando, 400 x 300 x 200 mm, com portas vedadas para evitar entrada de água e poeira. O experimento de validação, monitoramento e controle da irrigação de um cultivo de alface, foi realizado na área experimental do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP, em Piracicaba-SP, nas coordenadas 22° 42' 41" latitude sul e 47° 37' 45" longitude oeste. O clima, nos últimos anos (DIAS et al., 2017), é Aw (tropical com estação seca), pela classificação de Köppen, e altitude de 546 m. Todas as variáveis foram monitoradas a cada 10 minutos.

Microcontrolador

O microcontrolador, ATmega328P (Atmel Corporation, San Jose, CA USA), contém 32 KB de memória flash, para armazenamento dos programas, e 1 KB de memória não volátil. É programado utilizando o software livre Arduino Ambiente de Desenvolvimento Integrado (Arduino IDE; <https://arduino.cc>). A IDE é baseada na linguagem de programação C++, e é utilizada para escrever o algoritmo (programa), compilar o código, checar os erros e transferir o programa compilado ao microcontrolador. E por fim o programa instrui o microcontrolador a gerenciar o sistema.

Sensor de temperatura

Para medição da temperatura a plataforma inclui conectores (bornes) e um circuito especial para o termômetro digital DS18B20 (Dallas Semiconductor, USA). Esse termômetro, de +/- 0,5°C de exatidão de acordo com o fabricante, é a prova de água e se comunica via o protocolo Dallas 1-Wire, permitindo comunicações bidirecionais com o microcontrolador. Isso possibilita compartilhar uma porta digital da plataforma com inúmeros sensores DS18B20. Esse sensor foi utilizado para medidas de temperatura do solo.

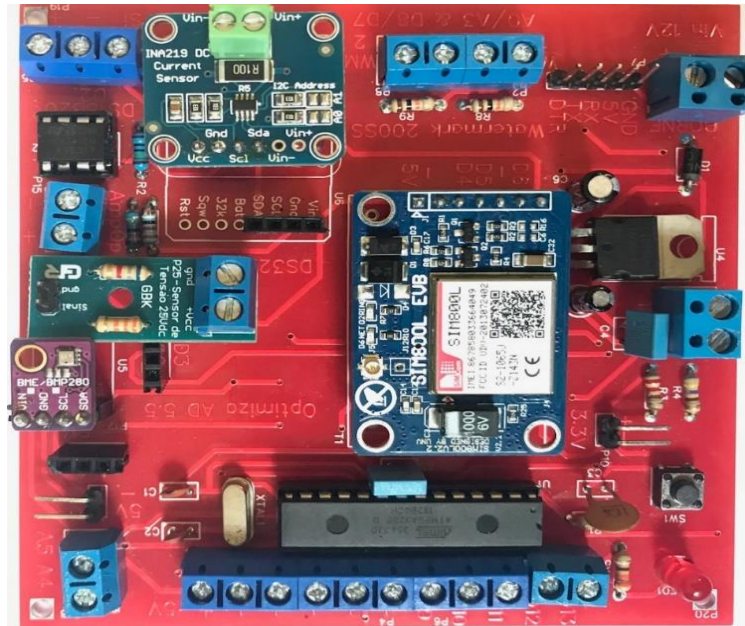


FIGURA 1. Placa de circuito impresso com os componentes, módulos e sensores.

Sensor de temperatura e umidade do ar

Foi utilizado o sensor DTH22 (Aosong Electronics Co. Ltd, China) para medidas de temperatura e umidade do ar. Tem exatidão de +/- 2% na umidade e +/- 0,5°C na temperatura.

Irradiância solar

As medidas de irradiação solar, no plano horizontal, foram realizadas com um piranômetro ML-01 (EKO Instruments Co., Ltd, Tokyo, Japão), calibrado em agosto de 2019. Possui um sensor de fotodiodo de silício, com resposta espectral de 400-1100 nm, faixa de medida de 0 a 2000 W/m², resposta menor que 1 ms e saída 0 a 100 mV. Devido ao fato dos valores de saída do detector (μV) serem pequenos, foi projetado e construído um amplificador de sinal (tensão) para a plataforma (Figura 1).

Sensor de corrente, tensão e potência

Esse subsistema foi responsável pelo monitoramento da produção e/ou consumo de energia da plataforma. Foram empregados os módulos INA219 (Texas Instruments, Dallas, USA) que possibilita ter dados de corrente, tensão e potência da fonte ou da carga, via protocolo I2C, e o sensor de tensão dc P25 (GBK Robotics, São Paulo, Brasil).

Potencial mátrico (ψ) da água no solo

Foram utilizados seis tensiômetros “home-made”, de 45 cm de comprimento, com sensor de pressão MPX5100 (Freescale Semiconductor, Inc. Denver, Colorado, USA), conectados a seis portas analógicas da plataforma, para medir o potencial (ou a tensão) mátrico da água na zona de maior atividade das raízes de duas variedades de alface, em duas profundidades do solo (10 e 25 cm).

Comunicação

O subsistema de comunicação é composto por um módulo SIM800L (SIMCom Limited, China) para comunicação GPRS/GSM. O modelo empregado tem alimentação de 5V. O benefício de se ter uma infraestrutura de comunicação possibilita acessar dados de locais remotos e de difícil acesso, a obtenção de dados em tempo real, e a tomada de decisões em um tempo menor.

Plataformas de Internet das Coisas

Os serviços das plataformas de Internet das Coisas são disponíveis para o usuário configurar uma página, postar e ver os dados de sensores de qualquer lugar, sem custo. Tem como opções: Thingspeak (<http://thingspeak.com>), Adafruit IO (<http://io.adafruit.com>), e Thinger.io (<http://thinger.io>). Optou-se pelo uso da plataforma Thingspeak.

Energia elétrica

Foram necessários dois subsistemas de energia, pois a plataforma de aquisição de dados era energizada em 5V e o sistema de irrigação em 12V.

Subsistema de energia 1

O subsistema de energia 1, que energiza o sistema de aquisição de dados, é composto por uma placa solar de 3W e 6V (150 x 160 mm), quatro baterias de Lítio íon em paralelo, modelo 18650 (4,2 V e 1600 mAh), um carregador de bateria TP4056 e um conversor dc-dc step up, modelo MT3608, que regula a tensão necessária ao funcionamento da plataforma em 5V. Com o consumo médio de 340 mW, caso não haja sol para recarregar as baterias, a autonomia do sistema é de quatro dias.

Subsistema de energia 2

O subsistema de energia 2 energiza a válvula solenoide (12 V), que tem a função de regular a passagem de água do sistema de irrigação, é composto por uma placa solar Sinosola SA10-36P de 10 W e 12V (350 x 252 mm), bateria de chumbo ácido (12 V e 7Ah), e um controlador de carga de 10A. O consumo médio da válvula solenoide foi de 400 mW.

Sistema de irrigação para alface

Canteiro

Com área de 7,25 m², o terreno foi limpo e o solo regularizado. Antes do plantio houve a incorporação de 200 g/m² de adubo mineral 4-14-8 e aproximadamente 3 Kg/m² de esterco bovino no solo. Depois de 10 dias o solo foi submetido a irrigação para sua saturação. Com o potencial mátrico próximo de -10 kPa foram transplantadas 68 mudas de alface, sendo 34 da variedade japonesa e 34 da variedade crespa. As mudas foram divididas em 4 linhas de cultivo (5 m de comprimento cada), com 0,30 x 0,30 m de espaçamento entre as plantas (Figura 2).

Irrigação

O sistema de irrigação foi composto de 4 fitas de gotejamento em polietileno (5 m de comprimento cada e diâmetro de 17 mm), espaçadas em 0,3 m, em um total de 17 gotejadores por fita. Para avaliar as características hidráulicas do sistema, as quatro linhas foram submetidas a ensaio de uniformidade para determinar os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), de distribuição (CUD) e de uniformidade estatística. O sistema foi pressurizado por gravidade a pressão de 4,4 m.c.a.. Nas replicações foram coletadas amostras

de água de todos os gotejadores por 15 minutos, medido o volume de cada coletor e calculada a vazão e os coeficientes.

Manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi baseado no monitoramento contínuo, em tempo real, do potencial mátrico em duas profundidades (10 e 25 cm) utilizando seis tensiômetros com transdutores de pressão digitais (MPX5100) conectados na plataforma de aquisição de dados. O tensiômetro na menor profundidade (10 cm) é o sensor que o sistema de aquisição de dados utiliza seu valor para uma vez atendido uma condicionante do algoritmo ($\psi > -20$ kPa) a válvula solenoide é energizada e é liberada a passagem de água para a irrigação. O término da irrigação se dá automaticamente quando o potencial mátrico (ψ) na profundidade de 25 cm for menor que -12 kPa e desta maneira a válvula solenoide é desenergizada. Os valores dos potenciais mátricos para oportunidade de irrigação foram baseados na literatura (MAROUELLI, 2008).



FIGURA 2. Canteiro de alface: da esquerda para a direita as duas primeiras são da variedade japonesa e as outras duas da variedade crespa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Coefficiente de uniformidade e vazão

Os coeficientes de uniformidade do sistema de irrigação foram todos maiores que 90% (Tabela 1), e são classificados pela literatura (SOBENKO, 2016; BRALTS, 1986) como “excelentes”. A vazão média encontrada nos gotejadores foi de 1,03 L/h.

TABELA 1. Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), de distribuição, de uniformidade estatística (UE), e vazão média dos gotejadores para as 4 linhas laterais.

Linha Lateral	CUC (%)	CUD (%)	UE (%)	Vazão média (L/h)
1	95,05	95,42	93,85	1,03
2	93,46	95,52	91,45	1,04
3	94,02	95,38	92,79	1,03
4	96,14	97,34	95,36	1,02
Média	94,67	95,92	93,36	1,03

Potencial mátrico e irradiação solar

O potencial mátrico do solo com o desenvolvimento das plantas, drenagem e a demanda atmosférica é de se esperar que, após estar na capacidade de campo, tenha um aumento (em módulo) ao longo do tempo. Como já descrito por COELHO & TEIXEIRA (2004), no período do dia onde deveria haver um aumento devido a demanda atmosférica (maior temperatura) os valores do potencial mátrico tem comportamento ao contrário do esperado. A própria concepção dos tensiômetros com uma coluna de água no seu interior, que varia o fluxo (troca) de água com o solo pela capsula é impactado negativamente pela variação da temperatura. Mais especificamente o potencial mátrico, do solo, medido pelos tensiômetros são afetados em primeira instância pela irradiação solar (Figura 3), pois seus perfis são muito coincidentes.

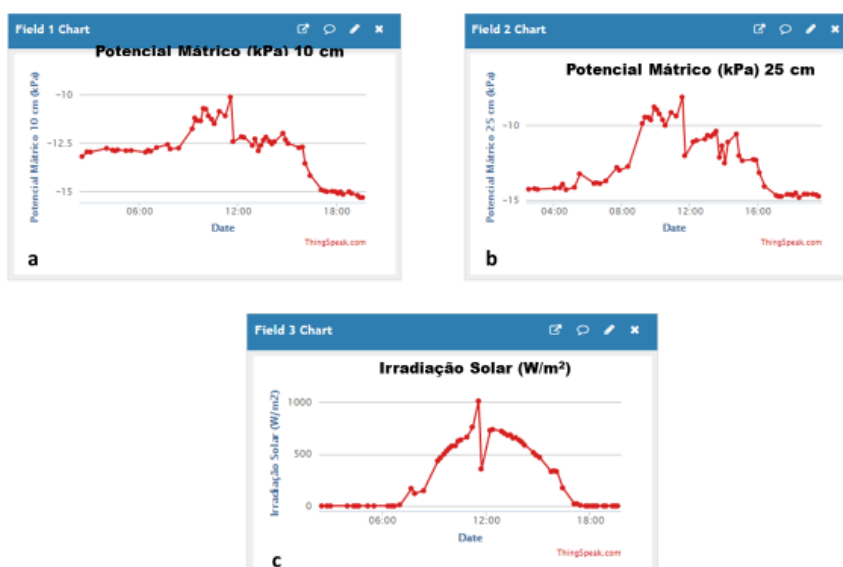


FIGURA 3. Variação do potencial mátrico em duas profundidades (10 (a) e 25 cm (b)) e a irradiação solar (c) em 19/8/2020.

Potencial Mátrico e Irrigação

Após o transplante das mudas de alface (06/08/20), os valores do potencial mátrico (Figura 4), nas duas profundidades monitoradas (10 e 25 cm), aumentaram com o tempo. Foi observado

que no final das tardes os valores dos tensiômetros voltavam a valores próximos dos observados na manhã, depois de passar o efeito da variação da irradiação solar que acarretava em diminuição do potencial mátrico do solo.

De acordo com MAROUELLI (2008), a oportunidade de irrigação (ou rega) para culturas hortícolas (alfaces) seria quando o potencial mátrico estivesse perto de -20 kPa, para o tensiômetro de menor profundidade, e para atingir a capacidade de campo com valores de -10 a -12 kPa, no tensiômetro na maior profundidade.

O sistema de aquisição de dados detectou a primeira oportunidade de irrigação em 14/8, quando o potencial mátrico, do solo a 10 cm, ultrapassou o valor de -20 kPa e foi acionada automaticamente a irrigação, com lâmina de 9,66 mm a cada hora. Quando o potencial mátrico na profundidade de 25 cm foi menor que -12 kPa o sistema cessou a irrigação.

Entre a primeira e segunda oportunidade de irrigação houve tres dias de chuva, fato este que manteve o potencial mátrico a valores com menor variação e sem a tendência de aumento expressivo.

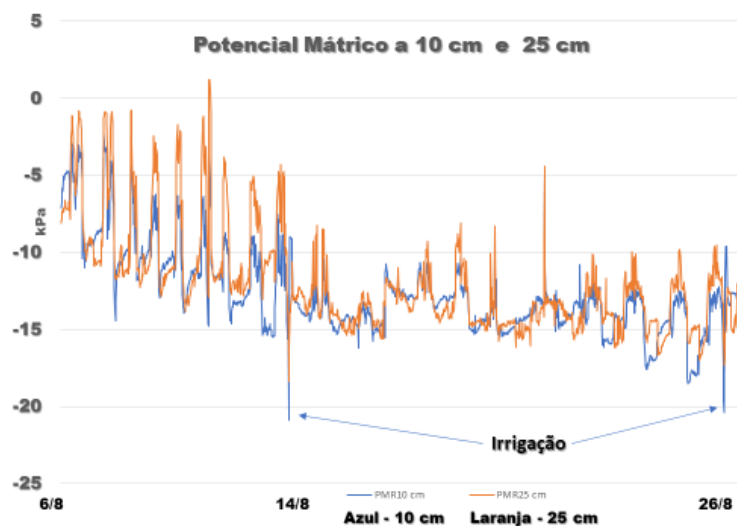


FIGURA 4. Variação do potencial mátrico em duas profundidades (10 e 25 cm) ao longo do tempo.

CONCLUSÕES: Neste estudo, um sistema de aquisição de dados foi projetado e construído para coleta de dados de sensores, e em tempo real enviar a uma plataforma de Internet das Coisas, ThingSpeak, via comunicação celular (GPRS), para posterior visualização e compartilhamento utilizando um computador ou smarthphone. De acordo com o algoritmo foram efetuadas ações tais como acionar dispositivos (podendo ser válvulas, motores e etc). Esse sistema (plataforma), é flexível e pode ser configurado de acordo com necessidades específicas. Foi desenvolvido empregando hardware e software open-source, é de baixo custo, monitorou e controlou eficientemente um sistema de irrigação, de um canteiro de alface, ao

longo de um ciclo produtivo. Isso possibilita economia de água e redução de mão de obra com a corresponde redução do custo financeiro, e melhor gerenciamento do tempo com a cultura.

AGRADECIMENTOS: A Prefeitura do campus “Luiz de Queiroz” (PUSP-LQ) e ao Departamento de Engenharia de Biossistemas da ESALQ/USP pelo apoio.

REFERÊNCIAS:

BRALTS, V.F. Field performance and evaluation. In. NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle of irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986, p. 216-240.

COELHO, S.L.; TEIXEIRA, A.S. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n.3, p. 536-545, 2004.

DIAS, H.D.; ALVARES, C.A.; SENTELHAS, P.C. Um século de dados meteorológicos em Piracicaba, SP: Mudanças do clima pela classificação de Köppen. XX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. V SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. 2017, [Anais] Juazeiro (BA)/Petrolina (PE).

FISHER, D.K.; FLETCHER, R.S.; ANAPALLI, S.S.; PRINGLE III, H.C. Development of an open-source cloud-connected sensor-monitoring platform. **Advances in Internet of Things.**, v. 8, p. 1-11, 2018.

FISHER, D.K.; GOULD, P.J. Open-source hardware is a low-cost alternative for scientific instrumentation and research. **Modern Instrumentation.**, v. 1, p. 8-20, 2012.

JORDÃO, M.D.L.; DE PAIVA, K.; FIRMO, H.T.; INÁCIO, C.T.; ROTUNNO FILHO, O.C.; LIMA, T.A. Low-cost automatic station for compost temperature monitoring. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.**, v. 11, p. 809-813, 2017

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o Controle de Irrigação em Hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 14 p.

PAYERO, J.O.; MIRZAKHANI-NAFCHI, A.; KHALILIAN, A.; QIAO, X.; DAVIS, R. Development of a low-cost Internet-of-Things (IoT) system for monitoring soil water potential using Watermark 200SS sensors. **Advances in Internet of Things.**, v. 7, p. 71-86, 2017.

SOBENKO, L.R. **Desenvolvimento de um kit de irrigação por microtubos com moto-bomba propulsionada por energia solar**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas)- Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2016.